

DRUCKLUFT- MOTOREN

Technischer
Leitfaden



DRUCKLUFT- MOTOREN

Technischer Leitfaden

Inhalt

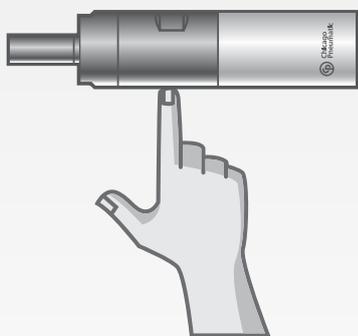
1. EINFÜHRUNG	4
Kompakt und leicht	4
Das Drehmoment steigt mit der Last	4
Stufenlos einstellbare Leistung	4
Überlast schadet nicht	5
Ideal für den Einsatz in gefährlichen und aggressiven Umgebungen	5
Leicht umsteuerbar	5
Einfach zu installieren	5
Robust	5
2. KONSTRUKTION- UND FUNKTIONSPRINZIP	6
Bauweise	6
Funktionsprinzip	7
Rechtslauf, Linkslauf, umsteuerbar	7
Rotorgeschwindigkeit	8
Anzahl an Lamellen	8
Getriebe	9
Ölfreie Motoren	9
Gebremste Motoren	9
3. DIE LEISTUNG EINES DRUCKLUFTMOTORS	10
Leistungskurve	11
Arbeitspunkt	11
Druckluftverbrauch	11
Anlaufdrehmoment	12
Abwürgemoment	12
4. WANN GETRIEBE SINNVOLL SIND	13
5. WELLENBELASTUNG	14
6. METHODEN ZUR ÄNDERUNG DER MOTORLEISTUNG	15
Drosselung	15
Druckregelung	16
Motorleistung bei verändertem Luftdruck	16
7. NUTZUNG DER LEISTUNGSDATEN AUS DEM KATALOG	17
8. TIPPS ZUR AUSWAHL DES RICHTIGEN MOTORS	18
Allgemeine Regeln für die Wahl eines Druckluftmotors	18
Wartungsintervall	21
Druckluftverbrauch	22
Abtriebslast	23
9. SCHALLDÄMPFUNG	24
10. EINBAU VON DRUCKLUFTMOTOREN	25
Druckluftleitungen	25
Druckluftaufbereitung	27
Schmierung	27
Einsatz von Wegeventilen	28
Installationsbeispiele	28
ANHANG	29
Planetengeräte	29
Schneckengetriebe	29



1. Einführung

Druckluftmotoren gehören zu den leistungsstärksten und vielfältigsten Antrieben, die einem Konstrukteur zur Verfügung stehen.

Seine Merkmale und Charakteristiken machen den Druckluftmotor zum idealen Antrieb für industrielle Anwendungen. Heute und in Zukunft.

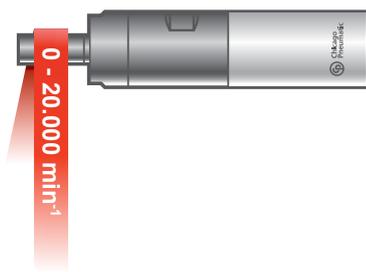
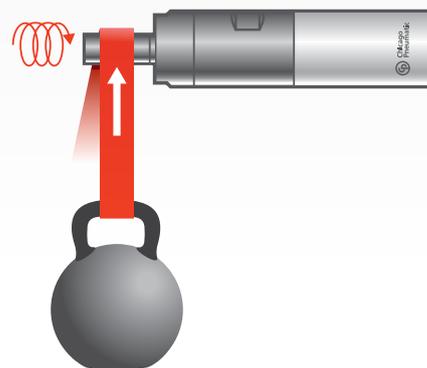
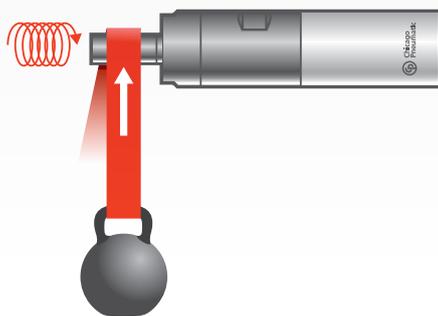


Kompakt und leicht

Ein Druckluftmotor wiegt nur etwa ein Viertel dessen, was ein elektrischer Antrieb gleicher Leistung auf die Waage bringt, und beansprucht nur etwa ein Sechstel des Bauraums. Luftmotoren bringen im Verhältnis zu ihrer Größe und ihrem Gewicht weit mehr Leistung als die meisten anderen Motorarten.

Das Drehmoment steigt mit der Last

Die Leistung eines Druckluftmotors ist innerhalb eines weiten Drehzahlbereichs relativ konstant: Wenn die Last zunimmt und damit die Drehzahl sinkt, steigt dafür das Drehmoment an.



Stufenlos einstellbare Leistung

Das Drehmoment und die Leistung eines Druckluftmotors können stufenlos eingestellt werden, indem ganz einfach der anliegende Fließdruck verändert wird. Darüber hinaus kann auch die Drehzahl stufenlos geregelt werden, indem der Luftstrom variiert wird.



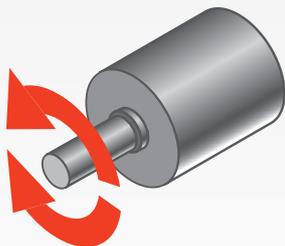
Überlast schadet nicht

Druckluftmotoren können beliebig oft abgewürgt werden, ohne zu überhitzen oder sonstige Schäden zu nehmen. Auch wiederholte, beliebig häufige Starts und Stopps können ihnen nichts anhaben.



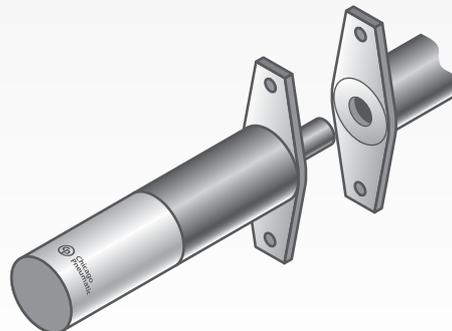
Ideal für den Einsatz in gefährlichen und aggressiven Umgebungen

Da Druckluftmotoren keine Funken erzeugen, sind sie die idealen Antriebe für explosionsgefährdete oder feuergefährliche Umgebungen. Außerdem eignen sie sich wegen ihrer robusten Konstruktion auch für salzhaltige und andere korrosive Atmosphären und Umgebungen.



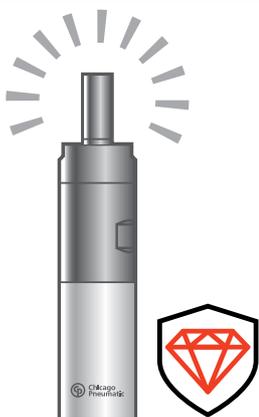
Leicht umsteuerbar

Druckluftmotoren arbeiten in beiden Drehrichtungen effizient. Mit einem Wegeventil lässt sich ihr Lauf leicht umkehren.



Einfach zu installieren

Druckluftmotoren lassen sich in jeder Einbau-Lage betreiben. Die Motoren selbst sind ebenso leicht zu installieren wie die benötigten Druckluftleitungen.

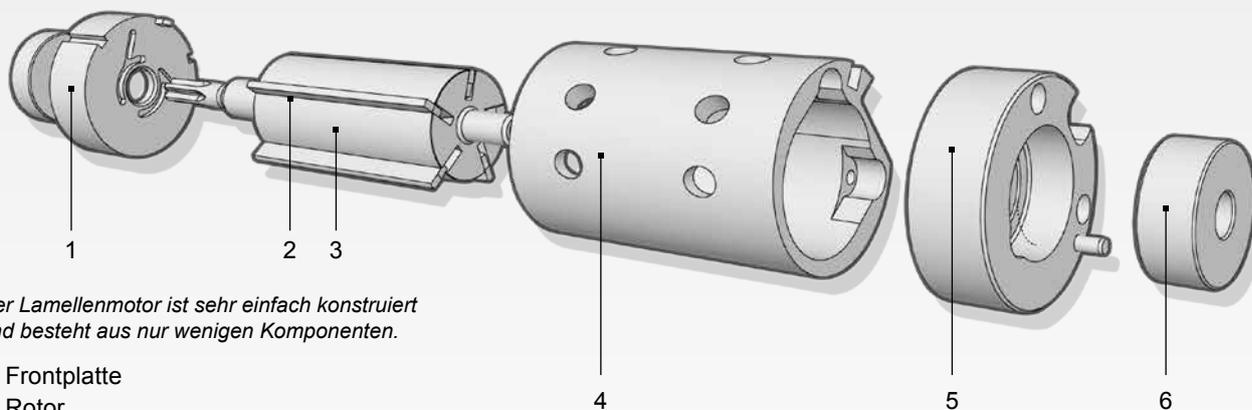


Robust

Druckluftmotoren zeigen sich widerstandsfähig gegenüber Hitze, Vibrationen und Korrosion sowie Stößen und Schlägen. Keine andere Antriebsart erreicht in aggressiven Umgebungen eine so hohe Betriebssicherheit.

2. Konstruktion und Funktionsprinzip

Es gibt verschiedene Typen von Druckluftmotoren. Am meisten verbreitet sind Lamellen-, Kolben- und Turbinenmotoren. Dieser technische Leitfaden behandelt ausschließlich Lamellenmotoren. Diese Bauart ist auf dem Markt mit Leistungen in der Größenordnung von bis zu 5 kW erhältlich.



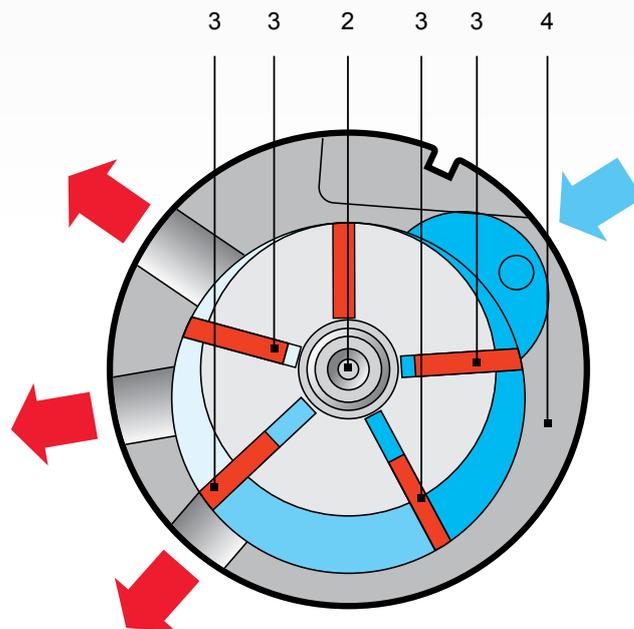
Der Lamellenmotor ist sehr einfach konstruiert und besteht aus nur wenigen Komponenten.

1. Frontplatte
2. Rotor
3. Lamelle
4. Zylinder
5. Endplatte
6. Lager

Bauweise

Eine geschlitzte (eingekerbte) Rotorwelle dreht sich exzentrisch in der Kammer, die von dem Zylinder und den Zylinder-Endplatten gebildet wird.

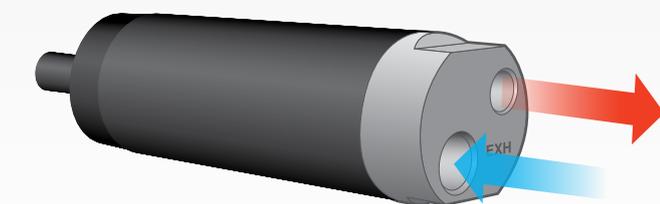
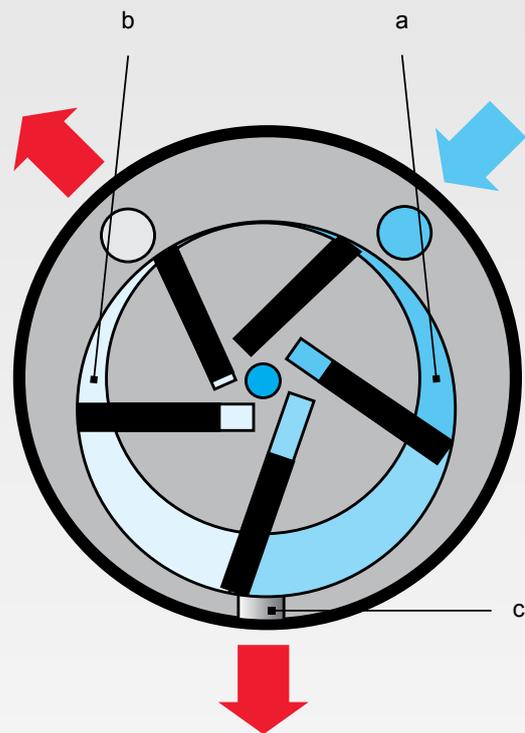
- Da die Rotorwelle im Zylinder exzentrisch angeordnet und ihr Durchmesser kleiner ist als der Innendurchmesser des Zylinders, entsteht eine sichelförmige Kammer.
- In den Schlitzen des Rotors sitzen Lamellen, die sich darin frei bewegen können. Sie unterteilen die Kammer in mehrere Arbeitskammern unterschiedlicher Größe.
- Die Zentrifugalkraft, die durch die Druckluft verstärkt wird, drückt die Lamellen gegen die Zylinderinnenwand, wodurch die einzelnen Kammern abgedichtet werden.
- Die tatsächliche Effizienz dieser Abdichtung ist eine Funktion, die von der sogenannten „internen Leckage“ abhängt.



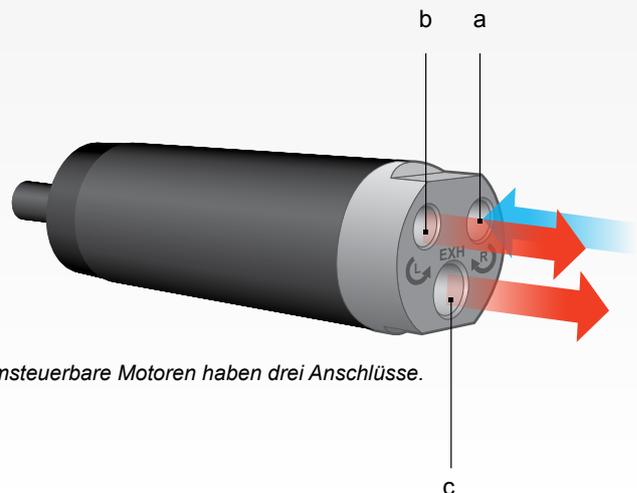
Funktionsprinzip

- A.** Grob schematische Darstellung. Wir sehen einen Luftmotor mit fünf Lamellen. Die Druckluft tritt in die Einlasskammer „a“ ein (dunkelblaue Fläche). Sie wirkt auf die drei in der Abbildung rechts liegenden Lamellen, die sich unter dem Druck im Uhrzeigersinn bewegen und die Rotorwelle in derselben Richtung antreiben. Wie man sieht, werden die Lamellen zum Teil von der Druckluft unterspült und nach außen an die Innenwand des Zylinders gedrückt.
- B.** Die Flügel drehen sich weiter, und die Druckluft beginnt in Kammer „b“ (hellblaue Fläche) zu expandieren. Dadurch sinkt der Druck in dieser Kammer, und es kann Luft nachrücken. Außerdem kann ein Teil der Abluft durch den Auslass unten entweichen.
- C.** Die Lamellen haben sich noch ein Stück weiter bewegt. Kammer „b“ wird nun durch den (nicht immer vorhandenen) dritten Auslass links oben geleert. Die Druckluft überträgt nun die Kraft auf die nachgerückten Lamellen und den Rotor.

