

A close-up photograph of a mechanical assembly, likely a bearing or hub, with a torque wrench being applied to a bolt. The wrench is silver and black, with a blue label. The assembly is made of dark metal with some rust. The background is dark and out of focus.

# **EINFÜHRUNG IN DIE SCHRAUBTECHNIK**

*Sustainable Productivity*

---

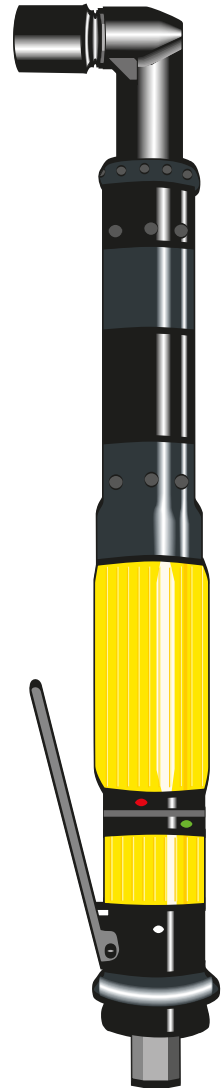
*Atlas Copco*

---



# Taschenbuch Schraubtechnik

Kapitel	Seite
1. Warum Schraubverbindungen .....	4
2. Die Schraubverbindung .....	4
2.1 Die Schraube .....	4
2.2 Zusammenspiel der Kräfte .....	5
3. Klemmkraft .....	6
4. Effekt der Schmierung .....	7
5. Klassifizierung der Schraubenqualität .....	8
6. Harte und weiche Schraubverbindungen .....	10
7. Drehmoment und Drehwinkel .....	11
8. Prüf- und Messverfahren .....	12
9. Der Schraubprozess .....	14
10. Mittelwertersatz .....	14
11. Messstandards .....	16
12. Zertifizierung .....	16
13. Fehlerquellen beim Schrauben .....	17
13.1 Beschädigte Gewinde .....	17
13.2 Fehlende Verbindungskomponenten .....	17
13.3 Setzerscheinungen .....	17
13.4 Falsches Drehmoment (bei selbstsichernden Schrauben) .....	17
14. Werkzeugarten .....	18
14.1 Schlagschrauber .....	18
14.2 Impulsschrauber .....	19
14.3 Druckluft-Drehschrauber .....	20
14.4 Elektroschrauber .....	22



# Wissenswertes über die Schraubtechnik

*Dieses Taschenbuch gibt einen Überblick über die wichtigsten Begriffe der Schraubtechnik: Was sind die Vorteile einer Schraubverbindung, welche Kräfte halten sie zusammen, wie kann man diese Kräfte beeinflussen, welche Schraubenarten gibt es? Was besagen Drehmoment und Drehwinkel? Welche Fehler treten beim Verschrauben häufig auf – und wie kann man sie messen und vermeiden? Das Taschenbuch schließt mit Tipps zur Auswahl der geeigneten Werkzeuge für unterschiedliche Anwendungen, den Möglichkeiten der Überwachung des Anziehprozesses und der Dokumentation der Daten sowie der Einbindung des Schraubsystems in die Qualitätssicherung.*

## 1. Warum Schraubverbindungen?

Wer Teile oder Komponenten miteinander verbinden will, kann sie kleben, nieten, schweißen oder löten. Diese Verfahren haben – neben unbestrittenen Vorteilen – einen gewichtigen Nachteil: Die verbundenen Teile lassen sich nicht ohne Weiteres wieder lösen. Anders ist es bei einer Schraubverbindung: Man benötigt nur ein Gewinde und eine Schraube oder ein Loch mit Schraube und Mutter, um zwei Teile aneinander zu fügen – und bei Bedarf wieder zu lösen. Das Konzept ist so einfach wie die Ausführung, und auch die Kosten sind sehr gering.

## 2. Die Schraubverbindung

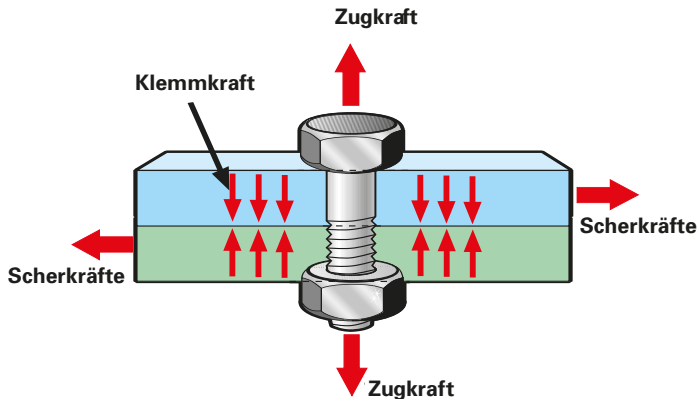
Eine Schraubverbindung besteht aus einer Schraube und einer Mutter – oder einem Gewinde – sowie mindestens zwei Bauteilen, die sie zusammenhalten soll.

### 2.1 Die Schraube

Eine Schraube besteht aus Schaft und Kopf. Der Schaft ist entweder auf einem Teil oder seiner gesamten Länge von der Spitze bis zum Kopf mit einem Gewinde versehen. Lange Schrauben haben üblicherweise nur auf einem Teil des Schafts ein Gewinde. Bis zum Kopf durchgehende Gewinde sind in der Regel nicht erforderlich; hierdurch würde die Schraube nur teurer und büßte an Zugfestigkeit ein.

Gewindegrößen und ihre Formen wurden ebenso standardisiert wie die Gewindesteigung, auch Schraubengang genannt. Das ist der Abstand zwischen aufeinander folgenden Gewindegängen. Er wird in Mitteleuropa in Millimetern je Umdrehung gemessen (M = metrisches ISO-Gewinde). Die angelsächsischen Länder verwenden den sogenannten UN-Standard (Unified Standard). UNF entspricht dem ISO-Feingewinde, UNC dem ISO-Grobgewinde.





Scherkräfte Zug- und klemmkraft.

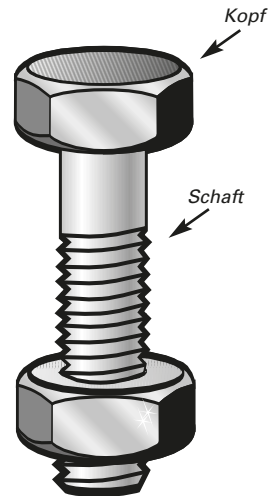
## 2.2 Zusammenspiel der Kräfte

Eine Schraube ist verschiedenen Kräften ausgesetzt: der Zugkraft, der Klemmkraft, dem Drehmoment und Scherkräften. Um eine Schraube in ein Gewinde zu drehen, muss dazu ein Drehmoment aufgebracht werden – ob mit zwei Fingern, über einen Maul- oder Ringschlüssel oder mit einem motorgetriebenen Werkzeug. Diese „Kraft“ muss die Unterkopfreibung und die Reibung zwischen den Gewingegängen der Schraube und der Mutter überwinden.

Mit Hilfe des Drehmoments wird eine Klemmkraft (oder Vorspannkraft) auf die Schraubverbindung übertragen und presst die Bauteile zusammen (siehe auch Kapitel 3). Genau entgegengesetzt, und parallel zur Klemmkraft, verläuft die Zugkraft. Sie zieht die Verbindung auseinander. Bisweilen tritt zusätzlich eine Scherbelastung auf. Sie geht von den verbundenen Bauteilen aus oder wird über sie übertragen: Wenn sich die Komponenten gegeneinander verschieben, ziehen sie seitlich an der Verbindung und belasten so die Schraube.

Eine ordnungsgemäße Verbindung – und damit die Klemmkraft – sollte so bemessen sein, dass die Reibung zwischen den Komponenten stärker ist als die Zug- und Scherkräfte. Schraubverbindungen werden von den Konstrukteuren daher häufig für eine Kombination von Zug- und Scherbelastung ausgelegt.

