

Toolbox

Schraubenverbindung

EnDes Engineering • Design

CH: +41 71 858 21 81 | DE: +49 711 820 51 60

info@endes.net | www.endes.net

Vorwort

Die Schraubenverbindung ist eine der meistgewählten Verbindungsarten, für zwei Bauteile. Dieses Verbindungselement ist sehr vielseitig einsetzbar und in den verschiedensten Formen genormt. Von Vorteil ist auch, dass die Schraube weltweit erhältlich ist.

Eine Schraubenverbindung besteht aus Gewindestift mit Aussengewinde (Schraube) und einem Bauteil mit Innengewinde (Mutter). Im montierten Zustand wird ein Formschluss im Gewinde erzielt. Je nach Funktion der Schraube wird in Befestigungsschrauben, Bewegungsschrauben oder Dichtungsschrauben unterteilt.

In etwa 70 Prozent der Fälle ist das Versagen von Schraubenverbindungen auf die Konstruktion oder die Montage zurückzuführen. Je nach Anwendung der Verbindung kann ein Versagen schwerwiegende Folgen haben. Dies zeigt, wie wichtig eine korrekte Auslegung ist. EnDes verfügt in diesem Fachgebiet über umfangreiche Erfahrung und bietet kompetente Unterstützung an.

Eric Mohn
Projekt-/ Entwicklungsingenieur

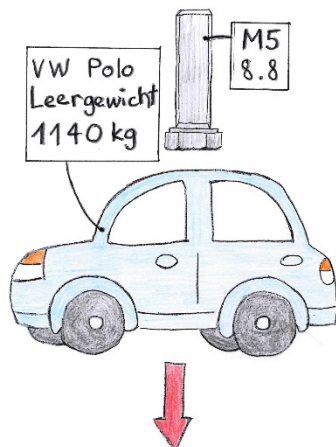
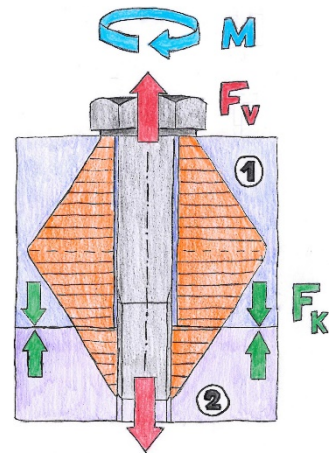
«Starke Verbindungen entstehen durch festes Zusammenhalten.»

Eric Mohn

Gestaltungsgrundlagen

Wirkungsweise einer Schraubenverbindung

Eine Schraube wird mit einem Moment M montiert. Dadurch entsteht eine Vorspannkraft F_v . Diese Kraft wirkt an der Schraube, wobei eine Längenänderung erfolgt. Demzufolge entsteht die Klemmkraft F_k , die Bauteil ① und ② zusammenhält. Die beiden Bauteile werden dabei gestaucht.



Festigkeit

Die Festigkeit von Schrauben wird gemäss ISO 898 im Format X.Y angegeben. $X \times 100$ entspricht der Zugfestigkeit in N/mm^2 . $X \times Y \times 10$ ergibt die Dehngrenze. Bei einer M5 8.8 ist die Zugfestigkeit dementsprechend $800 N/mm^2$.

Die M5-Schraube hat zudem einen Nennspannungsquerschnitt von $14.2 mm^2$. Daraus kann eine Mindestbruchkraft von $11360 N$ berechnet werden. Dies sind umgerechnet $1158 kg$. Das heisst, man könnte einen VW Polo mit einem Leergewicht von $1140 kg$ an dieser Schraube aufhängen.

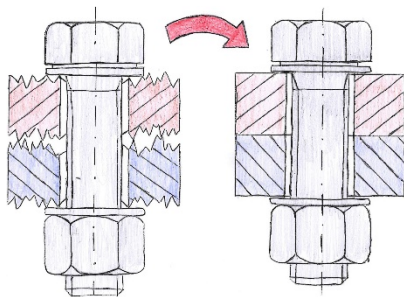
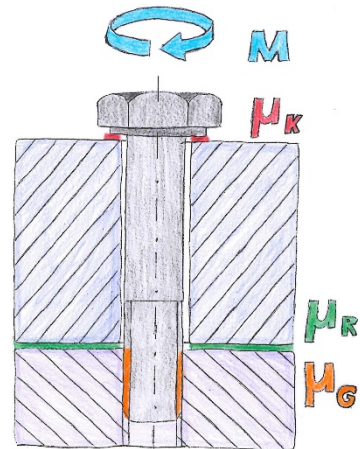
Festigkeitsklassen

Je nach Anwendung kommen Schrauben mit unterschiedlichen Festigkeitsklassen zum Einsatz. Üblicherweise sind diese im Bereich zwischen 4.6 und 12.9. Eine Auswahl von häufig verwendeten Schrauben-Klassen sind mit der Mindestzugfestigkeit & Mindestdehngrenze in der Tabelle aufgeführt.