Durch dieses einfache Prinzip wird die Energie der Druckluft in eine Drehbewegung umgewandelt. Die Kraft wird über die Lamellen von Kammer zu Kammer weitergegeben, und der Motor dreht sich.



Luftenlass (blau) und Luftauslass (rot) eines Druckluftmotors.



Umsteuerbare Motoren haben drei Anschlüsse.

Rechtslauf, Linkslauf, umsteuerbar

Vom hinteren Ende aus gesehen, dreht sich der Motor im Uhrzeigersinn oder Rechtslauf. Neben diesem Typ des Lamellenmotors gibt es auch Motoren, die gegen den Uhrzeigersinn laufen oder umsteuerbar sind. Motoren, die im Linkslauf arbeiten, sind im Prinzip genauso konstruiert wie Rechtsläufer, nur spiegelbildlich aufgebaut.

Bei einem umsteuerbaren Motoranschluss (rechte Abbildung in der Seitenmitte) ist „a“ der Einlass, wenn der Motor im Uhrzeigersinn arbeiten soll. Anschluss „c“ ist der Hauptauslass, und Anschluss „b“ ist ein Nebenauslass. Im Linkslauf wird Anschluss „b“ zum Luft-Einlass und Anschluss „a“ zum sekundären Auslass. Port „c“ bleibt der Hauptauslass. Die Motoren von Chicago Pneumatic sind so ausgelegt wie hier beschrieben.

Rotorgeschwindigkeit

Beim Start eines Druckluftmotors und bei niedriger Drehzahl strömt ein Teil der Luft unter den Lamellen hindurch in die Schlitze des Rotors und drückt die Lamellen dadurch gegen die Zylinderwand. So dichten sie die einzelnen Arbeitskammern ab. Wenn sich der Rotor dreht, werden die Lamellen zusätzlich durch die Zentrifugalkraft gegen die Wand des Zylinders gedrückt. Bei hohen Geschwindigkeiten dürfen die Lamellen jedoch nicht zu stark gegen die Wand drücken, da sie sonst sehr schnell verschleifen.

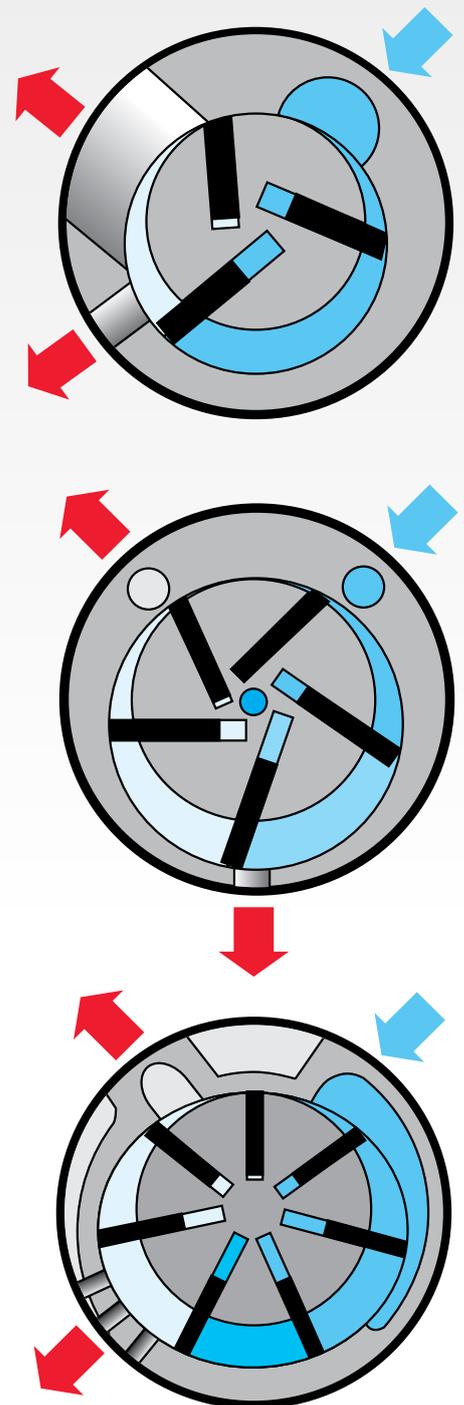
Das Ausmaß des Verschleißes ist eine Funktion dritten Grades der Gleitgeschwindigkeit der Lamellenspitze an der Zylinderwand. Sie bestimmt in der Praxis die maximale Drehzahl.

Um die Fliehkraft gering zu halten, sind Hochgeschwindigkeitsmotoren – oder besser gesagt, ihre Rotoren – lang und schlank konstruiert und nur mit drei oder vier Lamellen ausgestattet.

Anzahl an Lamellen

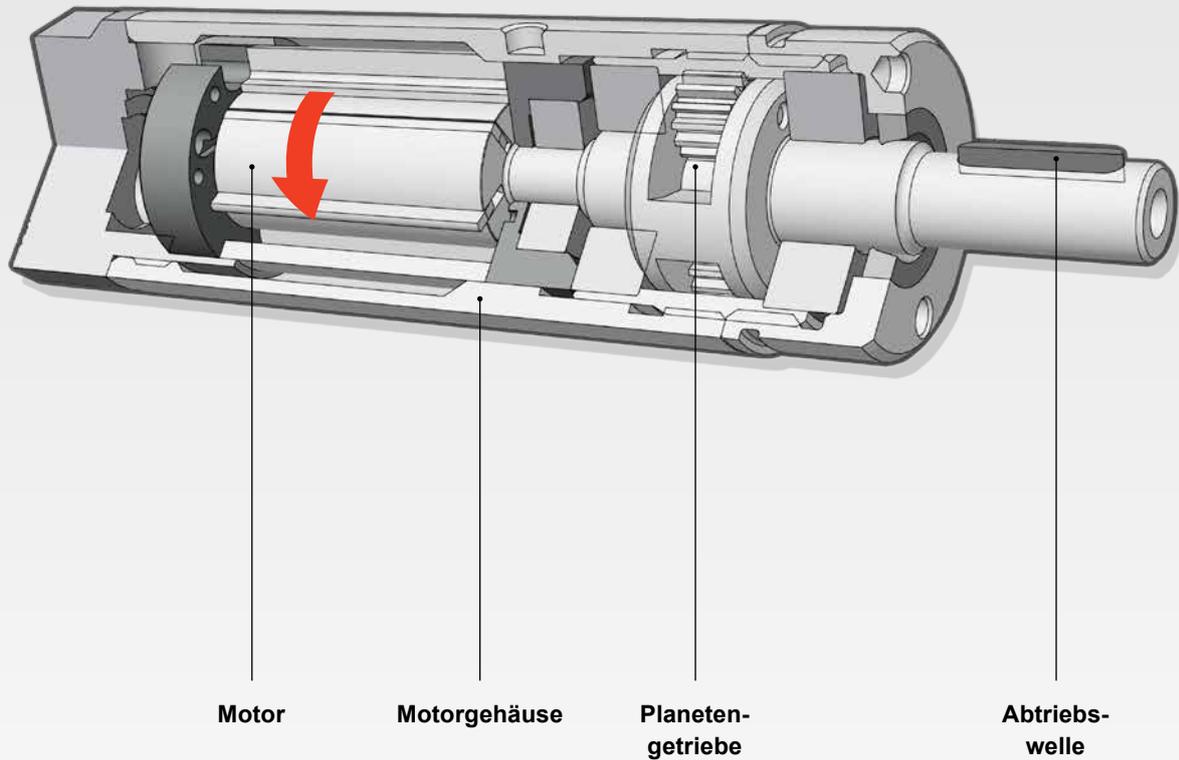
Die Anzahl der Lamellen kann in einem Druckluftmotor zwischen 3 und 10 betragen. Wie viele es letztlich sind, muss sich der Konstrukteur genau überlegen. Es gleicht einer Gretchenfrage. Denn im Prinzip sind die Reibungsverluste umso geringer, je weniger Lamellen vorhanden sind. Wenige Lamellen machen jedoch das Starten schwieriger. Werden mehr Lamellen vorgesehen, ist das Starten einfacher, und die interne Leckage ist geringer, aber es gibt mehr Reibung und Verschleiß.

Die Anzahl der Lamellen in einem Druckluftmotor hängt davon ab, für welche Anwendung er ausgelegt ist.



EXH

R



Getriebe

Der Rotor eines Lamellenmotors dreht sich mit sehr hoher Geschwindigkeit.

Die Leerlaufdrehzahl eines Druckluftmotors liegt typischerweise bei etwa 20.000 Umdrehungen pro Minute (auch „U/min“ oder richtiger min^{-1}). Für die meisten Anwendungen ist das zu schnell, außerdem ist das Drehmoment, das die Rotorwelle übertragen kann, dann ziemlich niedrig. Mit Getrieben kann man eine hohe Drehzahl und ein niedriges Drehmoment in eine niedrige Drehzahl bei hohem Drehmoment umwandeln.

Die Druckluft-Lamellenmotoren von Chicago Pneumatic sind mit verschiedenen Getriebearten erhältlich: Planetengetriebe und Schneckengetriebe (siehe Anhang).

Ölfreie Motoren

Herkömmliche Lamellenmotoren werden automatisch von der sie antreibenden Druckluft geschmiert, der (über Wartungseinheiten) eine kleine Menge Öl zugesetzt wird. Ölfreie Motoren benötigen kein Öl in der Druckluft. Die Lamellen dieser Motoren werden aus einem speziellen reibungsarmen Werkstoff hergestellt, und die Lager der Motoren sind für die Ewigkeit geschmiert. Für Anwendungen, die eine möglichst lange Betriebszeit zwischen den Wartungen erfordern, sollten geschmierte Motoren gewählt werden, da ihre Lamellen länger halten.

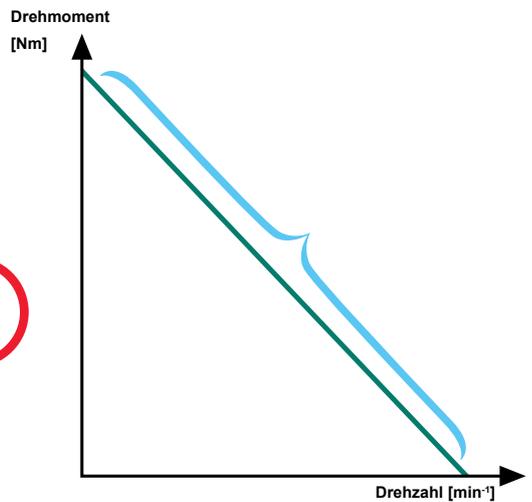
3. Die Leistung eines Druckluftmotors

Die Leistung eines Luftmotors hängt vom Eingangsdruck ab. Druckluftmotoren weisen bei konstantem Eingangsdruck einen charakteristischen linearen Zusammenhang von Ausgangsdrehmoment zu Drehzahl auf. Durch einfache Regulierung der Luftzufuhr (durch Drosselung oder Druckregelung) lässt sich die Leistung eines Luftmotors jedoch sehr leicht modifizieren.

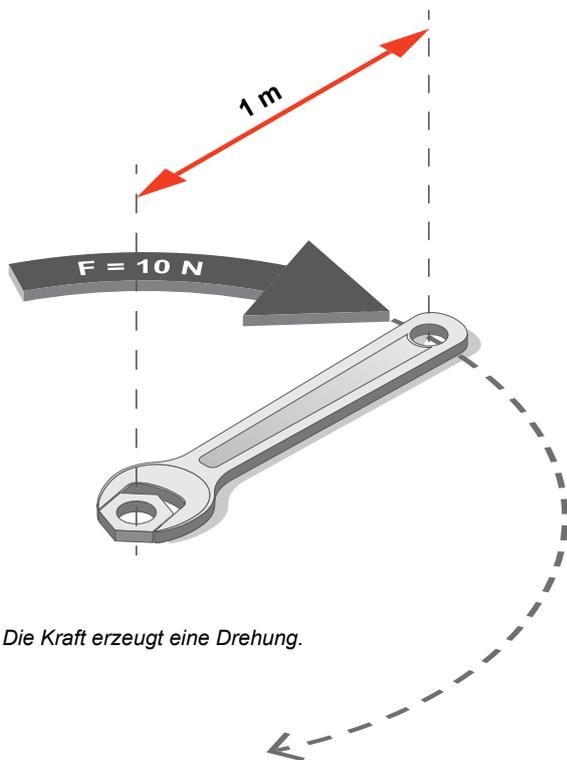
Einer der Vorteile von Luftmotoren ist, dass sie über die gesamte Drehmomentkurve – von der Leerlaufdrehzahl bis zum Stillstand – arbeiten können, ohne dass der Motor Schaden nimmt. Die Leerlaufdrehzahl ist definiert als diejenige Betriebsdrehzahl, bei der die Ausgangswelle nicht belastet wird.