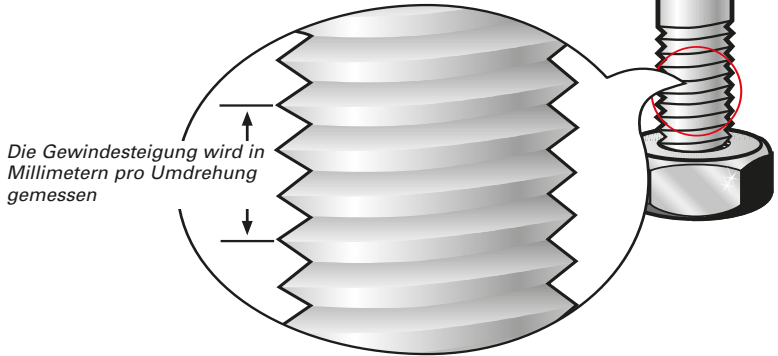
Die Belastung in der Schraube nach dem Anziehen mit dem festgelegten Anziehmoment wird als Vorspannung bezeichnet. Externe Beanspruchungen, die kleiner sind als die Klemmkraft, können die Zugbelastung in der Schraube nicht ändern. Wird die Verbindung dagegen einer externen Kraft ausgesetzt, die größer ist als die Vorspannung der Schraube, könnte sich die Verbindung lösen: Die Zugbelastung in der Schraube steigt so lange, bis die Schraube bricht.



Grundsätzlicher Aufbau einer Schraube



Abgesehen von den grundlegenden maßlichen Unterschieden sehen der UN-Standard und der metrische Standard M verschiedene Gewindegewinkel und -tiefen vor. Beide Standards enthalten besondere Spezifikationen für Feingewinde. Wobei die UN-Feingewinde-norm (UNF) ähnlich aufgebaut ist wie die für Grobgewinde (UNC)



### 3. Klemmkraft

In der Regel ist es wünschenswert, dass die Schraube das schwächste Glied der Verbindung ist. Denn es ist normalerweise besser, wenn die – verhältnismäßig preisgünstige – Schraube bricht, als dass ein Bauteil Schaden nimmt. Zudem würde durch eine überdimensionierte Schraube das Produkt unnötig schwer und teuer.

Für die Qualität der Verbindung ist nicht die Größe der Schraube entscheidend, sondern die Klemmkraft. Sie muss groß genug sein, um die gesamte Last, für die die Verbindung ausgelegt ist, aufzunehmen. Außerdem darf sich die Verbindung nicht unbeabsichtigt lösen, wenn sie von außen wirkenden Kräften ausgesetzt ist.

Weil es keine praktikable Möglichkeit gibt, die Klemmkraft während des Schraubprozesses zu messen, wird sie üblicherweise stellvertretend über das Anziehmoment geschätzt. Das ist zulässig, weil sich die Klemmkraft als Funktion aus dem Drehwinkel der Schraube und der Gewindesteigung beschreiben lässt. So besteht – im elastischen Bereich der Schraubendehnung – eine direkte Beziehung zwischen Klemmkraft und Anziehmoment.

Nur rund zehn Prozent des aufgewandten Drehmoments fließen in die Klemmkraft ein. Die restliche Anzugskraft wird von der Reibung in der Schraubverbindung aufgebraucht: Über den Daumen sind 40 Prozent des Moments Reibungsverluste im Gewinde, 50 Prozent gehen für die Reibung unter dem Schraubenkopf drauf.



## 4. Effekt der Schmierung

Diese Werte lassen sich verringern, indem die Schraube geschmiert wird. Dadurch sinkt die Reibung im Gewinde und unter dem Schraubenkopf, wodurch sich das Verhältnis zwischen Anziehungsmoment und Klemmkraft ändert. Aber aufgepasst: Zieht man eine geschmierte Schraube mit dem gleichen Moment an wie eine ungeschmierte, wird bei der ersten wesentlich mehr Anziehungsmoment in Klemmkraft umgewandelt. Im ungünstigsten Fall könnte dies bewirken, dass die ungeschmierte Schraube wunderbar hält, die geschmierte aber bricht. Warum? Weil die auf die Schraube einwirkende Kraft über der Zugfestigkeit gelegen hat. Oder die geschmierte hält prima, aber die ungeschmierte löst sich wieder.

Denn ist eine Schraube überhaupt nicht geschmiert, kann es passieren, dass die Klemmkraft zu klein ist, um die Kräfte auszuhalten. Dann könnte sich die Schraube lockern. Andererseits ist es teuer und nicht sehr praktikabel, jede Schraube zu schmieren. Ob Schmierung oder nicht, sollte sich der Konstrukteur oder der Anwender also genau überlegen.

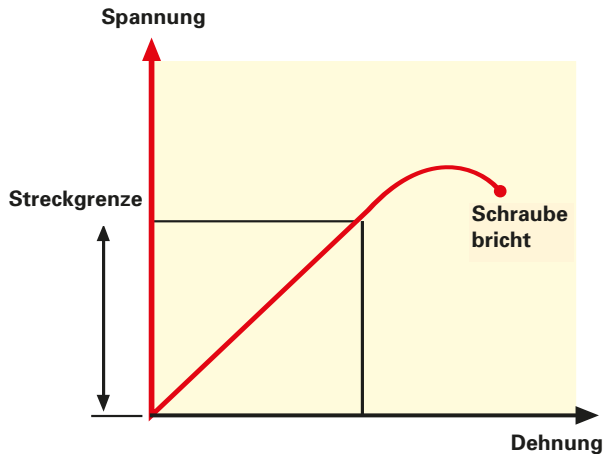
<b>Schraubenwerkstoff</b>	<b>Mutterwerkstoff</b>	<b>Trocken</b>	<b>Leicht geschmiert</b>
<i>Unbehandelt</i>	<i>Unbehandelt</i>	<i>0,18-0,35</i>	<i>0,14-0,26</i>
<i>Phosphorbeschichtet</i>	<i>Unbehandelt</i>	<i>0,25-0,40</i>	<i>0,17-0,30</i>
<i>Galvanisch verzinkt</i>	<i>Unbehandelt</i>	<i>0,11-0,36</i>	<i>0,11-0,20</i>
<i>Phosphorbeschichtet</i>	<i>Phosphorbeschichtet</i>	<i>0,13-0,24</i>	<i>0,11-0,17</i>
<i>Galvanisch verzinkt</i>	<i>Galvanisch verzinkt</i>	<i>0,18-0,42</i>	<i>0,13-0,22</i>

Tabelle 1. Reibwerte in Gewinden bei unterschiedlichen Werkstoffen beziehungsweise Beschichtungen



## 5. Klassifizierung der Schraubenqualität

Wenn eine Schraube angezogen wird und sich die Klemmkraft aufbaut, belastet diese die Schraube. Nach einer kurzen Zeit, wenn sich das Gewinde setzt, wird sich die Schraube – mit wachsender Kraftwirkung – dehnen. Diese Dehnung kann sich so lange fortsetzen, bis die Schraube bricht. Solange die Dehnung der Zugbelastung proportional ist, kann die Schraube wieder ihre ursprüngliche Länge annehmen, wenn sie entlastet wird. Dieser Bereich wird als „elastischer Bereich“ der Schraube bezeichnet.



Bei einer bestimmten Belastung, die als Streckgrenze bezeichnet wird, kommt es zu einer Deformation des Schraubenwerkstoffs. Das bedeutet aber noch nicht, dass die Schraube gleich bricht. Das Anzugsmoment nimmt während dieser Deformation im sogenannten „plastischen“ Bereich weiterhin zu, allerdings mit einer geringeren Rate. Bei sehr präzisen Anforderungen an die Klemmkraft wird dieser Bereich manchmal bewusst für den Verbindungsprozess genutzt. Jenseits des plastischen Bereichs bricht die Schraube.





## SCHRAUBENBOLZEN MIT M-GEWINDE

### Anziehmoment in Nm gemäß ISO 898/1

Die Werkstoffgüte einer Schraube bezeichnet, welche Zugbelastung sie aushält, bevor die Streckgrenze erreicht oder überschritten ist und die Schraube bricht. Diese Werkstoffgüten sind standardisiert. Alle Schrauben sollten nach Bolzengüte oder Festigkeitsklasse gekennzeichnet werden. Dieser Wert folgt einer zweistelligen Klassifizierung, bei der die erste Stelle (vor dem Punkt) die Mindestzugfestigkeit in 100 Newton pro Quadratmillimeter (Einheit: N/mm<sup>2</sup>) angibt und die zweite Stelle (nach dem Punkt) das Verhältnis von Streckgrenze zu Mindestzugfestigkeit (in Prozent: „.8“ bedeutet 80 Prozent) beschreibt. Beispiel: Eine Bolzengüte von 8.8 bezeichnet eine Schraube mit einer Mindestzugfestigkeit von 800 N/mm<sup>2</sup> und einer Streckgrenze von  $0,8 \times 800 = 640 \text{ N/mm}^2$ .