Schrauben-Klasse	$R_{m, min} [N/mm^2]$	$R_{p0.2, min} [N/mm^2]$
4.6	400	240
4.8	400	320
5.6	500	300
5.8	500	400
8.8	800	640
10.9	1000	900
12.9	1200	1080

Reibung

Wird eine Schraube mit einem Moment M angezogen, entsteht eine Reibung μ_K unter dem Kopf. Zudem erfolgt eine Reibung μ_R im Gewinde sowie eine Reibung μ_R zwischen den Bauteilen. Die Reibung ist abhängig von der Werkstoffpaarung, Oberflächengüte, Oberflächenbehandlung & der Schmierung. Fallen μ_K & μ_G kleiner aus, entsteht bei gleichem Moment eine grössere Vorspannkraft in der Schraube.



Setzverluste

Bei einer Schraubenverbindung entsteht durch die Montagekraft & der kleinen Auflagefläche eine hohe Flächenpressung. Diese kann Kriechvorgänge im Werkstoff hervorrufen, sodass die Vorspannkraft abnimmt.

Mögliche Ursachen für kritische Setzvorgänge:

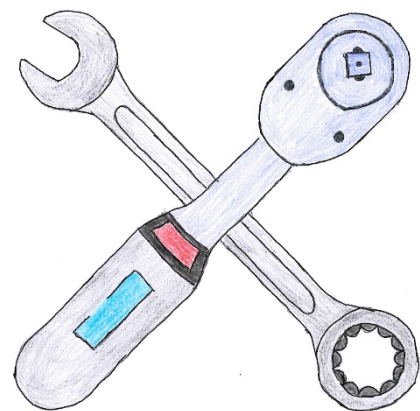
- Anzahl der Trennfugen
- Oberflächenrauheit /-zustand
- Unebene Auflagen
- Dicke Farbschichten

Schraubwerkzeug

Je nachdem, mit welchem Werkzeug die Schraube festgezogen wird, variiert die Vorspannkraft der Schraube.

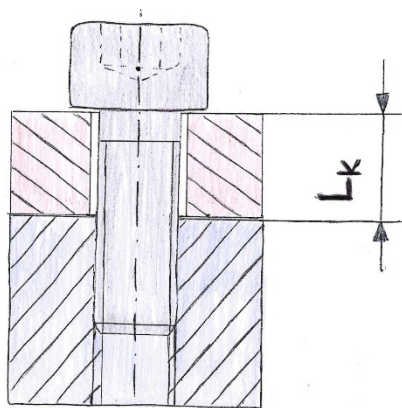
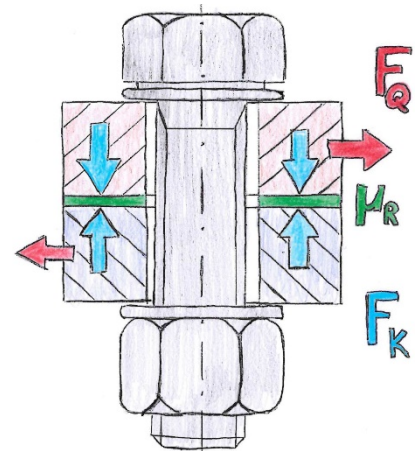
Als Mass für die Variation existiert der Anziehungsfaktor α_A :

- Handanzug / Schlagschrauber → 2.5 - 4.0
- Drehmomentschlüssel → 1.6 - 2.5
- Streckgrenz- / Drehwinkelgesteuert → 1.2 - 1.4
- Hydraulikschrauber → 1.1 - 1.4



Betriebskraft quer zur Schraube

Eine herkömmliche Schraube wird grundsätzlich nur auf Zug belastet. Wirkt eine Betriebskraft F_Q quer zur Schraube, muss die Klemmkraft F_K grösser sein. Dabei muss die Reibung μ_R so ausgelegt sein, dass keine Querverschiebung entsteht und die Schraube nicht auf Scherung belastet wird.