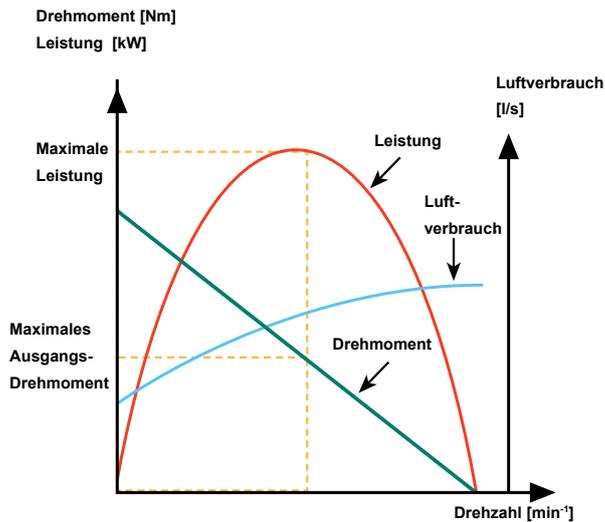
Leerlaufdrehzahl = Drehzahl, mit der sich die Abtriebswelle dreht, wenn keine Last aufgebracht wird



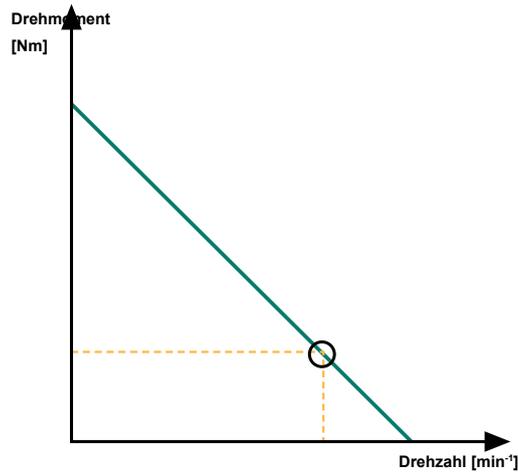
Ein Druckluftmotor kann über den gesamten Drehmomentbereich arbeiten.



Das „Drehmoment“ ist die Drehwirkung einer Kraft. Sie berechnet sich aus der Kraft F (in Newton [N]), die am Ende eines Hebels aufgebracht wird, mal der Länge l des Hebels (in Metern [m]).



Die Leistungskurve eines Druckluftmotors, der bei konstantem Luftdruck betrieben wird.



Der Arbeitspunkt eines Druckluftmotors.

Leistungskurve

Die Leistung, die ein Luftmotor abgibt, errechnet sich aus dem Produkt aus Drehmoment und Drehzahl. Luftmotoren weisen eine charakteristische Leistungskurve auf, wobei die maximale Leistung bei etwa 50 % der Leerlaufdrehzahl liegt. Das bei diesem Wert erzeugte Drehmoment wird häufig als „Drehmoment bei maximaler Leistung“ bezeichnet.



Berechnung der Leistung

$$P = (\pi \times M \times n) / 30$$

$$M = (30 \times P) / (\pi \times n)$$

$$n = (30 \times P) / (\pi \times M)$$

$P = \text{Leistung [kW]}$
 $M = \text{Drehmoment [Nm]}$
 $n = \text{Drehzahl [min}^{-1}\text{]}$

Arbeitspunkt

Bei der Auswahl eines Druckluftmotors für eine konkrete Anwendung muss man zunächst den sogenannten „Arbeitspunkt“ festlegen. Dabei handelt es sich um eine Kombination der gewünschten Betriebsdrehzahl für den Motor und dem an diesem Punkt erforderlichen Drehmoment.



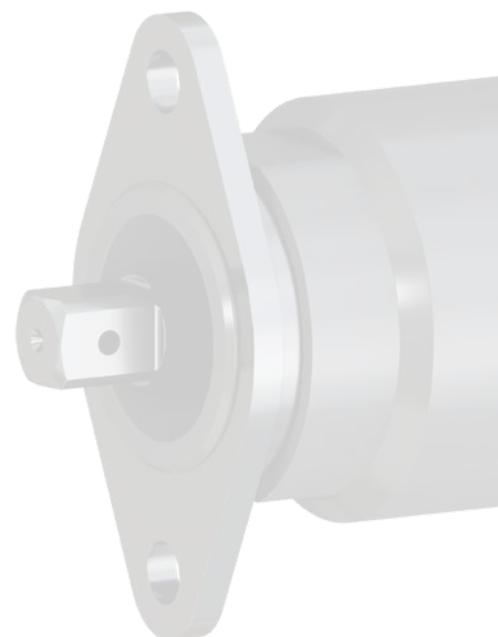
Den Punkt auf der Drehzahl-Drehmoment-Kurve, an dem der Motor aktuell betrieben wird, nennt man den Arbeitspunkt.

Druckluftverbrauch

Der Luftverbrauch eines Druckluftmotors steigt mit der Motordrehzahl an und ist daher im Leerlauf am höchsten. Selbst im Stillstand (bei vollem Druck) verbraucht der Motor Luft. Dies hängt mit der internen Leckage im Motor zusammen.



Der Luftverbrauch wird in Litern Druckluft pro Sekunde [l/s] gemessen. Dies ist jedoch nicht das tatsächliche Volumen, das die Druckluft im Motor einnimmt, sondern dasjenige Volumen, das sie nach der Expansion (oder vor der Komprimierung) bei atmosphärischem Druck einnimmt. Diese Vorgehensweise bzw. Berechnung ist in der Drucklufttechnik Standard.



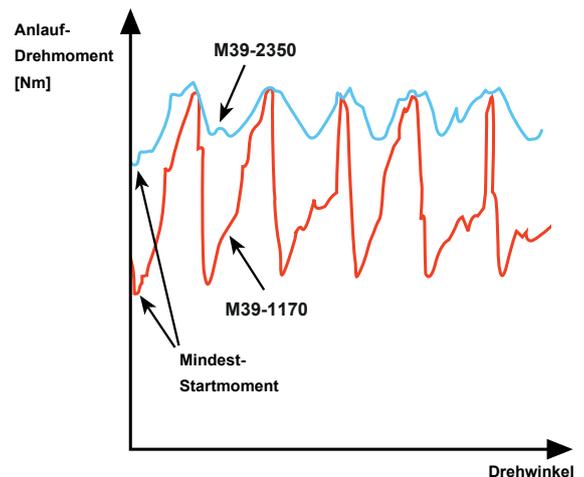
Anlaufdrehmoment

Das Anlaufdrehmoment ist das maximale Drehmoment, das ein Motor erzeugen kann, um die Drehbewegung einer Last in Gang zu bringen.

Zu beachten ist aber, dass das Anlaufmoment bei allen Lamellenmotoren immer mit der Lage der Lamellen im Motor variiert.

Der niedrigste Wert für das Anlaufdrehmoment wird als Mindest-Startmoment bezeichnet. Es ist sozusagen ein garantierter Wert beim Start. Die Abweichung hängt vom jeweiligen Motortyp ab und muss individuell überprüft werden.

Übrigens schwankt das Drehmoment bei umsteuerbaren Motoren mehr als bei nicht umsteuerbaren. Daher ist das Mindest-Startmoment bei diesen Antrieben kleiner.



Zu Beginn schwankt das Drehmoment noch in Abhängigkeit von der Lage der Lamellen.



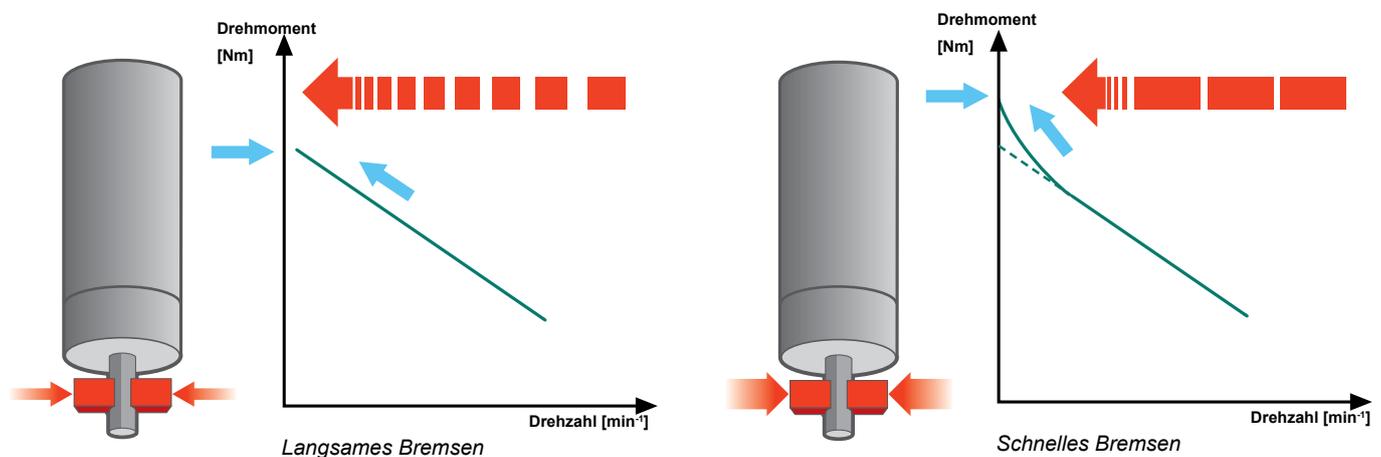
Eine weitere Definition für das Anlaufdrehmoment lautet wie folgt: Es ist dasjenige Drehmoment, das der Motor bei blockiertem Abtrieb liefert, wenn man den vollen Luftdruck anlegt.

Abwürgemoment

Das Abwürgemoment ist das Drehmoment, das ein Motor liefert, wenn er aus dem Laufen zum Stillstand gebracht („abgewürgt“) wurde. Oder umgekehrt: Wenn die Last das maximal mögliche Drehmoment des Motors überschreitet, bleibt er stehen.

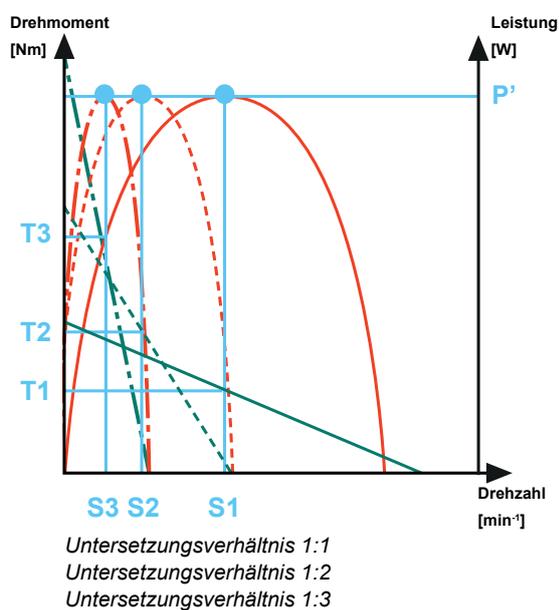
Eine Faustregel, um sich dem Abwürgemoment zu nähern, ist, das Drehmoment bei maximaler Leistung mit dem Faktor 2 zu multiplizieren. Das heißt, wenn das Drehmoment bei maximaler Motorleistung bei 10 Newtonmeter (Nm) liegt, wird das Abwürgemoment etwa 20 Nm betragen.

Das Abwürgemoment ist nicht immer gleich. Es hängt davon ab, wie schnell der Motor beim Abwürgen abgebremst wird. Schnelles Bremsen führt zu einem höheren Abwürgemoment als langsames Bremsen. Dies hängt mit der Trägheit der Rotormasse zusammen: Diese Masse erzeugt ein Trägheitsmoment, das das Abwürgemoment erhöht.

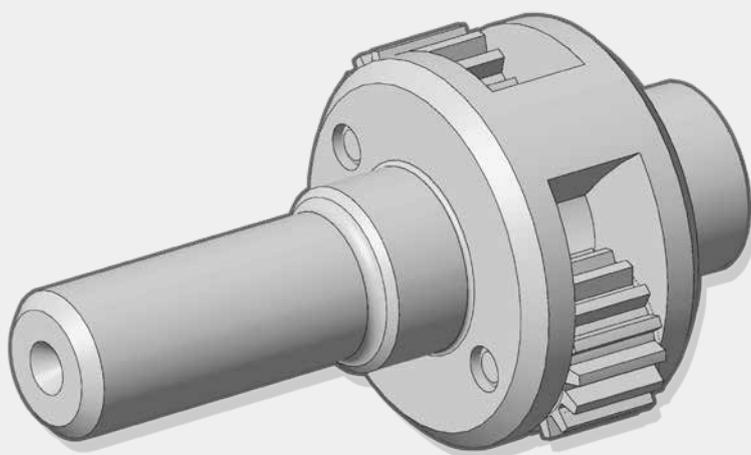


4. Wann Getriebe sinnvoll sind

Druckluftmotoren werden bei hohen Drehzahlen betrieben. Und obwohl sie über einen weiten Drehzahlbereich gesteuert werden können, eignet sich die Leistungscharakteristik nicht immer für die konkrete Anwendung. Um die geforderte Leistung zu erreichen, kann ein passendes Getriebe verwendet werden.



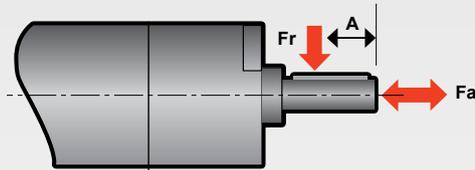
Durch Änderung der Untersetzung mithilfe eines Getriebes wird die Leistung nicht verändert. Vielmehr wird damit die Drehzahl (zum Beispiel von S1 auf S2 oder S3) des Motors verringert, wodurch sich wiederum das Drehmoment (von T1 auf T2 oder T3) proportional erhöht.



Die von Chicago Pneumatic eingesetzten Getriebe haben einen hohen Wirkungsgrad, der mit 100% angenommen werden kann. Während sich das Verhältnis von Drehmoment zu Drehzahl erheblich verändern kann, bleibt die Leistungsabgabe praktisch immer unverändert.

Proportional zur Getriebeübersetzung werden die Drehzahl verringert und das Drehmoment erhöht.