Gewinde	Festigkeitsklasse						
	3.6	4.6	4.8	5.8	8.8	10.9	12.9
M1,6	0,05	0,065	0,086	0,11	0,17	0,24	0,29
M2	0,10	0,13	0,17	0,22	0,35	0,49	0,58
M2,2	0,13	0,17	0,23	0,29	0,46	0,64	0,77
M2,5	0,20	0,26	0,35	0,44	0,70	0,98	1,20
M3	0,35	0,46	0,61	0,77	1,20	1,70	2,10
M3,5	0,55	0,73	0,97	1,20	1,90	2,70	3,30
M4	0,81	1,10	1,40	1,80	2,90	4,00	4,90
M5	0,60	2,20	2,95	3,60	5,70	8,10	9,70
M6	2,80	3,70	4,90	6,10	9,80	14,00	17,00
M8		8,90	10,50	15,00	24,00	33,00	40,00
M10		17	21	29	47	65	79
M12		30	36	51	81	114	136
M14		48	58	80	128	181	217
M16		74	88	123	197	277	333
M18		103	121	172	275	386	463
M20		144	170	240	385	541	649
M22		194	230	324	518	728	874
M24		249	295	416	665	935	1120
M27		360	435	600	961	1350	1620
M30		492	590	819	1310	1840	2210
M36		855	1030	1420	2280	3210	3850
M42		1360		2270	3640	5110	6140
M45		1690		2820	4510	6340	7610
M48		2040		3400	5450	7660	9190

Die Tabelle gibt an, welche Anziehmomente (in Nm) für unbehandelte, ölgeschmierte Schrauben mit einem Reibungsbeiwert von 0,125 bei unterschiedlichen Gewindegrößen und Bolzengüten (Festigkeitsklassen) verwendet werden sollten.





Beispiel für eine  
Schraubenkennzeichnung

## 6. Harte und weiche Schraubverbindungen

Schraubverbindungen unterscheiden sich nicht nur in der Größe der Schrauben. Die befestigungstechnisch wichtigste Eigenschaft einer Verbindung ist ihre „Härte“. In Zahlen lässt sich dies über den Drehwinkel definieren, der erforderlich ist, um das empfohlene Drehmoment für die betreffende Verbindung zu erreichen, und zwar gemessen ab der Kopfauflage der Schraube. Dieser Punkt beschreibt den sogenannten „Fügezustand“, das ist ein spaltloses blockartiges Anliegen der zu verbindenden Teile. Zeichnet man (oder der Computer) eine Kurve, die auf der x-Achse den Drehwinkel angibt und auf der y-Achse das Anziehmoment, so steigt im Moment der Kopfauflage der Graph dieser Funktion des Anziehmoments steil an. Denn zum Eindrehen der Schraube ist nur eine relativ geringe Kraft erforderlich, die Kurve verläuft recht flach – das Drehmoment steigt kaum an. Sobald der Kopf aber auf dem Bauteil aufliegt, ist eine deutlich größere Kraft zum Festziehen nötig. In der Kurve wird dies durch einen Knick deutlich.

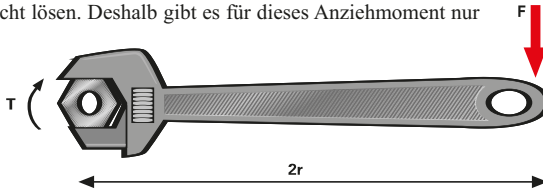
Von diesem Knick bis zum Erreichen des Soll-Drehmoments kann unterschiedlich viel Zeit vergehen und können unterschiedlich viele Umdrehungen nötig sein – selbst bei gleichem Schraubendurchmesser. Eine kurze Schraube, mit der Metallkomponenten verbunden werden, erreicht das festgelegte Moment in einem sehr kleinen Anziehungswinkel. Liegt dieser Winkel unter  $30^\circ$ , spricht man von einem *harten Schraubfall*. Eine Verbindung mit einer langen Schraube, die weiche Komponenten, wie Dichtungen oder Unterlegscheiben, zusammendrücken muss, erfordert dagegen ein Anziehen über einen wesentlich größeren Anziehungswinkel, bevor die Verbindung das festgelegte Moment erreicht hat. Dies können mitunter mehrere Umdrehungen von Schraube oder Mutter sein. Oberhalb von  $720^\circ$ , also zwei vollen Umdrehungen, wird diese Art der Verbindung als *weicher Schraubfall* bezeichnet. Beide Schraubfälle weisen im Anziehprozess ein völlig unterschiedliches Verhalten auf.



## 7. Drehmoment und Drehwinkel

Aus praktischen Gründen wird normalerweise das Anziehmoment zum Spezifizieren der Vorspannung der Schraube angegeben. Das ist die »Kraft«, die aufgewendet werden muss, um die Schraube so weit anzuziehen, dass die Verbindung dauerhaft und sicher hält, ohne einzelne Teile zu überlasten.

Drehmomentspezifikationen sind, je nach den Qualitätsanforderungen, die an die Verbindung gestellt werden, sehr unterschiedlich. Eine sicherheitsrelevante Verbindung in einem Kraftfahrzeug, wie die Radaufhängung, darf sich nicht lösen. Deshalb gibt es für dieses Anziehmoment nur



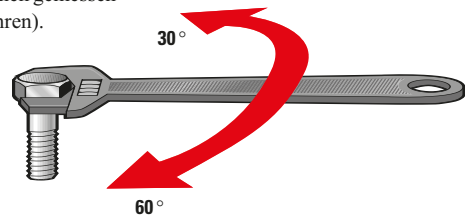
Das Drehmoment  $T$  wird definiert durch die eingebrachte Kraft  $F$  – gemessen in Newton (N) –, multipliziert mit dem Hebelweg (der in Metern (m) gemessen wird und in der Abbildung als  $r$  gekennzeichnet ist). Die physikalische Einheit des Produktes ist Newtonmeter (Nm)

eine sehr geringe Toleranz. Eine Kontermutter auf einer Schraube, mit der die Höhenverstellung einer Werkbank arretiert wird, ist dagegen, was die Klemmkraft anbelangt, nicht kritisch. Deshalb braucht dafür kein Anziehmoment spezifiziert zu werden.

Eine höhere Stufe der Qualitätssicherung lässt sich erreichen, indem neben dem Drehmoment auch ein Teil des Dreh- oder Anziehwinkels gemessen wird. Das ist der Winkel, um den sich die Schraube vom Aufsetzen des Maulschlüssels oder der Nuss bis zum Festziehen dreht. In der Regel sind das mehrere Umdrehungen, also beispielsweise bei fünf Umdrehungen fünf Mal  $360^\circ = 1800^\circ$ . Damit die Werte eindeutig und vergleichbar sind – die Schrauben könnten ja auch mit zwei Fingern vorgedreht worden sein –, wird in modernen Schrauber-Steuerungen für jede Schraubverbindung ein individuelles Mindest-Drehmoment festgelegt, nach dem erst die Zählung der Umdrehungen oder des Winkels beginnen soll.

Im elastischen Bereich der Schraube kann mit Hilfe des Drehwinkels überprüft werden, ob sämtliche Komponenten einer Verbindung vorhanden sind, zum Beispiel Dichtungen oder Unterlegscheiben. Die Qualität der Verschraubung lässt sich überprüfen, indem der Anziehwinkel kurz vor dem Erreichen des Sollmoments sowie beim endgültigen Festziehen gemessen wird (zu Details siehe auch Kapitel 8, Prüf- und Messverfahren).

In komplexeren Anziehprozessen kann der Winkel auch für die Festlegung der Streckgrenze verwendet werden und ein Anziehen in plastischen Bereich der Schraube ermöglichen.



Beispiel für den Drehwinkel einer Schraube ( $30^\circ$  und  $60^\circ$ )

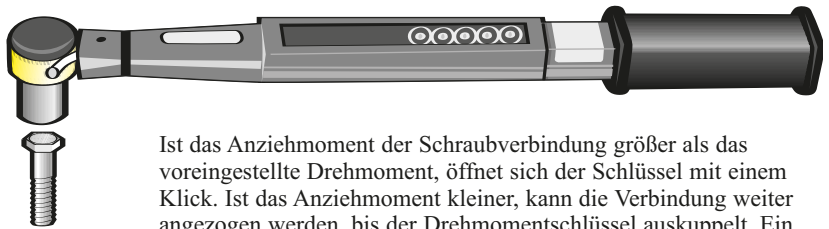


## 8. Prüf- und Messverfahren

Wenn die Anziehmomentwerte für eine Schraubverbindung vorgegeben sind, stellt sich die Frage: Wie lässt sich überprüfen, ob die Verbindung mit dem korrekten Moment angezogen wurde?