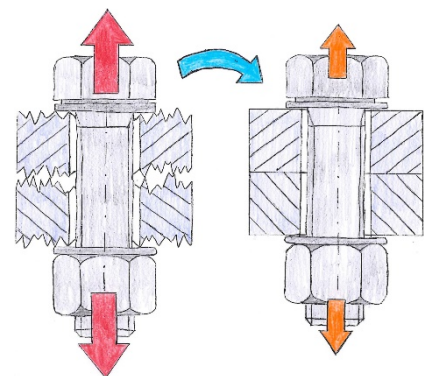


Klemmlänge

Die Klemmlänge L_K einer Schraube bezeichnet die freie Länge, die unter Spannung gedehnt wird. Schraubverbindungen sollten so gestaltet sein, dass eine ausreichende Vorspannkraft gewährleistet ist. Bei einer Schraubverbindung mit wenigen Trennfugen und einem Klemmlängenverhältnis von $L_K \geq 5 \times \text{Schraubendurchmesser}$ gilt grundsätzlich, dass eine ausreichende Sicherung vorhanden ist und keine weiteren Massnahmen notwendig sind.

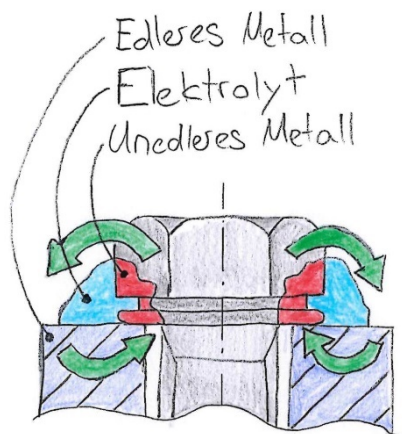
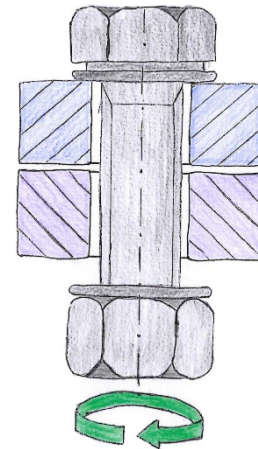
Lockern

Lockern bedeutet, dass die Vorspannkraft einer Schraube abnimmt. Eine Lockerung der Schraube wird vorwiegend durch axial wirkende Kräfte verursacht. Eine konstruktive Massnahme gegen das Lockern bietet ein genügend hohes Klemmlängenverhältnis. Ist dies nicht möglich, können auch Spannscheiben oder ein angespresster Flansch zum Einsatz kommen.



Losdrehen

Losdrehen bedeutet, dass die Schraube die Vorspannkraft komplett verloren hat und sich löst. Dies erfolgt, wenn hohe dynamische Querkräfte wirken und daraus eine Relativbewegung zwischen den Kontaktflächen entsteht. Ein ausreichend hohes Klemmlängenverhältnis verhindert das Losdrehen einer Schraube. Weitere mögliche Massnahmen sind Rippenscheiben, Unterkopfverzahnungen, Klebstoff oder formschlüssige Sicherungselemente. Federnde Elemente bieten keine Abhilfe gegen Losdrehen.

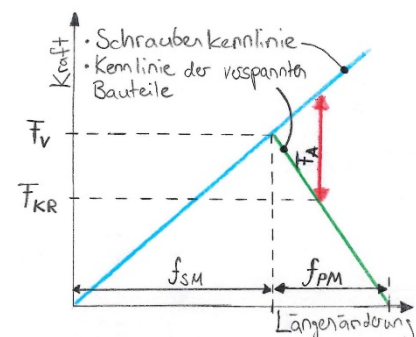


Kontaktkorrosion

Wenn bei zwei unterschiedlichen metallischen Werkstoffen, die sich berühren, noch ein Elektrolyt dazu kommt, entsteht Kontaktkorrosion. Dabei korrodiert das unedlere Metall und das edlere Metall bleibt unverändert. Tritt dies bei einer Schraubenverbindung auf, kann das zu Problemen führen. Die Bimetallkorrosion kann durch eine Verbindung, die keine Elektronen leitet, verhindert werden. Ausserdem nützt es, wenn die beiden Metalle keine Potenzialdifferenz aufweisen.