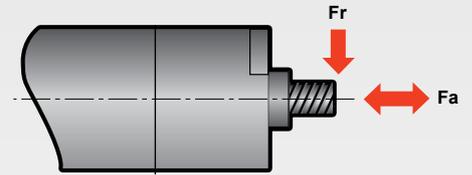
5. Wellenbelastung



ZYLINDRISCHE ABTRIEBSWELLE

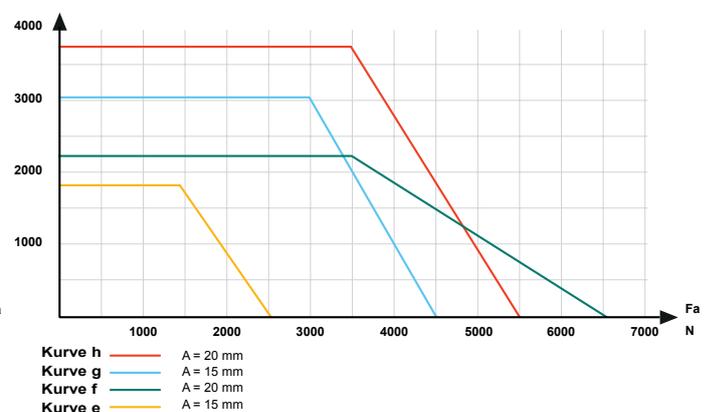
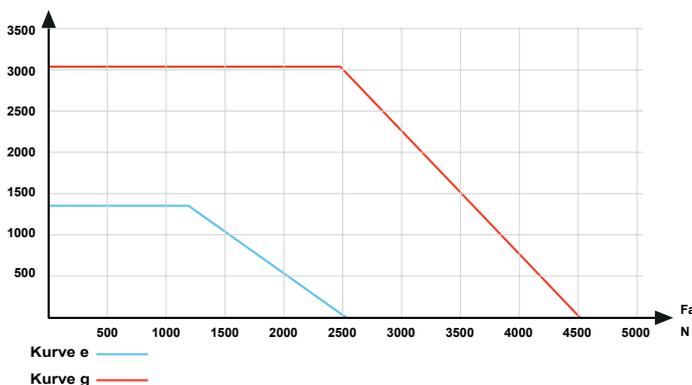
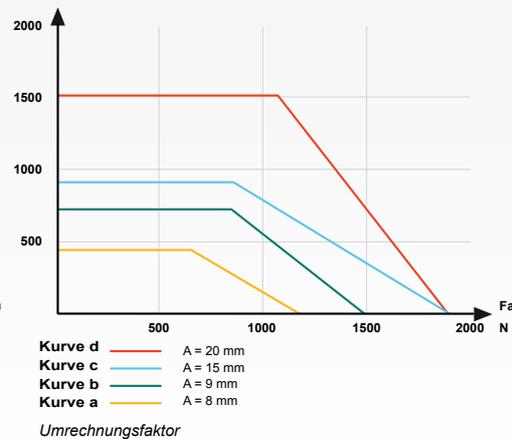
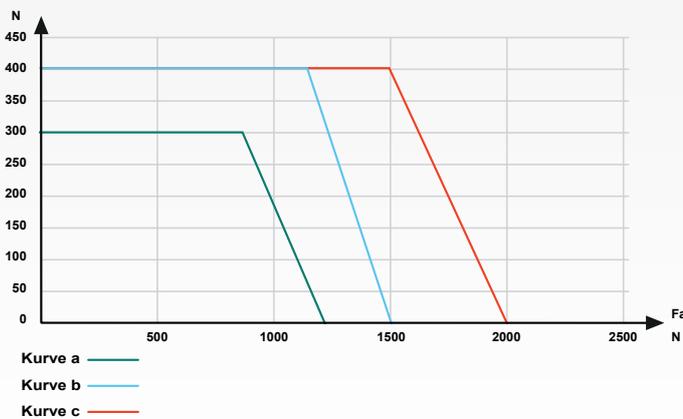
Die Wellenbelastung eines Druckluftmotors beeinflusst die Lebensdauer des Lagers. Der Motor ist lang und schlank konstruiert. Das bringt eine Reihe von Vorteilen mit sich, zum Beispiel eine hohe Leistung im Verhältnis zur Baugröße, einen niedrigen Luftverbrauch und lange Haltbarkeit der Lamellen. Alle Motoren sind mit fünf Lamellen ausgestattet, womit ein perfekter Anlauf ebenso gelingt wie der Betrieb im Langsamlauf. Um den Ansprüchen an Drehmoment und Drehzahl zu genügen, werden mehrstufige Planetengetriebe eingesetzt.

Die maximal zulässigen Belastungen der Abtriebswelle eines bestimmten Motors sind als Kraft F in der Einheit



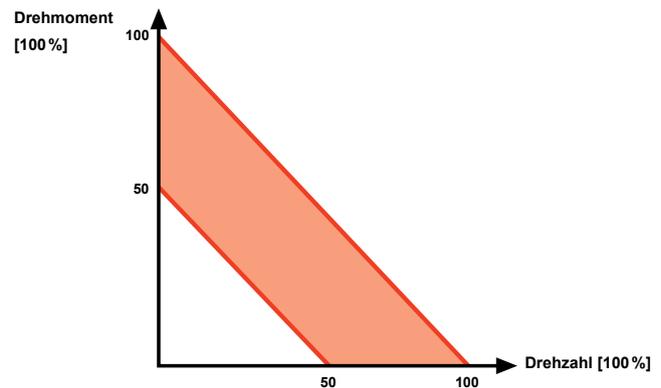
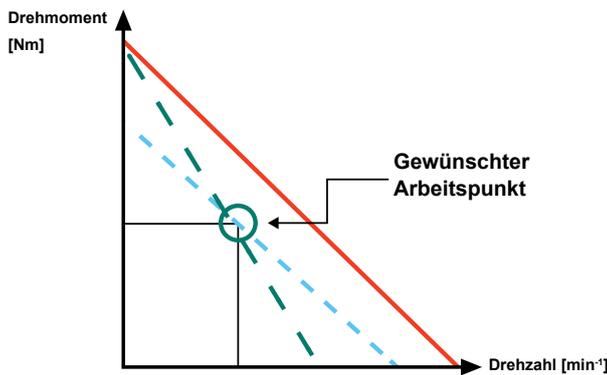
WELLE MIT GEWINDE

Newton [N] in den folgenden Abbildungen dargestellt. Die relevante Lastkurve für jeden einzelnen Motor ist in der jeweiligen Datentabelle unter „Wellenlast“ angegeben. Diese Werte wurden für Wellen- und Lagerlebensdauern von 10 Millionen Umdrehungen berechnet. Um eine Lebensdauer von 100 Millionen Umdrehungen zu erreichen, muss der Belastungsfaktor halbiert werden.



6. Methoden zur Änderung der Motorenleistung

Um die Leistung eines Druckluftmotors zu verändern, stehen zwei Methoden zur Verfügung: Drosseln oder Druckregulierung. Welche Vorgehensweise jeweils die bessere ist, hängt von den Einsatzbedingungen der einzelnen Anwendung ab.

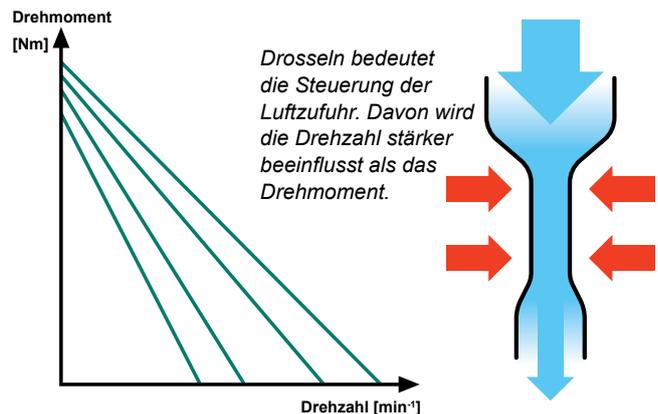


Die Auswahl eines Druckluftmotors für eine bestimmte Anwendung beginnt damit, den sogenannten Arbeitspunkt festzulegen. Das ist der Punkt, der sich aus der gewünschten Betriebsdrehzahl des Motors und dem bei dieser Drehzahl herrschenden Drehmoment ergibt (oder umgekehrt).

Die Leerlaufdrehzahl und das Drehmoment können bei Motoren von Chicago Pneumatic bis zur Hälfte reduziert werden. Der Druckluftmotor kann an jedem beliebigen Punkt in dem farblich hinterlegten Bereich betrieben werden.

Drosselung

Ein Drosselventil wird normalerweise in den Lufteinlass des Motors eingebaut, wenngleich das auch am Luftauslass möglich ist. Der Vorteil, wenn am Einlass gedrosselt wird, ist der sinkende Druckluftverbrauch. Beim Drosseln am Auslass verbleibt ein leicht höheres Anlaufmoment. Wenn die Drehzahl herabgesenkt werden, dabei aber ein möglichst hohes Anlaufmoment erhalten werden soll, ist das Drosseln die beste Methode, um die Motorleistung zu verändern.



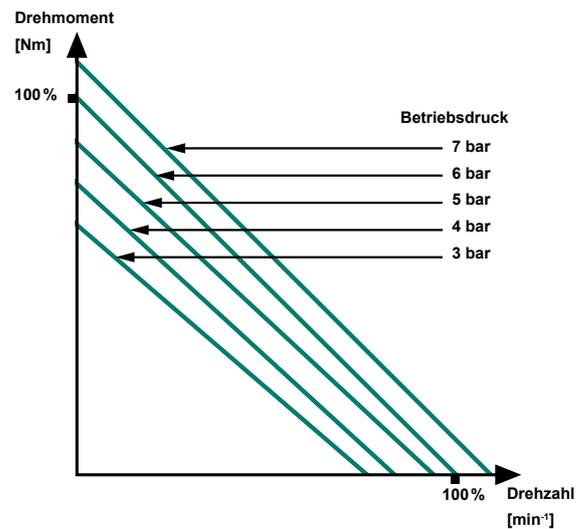
Drosseln am Lufteinlass	Drosseln am Luftauslass
... reduziert die Drehzahl	... reduziert die Drehzahl
... senkt den Luftverbrauch	... hält ein gutes Anlaufmoment aufrecht
... reduziert das Anlaufmoment	... erhält die Stabilität
... kann die Funktionsstabilität beeinträchtigen	

Druckregelung

Wenn mit einem Druckregler gearbeitet wird, wird dieser immer in den Lufteinlass des Motors eingepasst. Die Druckregelung eignet sich dann, wenn das Abwürgemoment verändert werden soll, ein hohes Anlaufmoment dabei aber nachrangig ist.

Motorleistung bei verändertem Luftdruck

Alle Leistungskurven der Druckluftmotoren von Chicago Pneumatic werden für einen Eingangsdruck von 6,3 bar angegeben. Für andere Drücke müssen die Leistungskurven neu berechnet werden. Dazu müssen die Motordaten bei 6,3 bar mit einem Korrekturfaktor multipliziert werden. Dieser Faktor wird unten in Tabelle 1 angegeben.



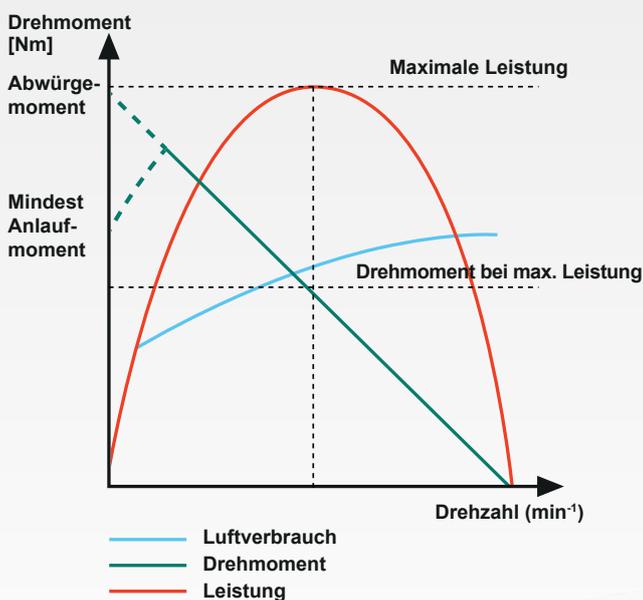
KORREKTURFAKTOREN

Luftdruck		Leistung	Drehzahl	Drehmoment	Luftverbrauch
(bar)	(Psi)				
7	101	1,13	1,01	1,09	1,11
6	87	0,94	0,99	0,95	0,96
5	73	0,71	0,93	0,79	0,77
4	58	0,51	0,85	0,63	0,61
3	44	0,33	0,75	0,48	0,44

Tabelle 1

7. Nutzung der Leistungsdaten aus dem Katalog

Die Leistungsdaten, die im Motorenkatalog von Chicago Pneumatic auch online zu finden sind, gelten für einen Eingangs-Fließdruck von 6,3 bar. Die Daten stehen in dem Katalog sowohl in Tabellenform als auch in Diagrammen zur Verfügung.



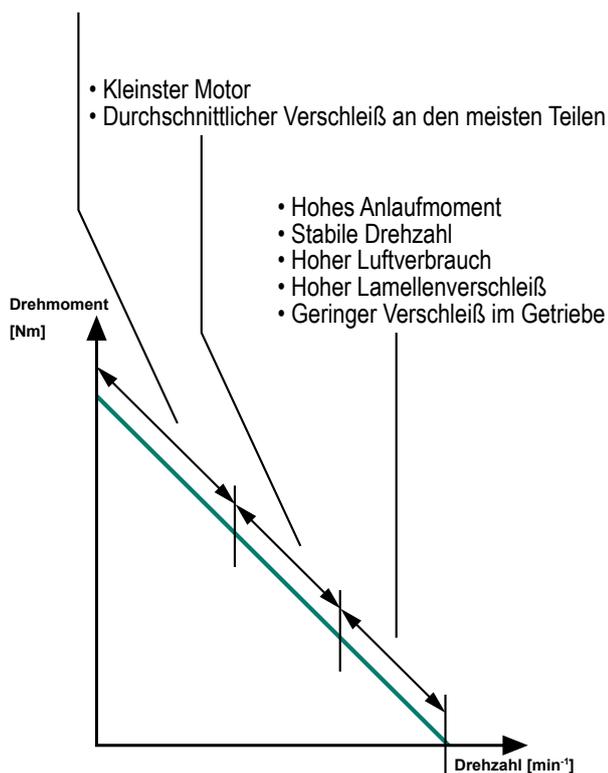
- Die Leistung eines Druckluftmotors kann man am besten an seinem Leistungsdiagramm ablesen. Für jede Motor-Getriebe-Kombination werden die Leistung, das Drehmoment sowie der Druckluftverbrauch als Funktion (also in Abhängigkeit von) der Drehzahl angezeigt.
- Maximale Leistung [in kW und PS]
- Drehzahl bei maximaler Leistung [in min⁻¹]
- Drehmoment bei maximaler Leistung [in Nm]
- Leerlaufdrehzahl [in min⁻¹]
- Druckluftverbrauch [in l/s]
- Abwürgemoment [in Nm]
- Anlaufmoment [in Nm]



8. Tipps zur Auswahl des richtigen Motors

Um den richtigen Motor für eine gegebene Anwendung zu finden, ist es ratsam, sich die Anforderungen genau anzusehen. Dabei ist eine schrittweise Vorgehensweise sinnvoll, wie im Kasten beschrieben.

- Niedriges Anlaufmoment
- Unbegrenzte Drehzahl
- Niedriger Luftverbrauch
- Hohe Last auf dem Getriebe
- Kaum Verschleiß an den Lamellen



Verschiedene Arbeitspunktbereiche

Allgemeine Regeln für die Wahl eines Druckluftmotors

Aufgrund des großen Betriebsbereichs von Druckluftmotoren kommen in der Regel vermutlich mehrere verschiedene Motoren infrage, die am selben Arbeitspunkt laufen können. Welchen Sie wählen, hängt davon ab, wo Sie den Arbeitspunkt auf der Drehzahl-Drehmoment-Kurve setzen.