Das Anziehmoment lässt sich entweder dynamisch messen, also während des Anziehens der Schraube, oder statisch, indem es nach dem Anziehen beispielsweise mit einem Drehmomentschlüssel von Hand kontrolliert wird. Dieses Werkzeug besitzt entweder eine federbelastete Drehmomentskala oder eine Lastmesszelle. Der Begriff des „statischen“ Messens ist allerdings ein wenig irreführend. Denn hier wirkt abermals eine Kraft auf die Verbindung und dreht die Schraube ein Stück weiter, so dass das Anziehmoment weiter steigt. Abhängig von der Person, die den Schlüssel verwendet, kann die Verfälschung erheblich sein.

Dennoch ist der Einsatz eines einstellbaren Drehmomentschlüssels eine gängige Methode, um das Anziehmoment zu überprüfen. Der Drehmomentschlüssel hat eine Kupplung, die sich auf ein bestimmtes Moment einstellen lässt, und wird auf die Schraube aufgesetzt. Das statische Anziehmoment wird in dem Augenblick abgelesen, in dem sich die Schraube (gerade noch nicht) zu drehen beginnt.



*Drehmomentschlüssel  
(statische Messung)*

Ist das Anziehmoment der Schraubverbindung größer als das voreingestellte Drehmoment, öffnet sich der Schlüssel mit einem Klick. Ist das Anziehmoment kleiner, kann die Verbindung weiter angezogen werden, bis der Drehmomentschlüssel auskuppelt. Ein Überziehen lässt sich jedoch mit dieser Methode nicht aufzeigen.

Bei der dynamischen Messung wird das Anziehmoment während des gesamten Anziehzyklus kontinuierlich verfolgt. Diese Methode eignet sich vor allem für Produktionsumgebungen, in denen gesteuerte Elektroschrauber verwendet werden. Das dynamische Verfahren hat gegenüber dem statischen Verfahren den Vorteil, dass es permanent Auskunft über die Leistung des Schraubers liefert. Daher ist bei diesem Verfahren keine anschließende Prüfung erforderlich.

Dynamische Messungen erfolgen entweder direkt mit einem eingebauten oder separaten (In-line-)Messwertgeber oder indirekt, etwa durch Strommessung bei komplexeren elektrisch angetriebenen Schraubwerkzeugen. In beiden Fällen ist eine Drehmomentmessung nur dann möglich, wenn die Werkzeuge eine direkt wirkende Drehmomentübertragung haben, das heißt, wenn keine pulsierende Kraft wirkt, wie es bei Schlagschraubern und Impulsschraubern der Fall ist.

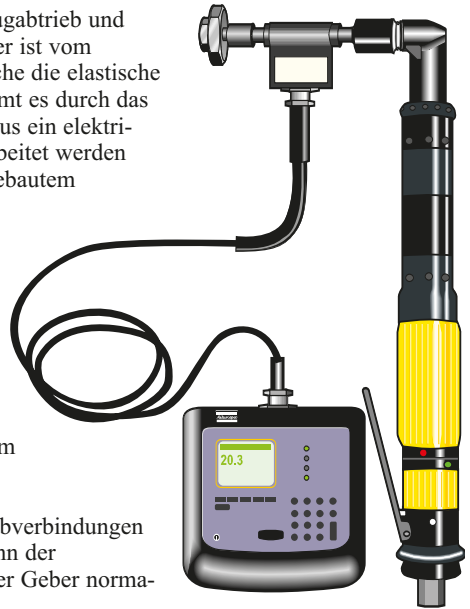
Ein In-line-Messwertgeber wird zwischen Werkzeugabtrieb und den Schraub-Bit/Steckschlüssel montiert. Der Geber ist vom Prinzip her eine Hohlwelle mit Widerständen, welche die elastische Deformation erfassen. Zu dieser Deformation kommt es durch das aufgebrachte Drehmoment. Das Gerät erzeugt daraus ein elektrisches Signal, das von einem Messinstrument verarbeitet werden kann. In-line-Messwertgeber gibt es auch mit eingebautem Winkelcodierer, der den Drehwinkel überwacht.

Da das Gehäuse mit dem Stecker für das Signalkabel fixiert sein muss, damit es sich nicht verdreht, ist ein In-line-Messwertgeber zur kontinuierlichen Drehmomentüberwachung in der Serienproduktion nicht geeignet. Für die Installation eines Werkzeugs, seine Kalibrierung und für die Qualitätskontrolle ist der In-line-Messwertgeber jedoch das gängigste Instrument, um das aufgebrachte Drehmoment zu überprüfen.

In Montagelinien, in denen die Qualität der Schraubverbindungen zu 100 Prozent überwacht werden muss – oder wenn der Schraubprozess drehmomentgesteuert ist –, wird der Geber normalerweise ins Schraubwerkzeug eingebaut.

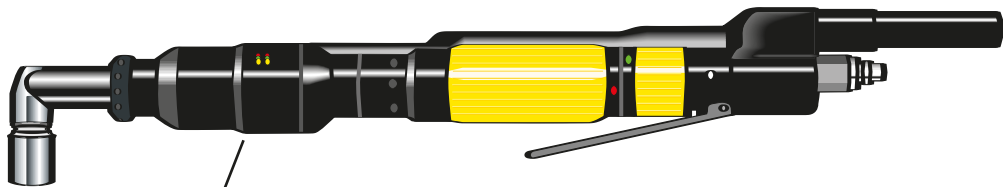
In Schraubern mit Getriebe gibt es verschiedene Positionen, an denen der Geber installiert werden kann. Doch sollte er nicht am Motor platziert sein (obgleich das baulich günstiger wäre), sondern möglichst nahe am Werkzeugabtrieb, damit das gemessene Drehmoment die auf die Welle einwirkenden Störkräfte bereits einschließt.

Für die statistische Prozesssteuerung (SPC) können elektronische Drehmomentschlüssel und Testgeräte so programmiert werden, dass sie eine Anzahl von Messwerten speichern, die dann von Hand oder mit einem Rechner analysiert werden.

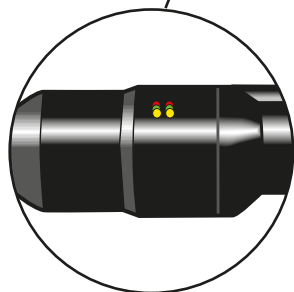


*Dynamische  
Drehmomentmessung*





Winkelschrauber mit eingebautem Drehmoment-Messwertgeber



Ins Schraubwerkzeug können auch Winkelcodierer integriert sein, um den Drehwinkel während des Schraubvorgangs aufzuzeichnen oder um eine verbesserte Schraubkontrolle (siehe auch Kapitel 7, „Streckgrenze“) zu ermöglichen.

## 9. Der Schraubprozess

Der Schraubprozess hat einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Schraubverbindung. Eine von Hand angezogene Schraubverbindung verhält sich völlig anders als eine, die mit einem Kraftwerkzeug oder gar elektronisch gesteuertem Tensorschrauber angezogen wurde.

Ferner übt die Art des Schraubers einen wesentlichen Einfluss auf das Anziehergebnis aus. Direkt angetriebene Werkzeuge, wie Klein- oder Drehschrauber, haben eine maximale Leistung, die vom Motor und dem Übersetzungsverhältnis bestimmt wird. Heutzutage sind direkt angetriebene Schrauber üblicherweise mit einer Vorrichtung (zum Beispiel einer Kupplung) ausgestattet, die den Schraubvorgang bei einem bestimmten Anziehmoment abschaltet (Abschalterschrauber).

Die Schrauber können aber auch als Würgeschrauber ausgelegt sein. Bei ihnen ist das endgültige Anziehmoment erreicht, wenn die Motorkraft des Schraubers nicht mehr ausreicht, die Schraube weiterzudrehen. Das heißt, der Schrauber kann den Widerstand nicht überwinden, den die Reib- und Zugkräfte erzeugen.

Schlagschrauber und Impulsschrauber wandeln die Motorkraft in Drehmoment, indem während des Schraubvorgangs eine schlagende Energie intermittierend zu- und abgeschaltet wird. Nach diesem Prinzip lassen sich sehr leistungsfähige Werkzeuge mit günstigem Leistungsgewicht und geringer Größe realisieren. Vor allem hat dann der Werker kaum ein Reaktionsmoment zu verkraften. Auch diese Schrauber sind mit Abschaltmechanismen erhältlich. Was die Überwachung des Anziehmoments anbelangt, eignen sich diese beiden Schraubergattungen jedoch nicht ohne Weiteres für eine dynamische Messung, weshalb wir in diesem Zusammenhang nicht näher auf sie eingehen wollen.