Elastische Nachgiebigkeit der Schraube

Beim Montieren einer Schraube entsteht eine Vorspannkraft F_V und die Schraube längt sich um den Wert f_{SM} . Dabei werden die verspannten Platten um den Betrag f_{PM} gestaucht. Diese Werte können mithilfe des Verspannungsschaubilds dargestellt werden. Wirkt nun zusätzlich eine Betriebskraft F_A , können weitere Kenngrössen grafisch ermittelt werden. Ein Beispiel dazu ist die Restklemmkraft F_{KR} .



Partner für Entwicklung und Konstruktion

Die EnDes Gruppe ist eine international ausgerichtete Ingenieurgesellschaft, die an ihren vier Standorten in der Schweiz sowie den zwei Standorten in Deutschland über 80 Mitarbeitende beschäftigt.

Wir sind Engineering-Partner bei technologisch anspruchsvollen Entwicklungsprojekten. EnDes steht für Engineering und Design, aber auch für Projektmanagement, Entwicklung, Innovation und Simulation.

Leistungsspektrum



Projektmanagement



Engineering



Innovation



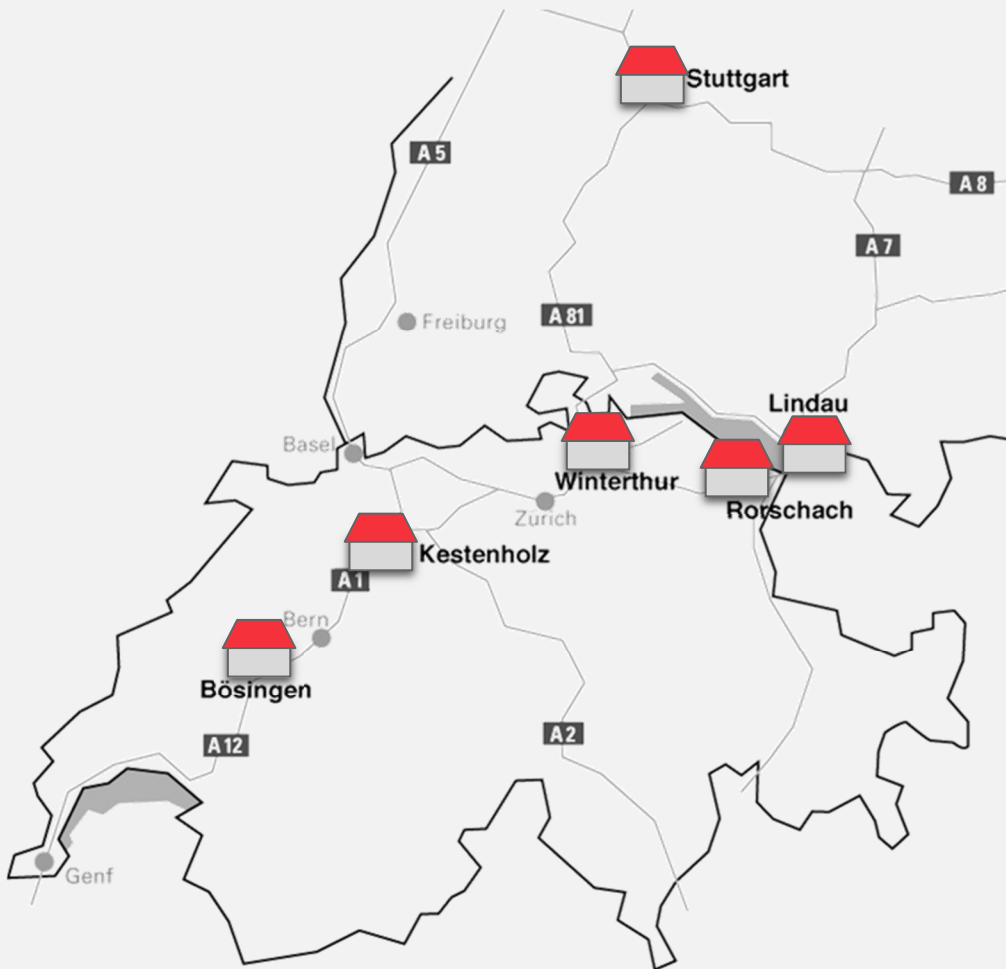
Design



Simulation



Virtual Reality



 **EnDes**
ENGINEERING • DESIGN

HAUPTSITZ

EnDes Engineering und Design AG
Thurgauerstrasse 57
CH-9401 Rorschach

CH: +41 71 858 21 81 | DE: +49 711 820 51 60
info@endes.net | www.endes.net

WEITERE STANDORTE: Winterthur | Kestenholz | Bösing | Lindau | Stuttgart