Aus Gründen der Effizienz sollte ein Druckluftmotor bei maximaler Leistung betrieben werden. Daher sollte die Wahl auf den Motor fallen, der seine maximale Leistung möglichst nahe am Arbeitspunkt abgibt. Dieser stellt dann die kleinstmögliche Alternative dar und verbraucht bei der gegebenen Leistung auch am wenigsten Druckluft.

Wenn eine stabile Drehzahl des Motors wichtig ist, sollten Sie nicht mit Drehzahlen unterhalb der maximalen Leistung arbeiten. Dadurch hat der Motor im Falle einer Lastzunahme noch eine gewisse „Leistungsreserve“. Ist der Drehmomentbedarf unklar, sollte näher an der Leerlaufdrehzahl gearbeitet werden.

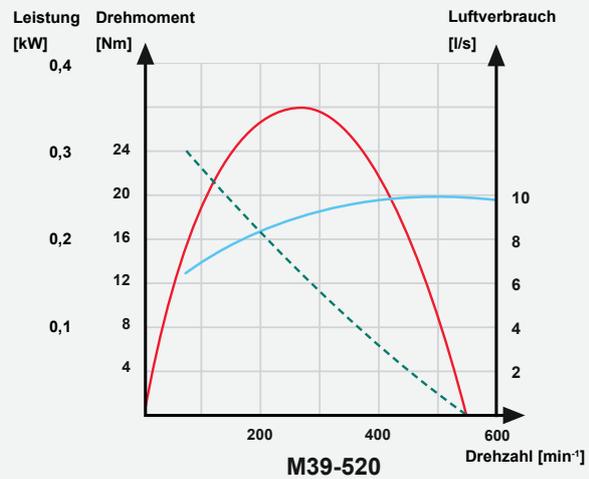
Wie die nebenstehende Grafik zeigt, werden die Zahnräder im Getriebe bei niedriger Drehzahl und hohem Drehmoment stärker belastet. Bei hohen Drehzahlen wiederum verschleifen die Lamellen schneller.

Wenn eine sehr lange Lebensdauer erforderlich ist, sollte ein möglichst großer Motor gewählt werden, der dann gedrosselt werden kann oder bei niedrigem Luftdruck betrieben wird.

BEISPIEL 1

Nehmen wir einen nicht umsteuerbaren Motor, der mit einer Drehzahl von 300 min^{-1} laufen und ein Drehmoment von 10 Nm liefern soll. Wie wählt man nun den am besten geeigneten Motor für diese Anwendung aus?

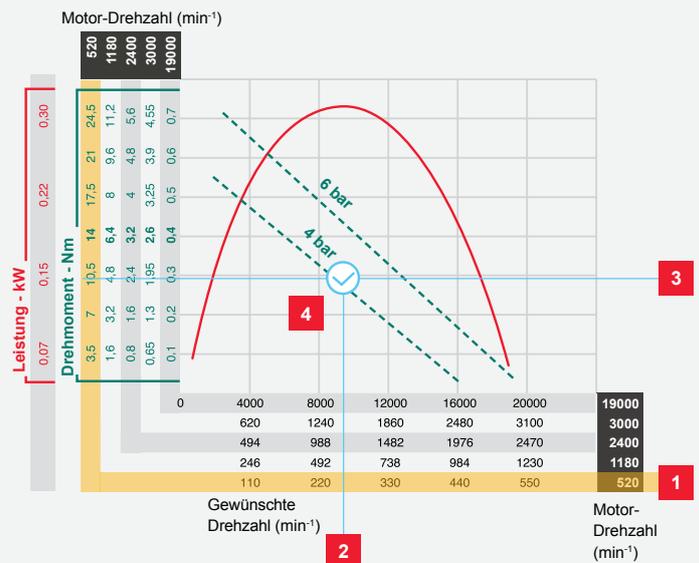
- In dem Beispiel ist die geforderte Leistung $P = \frac{\pi \times \text{Drehmoment} \times \text{Drehzahl}}{30} = \frac{3,14 \times 10 \times 300}{30} = 314 \text{ W (0,314 kW)}$
- Man wähle nun einen Motor mit passender Leistung aus dem Katalog. In diesem Fall nehmen wir einen M39 (mit $0,39 \text{ kW}$).
- Nun schauen wir uns die Leistungskurven für jede Motorvariante aus der M39er Serie an und wählen dann diejenige, deren Maximalleistung dem Arbeitspunkt am nächsten kommt.
- Am besten eignen sich für diese Anforderungen die beiden Modelle M39-650 und M39-520. Die Wahl sollte auf den M39-520 fallen, weil wir dann mit einer Drehzahl oberhalb des maximalen Leistungspunktes arbeiten können, womit sich ein höheres Anlaufmoment und eine stabilere Drehzahl ergeben.



5. Um die Auswahl zu überprüfen, sollte der Arbeitspunkt auf das Leistungsdiagramm übertragen werden, das im Katalog von Chicago Pneumatic dargestellt ist.

- **1** Suchen Sie die Zeile mit der passenden Motor-Drehzahl.
- **2** & **3** Übertragen Sie das gewünschte Drehmoment und die gewünschte Drehzahl auf die Grafik.
- **4** Der Schnittpunkt beider Kurven sollte unterhalb der Drehzahl-Drehmoment-Kurve liegen

Wenn der Arbeitspunkt eingezeichnet wird, stellt man oft fest, dass der Motor leicht angepasst werden muss, damit der Arbeitspunkt auf der Leistungskurve liegt. Dies lässt sich auf zwei Wegen erreichen: durch Verändern der Luftzufuhr oder Verändern des Luftdrucks.



Wichtige Betriebsparameter

In der Regel werden die Betriebsparameter durch die Angabe des erforderlichen Drehmoments und der entsprechenden Drehzahl genau genug definiert. Gleichwohl können weitere Anforderungen an weitere Leistungsparameter auftreten. Diese betreffen meistens die folgenden Punkte:

- Anlaufdrehmoment
- Abwürgemoment
- Leerlaufdrehzahl
- Druckluftverbrauch
- Wartungsintervall
- Abtriebslast
- Effizienz
- Leistungsreserve

Der Motor muss ein gewisses Anlaufmoment liefern

Viele Anwendungen erfordern ein bestimmtes Mindest-Anlaufdrehmoment des Motors. Das kann vorkommen, wenn der Motor eine Last bewegen soll. Das Mindest-Startmoment eines Motors ist in der jeweiligen Datentabelle zu finden.



BEISPIEL 2

Ein Druckluftmotor soll einen Transportwagen oder eine Laufkatze bedienen. Der Arbeitspunkt des Motors beträgt 5 Nm bei 300 min⁻¹. Weil die Anlaufcharakteristik sehr wichtig ist, muss der Motor zudem ein Anlaufmoment von 20 Nm liefern.

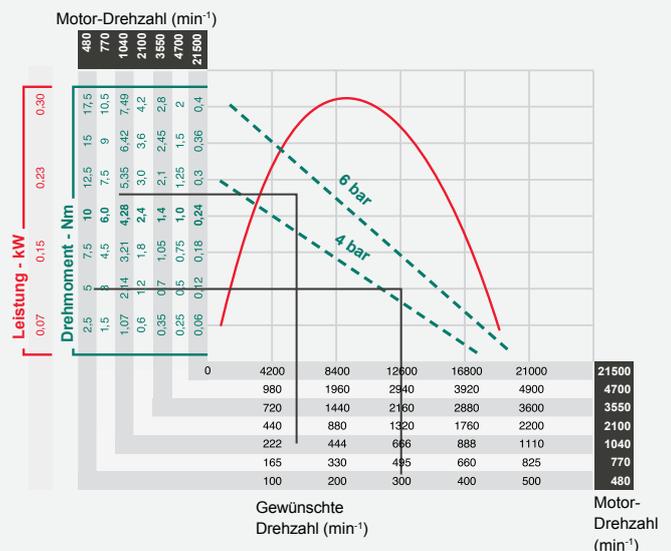
Die Leistungsanforderungen lauten damit wie folgt:

$$P = \frac{\pi \times \text{Drehmoment} \times \text{Drehzahl}}{30} = \frac{3,14 \times 5 \times 300}{30} = 157 \text{ W (0,157 kW)}$$

Für diese Anwendung eignet sich ein Motor der Größe bzw. des Typs M25 (0,25 kW).

Die Leistungskurven dieser Serie zeigen, dass das Modell M25-1040 die Anforderungen an den Arbeitspunkt erfüllt. Dieser Motor kann aber leider nur ein Anlaufmoment von 10 Nm garantieren. Das Lastenheft schreibt aber 20 Nm vor, also müssen wir einen Motor mit einem anderen Übersetzungsverhältnis wählen. Und da wir ein höheres Anlaufmoment brauchen, muss der Motor auch ein höheres Übersetzungsverhältnis haben.

Das trifft auf den M25-480 zu. Sein Anlaufmoment liegt bei 22 Nm. Damit ist er für diese Anwendung die richtige Wahl.



Wenn der Motor ein bestimmtes **Abwürgemoment** und eine bestimmte **Leerlaufdrehzahl** haben muss

Zwei typische Anwendungen für Druckluftmotoren liegen im Einsatz für Umreifungsgeräte von Verpackungen und als Werkzeuge für die Schraubmontage. Beide stellen gewisse Anforderungen an die Leerlaufdrehzahl und an das Abwürgemoment. Die Leerlaufdrehzahl definiert, wie schnell der Prozess ablaufen kann. Das liegt daran, dass der Motor die meiste Zeit mit geringem Drehmoment arbeitet, zum Beispiel, wenn die Folie oder der Gurt zum Umreifen gestrafft oder wenn eine Schraube bis zur Kopfauflage ohne großen Kraftaufwand eingedreht wird. Das Abwürgemoment definiert dann jeweils die Spannung im Gurt oder der Folie beziehungsweise das Endmoment der Schraubverbindung.

BEISPIEL 3

Nehmen wir an, wir benötigen einen Motor, der einen Druckluftschrauber antreibt und eine Schraube mit 25 Nm anziehen kann. Die Schraube soll er mit 500 Umdrehungen pro Minute eindrehen. In unserem Fall braucht der Motor nicht umsteuerbar zu sein.

Was wir auch wissen ist, dass die Leerlaufdrehzahl doppelt so hoch ist wie die Drehzahl bei maximaler Leistung. Das heißt, wir suchen nach Motoren, die bei Maximalleistung mindestens 12,5 Nm Drehmoment aufbringen und mit einer Drehzahl von 250 min⁻¹ laufen.

Dafür brauchen wir einen Motor mit folgender Leistung:

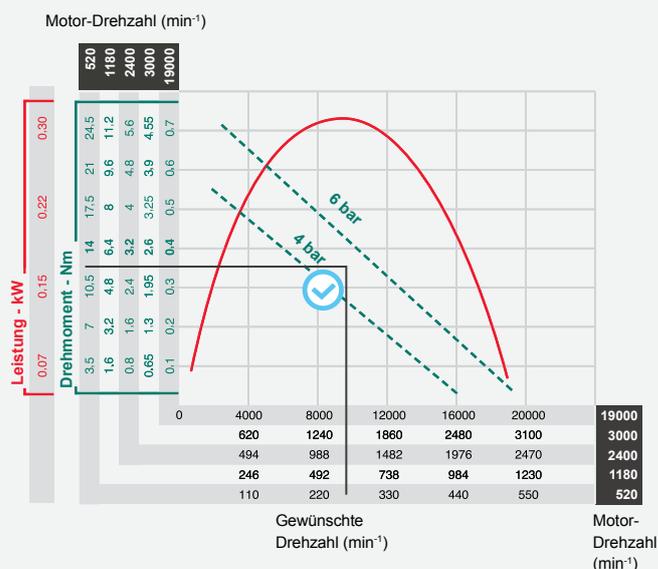
$$P = \frac{\pi \times \text{Drehmoment} \times \text{Drehzahl}}{30} = \frac{3,14 \times 12,5 \times 250}{30} = 327 \text{ W}$$

Dafür schauen wir nun zunächst einmal bei den nicht umsteuerbaren Motoren der M39er Serie nach. Dort finden wir den M39-520, der doch ganz passend aussieht. Sein Drehmoment beträgt bei maximaler Leistung 14 Nm (Abwürgemoment also 28 Nm), die Leerlaufdrehzahl 550 min⁻¹ bei 6,3 bar.

Wenn wir ganz exakt auf die genannten 25 Nm Abwürgemoment kommen wollen, müssen wir das Drehmoment etwas herunterregeln. Den Eingangsdruck mit einem Druckregler etwas zu senken, sollte genügen.

Die Druckregulierung senkt auch die Drehzahl etwas, aber weniger, als wenn man den Durchfluss begrenzt. Damit liegen wir nun immer noch oberhalb der 500 min⁻¹.

Der M39-520 ist also eine gute Lösung für die obige Druckluftschrauber-Anwendung.



Wartungsintervall

Das Wartungsintervall eines Druckluftmotors hängt sehr stark von den Betriebsbedingungen ab.

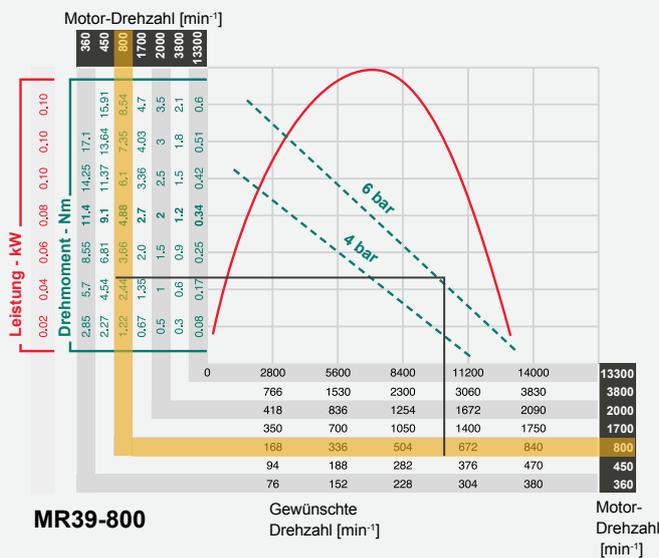
Wenn der Motor in einem Mix aus Leerlauf, Betrieb bei voller Leistung und Abbremsen bis zum Stillstand läuft, liegt das typische Wartungsintervall für geschmierte Lamellen der Chicago-Pneumatic-Motoren bei 2000 Betriebsstunden und bei ölfreien Motoren mit ungeschmierten Lamellen bei 1000 Stunden.

Die Lebensdauer ist natürlich nicht auf diese Werte festgelegt. Wir empfehlen zunächst eine Erstsinspektion innerhalb der genannten Zeitintervalle und einen Blick in die Betriebsanleitung des jeweiligen Motors. Dort wird der maximal zulässige Lamellenverschleiß für jeden Motortyp und jede Motorgröße angegeben. Die Lamellen sollten ausgetauscht werden, bevor der Verschleiß die vorgesehenen Werte überschreitet.