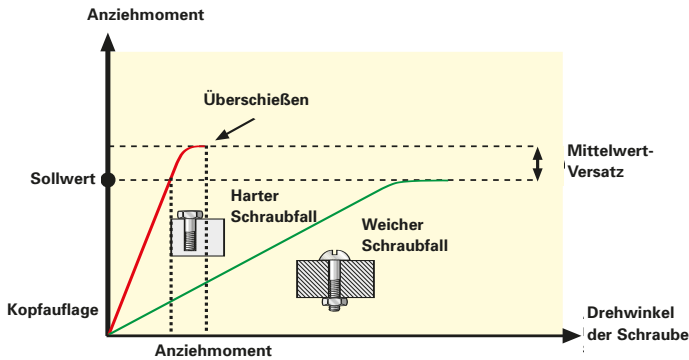
## 10. Mittelwertversatz

Der wichtigste Grund für den Einsatz kraftgetriebener Schraub-



werkzeuge ist die Verkürzung der Prozesszeiten. Motorisch angetriebene Schrauber drehen viel schneller als es ein Werker könnte und können auch genauer abschalten. Ein Hauptaugenmerk liegt daher zunächst auf einer möglichst hohen Drehzahl des Werkzeugs.

Doch Schnelligkeit ist nicht alles. Um das Soll-Drehmoment sehr exakt zu erreichen, muss die Drehzahl am Ende verringert werden. Die meisten Montagewerkzeuge werden heute von einem Motor angetrieben, der bei geringem Widerstand eine hohe Einschraubdrehzahl ermöglicht und dessen Drehzahl sich bei zunehmendem Anziehungsmoment verringert. Bei harten Schraubfällen schalten die Werkzeuge fast unmittelbar von der Leerlaufdrehzahl auf die Abschaltdrehzahl um. Wegen der Trägheit sämtlicher drehenden Teile geht jedoch viel dynamische Energie in das Werkzeug, in die Bits und in die Schraube selbst über. Diese Energie muss irgendwie abfließen. Der größte Anteil wird in Form eines zusätzlichen Drehmoments in die Verbindung eingebracht. Man spricht dann vom „Überschießen“ des dynamischen Restmoments. Die Folge ist, dass der Schrauber stärker anzieht, als es das Ziel-Moment vorgibt.



Definition von Mittelwert-Versatz und Überschießen des Drehmoments

Wird dasselbe Werkzeug auch für einen weichen Schraubfall verwendet, sind die dynamischen Effekte nur marginal. Denn in diesem Fall steht mehr Zeit für den Aufbau des Endmoments zur Verfügung, das sich langsam aufbauen kann und genauer erreicht wird. Allerdings wird dafür auch mehr Energie benötigt. Zwischen einem harten und weichen Schraubfall ergibt sich daher bei ein und demselben Schrauber eine beträchtliche Differenz im erreichten Endmoment. Diese Spanne wird als *Mittelwert-Versatz* bezeichnet.

In Schraubern mit Abschaltvorrichtungen ist die Qualität der Kupplung ein entscheidender Faktor für den Mittelwert-Versatz des Werkzeugs. Da die Schraubsequenz in der Regel sehr kurz ist, spielt die Zeit, die die Kupplung benötigt, um auf den Abschalt-Momentimpuls zu reagieren, eine große Rolle. Je länger diese Reaktionszeit, um so größer ist der „Abschaltversatz“. Bei einem harten Schraubfall entsteht dadurch ein viel größerer Momentüberschuss als bei einem weichen Schraubfall.



# 11. Messstandards

Durch die Härte des Schraubfalls bedingte Variationen des Anziehergebnisses haben es erforderlich gemacht, Messstandards festzulegen. Nur so sind verschiedene Werkzeuge vergleichbar, wenn es um die Erfüllung von Qualitätsvorgaben beim Drehmoment geht.

Der übliche, derzeit verwendete Standard ist die DIN EN ISO 5393: „Drehende Werkzeuge für Schraubverbindungen – Funktionsprüfungen“. Der Standard und die Prinzipien für die Bewertung der Ergebnisse sind im Taschenbuch „Statistische Analyseverfahren für Schraubwerkzeuge“ (siehe Anhang) von Atlas Copco Tools näher erläutert.

# 12. Zertifizierung

Die ISO 5393 dient Herstellern und Anwendern von Montagewerkzeugen dazu, deren Leistung zu bewerten. Auf der Grundlage dieser Norm haben viele Automobilhersteller eigene Qualitätsstandards erstellt. Die Programme kategorisieren und klassifizieren die auf dem Markt vorhandenen Schraubwerkzeuge. Normalerweise muss die Leistungsfähigkeit eines Schraubers sowohl im fabrikanneuen Zustand als auch nach einer bestimmten Einsatzdauer überprüft werden, bevor er für die Verwendung an den Montagelinien weltweit freigegeben wird.

Die Automobilhersteller nutzen zum Teil sehr umfassende Zertifizierungsprogramme. Als Beispiel sei das Programm der Ford Motor Co. angeführt. Es teilt im Prinzip sämtliche Verbindungen in einem Fahrzeug hinsichtlich der Anforderungen an die Drehmomentwiederholgenauigkeit in Werkzeugklassen ein. Die Werkzeuge werden gemäß diesen Anforderungen in jeder Klasse nach ISO 5393 hinsichtlich ihrer Drehmomenttoleranz getestet. Für die Zertifizierung muss jedes Werkzeug die Genauigkeitsanforderungen sowohl im neuen Zustand als auch nach 250 000 Zyklen und – für die Präferenzzertifizierung – nach 500 000 Zyklen ohne größere Reparaturen und mit demselben Toleranzwert erfüllen. Mit „Zyklus“ ist jeder einzelne Anziehvorgang und nicht „eine Verschraubung“ gemeint. Denn es gibt Schraubstrategien, bei denen eine Schraube erst ein Stück weit angezogen, dann wieder gelöst, dann wieder angezogen wird. In diesem Fall wären das zwei Zyklen bei einer Verschraubung.

Andere Fahrzeughersteller haben ähnliche Programme. Die meisten von ihnen verwenden ISO 5393 als Prüfverfahren. Es werden aber auch andere Normen zu Grunde gelegt.

Die Prüfungen der Werkzeugleistung werden in erster Linie vom Fahrzeughersteller entwickelt, doch der Werkzeughersteller kann in die praktischen Tests einbezogen werden.



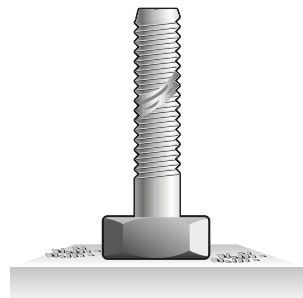


## 13. Fehlerquellen beim Schrauben

Durch die Überwachung des Anziehmoments soll sichergestellt werden, dass die richtige Klemmkraft erreicht wurde. Das Anziehmoment allein bietet jedoch keine hundertprozentige Garantie dafür, dass die Klemmkraft für die Last, für die die Verbindung konzipiert wurde, ausreicht. Es gibt eine Reihe von Fehlern, die auftreten und zu einer falschen Vorspannung in der Schraube führen können, auch wenn das Anziehmoment korrekt erreicht wurde: zum Beispiel beschädigte Gewinde, fehlende Komponenten oder Setzerscheinungen der Schraube.

### 13.1 Beschädigte Gewinde

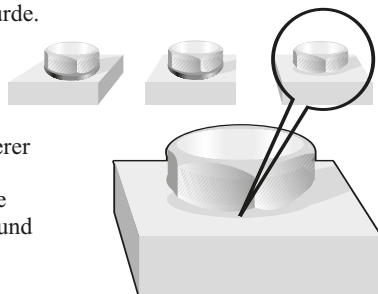
Beschädigte oder ungenügende Schneidgewinde erhöhen den Widerstand beim Eindrehen der Schraube; deshalb kann das festgelegte Sollmoment vor der korrekten Klemmkraft erreicht werden. Beschädigte Gewinde lassen sich durch eine Überwachung des Drehwinkels erkennen: In solchen Fälle wird der Anziehvorgang beispielsweise über das Drehmoment gesteuert, während die Steuerung des Schraubers zusätzlich darauf achtet, dass auch eine bestimmte Mindestanzahl an Umdrehungen vorgenommen wurde.



Beschädigtes Gewinde

### 13.2 Fehlende Verbindungskomponenten

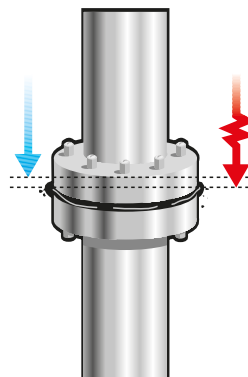
Ein häufiges Problem in der industriellen Fertigung ist, dass der Werker beim Montieren einer Schraubverbindung eine Unterlegscheibe oder eine Dichtung vergisst. Ungeachtet anderer Folgen führt das Fehlen der Komponenten zu einem anderen Anziehungswert und damit zu einer anderen Klemmkraft. Moderne Schraubwerkzeuge oder Steuerungen erkennen diesen Fehler und warnen den Werker.