BEISPIEL 4

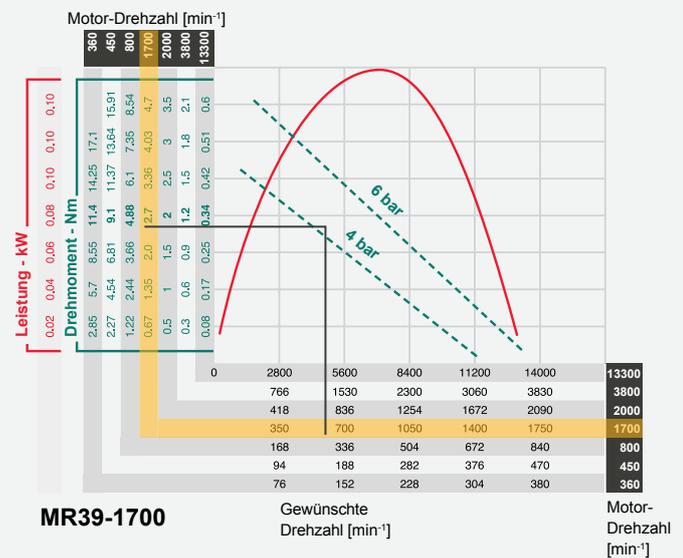
Als nächstes nehmen wir eine Anwendung mit einem Drehmoment von 2,5 Nm und einer Drehzahl von 600 min⁻¹. Der Motor läuft 8 Stunden am Tag und in beiden Drehrichtungen, was eine hohe Belastung darstellt und tendenziell den Wartungsaufwand erhöht. Von dem Arbeitspunkt lesen wir ab, dass die Leistung mindestens $3,14 \times 2,5 \times 600/30 = 157 \text{ W}$ betragen muss. Ein Motor, der diesen Arbeitspunkt bietet, ist der MR39-800.

Bei acht Betriebsstunden pro Tag sollten wir den Motor etwas größer auslegen und die Leistung über einen Druckregler oder eine Drosselung der Durchflussmenge herunterregeln.



Eine Alternative wäre der MR39-1700. Hier ist die Drehzahl am Arbeitspunkt sehr niedrig im Vergleich zur Leerlaufdrehzahl. Das deutet auf eine lange Lebensdauer der Lamellen hin. Auf der anderen Seite liegt das Drehmoment am Arbeitspunkt näher an dem Drehmoment bei maximaler Leistung, was wiederum den Verschleiß im Getriebe erhöht. Um in diesem Fall den Arbeitspunkt zu erreichen, kann man entweder den Luftdruck reduzieren oder den Durchfluss drosseln.

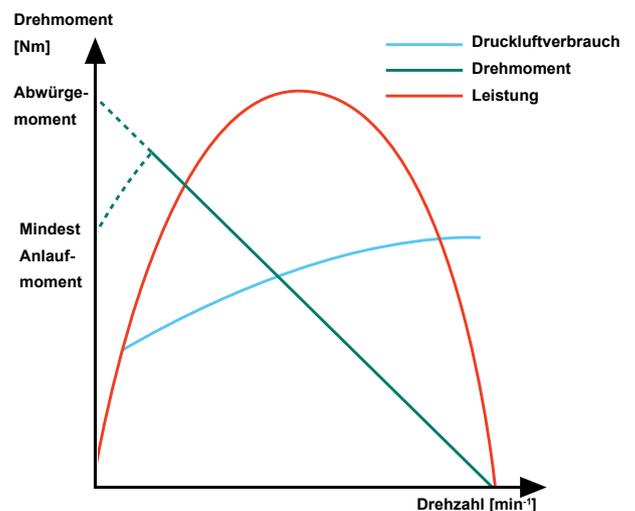
Ein etwas größer dimensionierter Motor hat den Vorteil einer langen Lebensdauer und größerer Wartungsintervalle.



Druckluftverbrauch

Wenn es hauptsächlich um niedrigen Luftverbrauch geht, sollte die Wahl auf den kleinstmöglichen Motor fallen. Hat man sich auf eine Motorgröße festgelegt und innerhalb dieser Baureihe verschiedene Optionen, so ist zu bedenken, dass der Druckluftverbrauch umso höher ist, je näher der Motor an seiner Leerlaufdrehzahl arbeitet (blaue Linie rechts).

Wenn Sie die Leistung eines Motors verringern wollen, erhalten Sie den niedrigsten Luftverbrauch durch Drosselung (idealerweise am Motoreinlass) und nicht über eine Druckregelung.



Abtriebslast

Details zur maximal zulässigen Abtriebslast finden Sie in Kapitel 5. In den Datentabellen der Motoren sind die Kennzahlen für die Wellenbelastung aufgeführt. Dort finden Sie auch Grafiken mit den zulässigen Kombinationen von radialer und axialer Wellenlast. Stellen Sie sicher, dass Ihre Anwendung nicht zu Abtriebslasten führt, die oberhalb der zulässigen Werte liegen. In einigen seltenen Fällen müssen Sie möglicherweise auf einen übergroßen Motor zurückgreifen, um die voraussichtlichen Wellenlasten bewältigen zu können.

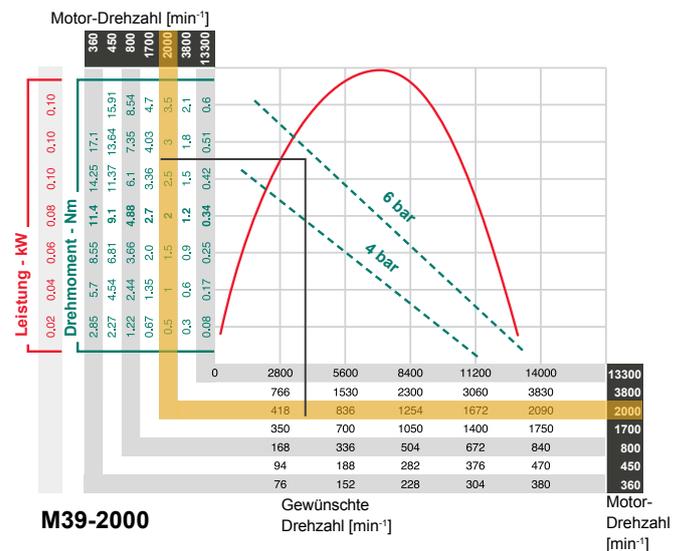
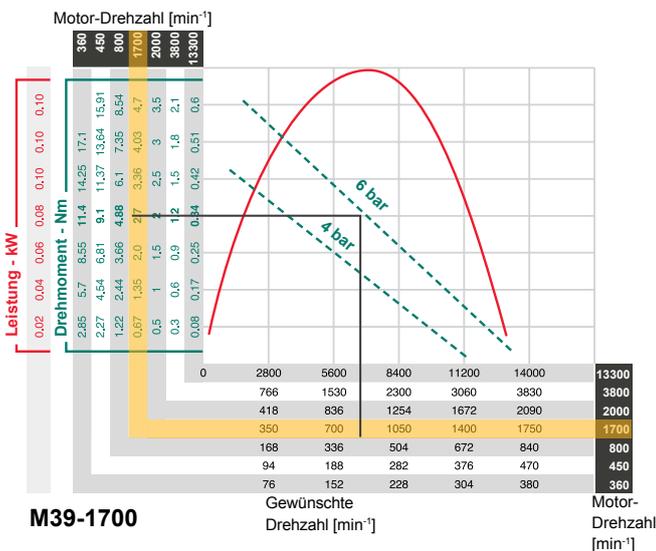
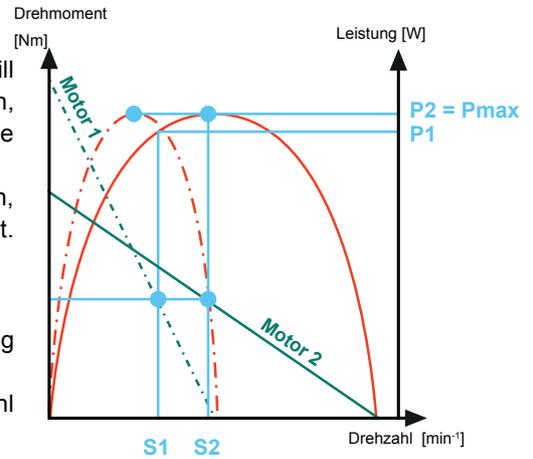
Effizienz

Der Kunde ist bereit, einen Motor mit höherer Leistung bei 2,7 Nm zu betreiben, will aber Platz und Geld sparen. Die Drehzahl ist für ihn kein Thema. Wir wissen schon, dass die Druckluftmotoren der Reihe MR39 die Leistung bringen, die er benötigt. Die beste Lösung wäre hier, das Verhältnis von Leistung zu Luftverbrauch zu optimieren. Vergleichen wir zwei Motoren mit gleicher Leistung, aber unterschiedlichen Drehzahlen, wie den MR39-1700 (2) und den MR39-2000 (1), bei gleichem Ausgangsdrehmoment. P2 zeigt den Punkt maximaler Leistung, der oberhalb von P1 liegt:

Der Motor MR39-1700 ist damit der effizientere.

Der Motor MR39-1700 erreicht das Drehmoment von 2,7 Nm bei maximaler Leistung (P2) bei einer Drehzahl von 850 min⁻¹ (S2).

Der MR39-2000 erreicht die 2,7 Nm bei geringerer Leistung (P1) und einer Drehzahl von 500 min⁻¹ (S1).



Leistungsreserve

Eine Leistungsreserve (oder „Reserveleistung“) bedeutet, dass der Druckluftmotor in der Lage sein muss, eine wachsende Last ohne allzu großen Rückgang bei der Drehzahl zu bewältigen und die Leistung auch bei schwankender Belastung aufrecht zu erhalten.

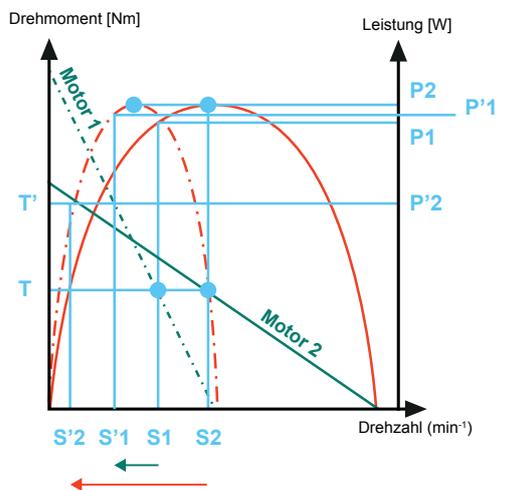
Bei dem Anfangsmoment T ist P2 > P1 und Motor 2 wohl die beste Lösung.

Wie verhält es sich aber, wenn das Drehmoment von T auf T' zunimmt?

- Motor 1 verringert die Drehzahl von S1 auf S'1, und die Leistung steigt sogar leicht von P1 auf P'1.
- Bei Motor 2 sinkt die Drehzahl deutlicher von S2 auf S'2. Die Leistung fällt drastisch von P2 auf P'2.

Der Rückgang der Drehzahl ist viel größer und für die Auswahl entscheidender bei Motor 2 als bei Motor 1: S2-S'2 > S1-S'1

Motor 1 hat bei dieser Anwendung also die besseren Leistungsreserven.



9. Schalldämpfung

Der Lärm, den ein Druckluftmotor erzeugt, wird hauptsächlich von der Abluft verursacht, die aus dem Motor austritt. Der Geräuschpegel steigt mit der Drehzahl an und ist im Leerlauf am größten.

Alle Motoren von Chicago Pneumatic sind mit einem Gewinde am Luftauslass ausgestattet. An dieses kann ein Schalldämpfer angeschraubt werden, womit das Betriebsgeräusch leiser wird. Durch die Montage eines Schlauchs zwischen dem Anschluss am Luftauslass und dem Schalldämpfer kann der Geräuschpegel noch weiter gesenkt werden. Die Wirkung verschiedener Maßnahmen zur Schalldämpfung finden Sie in der unten stehenden Tabelle. Zu beachten ist, dass ein falsch dimensionierter Schalldämpfer die Leistung herabsetzen kann.

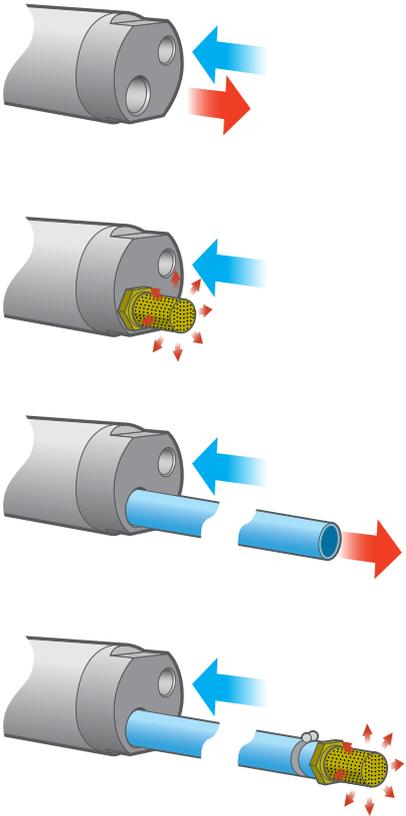
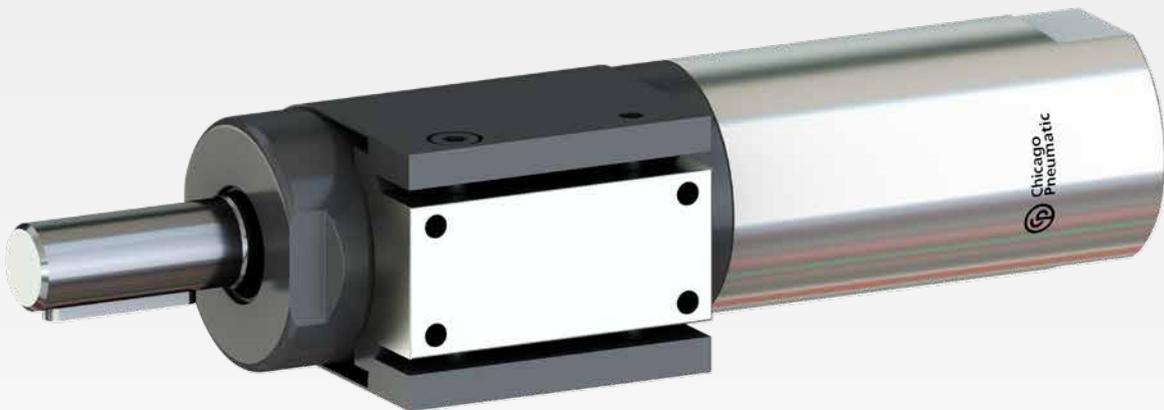
Rahmenbedingungen: <ul style="list-style-type: none"> • Motor mit 0,36 kW • Leerlaufdrehzahl • Schalltoter Raum • Intervall von 1 Minute 	Maßnahme zur Schalldämpfung	Geräuschpegel dB (A)
	Ohne	94
	Nur Schalldämpfer	77
	Nur Schlauch	84
	Schlauch und Schalldämpfer	75

Tabelle 2

Verschiedene Möglichkeiten zur Schalldämpfung und ihre Auswirkungen. Die Geräuschpegel sind fiktiv und nur von den Verhältnissen her relevant.

10. Einbau von Druckluftmotoren

Ein Druckluftmotor benötigt eine gewisse Menge Luft und einen gewissen Druck, um zu funktionieren. Die Schläuche für Zu- und Abluft müssen daher richtig dimensioniert sein.



Druckluftleitungen

Wenn Sie zu lange oder zu kleine Druckluftleitungen einsetzen, führt dies zu Druckverlust. Wie weiter vorne in diesem Leitfaden erläutert, bedeutet dies auch einen Verlust an Leistung. Die Leitung bzw. der Schlauch am Luftauslass muss größer sein als die Zuluftleitung. Dies liegt daran, dass die Abluft expandiert und damit ein größeres Volumen einnimmt als die Zuluft. Bei einem Eingangs-Fließdruck von 6,3 bar (= 7,3 bar absolut) und einer Expansion auf atmosphärisches Niveau am Auslass (= 1 bar absolut) dehnt sich die Luft um den Faktor 7,3 aus. In der Praxis bedeutet dies, dass bei Verwendung gleich großer Leitungen am Luftein- und -auslass ein Rückstau (Gegendruck) aufgebaut wird und der Motor seine Effizienz verliert.

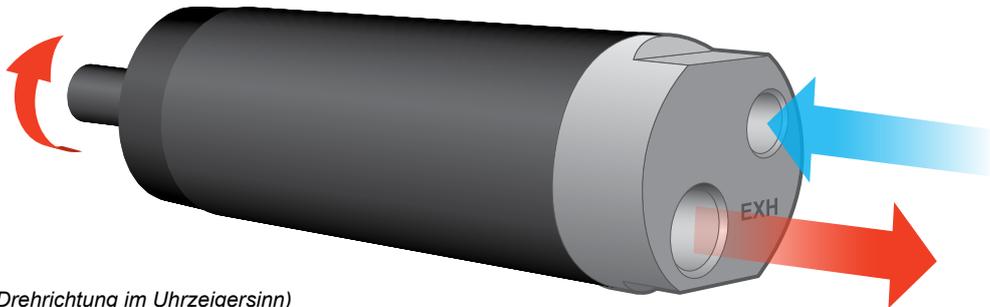
Spezifikation	Einheit	CHICAGO PNEUMATIC				
Artikel		M16	M25-M2501	M39-M3901	M84-M8401	M180
Lufteinlass-Anschluss	BSP	1/8"	1/8"	1/4"	1/4"	3/8"
Lufteinlass-Schlauch*	[mm]	8	8	10	10	13
Durchmesser Einlassnippel	[mm]	5	5	8	8	9,3
Luftauslass-Anschluss	BSP	1/8"	1/8"	1/4"	1/4"	3/8"
Luftauslass-Schlauch*	[mm]	8	8	10	10	19
Durchmesser Auslassnippel	[mm]	5	5	8	8	17

**Empfohlener Mindest-Innendurchmesser (für umsteuerbare Motoren sollte für Ein- und Auslass dieselbe Größe verwendet werden). Die Informationen zu den Schlauchgrößen gelten für Schlauchlängen bis zu 3 m. Für längere Schläuche sollte der Durchmesser eine Nummer größer sein.*

Anschluss

Nicht umsteuerbarer Motor

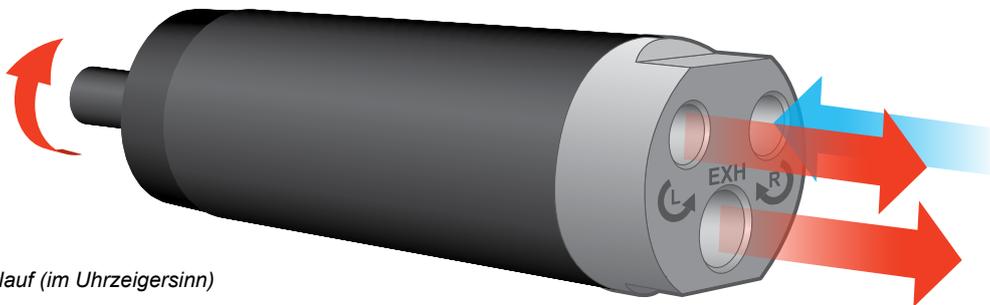
Wenn die Druckluftzufuhr mit dem Lufteinlass verbunden wird, ergeben sich die Drehrichtungen wie in den folgenden Abbildungen. Wenn die Abluft kontrolliert abgeführt werden soll, sollte ein Schlauch an den Luftauslass angeschlossen werden (EXH).



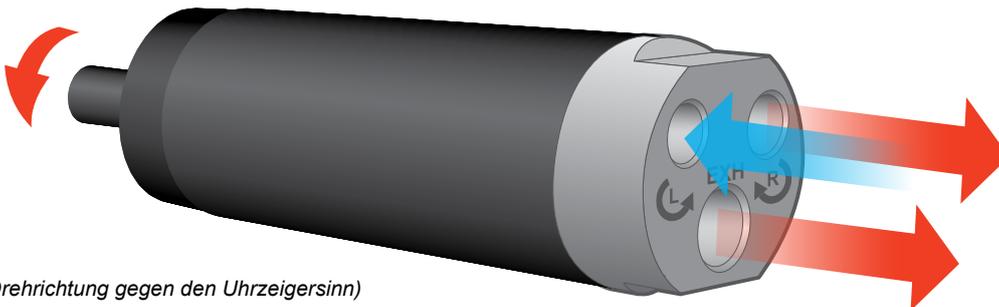
Rechtslauf (Drehrichtung im Uhrzeigersinn)

Umsteuerbarer Motor

Die Druckluftzuleitung sollte an die Einlass-Öffnung angeschlossen werden, die auf die gewünschte Drehrichtung hinweist, wie in der folgenden Abbildung zu sehen. Der zweite Einlass, der nicht benötigt wird, funktioniert dann als zusätzlicher Luft-Auslass. Hieran bitte nichts anschließen.



Rechtslauf (im Uhrzeigersinn)



Linkslauf (Drehrichtung gegen den Uhrzeigersinn)

Druckluftaufbereitung

Für die bestmögliche Leistung und eine möglichst lange Haltbarkeit des Motors sollte dieser mit Druckluft betrieben werden, deren Drucktaupunkt höchstens +10 °C beträgt. Außerdem sollte die Druckluft von einem Kältetrockner aufbereitet werden.

Für einen zuverlässigen Betrieb sollten zudem ein Druckluftfilter und ein Öler (nicht unbedingt erforderlich, wenn der Motor für ölfreien Betrieb ausgelegt ist) in die Druckluftzufuhr eingebunden werden – innerhalb von 5 Metern vor dem Motor. Auch ein Druckregler empfiehlt sich als Bestandteil der Luftaufbereitung. Dieser hält den gewünschten Betriebsdruck aufrecht und kann auch dazu verwendet werden, die Leistung exakt an die Anforderungen der Anwendung anzupassen. Der Filter dient dazu, alle Partikel, die größer als 15 Mikrometer sind, sowie über 90 % der Luftfeuchtigkeit abzuscheiden.

Falls Sie es nicht wussten: Bei der Auswahl einer Druckluft-Wartungseinheit sollten Sie darauf achten, dass die Durchflusskapazität aller Komponenten den Anforderungen des Motors genügt.



Schmierung

Ein Druckluftmotor erreicht optimale Standzeiten zwischen den Wartungen und seine beste Leistung, wenn er mit 50 mm³ Öl je Kubikmeter (= 1000 Liter) Luft geschmiert wird. Unzureichende Ölung führt zu schnellerem Lamellenverschleiß und reduziert die Leistung.

Das nebenstehende Beispiel zeigt, wie man die erforderliche Schmierung für einen Motor berechnet, der bei einer bekannten Leistung arbeiten soll.

Das gewählte Schmieröl sollte eine Viskosität von 50 bis 300 × 10⁶ m²/s bei der Betriebstemperatur des Motors haben. Chicago Pneumatic stellt eigens hierauf abgestimmte Spezialöle zur Verfügung. Die folgende Tabelle zeigt, wie zu wenig Schmierung die Standzeiten (Wartungsintervalle bis zum Verschleiß der Lamellen) und die Leistung eines geschmierten Lamellenmotors beeinflusst.

BEISPIEL

Ein nicht umsteuerbarer Motor des Typs M39, der bei maximaler Leistung läuft, verbraucht 8,3 Liter Druckluft pro Sekunde.

In einer Minute zieht er 498 (= 8,3 × 60) Liter Druckluft. Dafür wird folgende Schmierung benötigt:
 $498 \text{ l/min} \times 50 \text{ mm}^3/1000 \text{ l} = 25 \text{ mm}^3/\text{min}$.

Wird ein Ölnebelschmierer verwendet, sollte er auf 2 Tropfen Öl pro Minute eingestellt werden (1 Tropfen = 15 mm³).

Schmiermittelmenge	Wartungsintervall	Abgabeleistung
mm ³ Öl pro m ³ Luft	Stunden	%
50	1000 – 3000	100
10	500 – 100	100
1	200 – 500	90
0,1	100 – 300	80
0	10 – 30	30

1 Tropfen Öl entspricht etwa 15 mm³

Ölfreie Lamellenmotoren

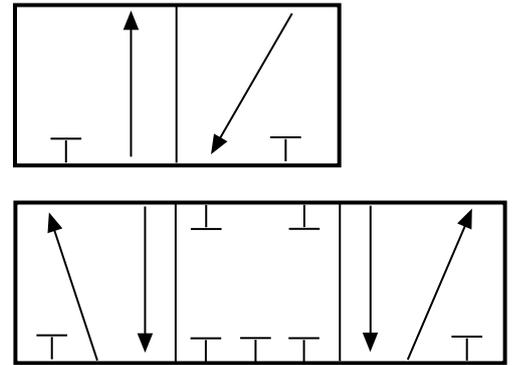
Druckluftmotoren von Chicago Pneumatic sind standardmäßig mit schmierfreien Lamellen erhältlich. Wenn der Motor mit 100 % trockener Druckluft und ohne Schmierung betrieben wird, kann sich die Performance je nach Modell um etwa 5 bis 15 % bei maximaler Leistung reduzieren. Die Leerlaufdrehzahl wird noch stärker beeinflusst, sie sinkt um etwa 10 bis 30 %. Um die Wartungsintervalle von ölfreien Lamellenmotoren zu verlängern, sollten Sie daher trotzdem möglichst geölte Druckluft verwenden, wenn die Anwendung dies erlaubt.

Einsatz von Wegeventilen

Solche Ventile werden verwendet, um den Motor zu starten oder zu stoppen oder um seine Drehrichtung zu ändern. Gewöhnlich wird ein sogenanntes 5/3-Wegeventil eingesetzt, um einen umkehrbaren Motor zu steuern, und ein 3/2-Wegeventil für einen Motor, dessen Drehrichtung nicht verändert werden kann.

Die Ventilbezeichnungen werden definiert von der Anzahl der Anschlüsse und der Anzahl der Schaltstellungen, die das jeweilige Ventil ermöglicht. Ein 5/3-Wegeventil hat 5 Anschlüsse und 3 Schaltstellungen.

Bei der Auswahl eines Wegeventils ist es wichtig, dass seine Durchflusskapazität für die Versorgungsansprüche des Motors ausreicht.

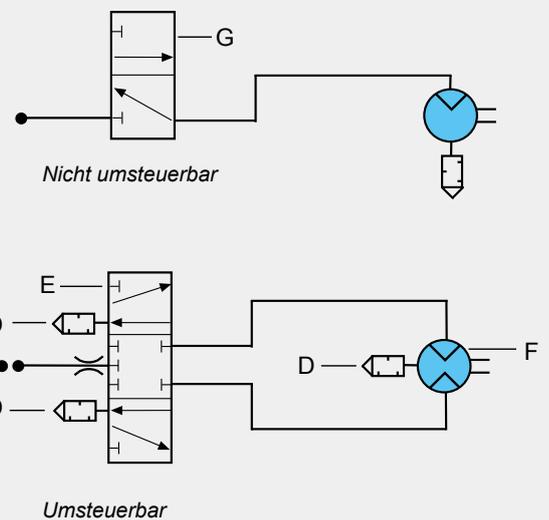
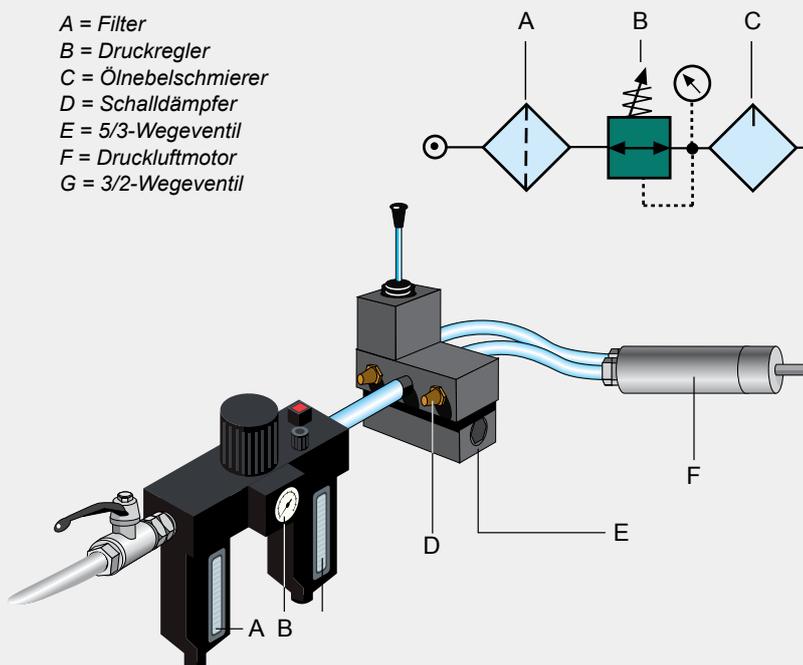


Diese Symbole werden auf Installationsplänen für die Ventile verwendet.