Fehlende Unterlegscheibe oder Dichtung

### 13.3 Setzerscheinungen

Jede Schraubverbindung setzt sich nach dem Anziehen. Das geschieht allerdings sehr schnell: Schon nach weniger als 30 Millisekunden ist die Klemmkraft in der Verbindung geringer als unmittelbar nach dem Schrauben. Bei Verbindungen mit elastischen Komponenten, beispielsweise Dichtungen, kann diese Lockerung, fachsprachlich *Setzerscheinung* genannt, relativ groß sein. Ein anschließender Test des Anziehmoments kann zeigen, dass dieses nur einen Teil des spezifizierten Werts beträgt. Die Setzerscheinung lässt sich in der Regel durch ein zweistufiges Anziehen in den Griff bekommen. Ein Impuls- oder Schlagschrauber kann eine praktische Lösung sein, da dann ein Setzen der Verbindung zwischen den Pulsen oder Schlägen ermöglicht wird.



Setzerscheinung

### 13.4 Falsches Drehmoment (bei selbstsichernden Schrauben)

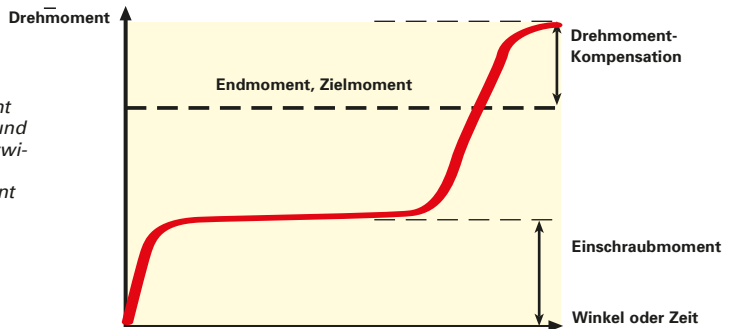
Einige Verbindungen, beispielsweise bei vorgespannten Axiallagern, besitzen ein elastisches Element im Gewinde, um zu verhin-



dem, dass sich die Verbindung lockert. Bei solchen Verbindungen kann der Verschleiß im Laufe der Zeit die Vorspannung senken, die die nötige Reibung zwischen Bolzen und Mutter herstellen soll. Spezielle Reibungs- (oder Selbstsicherungs-)Elemente sollen das verhindern. Allerdings erhöhen sie auch den Widerstand beim Eindrehen und Anziehen der Schraube. Ein Werkzeug, das mit Drehmomentsteuerung arbeitet, könnte zu früh abschalten, da die Kontrollvorrichtung den Unterschied zwischen dem Einschraub- oder Selbstsicherungsmoment und dem vorgesehenen Anziehmoment nicht erkennen kann.

Die Lösung ist entweder eine Vorrichtung, die mechanisch erkennt, wann das Festziehmoment beginnt, oder eine, die den Schraubprozess elektronisch analysiert.

*Das Einschraubmoment senkt die Klemmkraft und ändert die Beziehung zwischen Klemmkraft und erzeugtem Drehmoment*



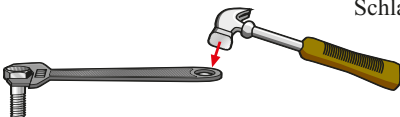
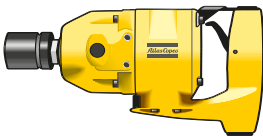
## 14. Werkzeugarten

### 14.1 Schlagschrauber

Schlagschrauber arbeiten nach einem Prinzip, als schläge man beim Anziehen eines Bolzens oder einer Schraube von Hand mit einem Hammer auf den Schlüssel. Das Drehmoment wird Schlag für Schlag aufgebaut. Bei Schlagschraubern, die von einem Druckluftmotor angetrieben werden, ist der Hammer die kombinierte Masse von Rotor und Schlagmechanismus, die ihre kinetische Energie ein oder zwei Mal pro Umdrehung auf den Amboss oder auf die Klinge abgeben, die sinngemäß dem Schlüssel entsprechen.

Schlagschrauber haben den Vorteil, dass sie bei geringer Baugröße und -gewicht eine relativ hohe Leistung entwickeln.

Da das Reaktionsmoment nicht größer ist als der Wert, der für die Beschleunigung des Hammers erforderlich ist, wird nur eine relativ geringe Reaktionskraft an den Werker zurückgeleitet. Daher ist der Schlagschrauber ein sehr flexibel einsetzbares Werkzeug, mit dem sich angenehm und praktisch reaktionsmomentfrei arbeiten lässt.



*Prinzip des Schlagschraubers*



Die Nachteile sind das vergleichsweise laute Prozessgeräusch und die Schwierigkeit, das aufgebrachte Drehmoment zu messen und zu kontrollieren. Schlagschrauber werden daher vorwiegend zum Lösen rostiger und festgefahrener Bolzen eingesetzt, etwa bei Wartungsarbeiten in Werken der Prozessindustrie, Raffinerien oder Anlagen der Schwerindustrie. Natürlich kann man mit ihnen auch Schrauben an kleinen Vorrichtungen und Maschinen lösen. Schlagschrauber eignen sich ferner zum Anziehen von Schrauben bei allen Anwendungen, die keine besondere Präzision erfordern.

### 14.2 Impulsschrauber

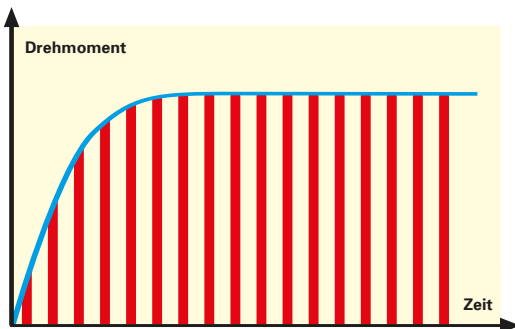
Der hydropneumatische Impulsschrauber (Pulsschrauber) besitzt sämtliche Vorteile des Schlagschraubers – auch er arbeitet praktisch reaktionsmomentfrei, ist genauso schnell, kompakt, leistungsstark und handlich wie ein Schlagschrauber – hat aber nicht dessen Nachteile. Pulsschrauber sind sehr viel leiser als Schlagschrauber. Die dynamische Messung des aufgebrachten Anziehungsmoments ist aber auch bei Impulsschraubern nicht ohne Weiteres möglich.

Bei Impulsschraubern wird das Drehmoment nicht durch Schläge von Metall auf Metall aufgebracht, sondern durch ein Hydraulikkissen in einer kleinen Impulszelle. Diese Technik senkt neben dem Geräuschpegel auch die Vibrationen des Werkzeugs und bietet eine hohe Genauigkeit beim Anziehen. Dies wird durch Kontrolle des Hydraulikdrucks in der Pulszelle erzielt, die bei Erreichen des voreingestellten Werts das aufgebrachte Moment begrenzt. Es erhöht sich nicht weiter (anders als beim Schlagschrauber), egal wie lange man den Schrauber weiter arbeiten lässt.

Dank ihrer Handlichkeit, hohen Geschwindigkeit, geringen Geräusche und geringen Vibrationen sowie ihrer hohen Genauigkeit sind Impulsschrauber in der Montage sehr populär geworden. Sie eignen sich aber nicht für Anwendungen, bei denen die aufgebrachten Anziehungsmomente dokumentiert werden müssen.



Prinzip des Impulsschraubers

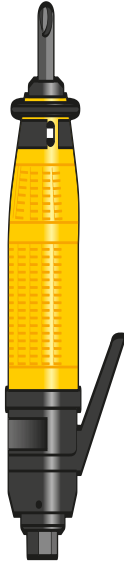


Aufbau des Drehmoments bei Impulsschraubern.



### 14.3 Druckluft-Drehschrauber

Direktangetriebene Druckluftwerkzeuge zum Anziehen von Schrauben reichen von ganz kleinen Drehschraubern für Schraubengrößen bis zu M 6 (1/4 Zoll) bis hin zu Werkzeugen mit einem hohen Anziehmoment von mehreren tausend Newtonmetern. Das Drehmoment wird aufgebaut, indem die Kraft eines schnellen Druckluftmotors über ein Getriebe auf einen Abtrieb übertragen wird, der mit geringer Drehzahl läuft und ein hohes Moment aufbringen kann. Normalerweise werden Planetengetriebe eingesetzt.



LUM-Kleinschrauber mit Abschaltkupplung

#### Kleinschrauber

Der Begriff „Kleinschrauber“ bezeichnet diejenigen Werkzeuge, die für die kleinsten Schrauben verwendet werden, bei denen das erforderliche Anziehmoment so gering ist, dass der den Schrauber in der Hand haltende Werker das am Ende des Schraubvorgangs entstehende Reaktionsmoment ohne Weiteres aufnehmen oder abfangen kann. In der Praxis liegt dieser Bereich je nach Härte der Verbindung und der Arbeitsposition zwischen 4 und 12 Nm (M 5 bis M 6).

Die einfachste Art eines Kleinschraubers ist der Würgeschrauber. Bei ihm wird das maximale Drehmoment dadurch bestimmt, wie fest der Motor samt Getriebe die Verbindung anziehen kann, bevor er abgewürgt wird. Im Gegensatz zu Elektroschraubern, die bei Überlastung durchbrennen können, besteht diese Gefahr bei Luftwerkzeugen nicht.

Das geforderte Anziehmoment wird über den Luftdruck eingestellt, mit dem das Werkzeug versorgt wird. Dieser Werkzeugtyp wird oft für Anwendungen mit unterschiedlichen Anziehmomenten verwendet, wie zum Beispiel beim Verschrauben von Metallblechen. Hierbei überwacht der Werker den Schraubprozess visuell und stoppt im richtigen Moment die Luftzufuhr.

Heutzutage sind Kleinschrauber üblicherweise aber mit einer drehzahlabhängigen mechanischen Kupplung ausgestattet. Die Kupplung kann entweder als Rutschkupplung oder als Abschaltkupplung ausgebildet sein. Bei einer Rutschkupplung trennt eine federbelastete Kupplung den Kraftschluss, sobald das voreingestellte Endmoment erreicht ist, versucht jedoch, den Kraftschluss wieder herzustellen, solange das Werkzeug betätigt wird. Diese Lösung ist vergleichsweise preisgünstig und gibt die Möglichkeit, Drehmoment hinzuzufügen und Setzerscheinungen auszugleichen. Allerdings ist sie relativ laut und ermöglicht keine gute Kontrolle des Endmoments. Hingegen haben Abschalt-schrauber eine hohe Drehmoment-Wiederholgenauigkeit.

Kleinschrauber sind in Stabausführung, mit Pistolengriff oder als Winkelschrauber erhältlich.



## Winkelschrauber

Bei Anziehungsmomenten, die – je nach Härte der Verbindung – über einem bestimmten Wert zwischen 4 und 12 Nm liegen, sind die Reaktionsmomente so hoch, dass der Werker das Werkzeug nicht am geraden Stab- oder Pistolengriff halten kann. Oder jedenfalls sollte er es aus gesundheitlichen Gründen nicht tun. In diesen Fällen ist es erforderlich, das Drehmoment anderweitig abzufangen: durch eine spezielle Vorrichtung, sogenannte Drehmomentarme, oder durch die Gestaltung des Werkzeugs. Ein gängiger Werkzeugtyp, der für Schrauben von M 6 bis M 14 oder Drehmomente von 10 bis 150 Nm eingesetzt wird, ist der Winkelschrauber. Hier dient das Werkzeug selbst als Hebel, über den der Werker die Reaktionskräfte abfangen kann.

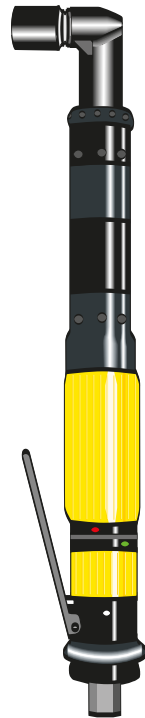
Pistolenschrauber, Stabschrauber sowie Winkelschrauber für höhere Drehmomente müssen mit einer festen Drehmomentstütze ausgestattet sein oder an einem Gelenkarm installiert werden, um die auftretenden hohen Reaktionskräfte abzufangen.

Auch direkt angetriebene Winkelschrauber sind als Würge- oder Abschalterschrauber erhältlich. Die Abschalterschrauber arbeiten sehr genau und eignen sich gut für eine kontinuierliche Überwachung von Anziehungsmoment und/oder Anziehungswinkel. Eingebaute Messwertgeber und Winkelcodierer ermöglichen eine Kontrolle des Anziehprozesses sowie eine elektronische Speicherung der Anziehergebnisse.

Eine spezielle Werkzeugart stellen Hochmomentschrauber mit Pistolengriff dar. Ihr Tandemmotor sorgt für sehr kurze Schraubzeiten bei hohen Drehmomenten von bis zu 4000 Nm. Bei diesen Schrauben zieht ein Motor mit hoher Drehzahl die Schraube bis zur Kopfauflage an, sodann zieht ein zweiter mit kleinerer Übersetzung bis zum Endmoment an. Es gibt keine kleineren und handlicheren Werkzeuge mit solch hoher Leistung. Sie ermöglichen ein schnelles Anziehen mit hohem Drehmoment und bieten, durch ihre geringe End-Drehzahl, eine hohe Drehmomentgenauigkeit.

## Zählen von Abschaltsignalen

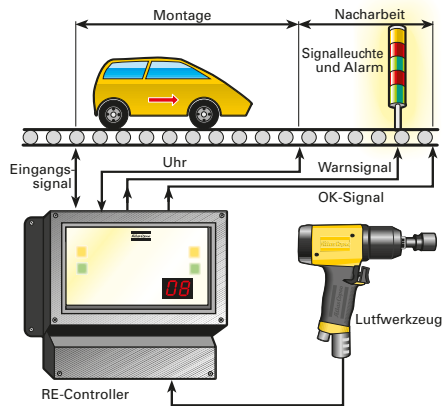
Wenn der Werker mehrere Schrauben nacheinander anzuziehen hat, kann es sein, dass er eine oder mehrere vergisst. Ein Fehler, der in Produktionslinien sehr häufig vorkommt. Er lässt sich vermeiden, indem die durchgeführten Anziehvorgänge gezählt werden, wobei ein Alarm oder die Liniensteuerung den Werker auf den Fehler aufmerksam machen kann. Dieses Reportingsystem wird als RE-Kontrolle bezeichnet. Für Druckluftwerkzeuge besteht die Kontrollvorrichtung aus einem Drucksensor, der die Veränderungen des Luftdrucks im Ventilsystem des Werkzeugs nach dem Abschalten registriert. Fast alle Druckluft-Abschalterschrauber lassen sich an RE-Kontrolleinheiten anschließen. Das Zählen der Abschaltensignale bringt eine gewisse Prozesssicherheit (Stufe 2).



LTV-Winkelschrauber



## Montagestation



*Funktionsweise eines  
Luftwerkzeugs mit RE-  
Controller und Signal  
vom Druckluftmotor*

## 14.4 Elektroschrauber

An Montagelinien, in denen keine Druckluft zur Verfügung steht oder bei denen Verunreinigungen durch Druckluft vermieden werden müssen, sind Elektroschrauber eine gängige Lösung. Zur Verfügung stehen sehr kleine, leise Niederspannungsschrauber, Akkuschauber sowie elektronisch gesteuerte Schrauber.

### Niederspannungsschrauber

Niederspannungsschrauber werden von einem Gleichstrommotor mit niedriger Spannung angetrieben, die über einen Transformator erzeugt wird. Niederspannungswerkzeuge, ob netz- oder akkugespeist, arbeiten sehr leise und sauber. Das richtige Anziehmoment wird über eine Stromsteuerung gewährleistet, die den Anziehprozess kontinuierlich überwacht.

### Gesteuerte Elektroschrauber

Elektrisch angetriebene und elektronisch (= „digital“) gesteuerte Schrauber, wie die der Tensorklasse, werden beispielsweise bei der Montage von Kraftfahrzeugen und anderen Produkten eingesetzt, die hohe Anforderungen an die Kontrolle und Dokumentation sicherheits- und funktionskritischer Verbindungen stellen. Diese komplexen Systeme ermöglichen eine kontinuierliche Kontrolle des Anziehprozesses durch Überwachung des Stroms sowie weiterer verschiedener Parameter des Antriebs. Sie korrigieren Setzerscheinungen und erkennen alle möglichen Fehler im Schraubprozess, wie vergessene oder falsche Schrauben, vergessene Unterlegscheiben, Gewindefschäden, falsche Drehmomente, falsche Drehwinkel oder Zyklusabbrüche. Wird die



*Gesteuerter Elektro-  
schrauber mit zugehöriger  
Steuerelektronik*



Steuereinheit vom Schrauber getrennt untergebracht, lassen sich heute sehr ergonomische Werkzeuge konstruieren, die Druckluftschraubern im Leistungsgewicht kaum noch nachstehen.

### Mehrfachschräuber

Bei Fügevorgängen mit mehreren Schrauben können diese in vielen Fällen mit einem Mehrfachschräuber angezogen werden.

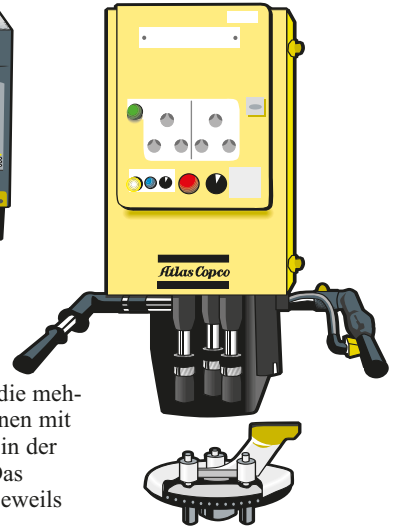
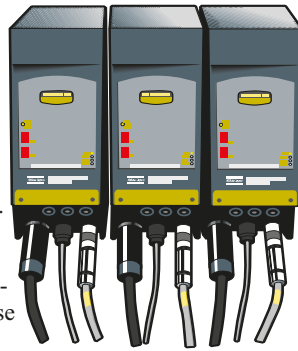
Mehrfachschräubsysteme bestehen aus einer Vorrichtung, die mehrere fest installierte Schraubspindeln aufnimmt. Diese können mit Druckluftmotoren oder Elektromotoren betrieben werden; in der Regel handelt es sich um Werkzeuge in Stabausführung. Das Reaktionsmoment der einzelnen Schrauben wird von den jeweils anderen Schrauben aufgenommen.

Die unterschiedlichen Spindeln arbeiten gleichzeitig. Einzige Bedingung: Die Verbindungen weisen nur parallele Gewinde auf, sind also in einer Ebene angebracht, wie es etwa bei Autorädern oder Zylinderköpfen der Fall ist. Moderne Mehrfachschräuber können jedoch auch Höhenunterschiede ausgleichen. Hauptsache ist, die Spindeln sind parallel angeordnet.

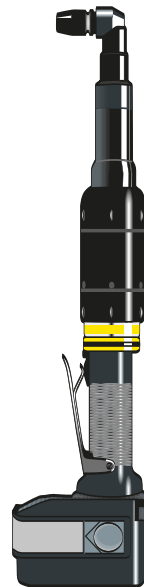
Mehrfachschräuber dienen keineswegs nur dazu, die Produktivität zu erhöhen, obwohl dies sicher ein angenehmer Nebeneffekt ist. Sie sind vielmehr das ideale Werkzeug, wenn an einem Bauteil mehrere Schrauben gleichzeitig oder nacheinander angezogen werden müssen und eine Beeinflussung des Schraubergebnisses durch den Werker möglichst ausgeschaltet werden soll. Die Montage von Motoren oder Fahrzeugrädern sind typische Einsatzbeispiele für Mehrfachschräuber, die meist über Hochleistungselektroniken gesteuert werden und über Datennetzwerke mit übergeordneten Leitsystemen verbunden sind.

### Akkuwerkzeuge

Mittels Akkus (wiederaufladbaren Batterien) angetriebene Werkzeuge sind bei Handwerkern und Hobbybastlern sehr beliebt, da sie die Unabhängigkeit von Versorgungsmedien schätzen. Durch veränderte Arbeitsmethoden werden Akkuschräuber heute aber auch an den Montagelinien der Industrie und immer häufiger sogar in der Automobilindustrie eingesetzt. Die Vorteile sind eine hohe Bewegungsfreiheit an der Montagelinie. Zudem kann der Werker in geschlossenen Räumen – etwa im Fahrzeuginneren – ohne lästige Druckluftleitungen oder Stromkabel arbeiten. Für industrielle Anwendungen gibt es akkugetriebene Montagewerkzeuge mit Pistolengriff, als Winkelschräuber und auch als Impulsschräuber. Für den Heimwerker halten manche Hersteller auch Akkuschräuber in gerader Ausführung (Stabform) bereit.



Mehrfachschräuber mit Standalone-Steuerelektronik



Akku-Winkelschräuber



# Auswahlhilfe

<b>Werkzeug</b>	<b>Merkmale und empfohlene Anwendungen</b>
Schlagschrauber	Lösen und Anziehen großer Schraubverbindungen bei Wartungsarbeiten. Schnell und kompakt bei hohen Drehmomenten, aber nur geringe Anziehtgenauigkeit
Impulsschrauber	Anziehen von Maschinenschrauben, wenn Geschwindigkeit, Reaktionsfreiheit und Handlichkeit wichtig sind. Leichter und leiser als Schlagschrauber. Mittlere Anziehtgenauigkeit
Kleinschrauber	Festziehen kleiner Schrauben mit geringem Anziehmoment und mittlerer bis hoher Genauigkeit
Winkelschrauber	Anziehen von Maschinenschrauben und Muttern mit hohen Anforderungen an die Genauigkeit. Einsatz bei schlecht zugänglichen Schrauben
Druckluftschrauber mit Sensoren	Anziehen von Maschinenschrauben, wobei das Drehmoment und/oder der Drehwinkel während des Anziehprozesses zur Qualitätskontrolle oder Zertifizierung überwacht werden müssen
Druckluftschrauber mit Zählung	Anwendungen, bei denen das Zählen der korrekt angezogenen Schrauben in einer Verbindung für die Qualitätskontrolle des Produkts wesentlich ist
Gesteuerte Elektroschrauber	Anwendungen, die hohe Ansprüche an die Kontrolle des Anziehprozesses stellen. Dokumentationsfähig
Mehrfachschräuber/ Einbauspindeln	Anwendungen in automatischen Montagestationen und stationären Systemen wie auch an Robotergelenkarmen. Je nach der erforderlichen Prozesssicherheitsstufe sind sie pneumatisch oder elektrisch angetrieben
Akkuschrauber	Einsatzfälle, in denen sehr große Beweglichkeit gefordert ist oder bei denen Schläuche oder Kabel den Zugang beschränken würden oder von einem eingeklemmten Stromkabel eine Gefahr ausgehen könnte







# Taschenbücher von Atlas Copco Tools

<b>Titel</b>	<b>Bestellnummer</b>
<b>Volles Rohr für mehr Produktivität (Installations-Leitfaden für Luftwerkzeuge) . . . . .</b>	<b>9833 1266 04</b>
<b>Druckluftmotoren zum Ein- und Anbau (Eine Fibel der Antriebspraxis nicht nur für Konstrukteure) . . . . .</b>	<b>9833 9067 04</b>
<b>Prozesssicherheit in der Schraubmontage . . .</b>	<b>9749 2072 04</b>
<b>Taschenbuch Impulsschrauber . . . . .</b>	<b>9833 1225 04</b>
<b>Taschenbuch Kleinschrauber . . . . .</b>	<b>9833 1007 04</b>
<b>Ergonomie bei Handwerkzeugen (Buch) . . . . .</b>	<b>9833 1162 04</b>
<b>Statistische Verfahren für die Schraubfallanalyse . . . . .</b>	<b>9833 8637 04</b>
<b>Die Kunst der Ergonomie (Einführung in die Ergonomie bei Handwerkzeugen) . . . . .</b>	<b>9833 8587 04</b>
<b>Einführung in die Schraubtechnik . . . . .</b>	<b>9833 8648 04</b>
<b>Vibrationen und deren Bewertung bei Handwerkzeugen: Ein Ratgeber rund um die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutz- verordnung (LärmVibrationsArbSchV) . . . . .</b>	<b>9833 1508 04</b>





## ***WIR BRINGEN NACHHALTIGE PRODUKTIVITÄT***

Wir stehen zu unserer Verantwortung gegenüber unseren Kunden, unserer Umwelt und unseren Mitmenschen. Wir setzen auf verlässliche Beziehungen und erstellen Lösungen, die sich dauerhaft bewähren. Das nennen wir nachhaltige Produktivität.

**Atlas Copco Tools Central Europe GmbH**

Langemarckstraße 35 · D-45141 Essen

[www.atlascopco.de](http://www.atlascopco.de) · [tools.de@de.atlascopco.com](mailto:tools.de@de.atlascopco.com)