Installationsbeispiele

Typische Einbaupläne für Druckluftmotoren, zusammen mit den zugehörigen Wegeventilen, Filtern, Druckreglern, Ölern und Schalldämpfern.

- A = Filter
- B = Druckregler
- C = Ölinebelschmierer
- D = Schalldämpfer
- E = 5/3-Wegeventil
- F = Druckluftmotor
- G = 3/2-Wegeventil



Umsteuerbar

Die Drehrichtung wird manuell per Schalthebel durch ein 5/3-Wegeventil gesteuert.

Die Wartungseinheit stellt sicher, dass der Motor mit sauberer, geölter Luft versorgt wird. Der eingebaute Druckregler kann auch dazu verwendet werden, die Leistung des Motors zu modifizieren.

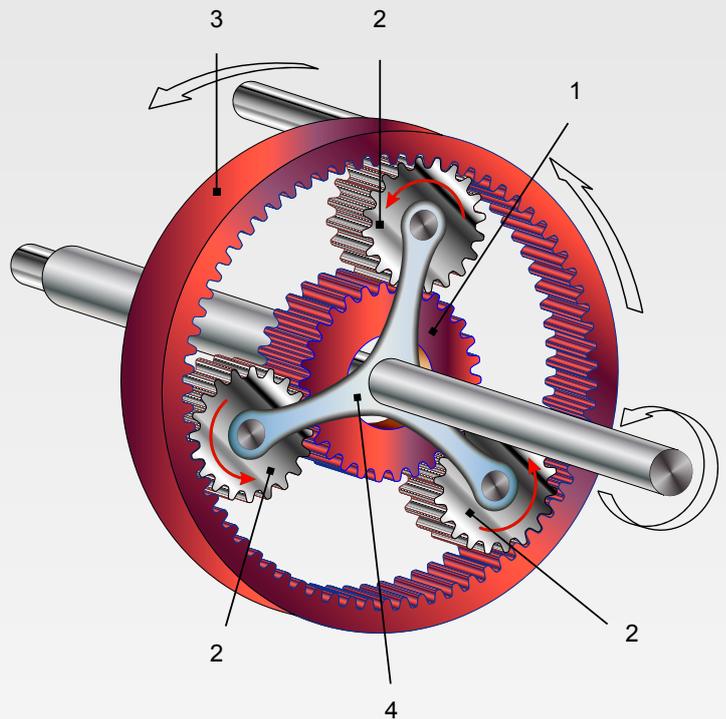
Anhang

Planetengetriebe

Planetengetriebe (siehe Abbildung rechts) werden dann eingesetzt, wenn der Antrieb möglichst klein sein soll. Denn diese Getriebe liefern bei einem gegebenen Bauraum ein sehr hohes Drehmoment. Die Hauptkomponenten in Planetengetrieben sind das Sonnenrad (1 im Bild) und die Planetenräder mit Außen-Zahnkränzen (2), das Hohlräder mit Innen-Zahnkranz (3) sowie der Planetenradträger (4). Dieser bildet zugleich die Abtriebswelle des Getriebes. Die Planetenräder sitzen auf dem Planetenradträger. Das außen liegende Hohlräder hält alles zusammen.

Das Übersetzungsverhältnis wird (bei starrem Hohlräder oder starrem Planetenträger) mit folgender Formel berechnet:

$$i = 1 + \frac{Z_3}{Z_1}$$
 wobei Z_1 für die Anzahl der Zähne des Sonnenrades steht und Z_3 für die Anzahl der Zähne des Hohlrades.



Schneckengetriebe

Für besonders langsame Motoren eignet sich die Sonderkonstruktion des Schneckengetriebes. Diese Motoren haben einen abgewinkelten Vorbau (siehe Bild links) und sind damit etwas anders aufgebaut als die normalen, zylindrischen Druckluftmotoren. Dies ist beim Einbau in andere Konstruktionen zu berücksichtigen.

Schneckengetriebe bestehen aus der Schneckenwelle und einem in der Regel um 90° versetzt angeordneten Schneckenrad. Die Schneckenwelle ist die Verlängerung der Motorwelle und ähnelt einer Schraube, deren Gewinde zwischen die Zähne des Schneckenrads greift und dieses antreibt. Diese Konstruktion erlaubt ein sehr hohes Übersetzungsverhältnis (= Übersetzung ins Langsame) und damit sehr niedrige Drehzahlen.

Bei der Schnecke können sich ein Zahn oder mehrere Zähne parallel um die Achse winden; entsprechend viele Gänge hat das Schneckengetriebe. Dessen Übersetzungsverhältnis berechnet sich als Quotient aus der Zahnzahl (oder den Gängen) Z_1 der Schneckenwelle und der Anzahl der Zähne Z_2 des Schneckenrades:

$$i = \frac{Z_1}{Z_2} \quad \text{mit}$$

i = Übersetzungsverhältnis

Z_1 = Anzahl der Zähne/Gänge der Schneckenwelle

Z_2 = Anzahl der Zähne des Schneckenrades



CHICAGO PNEUMATIC

DRUCKLUFTMOTOREN

EIN KOMPLETTES, VIELSEITIGES SORTIMENT

Chicago Pneumatic hält ein breit gefächertes Programm an Lamellenmotoren in Edelstahlausführung sowie an ölfreien Modellen bereit:

- Leistungen von 0,16 kW bis 1,8 kW
- Die meisten Motoren sind sowohl für den Betrieb in einer Drehrichtung und mit Gewinde am Abtrieb als auch in umsteuerbarer Variante mit freiem Wellenende erhältlich. Für die Abtriebe stehen weitere Optionen zur Verfügung.
- Mit ATEX-Zertifikat für den Einsatz in explosionsgefährdeten Umgebungen.

Das komplette Portfolio finden Sie auf unserer Webseite www.cp.com/de-de oder in unserem Online-Katalog m.cp.com. **Scannen Sie dazu diesen QR-Code:**



Dort können Sie sich unser Motorenprogramm anschauen und finden für jedes Modell folgende Daten und Informationen:

- CAD-Zeichnungen zum Herunterladen – in allen Formaten, so dass Sie sie in Ihre Konstruktionen und Projekte einbinden können
- Leistungskurven, um die am besten geeignete Motorvariante bestimmen zu können
- Produktbilder

Ferner finden Sie dort umfangreiches Zubehör, das Ihnen die Installation Ihres Druckluftmotors erleichtert.

Mit über **100 verschiedenen Motoren** umfasst das Programm **3 Kategorien:** Standard, Edelstahl und Langsamläufer.



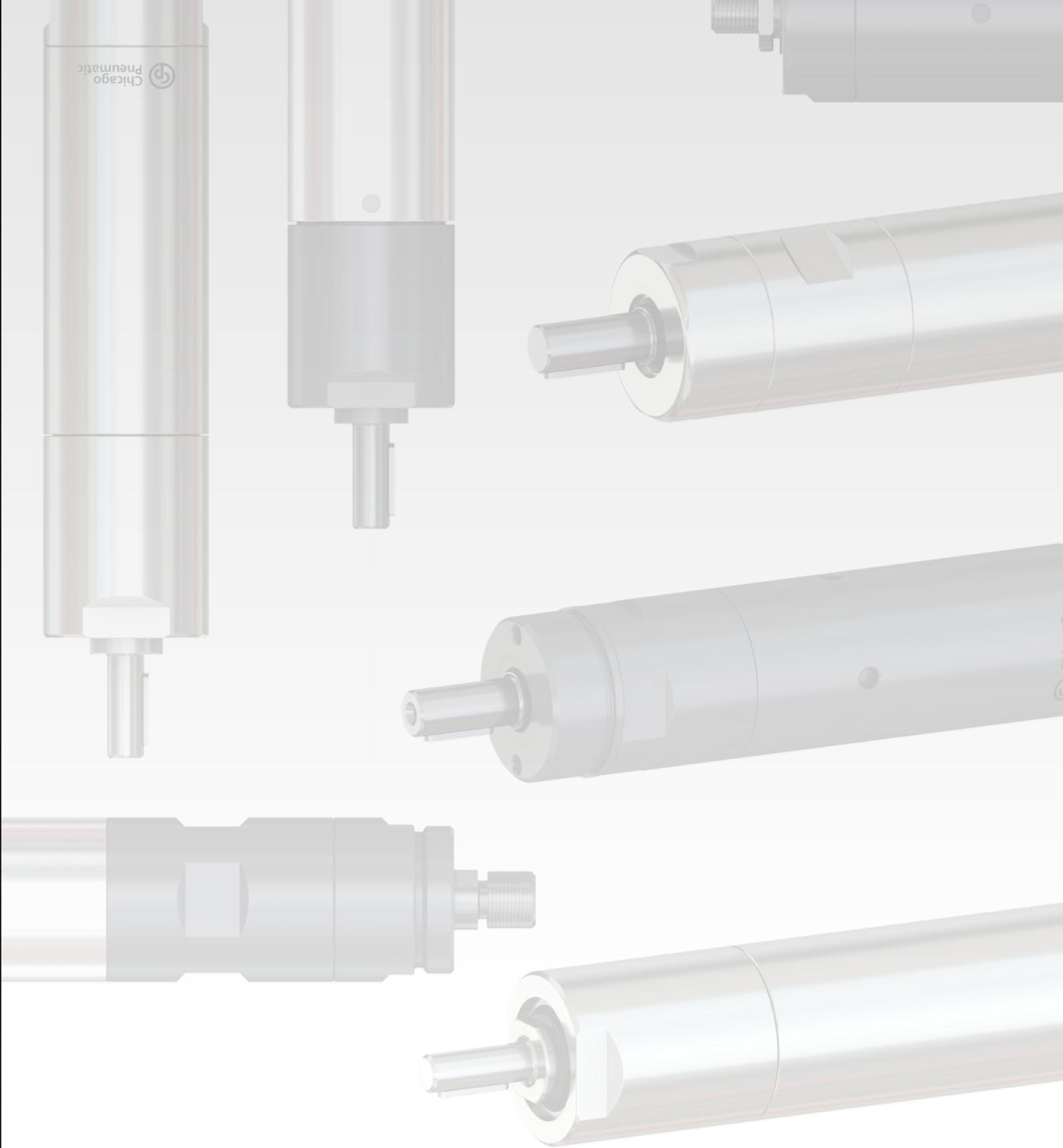
Standard-Druckluftmotoren sind kompakt im Aufbau, leicht und für zahlreiche Drehzahlen und Drehmomente verfügbar. Sie eignen sich für den Einbau in handgehaltene Geräte oder industrielle Anlagen aller Art.



Edelstahlmotoren sind die richtige Wahl für Anwendungen in korrosiven Umgebungen. Dazu zählen viele Applikationen etwa in der Lebensmittel- und der chemischen Industrie.



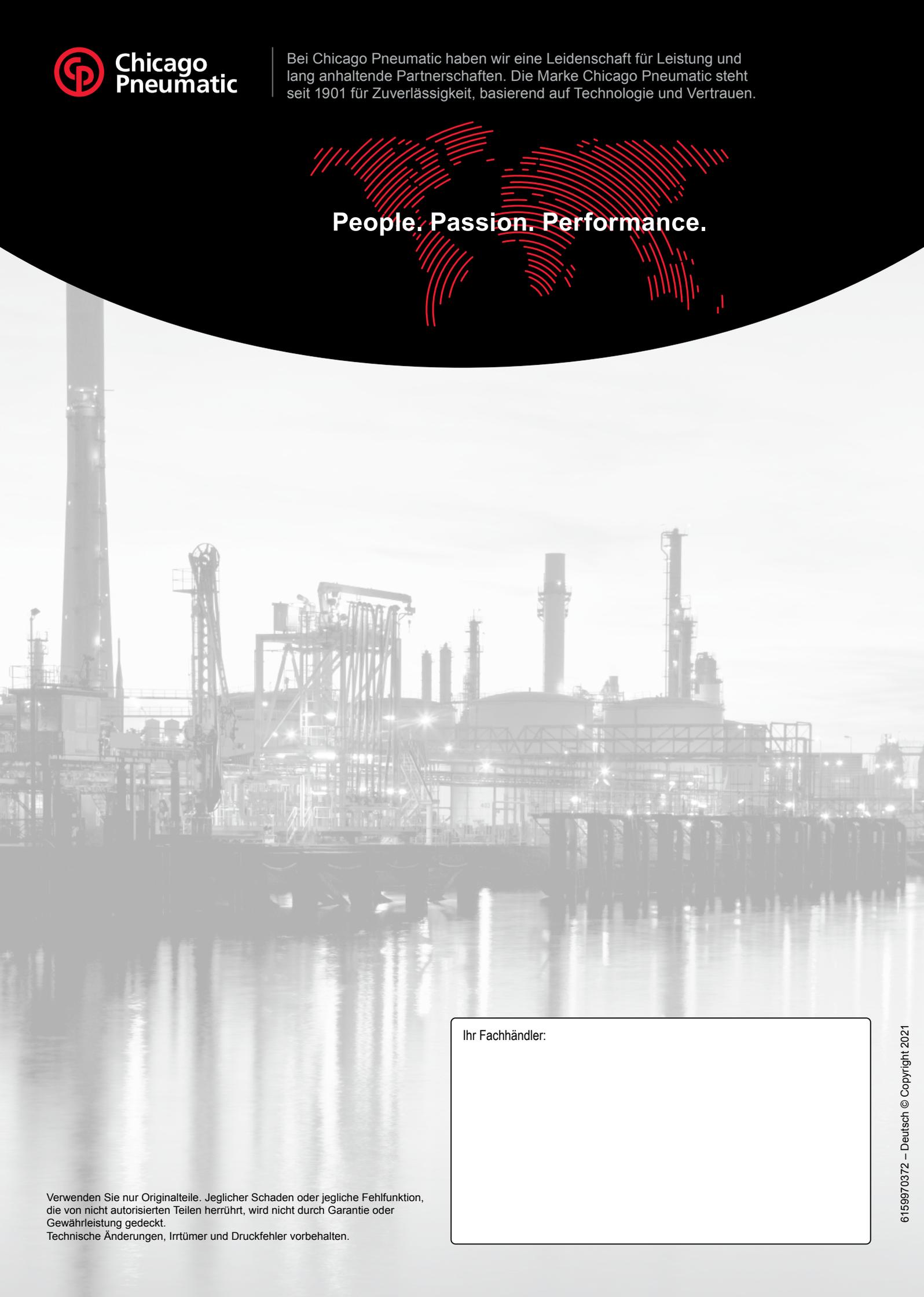
Langsam laufende Motoren bieten Ihnen eine kostengünstige Lösung, wenn eine Anwendung eine besonders niedrige Drehzahl und ein niedriges Drehmoment erfordert. Der Luftverbrauch ist – unabhängig von der Last – relativ konstant.



**Chicago
Pneumatic**



People. Passion. Performance.



Ihr Fachhändler: