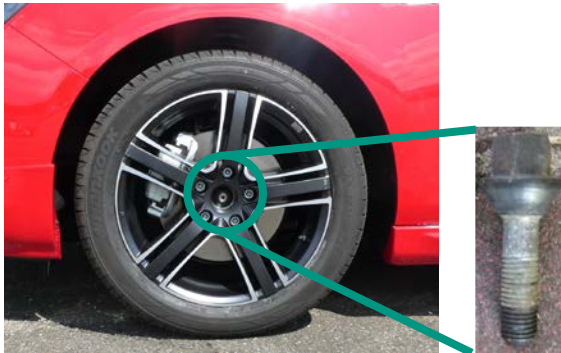


Schraubenverbindungen 3 – Gestaltung von Schraubenverbindungen

Vorlesung Maschinenkonstruktionslehre C – WS25/26

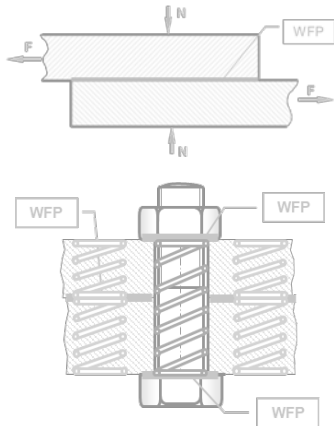
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Tobias Düser | Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen



Übersicht Vorlesungen Schraubenverbindungen

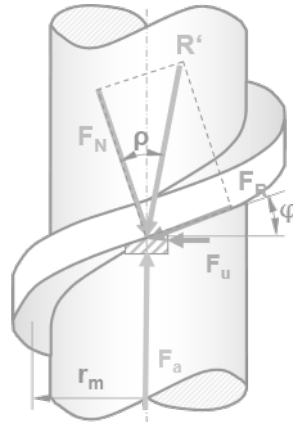
Inhalte der vier Vorlesungen zu Schraubenverbindungen

Vorlesung 1



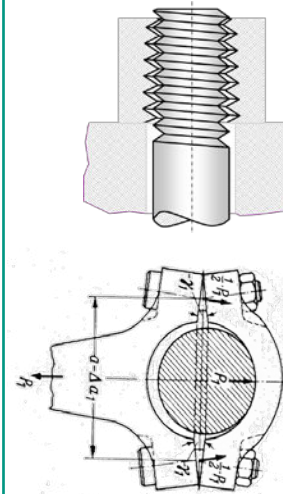
Grundfunktion und Wirkung im System

Vorlesung 2



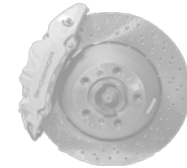
Wirkprinzip

Vorlesung 3

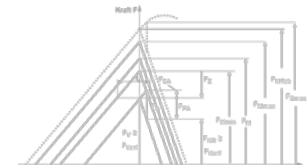


Gestaltung

Übung

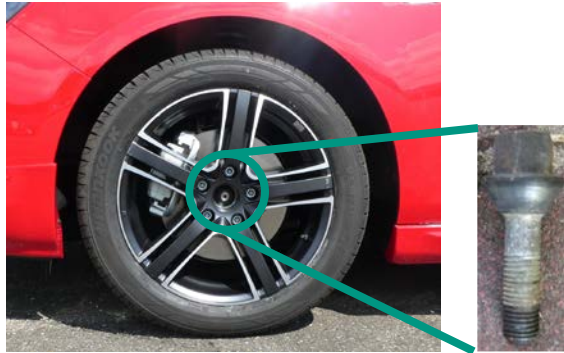


$$F_{M,zul} \geq F_{M,max}$$



Dimensionierung

Inhaltsverzeichnis



Lernziele



Bauformen und Auswahl einer Schraube



Beanspruchung durch Montage



Beanspruchung durch Betriebskraft



Arten und Beanspruchung von Gewinden



Gestaltungshinweise für Gewinde

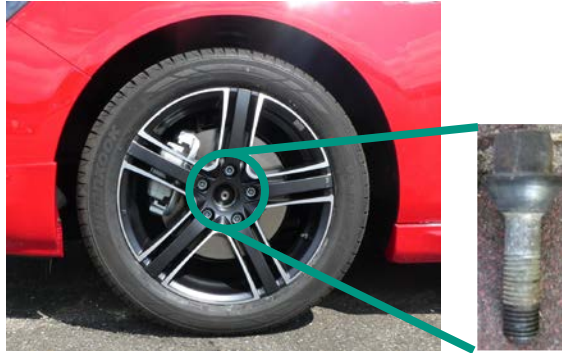


Gestaltungshinweise für
Schraubensicherung



Zusammenfassung





Lernziele



Bauformen und Auswahl einer Schraube



Beanspruchung durch Montage



Beanspruchung durch Betriebskraft



Arten und Beanspruchung von Gewinden



Gestaltungshinweise für Gewinde



Gestaltungshinweise für
Schraubensicherung



Zusammenfassung



Problem

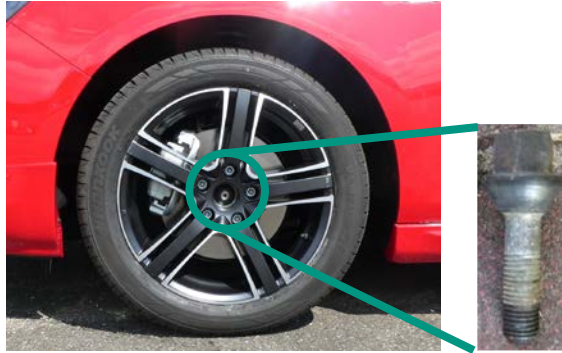
Konstruktionsingenieurinnen und Konstruktionsingenieure müssen **Schraubenverbindungen konstruktiv so gestalten**, dass sie unter allen Einsatzbedingungen sicher ihre Funktion erfüllen.

Ziele

- **Randbedingungen** und **Kriterien** in der **Auswahl von Schraubenverbindungen** kennen.
- Die **Beanspruchung** der Schraubenverbindung **bei der Montage** unterscheiden können.
- Maßnahmen zur Reduzierung **Torsionsbeanspruchung** der Schraube in der Montage beschreiben können.
- Maßnahmen zur Vermeidung von **Beanspruchung** der Schraube im Betrieb beschreiben können.
- **Gewindearten einer Schraubenverbindung** aufzählen und **deren Beanspruchungen** erklären können.
- Maßnahmen zur **Sicherung von Schraubenverbindungen** aufzählen können.

Fazit

Konstruktionsingenieurinnen und Konstruktionsingenieure müssen durch das **Verständnis der Zusammenhänge** von Schraubenverbindungen, diese so gestalten können, dass sie **jederzeit ihre Funktion** erfüllen. So müssen zum Beispiel Einflüsse durch die **Montage** und durch vorliegende **Betriebskräfte** verstanden sein, um die richtige **Bauform**, die richtige **Gewindeart** und die richtige **Schraubensicherung** auswählen zu können.



Lernziele



Bauformen und Auswahl



Beanspruchung durch Montage



Beanspruchung durch Betriebskraft



Arten und Beanspruchung von Gewinden



Gestaltungshinweise für Gewinde



Gestaltungshinweise für
Schraubensicherung

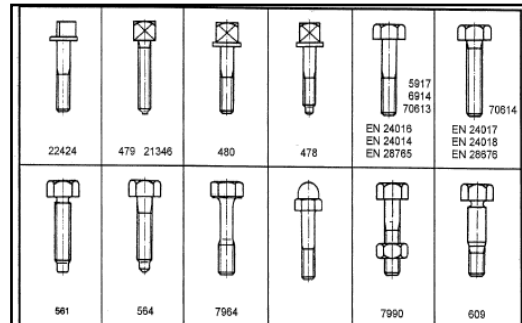
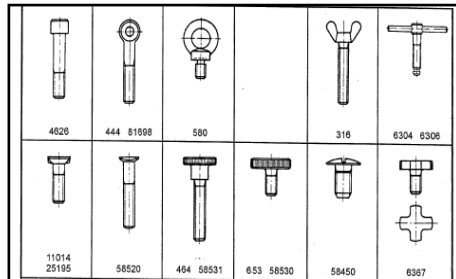
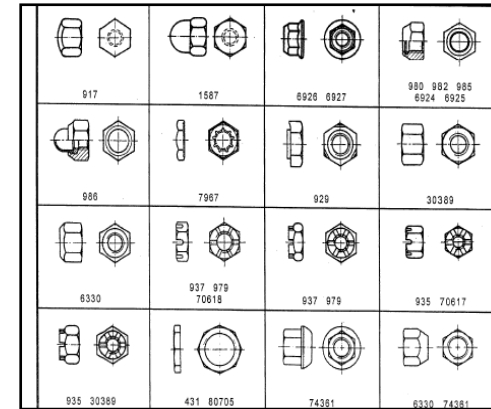
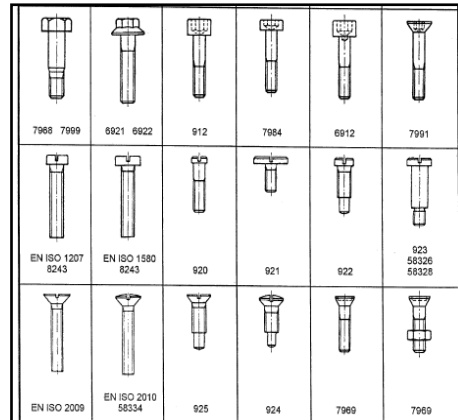
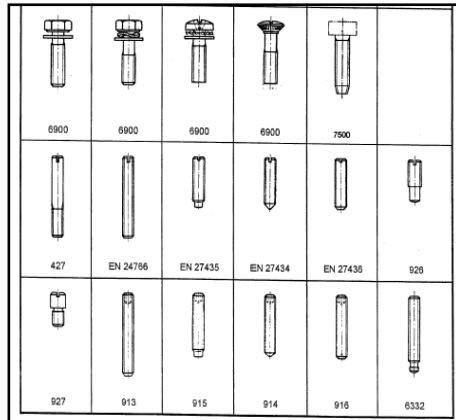


Zusammenfassung



Schraubenverbindungen – Bauformen und Auswahl

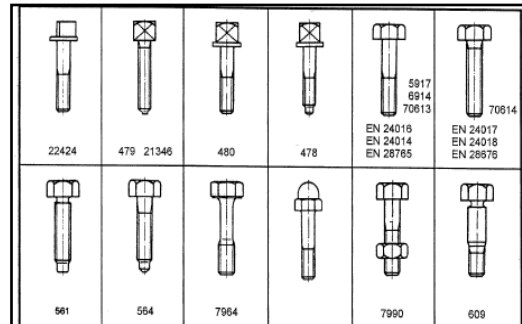
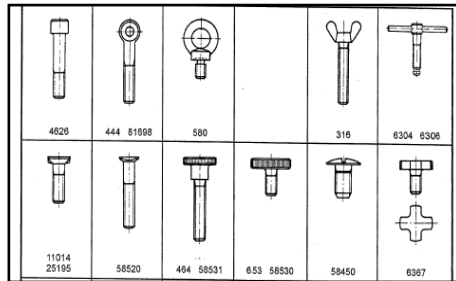
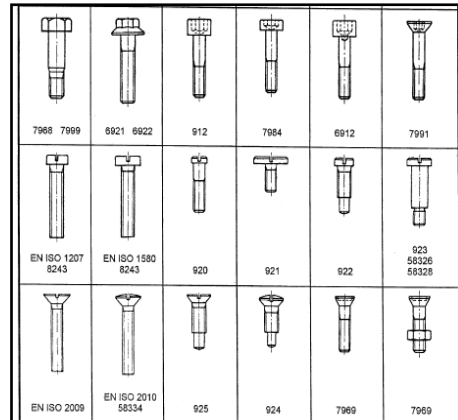
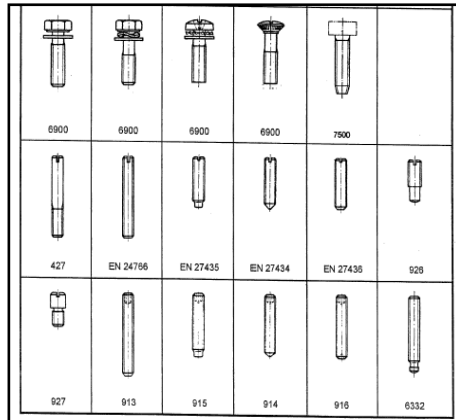
Es gibt viele verschiedene Bauformen von Schrauben und Muttern



Kernaussage:
 Muttern und Schrauben können in vielen verschiedenen Bauformen zugekauft werden. Die Auswahl der richtigen Bauform erfolgt aus den Anforderungen an die Schraubverbindung und ihren Randbedingungen.

Schraubenverbindungen – Bauformen und Auswahl

Es gibt viele verschiedene Bauformen von Schrauben und Muttern



Kernaussage:

Schrauben sind als Massen- und Austauschteile genormt!

Es ist sowohl die Form als auch die geometrische Abmessung festgelegt.

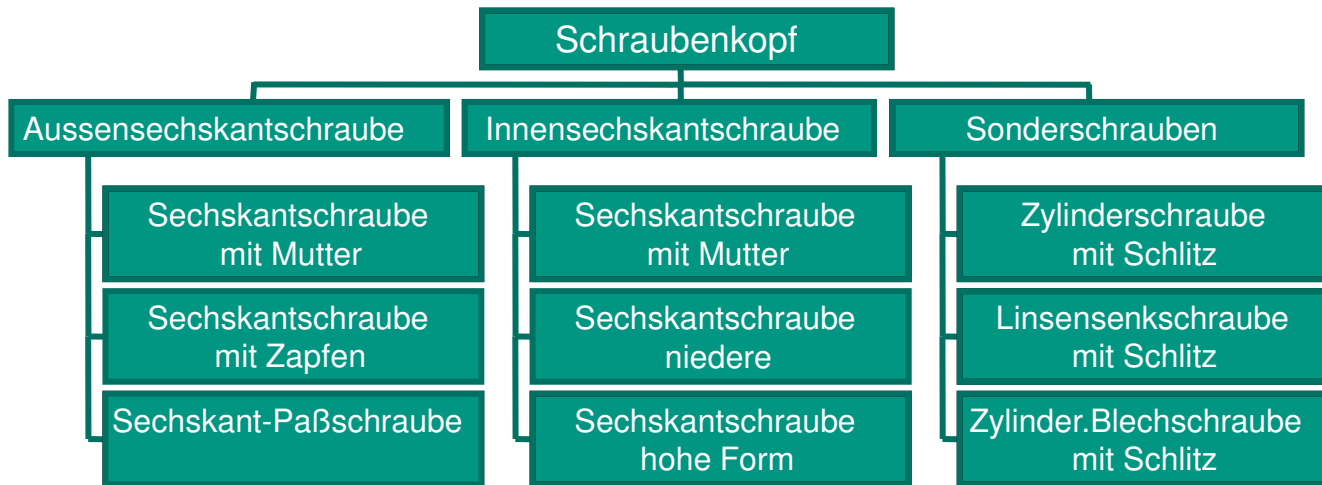
Bsp.:

- DIN 13 T1, T12, T13, ...
Metrisches ISO- Gewinde
- DIN 168 T1 (1979) Rundgewinde
- DIN 168 T1 (1979) Rundgewinde
- ...

Nur im Ausnahmefall ist es notwendig, eigene Schrauben zu gestalten. Dadurch werden die Kosten sehr hoch.

Schraubenverbindungen – Bauformen und Auswahl

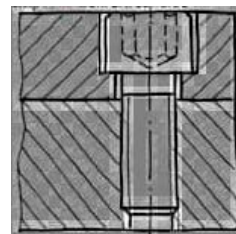
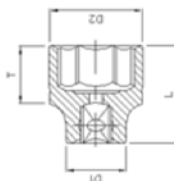
Schrauben können bspw. nach dem Schraubenkopf und der Antriebsart klassifiziert werden



Außensechskant erfordert seitlichen Zugang für einen Gabelschlüssel oder mindestens den Platz für eine Sechskantnuss



Sechskantnuss



Innensechskantschrauben erfordern keine Zugänglichkeit von der Seite des Schraubenkopfs

<https://sauerlaender.com/sonic/1/2-nuss-6-kant-26mm>

Schraubenverbindungen – Bauformen und Auswahl

Bei der Auswahl bewusst verschiedene Randbedingungen klären!

Vorgehensweise

■ Randbedingungen klären

- Belastungen auf die Bauteilverbindung
 - Montage
 - *Achtung:* Hier ist die Frage entscheidend: Ist die Demontierbarkeit gewünscht?
 - Einsatz
 - Temperaturschwankungen?
 - Werkstoffe
 - Unterschiedliche Materialien führen eher zur Auswahl von Niet oder Schraubverbindungen
 - Stückzahl
 - Sicherheit
 - Automatisierung
- Die Verbindung auf das technische System hin optimieren

Unterschiedliche Materialien (Titan und Carbon) + keine Demontierbarkeit soll möglich sein, da Zulassung des Schalldämpfers sonst verloren geht. → Nieten



Schalldämpfer, als gesamtes Bauteil, soll aber wechselbar sein. Daher hier Schraubenverbindung.

Schraubenverbindungen – Bauformen und Auswahl

Die Kriterien müssen bei der Auswahl einer Bauform bewusst sein

Auswahltabellen beurteilen Bauteilverbindungen nach den **Kriterien**:

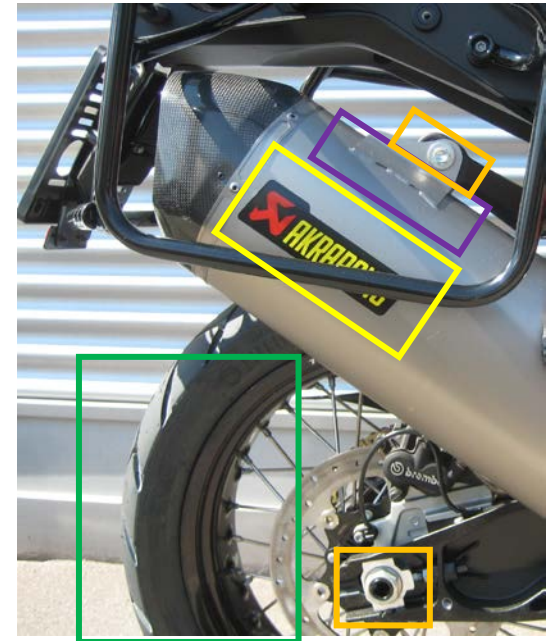
- Funktion
- Gestaltung
- Sicherheit
- Fertigung
- Montage
- Gebrauch
- Instandhaltung
- Kosten



Schraubenverbindungen – Bauformen und Auswahl

Bauteilverbindungen – Teil einer Checkliste Merkmale und Auswahl

Hauptmerkmale	Einzelmerkmale	Schweißen	Löten	Kleben	Reibschluß	Formschluß	Schrauben
Fertigung, Montage, Kontrolle	Schwierigkeitsgrad	niedrig (bei günstiger Gestaltung und richtiger Werkstoffwahl Verzugsgefahr)	hoch (wegen Spaltweiten u. Oberflächenbehandlung)	hoch (bei Mehrkomponentenkleber u. Wärmebehandlung Spaltweiten)	mittel (enge Toleranzen, einfache Wirkflächenformen)	hoch (Fertigung der Formelemente enge Toleranzen, einfache Montage)	niedrig (einfache Bearbeitung, Normteile)
	Automatisierungsgrad	gut (hoher Entwicklungsstand)	eingeschränkt (Vorrichtung für Technologie schwierig)	eingeschränkt (Vorrichtung für Technologie schwierig)	eingeschränkt (da aufwendige Werkzeuge u. Montage)	hoch (bei entsprechender Stückzahl)	hoch (einfache Montage)
	Lösbarkeit	nicht möglich (Zerstörung erforderlich)	bedingt möglich (bei Weichlöten)	bedingt möglich (bei einigen Klebstoffen)	eingeschränkt (einfach nur bei leicht lösb. Klemmkraft)	gut (abhängig von Vorspannung)	sehr gut (einfache Demontage)
	Qualitätssicherung	gut (geringe Nahtabmessungen, Oberflächenrisse erkennbar)	problematisch (schlechte Lötung schwer erkennbar, kein Verzug)	problematisch (schl. Klebung schwer erkennbar, kein Verzug)	gut (bei geteilten Klemmverbindungen) aufwendig (bei Preßverbänden)	gut (Abmessungen leicht überprüfbar)	gut (bei geeigneten Anziehverfahren)
Gebrauch	Überlastbarkeit	problematisch (nur bei plastischer Verformung)	nicht möglich (plast. Verformung der Fügeteile nicht zulässig)	nicht möglich (plast. Verformung der Fügeteile nicht zulässig)	gut (zerstörungsfreies Durchrutschen)	nicht möglich (plast. Verformung gefährdet die Funktion)	möglich (wenn Austausch plast. verformter Schrauben möglich)
	Wiederverwendbarkeit	kaum (nur mit Nacharbeit der Fügeteile)	kaum (bei Hartlöten nur mit Nacharbeit)	problematisch (Oberflächenzustand, Spaltweite)	gut (nur bei oberflächenschonender Demontage)	gut (abhängig von Vorspannung)	gut (wenn nicht plastisch verformt)
	Temperaturverhalten	sehr gut (wie Fügeteilwerkstoffe)	begrenzte Warmfestigung (je nach Lot)	begrenzte Warmfestigung (je nach Kleber)	problematisch (durch Klemmkraftveränderung)	unproblematisch (ggf. Funktionseinschränkung)	unproblematisch (wenn bei Auslegung berücksichtigt)
	Korrosionsverhalten	problematisch (Spaltkorrosion nur durch Gestaltung vermeidbar)	gut (da spaltlos Fügen)	problematisch (durch Alterungsneigung)	gut (da spaltloser Schluß der Wirkflächen)	problematisch (bei vorhandenen Spalten)	problematisch (wegen Spaltkorrosion)





Lernziele



Bauformen und Auswahl



Beanspruchung durch Montage



Beanspruchung durch Betriebskraft



Arten und Beanspruchung von Gewinden



Gestaltungshinweise für Gewinde



Gestaltungshinweise für
Schraubensicherung

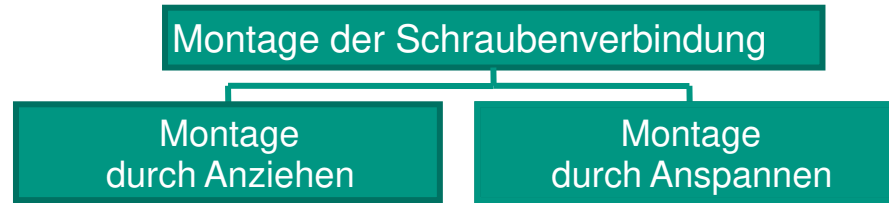


Zusammenfassung



Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Montage

Die Montage von Schraubverbindungen kann durch Anziehen oder in Sonderfällen durch Anspannen erfolgen



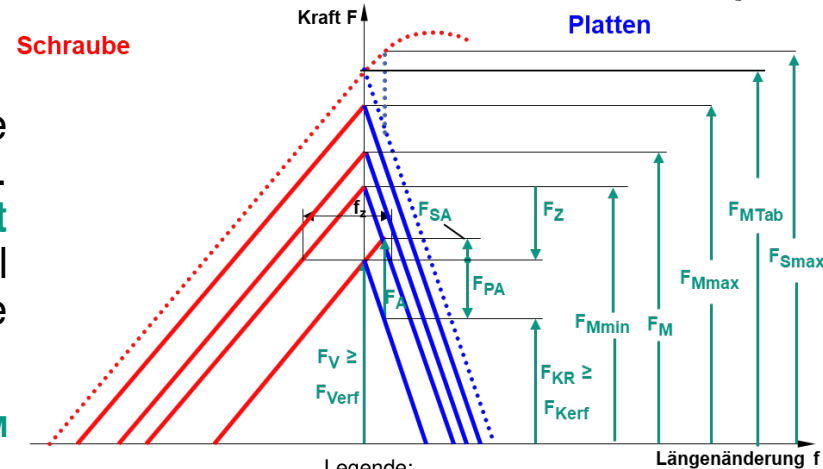
Kernaussage

Grundsätzlich kann man zwischen der Montage durch Anziehen und der Montage durch Anspannen unterscheiden.

Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Montage

Wichtige Hinweise zum Einfluss der Montage auf Dimensionierung der Schraubenverbindung

- Durch die erforderliche Restklemmkraft wird die minimale Montagevorspannkraft F_{Mmin} bestimmt. Die maximal entstehende **Montagevorspannkraft** F_{Mmax} ergibt sich ausschließlich durch die Wahl des Anzugsverfahrens und die damit verbundene Streuung!
- Die **tatsächliche Montagsvorspannkraft** F_M muss zwischen F_{Mmax} und F_{Mmin} liegen!
- Dabei darf die maximale Montagevorspannkraft F_{Mmax} die **zulässige Montagevorspannkraft** F_{Mzul} nicht überschreiten. Die zulässige Montagevorspannkraft F_{Mzul} ergibt sich aus der Beanspruchbarkeit und dem für die Anwendung gewählten Sicherheitsfaktor!



Legende:

- F_{Smax} [N] ... Maximal ertragbare Schraubenkraft
- F_{MTab} [N] ... Tabellenwert Montagevorspannkraft
- F_M [N] ... Montagevorspannkraft
- F_{Mmax} [N] ... Maximale Montagevorspannkraft
- F_{Mmin} [N] ... Minimale Montagevorspannkraft
- F_Z [N] ... Vorspannkraftverlust durch Setzen
- F_A [N] ... Betriebskraft
- F_{PA} [] ... Anteil Betriebskraft Platten
- F_{SA} [] ... Anteil Betriebskraft Schraube
- F_{KR} [N] ... Restklemmkraft
- F_{Kerf} [N] ... Erforderliche Klemmkraft
- F_V [N] ... Vorspannkraft
- F_{Verf} [N] ... Erforderliche Vorspannkraft
- f_z [mm] ... Setzbetrag



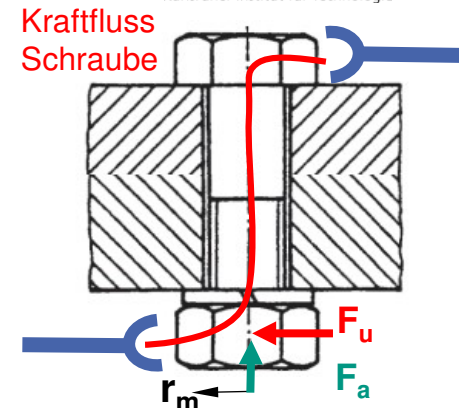
Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Montage

Die Schraube wird in der Montage durch Anziehen beansprucht

- Die Schraube erfährt bei dem Anziehen mit einem Gabelschlüssel eine zusätzliche **Beanspruchung (auf Torsion)** und nicht nur auf Zug), die bei dem Betrieb in der Schraube bleibt
- Beim Anziehen der Schraube läuft das Torsionsmoment vom Schraubenkopf über den Schaft der Schraube zum Gewinde.
- Die (Gesamt-)Beanspruchung der Schraube kann reduziert werden, indem über ein **kleines M_G** die Beanspruchung durch die Montage reduziert wird
- **Gewindemoment Anziehen der Schraubenverbindung:**
$$M_G = F_u \cdot r_m = F_a \cdot r_m \cdot \tan(\varphi + \rho)$$

Kernaussage

Wenn die Schraubenverbindung zu hoch belastet ist, dann sollte M_G während des Anziehvorgangs klein oder möglichst zu Null gemacht werden, weil dann die Gewindereibung beim Anziehen nicht überwunden werden muss (damit gesamte Beanspruchung inklusive Betrieb reduziert).



Bezug **VL 2**
Wirkprinzip:
Anziehen

Legende:

F_a [N] ... Axialkraft
 F_u [N] ... Umfangskraft
 φ [°] ... Steigungswinkel der Schraubenlinie
 M_G [Nm] ... Gewindemoment
 ρ [°] ... Reibungswinkel
 r_m [mm] ... mittlerer Radius

Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Montage

Einfluss der Montage auf die Kraftverhältnisse: Anziehungsfaktor α_A

Tipp

Je größer der Anziehungsfaktor α_A ist, desto mehr muss die Schraubenverbindung überdimensioniert werden, weil die Streuung F_{Mmax} vergrößert, diese muss ertragen werden können

→ Der Anziehungsfaktor hat also einen großen Einfluss auf die Dimensionierung der Schraubenverbindung

Kernaussage:

Wenn ein **Anziehungsfaktor** mit **hoher Streuung** im Anziehdrehmoment verwendet wird, **dann** muss ein **hoher Puffer** in der **Dimensionierung** vorgehalten werden, **weil** jederzeit auch die **maximale Montagevorspannkraft** erreicht werden kann

Zwei beispielhafte Anzugsverfahren:

■ Verfahren I (Drehschrauber)

$$\alpha_{AI} = 2,5 \quad \text{Streuung} \approx \pm 50\%$$

$$F_{Mmax} = \alpha_A F_{Mmin}$$

■ Verfahren II (streckgrenzengesteuertes Anzugsverfahren)

$$\alpha_{AII} \approx 1$$

Legende:

F_{Mmax} [N] ... Maximale Montagevorspannkraft

F_{Mmin} [N] ... Minimale Montagevorspannkraft

α_A [] ... Anziehungsfaktor

Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Montage

Die Richtwerte für den Anziehungsfaktor α_A sind durch das Anziehverfahren gegeben (1/2)

Anziehungsfaktor α_A	Streuung $\frac{\Delta F_M}{2 \cdot F_{Mmin}} \%$	Anziehverfahren	Einstellverfahren	Bemerkungen
1	± 5 bis ± 12	Streckgrenzgesteuertes Anziehen motorisch oder manuell		Die Vorspannkraftstreuung wird wesentlich bestimmt durch die Streuung der Streckgrenze im verbauten Schraubenlos. Die Schrauben werden hier für F_{Mmin} dimensioniert; der Anziehungsfaktor α_A entfällt deshalb für diese Anziehmethoden.
1	± 5 bis ± 12	Drehwinkelgesteuertes Anziehen motorisch oder manuell	Versuchsmäßige Best. v. Voranziehmoment u. Drehwinkel (Stufen)	
1,2 bis 1,6	± 9 bis ± 23	Hydraulisches Anziehen	Einstellung über Längen- bzw. Druckmessung	Niedrigere Werte für lange Schrauben ($l_k/d \geq 5$) Höhere Werte für kurze Schrauben ($l_k/d \leq 2$)
1,4 bis 1,6	± 17 bis ± 23	Drehmomentgesteuertes Anziehen mit Drehmomentschlüssel, signalgebendem Schlüssel oder Präzisionsdrehschrauber mit dynamischer Drehmomentmessung	Versuchsmäßige Bestimmung der Sollanziehmomente am Original-Verschraubungsteil, z.B. durch Längungsmessung der Schraube	<p>Niedrigere Werte für:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Große Zahl von Einstell- bzw. Kontrollversuchen (z.B. 20). Geringe Streuung des abgegebenen Momentes. Elektronische Drehmomentbegrenzung während der Montage bei Präzisions-Drehschraubern <p>Niedrigere Werte für:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kleine Drehwinkel, d.h. relativ steife Verbindungen • relativ weiche Gegenlage • Gegenlagen, die nicht zum Fressen neigen, z.B. phosphatiert

Stellt lediglich den Mittelwert dar, vgl. Schraubendiagramm

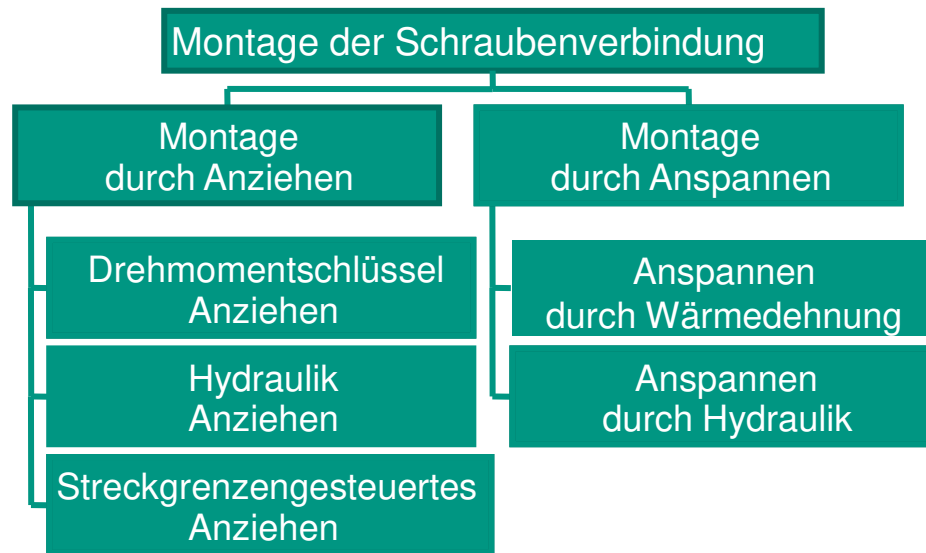
Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Montage

Die Richtwerte für den Anziehungsfaktor α_A sind durch das Anziehverfahren gegeben (2/2)

1,6 bis 1,8	± 23 bis ± 28		Bestimmung des Sollanziehmomentes durch Schätzen der Reibungszahl (Oberflächen- und Schmierverhältnisse)	<p>Niedrigere Werte für: messende Drehmoment-schlüssel</p> <ul style="list-style-type: none"> ● gleichmäßiges Anziehen ● Präzisionsdrehschrauber <p>Höhere Werte für: signalgebende oder ausknickende Drehmoment-schlüssel</p>	<p>Höhere Werte für (bei):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● große Drehwinkel, d.h. relativ nachgiebige Verbindungen sowie Feingewinde ● große Härte der Gegenlage, verbunden mit rauher Oberfläche ● Formabweichungen
1,7 bis 2,5	± 26 bis ± 43	Drehmomentgesteuertes Anziehen mit Drehschrauber	Einstellen des Schraubers mit Nachziehmoment, das aus Sollanziehmoment (für geschätzte Reibungszahl) und einem Zuschlag gebildet wird.	<p>Niedrigere Werte für:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● große Zahl von Kontrollversuchen (Nachziehmoment) ● Schrauber mit Abschaltkupplungen) 	
2,5 bis 4	± 43 bis ± 60	Impulsgesteuertes Anziehen mit Schlagschrauber	Einstellen des Schraubers über Nachziehmoment – wie oben	<p>Niedrigere Werte für:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● große Zahl von Einstellversuchen (Nachziehmoment) ● auf horizontalem Ast der Schraubercharakteristik ● spielfreie Impulsübertragung 	

Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Montage

Die Montage von Schraubverbindungen kann durch Anziehen oder in Sonderfällen durch Anspannen erfolgen



Streuung der Montagekraft F_M bedingt durch

- Montageverfahren
- Streuung der Reibwerte

Kernaussage

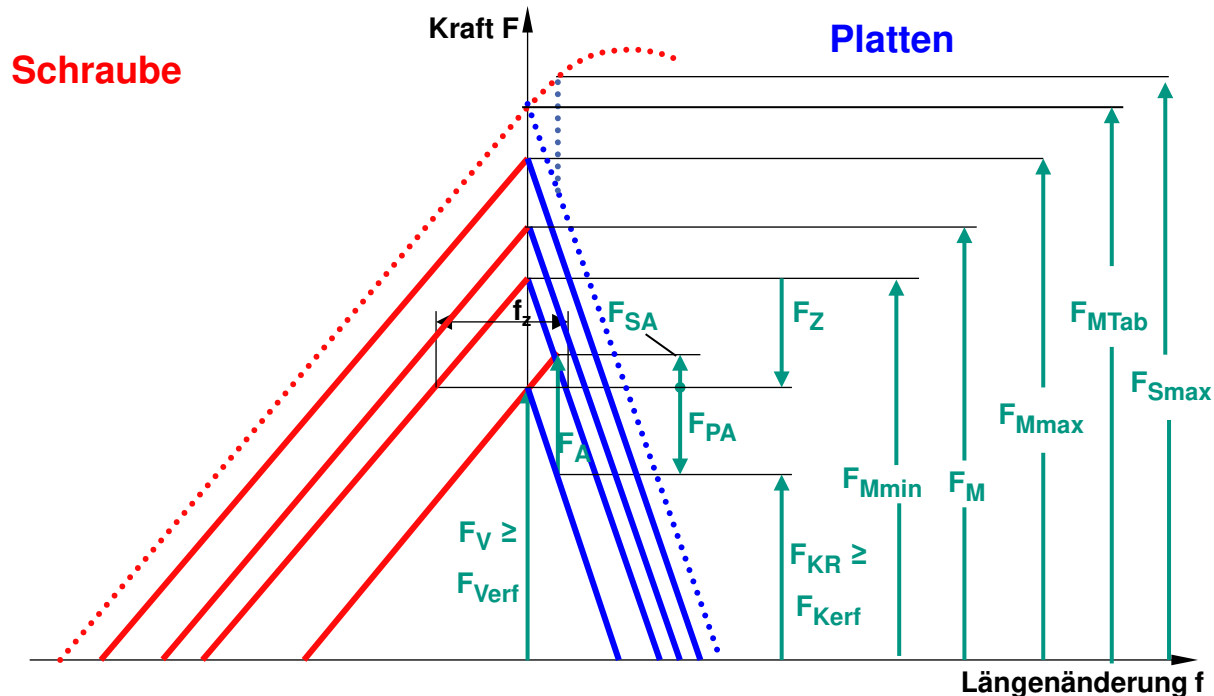
Montage durch Anspannen ist eine besondere Art der Montage, die dann gewählt wird, wenn die Schraubenverbindung extrem hoch beansprucht ist.

Kernaussage

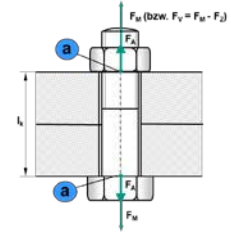
Die Wahl des Montagverfahrens ist ein zentrales Element in der Gestaltung der Schraubenverbindung.

Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Montage

Die Kenngrößen im Verspannungsschaubild bauen aufeinander auf



(Elastische Verformung von Schrauben u. Platten Vorausgesetzt Kraftangriff unter Kopf)
(ohne thermische Zusatzkraft ΔF_{vth})



Belastung **a**

Legende:

- F_{Smax} [N] ... Maximal ertragbare Schraubenkraft
- F_{MTab} [N] ... Tabellenwert Montagevorspannkraft
- F_M [N] ... Montagevorspannkraft
- F_{Mmax} [N] ... Maximale Montagevorspannkraft
- F_{Mmin} [N] ... Minimale Montagevorspannkraft
- F_Z [N] ... Vorspankraftverlust durch Setzen
- F_A [N] ... Betriebskraft
- F_{PA} [N] ... Anteil Betriebskraft Platten
- F_{SA} [N] ... Anteil Betriebskraft Schraube
- F_{KR} [N] ... Restklemmkraft
- F_{Kerf} [N] ... Erforderliche Klemmkraft
- F_V [N] ... Vorspannkraft
- F_{Verf} [N] ... Erforderliche Vorspannkraft
- f_z [mm] ... Setzbetrag

Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Montage

Die Beanspruchung der Schraube auf Torsion in der Montage soll vermieden werden

- Beanspruchung durch
 - Kräfte
 - Momente
- Beanspruchung durch Montage F_M , M_M
- Montage = Aufbauen der Vorspannkraft
→ Schraube wird beansprucht, ohne dass Betriebskräfte wirken!
- F_M = Montagevorspannkraft
→ **Zug auf Schraube**
- M_G = Gewindemoment
→ **Torsion der Schraube**

Kernaussage:

Torsionsspannungen sind unerwünscht!
Gestaltung wird durch Beanspruchung und Randbedingungen der Maschine bestimmt. Deshalb immer Überblick zur Beanspruchungssituation verschaffen!

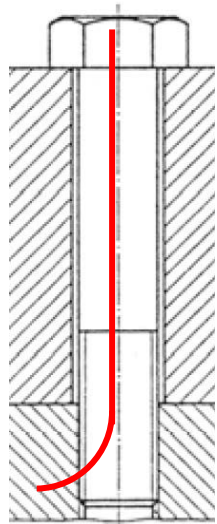
Wichtig: Montagesituation und Betriebssituation unterscheiden.

Kernaussage:

Die Beanspruchung der Schraubenverbindungen durch Montage muss in der Wahl der Bauform berücksichtigt werden!

Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Montage

Die Torsionsbeanspruchung des Schraubenschaftes kann durch Gestaltungsmaßnahmen vermieden werden

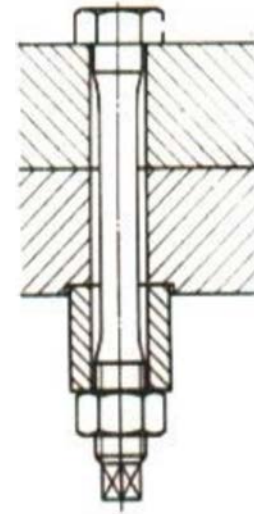


Kraftfluss

Beim Anziehen der Schraube läuft das Torsionsmoment vom Schraubenkopf über den Schaft zum Gewinde. Der Schaft wird damit auch auf Torsion und nicht nur auf Zug belastet.

Kernaussage:

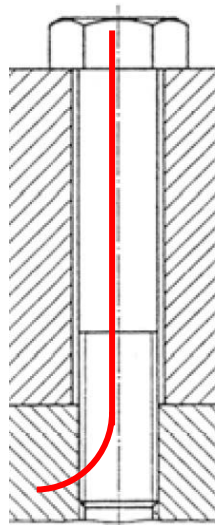
Wenn durch geeignete Maßnahmen der Schaft der Schraube frei von Torsionsbeanspruchungen durch Montage gehalten wird, dann ist die Schraubverbindung in der Lage höhere Betriebslasten zu ertragen, weil der durch die Betriebskraft beanspruchte Schraubenschaft frei von Torsionsbeanspruchung ist.



Hier wird nicht am Schraubenkopf sondern am Vierkant unter der Mutter gegengehalten. Dadurch wird das Gewindemoment nur unterhalb der Mutter in die Schraube eingeleitet.

Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Montage

Die Torsionsbeanspruchung des Schraubenschaftes kann durch Gestaltungsmaßnahmen vermieden werden

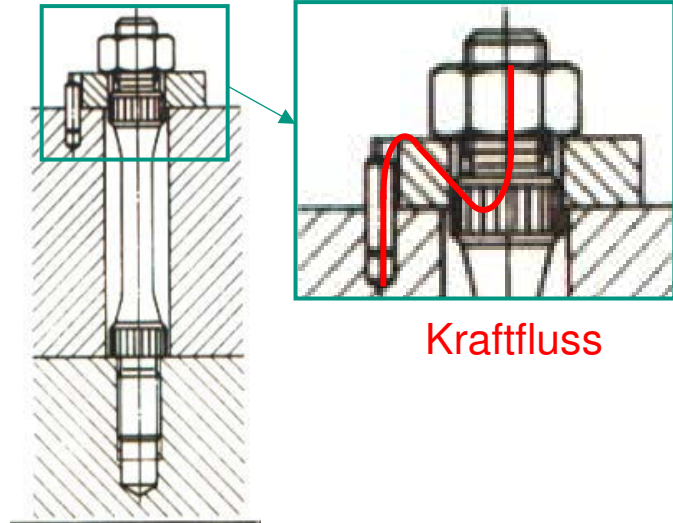


Kraftfluss

Beim Anziehend der Schraube läuft das Torsionsmoment vom Schraubenkopf über den Schaft zum Gewinde. Der Schaft wird damit auch auf Torsion und nicht nur auf Zug belastet.

Kernaussage:

Wenn durch geeignete Maßnahmen der Schaft der Schraube frei von Torsionsbeanspruchungen durch Montage gehalten wird, dann ist die Schraubverbindung in der Lage höhere Betriebslasten zu ertragen, weil der durch die Betriebskraft beanspruchte Schraubenschaft frei von Torsionsbeanspruchung ist.



Kraftfluss

Durch die Ableitung des Montagedrehmoments direkt unter dem Schraubenkopf ist der Schraubenschaft frei von Torsionsbelastungen.

Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Montage

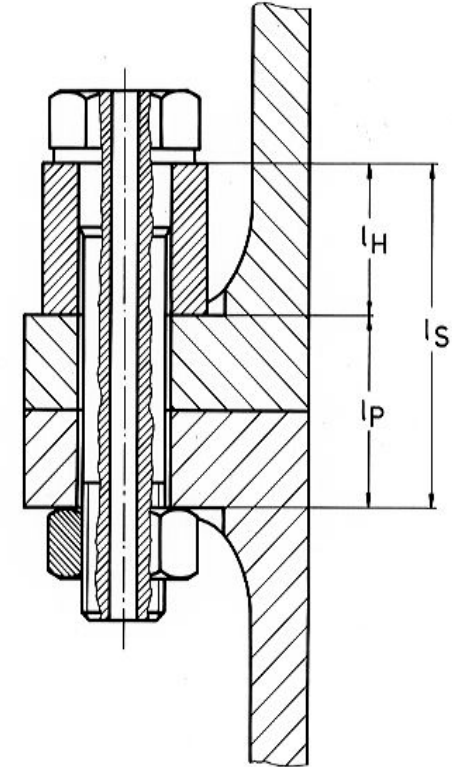
Mit einem Heizstab in einer hohlgebohrten Schraube kann die Schraube gelängt werden

- Prinzip: Torsionsbeanspruchung vermeiden!

Die Schraube wird durch die Bohrung in der Mitte aufgeheizt und dehnt sich somit aus. Im erwärmten (Ausgedehnten) Zustand wird die Schraube montiert. Beim Abkühlen zieht sie sich zusammen und die Vorspannkraft entsteht

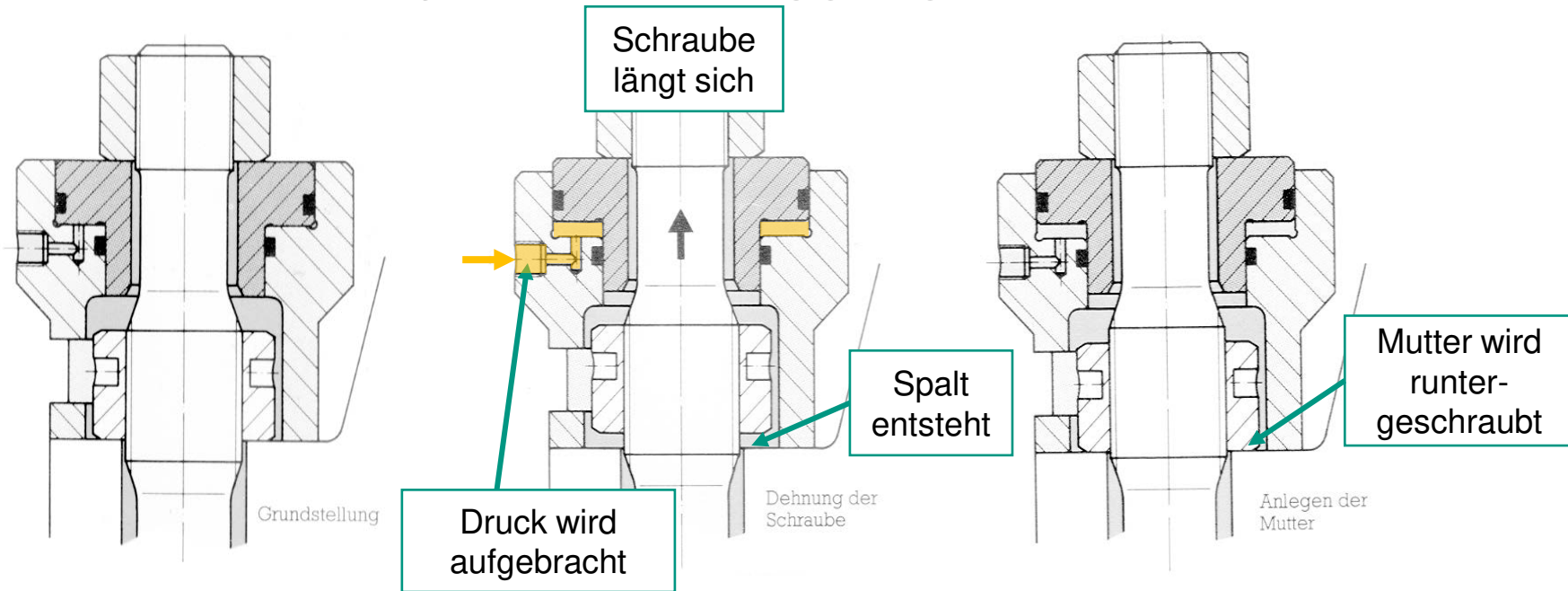
Tip

Ganze Unsicherheit durch Reibung bei Anziehen weg!



Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Montage

Die Schraube kann durch hydraulische Dehnung gelängt werden



Wenn die Schraube hydraulisch vorgespannt wird,
dann ist die Torsionsbelastung beim Anziehen reduziert,
weil die Schraube ebenfalls ohne Torsion vorgespannt wird.

Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Montage

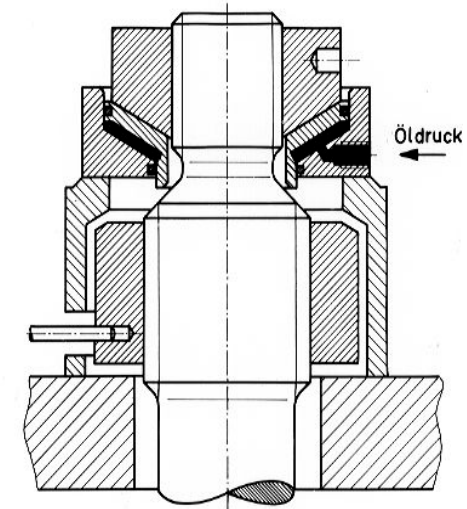
Mit einer Hydraulikmutter verhindere ich die Reibung beim Anziehen

■ Prinzip: Torsionsbeanspruchung vermeiden!

Durch hydraulisches Vorspannen mit einer Hydraulikmutter kann die Schraube ohne Torsion vorgespannt und damit die Torsionsbelastung beim Anziehen reduziert werden.

Tipps

Durch die Hydraulikmutter muss ich die Reibung bei dem Anziehen der Schraube nicht überwinden!

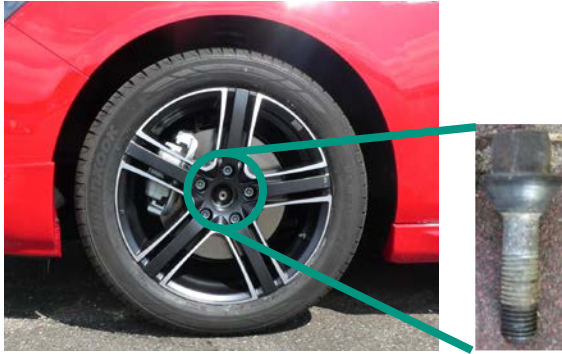


Kernaussage:

Hydraulik-Systeme sind teuer.

→ Daher nur anwenden wenn Dimensionierungsgrenzen erreicht werden, insbesondere, wenn die Montage kritisch ist!

(Schiffbau, Dampfturbinen, Motorenbau, Flugzeugbau, ...)



Lernziele



Bauformen und Auswahl



Beanspruchung durch Montage



Beanspruchung durch Betriebskraft



Arten und Beanspruchung von Gewinden



Gestaltungshinweise für Gewinde



Gestaltungshinweise für
Schraubensicherung

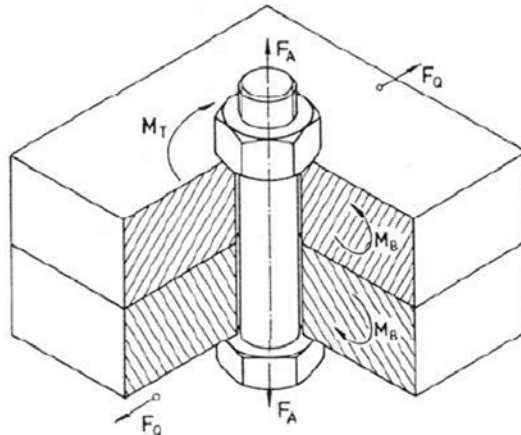


Zusammenfassung

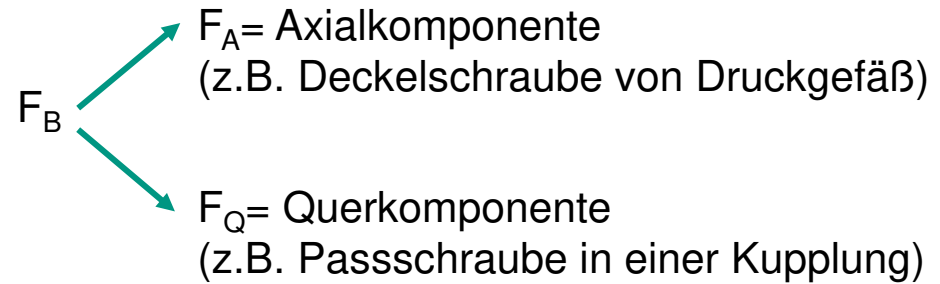


Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Betriebskraft

Die Betriebskraft F_B hat eine Axialkomponente und eine Querkomponente



Steinhilper Sauer



Kernaussage:

In einer Schraubenverbindung darf die Schraube selbst nie querkraftbelastet sein. Dementsprechend muss die Bauteilverbindung konstruiert sein.

Legende:

F_B [N] ... Betriebskraft

F_Q [N] ... Querkraft

F_A [N] ... Axialkraft

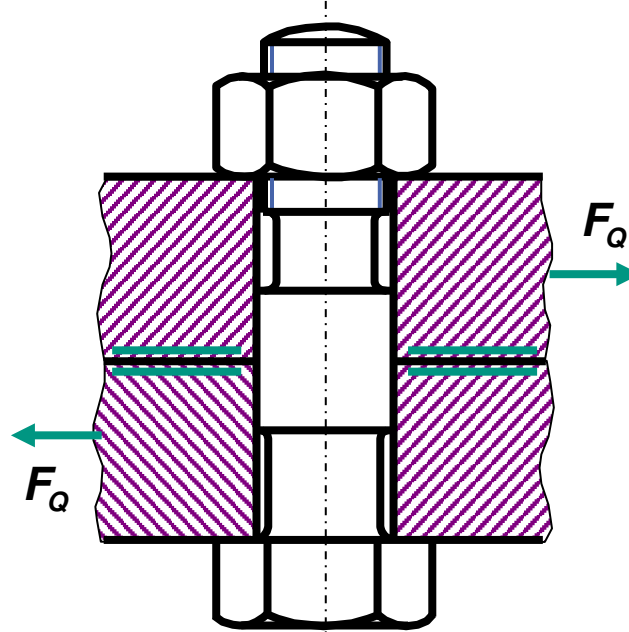
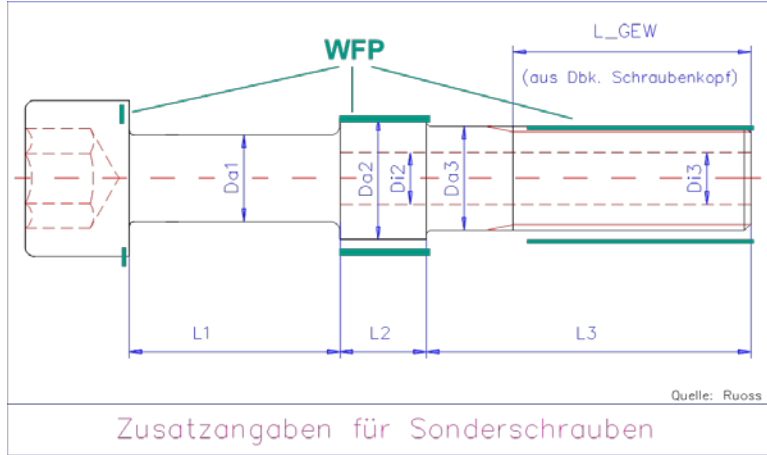
M_B [Nm] ... Biegemoment

M_T [Nm] ... Torsionsmoment

Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Betriebskraft

Passschrauben für die Positionierung der Platten bei der Montage

Bauzeichnung einer Passschraube



Kernaussage:

Mit der Passschraube positioniere ich die Platten bei der Montage zueinander. Querkräfte im Betrieb werden über die WFP in der Trennfuge übertragen.

Kernaussage:

Querkraftbeanspruchung auf eine Schraube soll in der Gestaltung vermieden werden.

Legende:
 D_A [mm]...Außendurchmesser
 D_i [mm]...Innendurchmesser
 L_{GEW} [mm]...Länge des Gewindes
 F_Q [N]...Querkraft

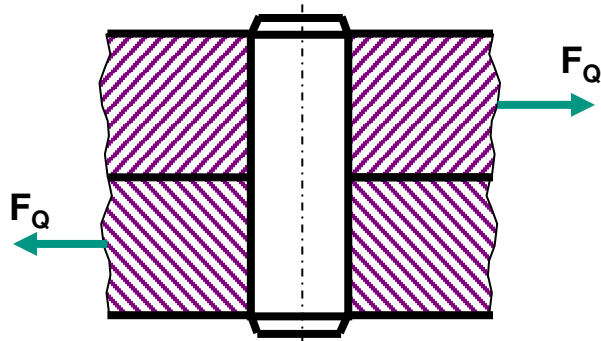
Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Betriebskraft

Wie kann Querkraft in der Schraube gestützt werden?

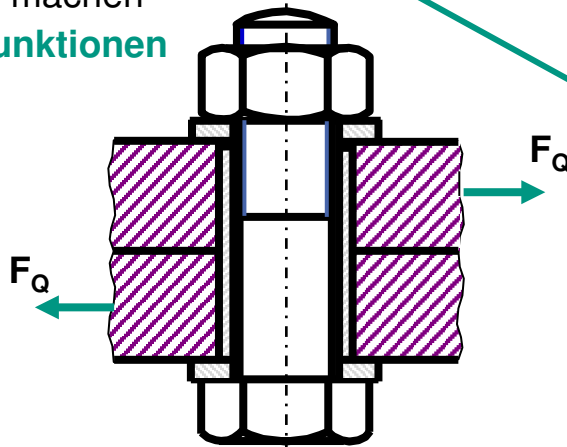
- $F_Q \rightarrow$ Scherung und Biegung im Schaft
- Wenn auch F_A groß:
 F_Q in der Schraube konstruktiv zu Null machen

Prinzip: **TdF = Trennung der Funktionen**

Trennung der Funktionen
 \rightarrow Querkraft durch Hülse
abstützen



Passstift



Passhülse

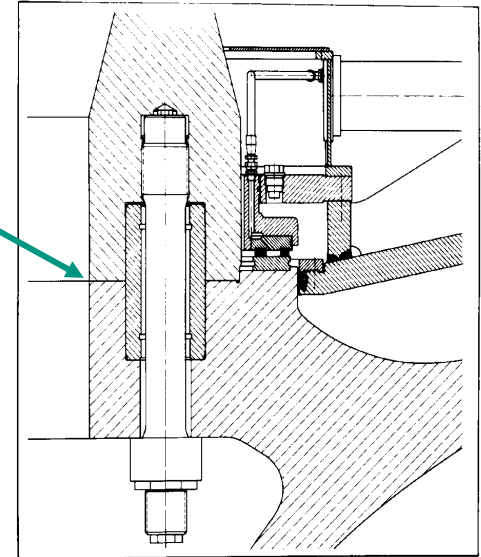


Bild 6
Schnittzeichnung der laufradseitigen Wellenkupplung sowie
der Wellendichtung

Kernaussage:

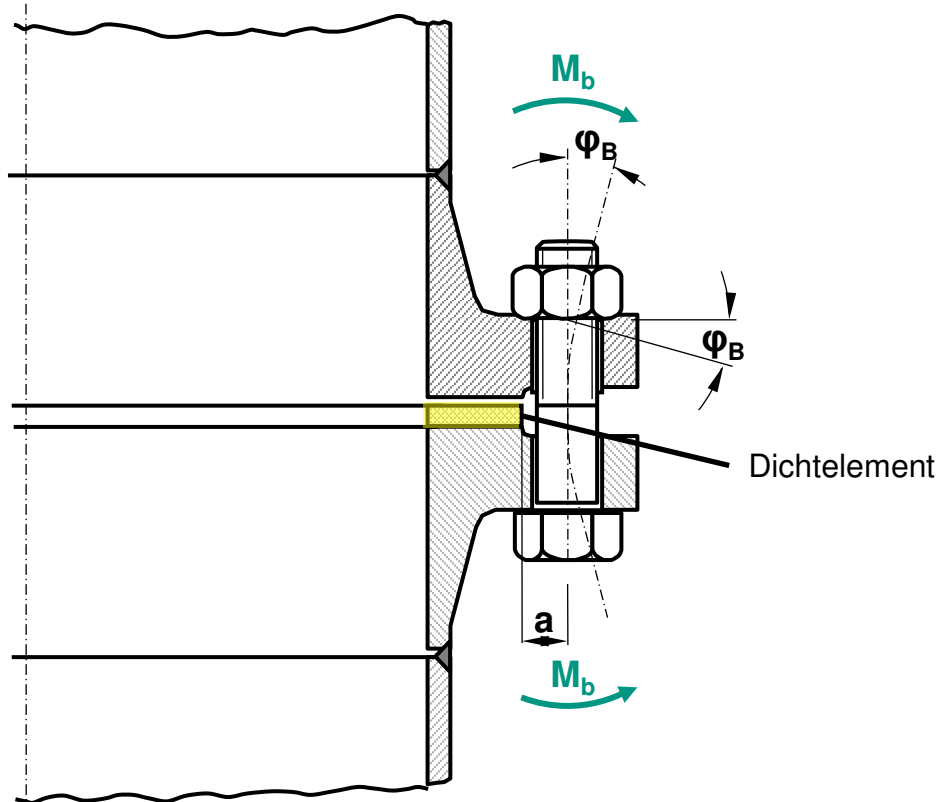
Es gibt Montage- und Betriebsbeanspruchung. Die Betriebsbeanspruchung der Bauteilverbindung unterteilt sich in eine Axial- und Querkomponente.
 \rightarrow Querkomponente der Schraube durch Trennung der Funktion zu Null setzen.

Legende:

F_Q [N] ... Querkraft
 F_A [N] ... Axialkraft

Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Betriebskraft

Bei nicht aufsitzenden Flanschen wirkt ein Biegemoment auf die Schraube



- Beispielsweise durch
 - Schräge Auflage von Schraubenkopf u./o. Mutter
 - Schiefgezogener Flansch



Legende:

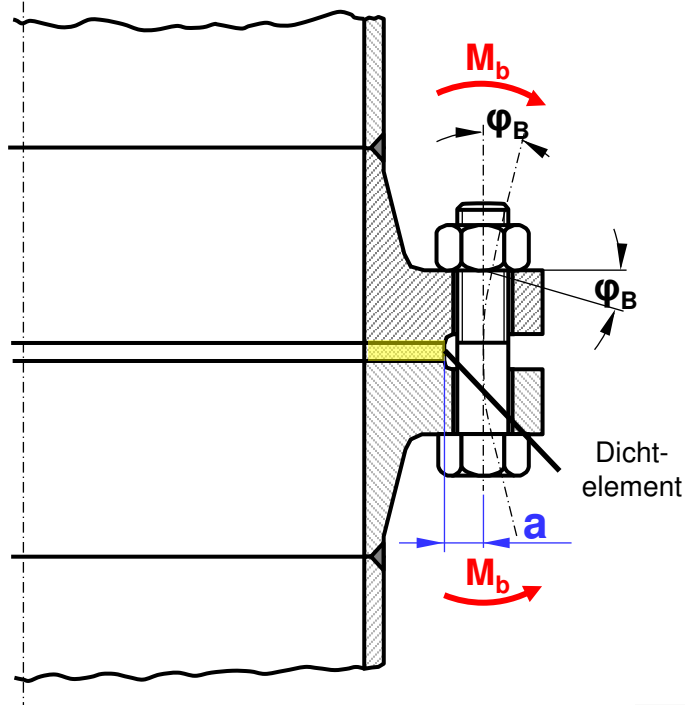
M_B [Nm]...Biegemoment

σ_B [MPa] ...Biegespannung

φ_B [°] ...Biegewinkel

Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Betriebskraft

Die Beanspruchung durch Biegemoment soll konstruktiv mithilfe verschiedener Maßnahmen gering gehalten werden



$$M_b = \frac{E \cdot \pi \cdot d^4 \cdot \varphi_B}{32 \cdot l}$$

$$\sigma_b = \frac{E \cdot d \cdot \varphi_B}{l}$$

Forderung:

M_B bzw. σ_b müssen durch konstruktive Maßnahmen gering gehalten werden!

Tipp

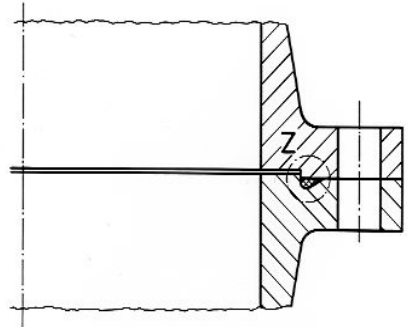
- Hebelarm a klein machen; Schraube nahe an Dichtfläche durch dünne hochfeste Schrauben
- Biegewinkel φ klein durch steife Flansche
- Biegewinkel φ klein durch andere Dichtung und Aufsetzen der Flansche
- Durchmesser der Schrauben d klein durch hochfeste Schrauben
- Biegelänge l groß durch langen Schraubenschaft evtl. mit Dehnhülse

Legende:

M_B [Nm] ... Biegemoment
 σ_B [MPa] ... Biegespannung
 φ_B [°] ... Biegewinkel
 d [mm] ... Durchmesser der Schraube
 l [mm] ... Biegelänge

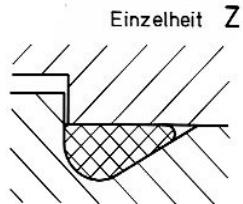
Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Betriebskraft

Ein O-Ring verhindert ein Biegemoment auf die Schraube



Kein Biegemoment
auf Schraube!
WFP verhindert eine
Biegebelastung

Forderung: Biegemoment M_B bzw.
Biegespannung σ_b müssen durch
konstruktive Maßnahmen
gering gehalten werden!

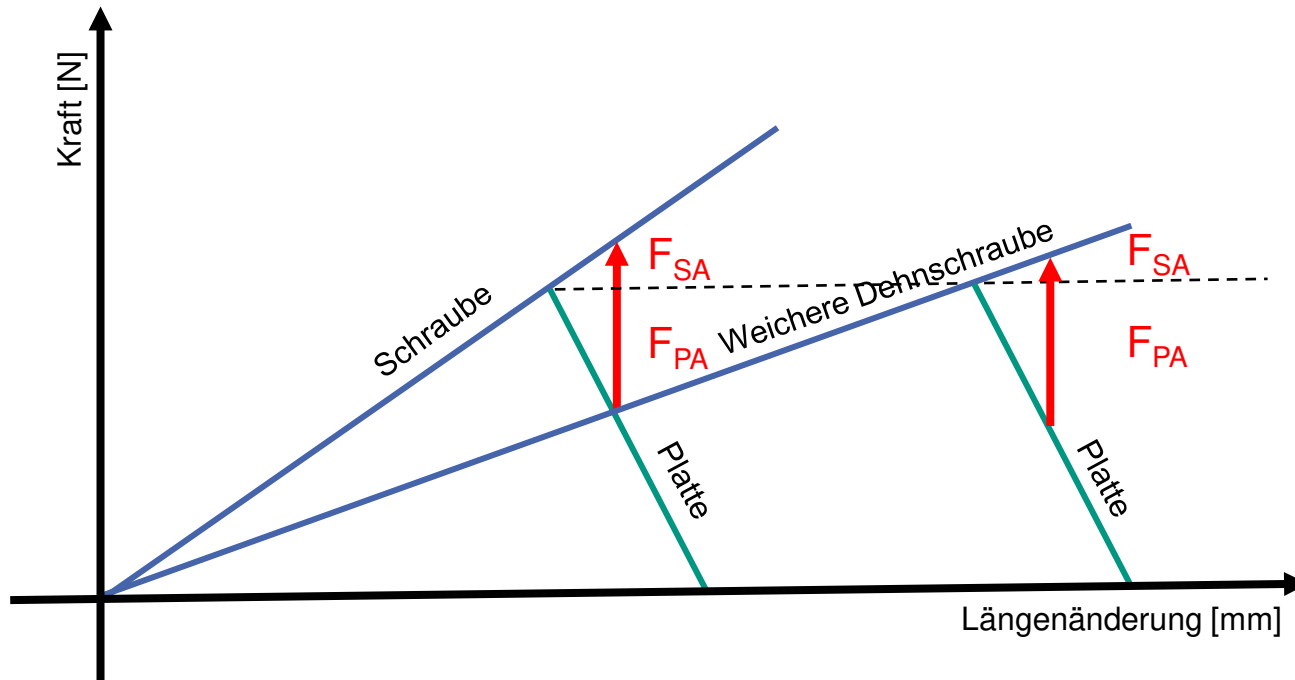


Kernaussage

Durch die konstruktive Gestaltung kann ich
die Beanspruchung der Schraube verändern.

Schraubenverbindungen – Beanspruchung durch Betriebskraft

Eine Dehnschraube reduziert die Belastung auf die Schraube durch eine größere Verlagerung der Betriebskraft auf die Platte



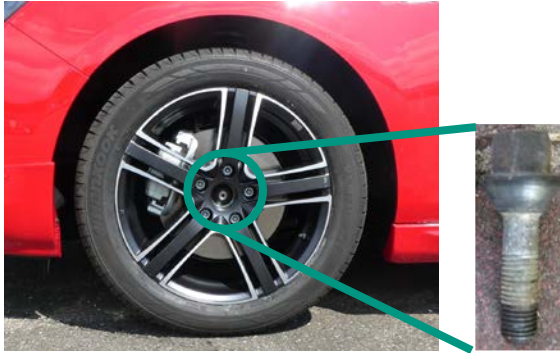
Kernaussage:









Wenn Dehnschrauben eingesetzt werden, dann wird die Belastung der kleineren Schraube reduziert, weil die Betriebskraft im System zu der Platte verlagert wird.

Legende:

F_{SA} [N] ... Betriebskraft auf die Schraube

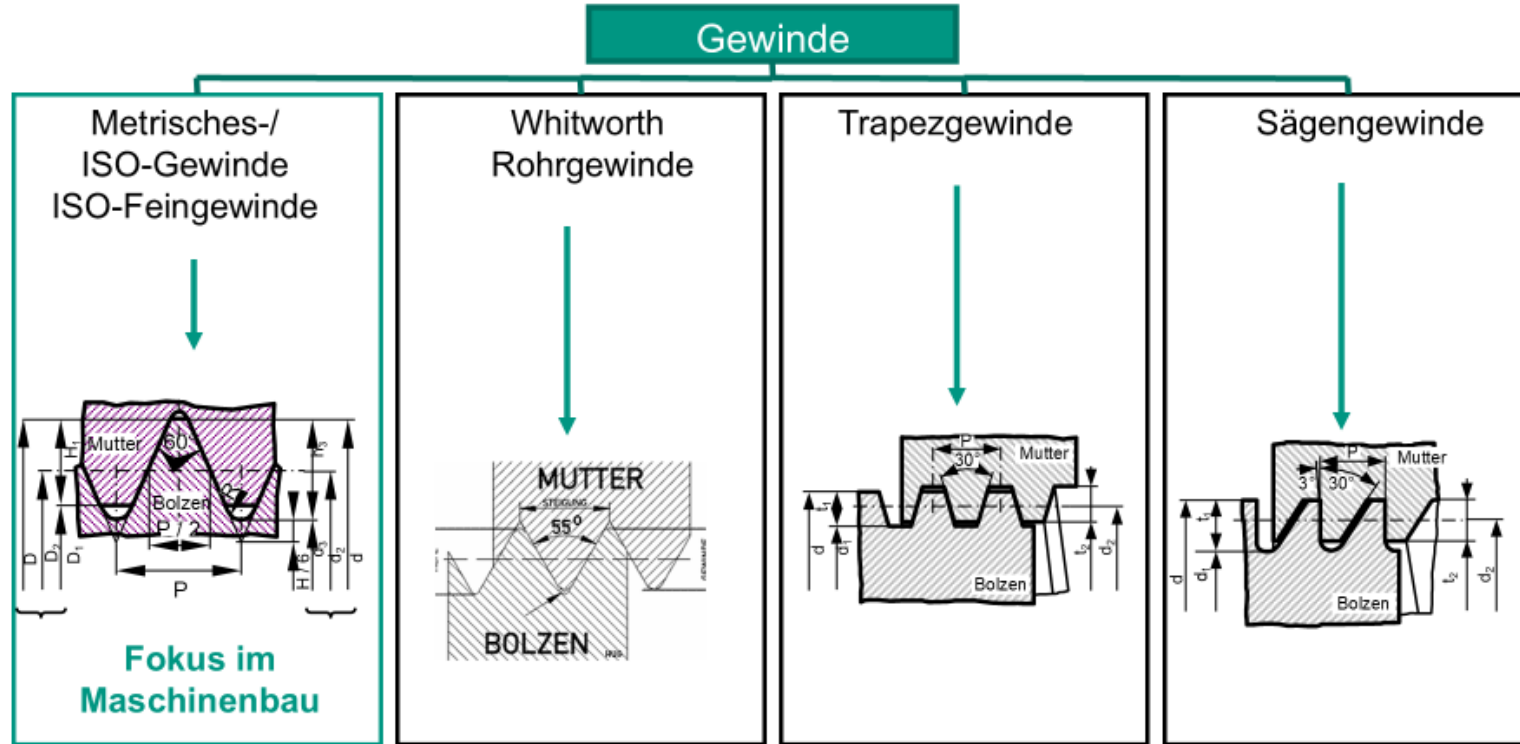
F_{PA} [N] ... Betriebskraft auf die Platte



-  Lernziele
-  Bauformen und Auswahl
-  Beanspruchung durch Montage
-  Beanspruchung durch Betriebskraft
-  Arten und Beanspruchung von Gewinden
-  Gestaltungshinweise für Gewinde
-  Gestaltungshinweise für Schraubensicherung
-  Zusammenfassung

Schraubenverbindungen – Gewindearten

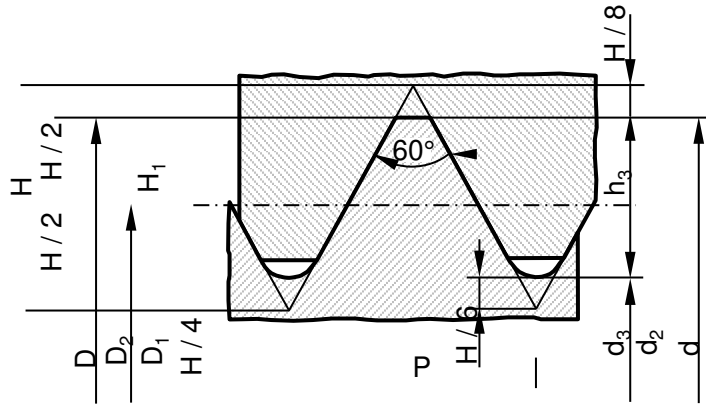
Es wird zwischen verschiedenen Gewindearten unterschieden



Schraubenverbindungen – Gewindearten

Schraubverbindungen müssen gedichtet werden

- Metrisches ISO-Gewinde vgl. DIN 13

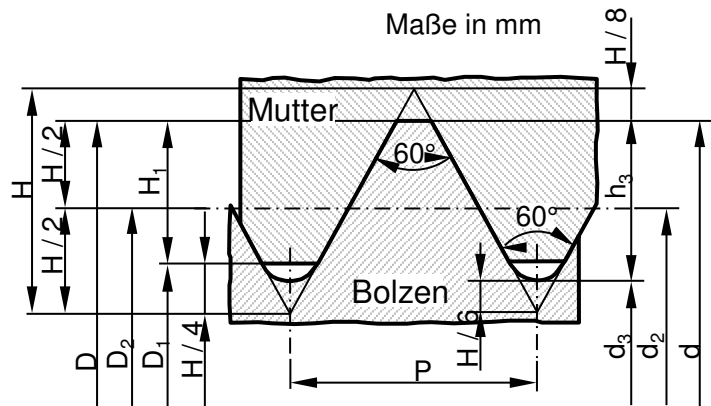


Kernaussage:

Schraubverbindungen sind nicht dicht, da Fluide am Gewinde entlangfließen können!
Konstruktiv ist die Dichtung auf der Schmiermediumseite der Schraube vorzusehen.

Schraubenverbindungen – Gewindearten

Für das Metrische ISO-Gewinde gibt es verschiedene Durchmesser



Bezeichnung eines metrischen
Regelgewindes von $d = D = 12$ mm
Gewinde- Nenndurchmesser: M12

$$D_2 = d - 2 H_1$$

$$d_2 = D = d - 0,64953 P$$

$$d_3 = d - 1,22687 P$$

$$H = 0,86603 P$$

$$H_1 = 0,51127 P$$

$$h_3 = 0,61343 P$$

$$R = H/6 = 0,14434 P$$

Radius im Gewindegrund
der Mutter freigestellt

vgl. DIN 13

	Mutter	Bolzen	
■ Außen-Ø	D	d	$D=d$
■ Flanken-Ø	D_2	d_2	$D_2=d_2$
■ Kern-Ø	D_1	d_3	$D_1 \neq d_3$

■ Regelgewinde von 1 bis 68 mm Gewindedurchmesser

Legende:

d [mm] ... Durchmesser Schraube

D [mm] ... Durchmesser Mutter

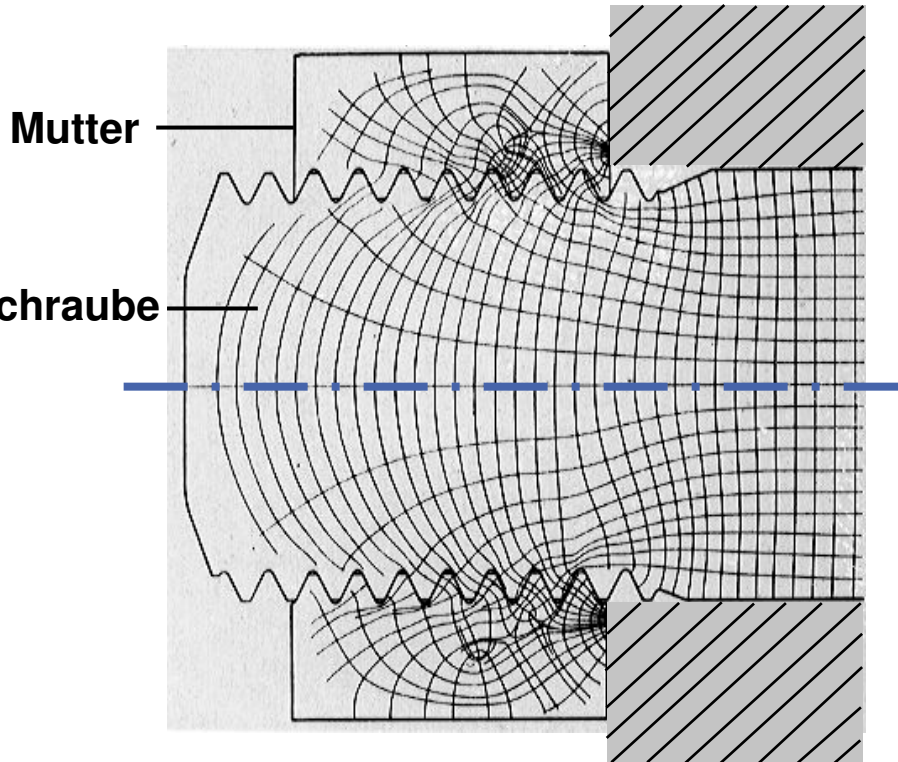
H [mm] ... Höhe der Mutter

R [mm] ... Ausrundungsradius an der Gewinde-Wurzel

P [mm] ... Steigung der Schraube-Mutter-Verbindung

Schraubenverbindungen – Beanspruchung im Gewinde

Zwischen den Gewindeflanken wird wegen der elastischen Verformung unterschiedlich viel Last übertragen



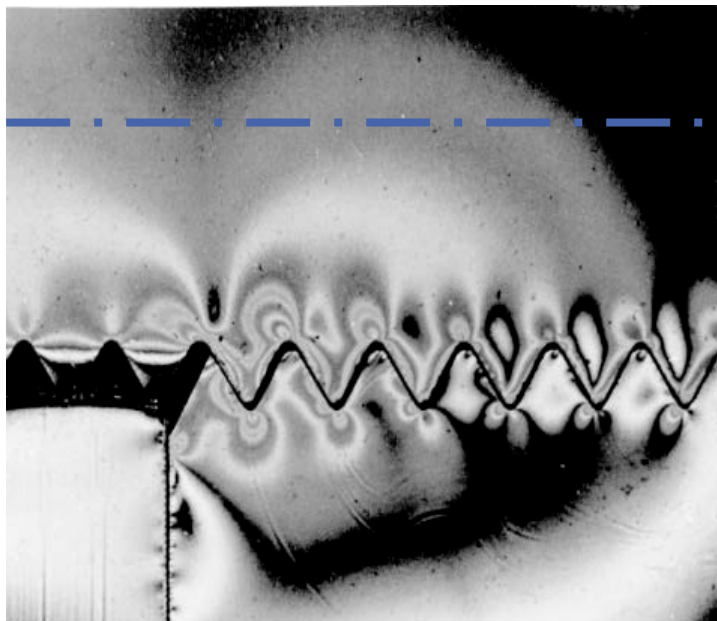
Die Gewindegänge werden in Richtung der verspannten Platten höher beansprucht.

Kernaussage:

Die Gewindegänge werden nicht alle gleich beansprucht!

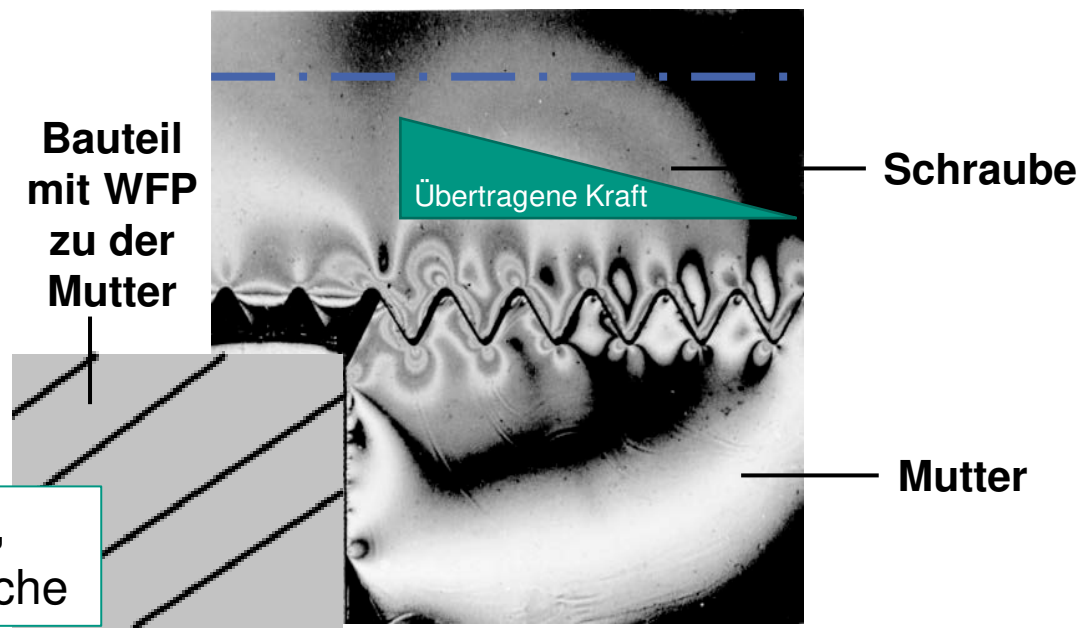
Schraubenverbindungen – Beanspruchung im Gewinde

Mit Spannungsoptik sichtbar gemachte Spannungsverteilung im Gewindepaar



Hohe Spannung → Weiße Bereiche,
Niedrige Spannung → Dunkle Bereiche

Die übertragene Kraft nimmt nach rechts ab (siehe grünes Dreieck)



Schraubenverbindungen – Beanspruchung im Gewinde

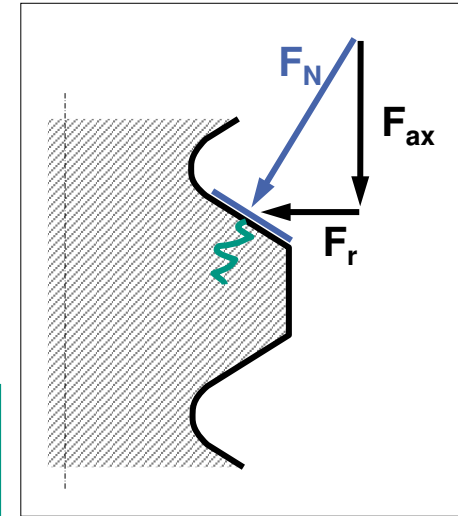
Eine hohe Flächenpressung führt zu Schaden

- **Biegung, Druck, Schub**
→ **bestimmt Gewindebrüche**
- **Flächenpressung**
→ **bestimmt den Verschleiß**
(nur bei Bewegungsgewinden wichtig!)

Kernaussage:

Achtung:

Wenn Schrauben in weichen Materialien (bspw. Edelstahl) verwendet werden,
dann sollten geeignete Schmiermittel beim Einschrauben verwendet werden,
weil die Gefahr des (ungewollten) Kaltverschweißens besteht.



Legende:

F_N [N] ...Flächenpressung

F_{ax} [N] ...axialer Teil der Flächenpressung

F_r [N] ...radialer Teil der Flächenpressung

Schraubenverbindungen – Beanspruchung im Gewinde

Die Gewindegänge Schraube und Mutter werden unterschiedlich belastet

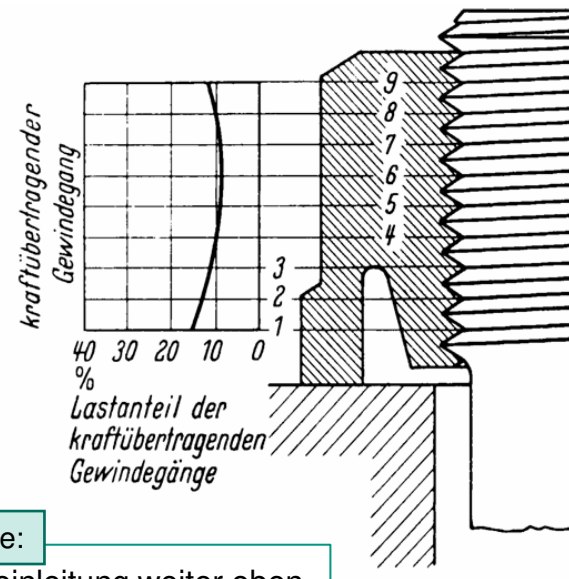
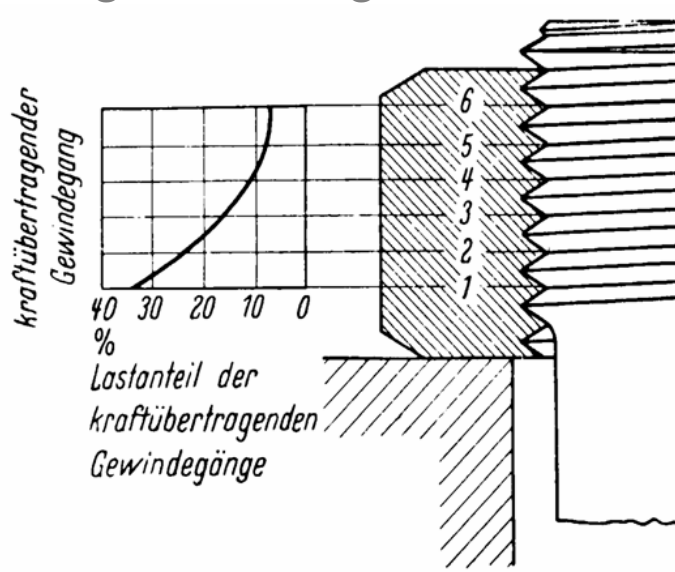
- **Problem:** Durch die geometrische Überbestimmtheit der Wirkflächenpaare im Gewinde, die unvermeidlichen Toleranzen und die ortsabhängige Krafteinleitung ist die Lastverteilung auf die Gewindegänge ungleichmäßig!
- **Aufgabe:** Gestaltung der Schraubenverbindung mit dem Ziel gleichmäßiger Materialausnutzung optimieren!

Tip

Wirkflächen des Gewindes durch konische Gestalt in der Steifigkeit anpassen. Mutterngestaltung anpassen durch gezielte niedrigere Steifigkeit an der Krafteinleitung.
Verringerung der Kerbwirkung.

Schraubenverbindungen – Beanspruchung im Gewinde

Eine ringförmig eingedrehter Mutter bewirkt eine günstige Spannungsverteilung

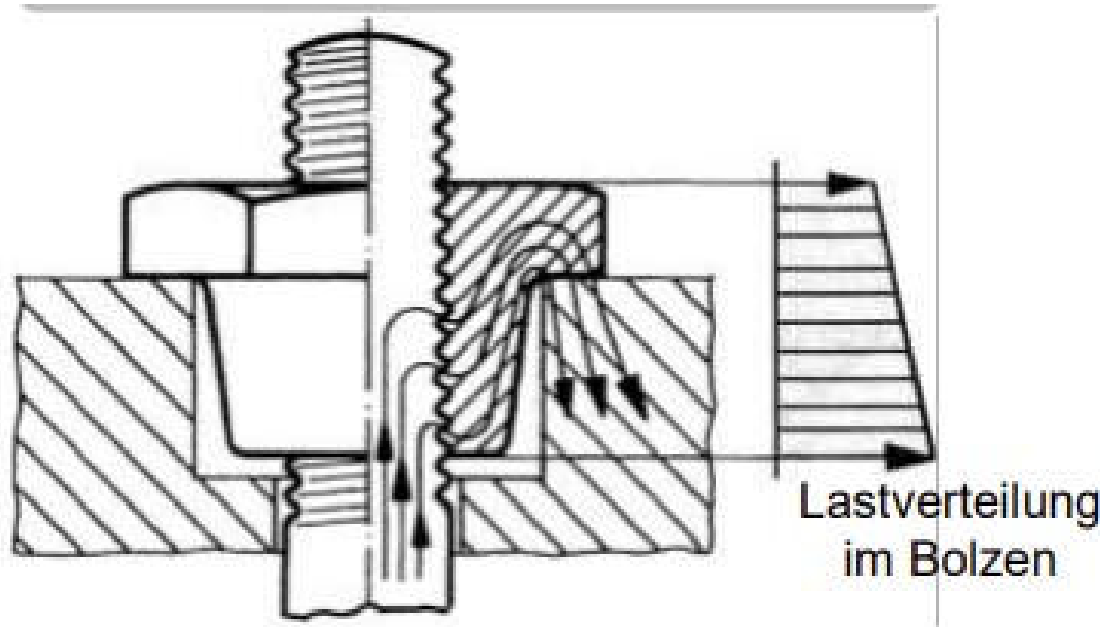


Kernaussage:

Durch Krafteinleitung weiter oben und nicht am ersten Gewindegang werden die Gewindegänge gleichmäßiger belastet.

Schraubenverbindungen – Beanspruchung im Gewinde

Eine Zugmutter harmonisiert die Lastverteilung

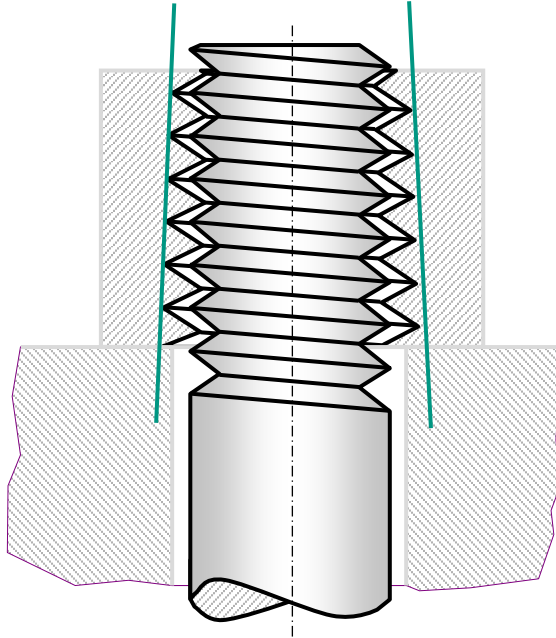


Kernaussage:

Wenn eine Zugmutter mit konischer Außenform eingesetzt wird,
dann ist die Kerbwirkung im **ersten Schrauben- und letzten Muttergang** vermindert,
weil die Lastverteilung auf die einzelnen Gänge und übergreifenden Gängen verbessert ist.

Schraubenverbindungen – Beanspruchung im Gewinde

Eine Mutter mit konisch ausgebildetem Gewinde verbessert die Lastverteilung auf die einzelnen Gänge



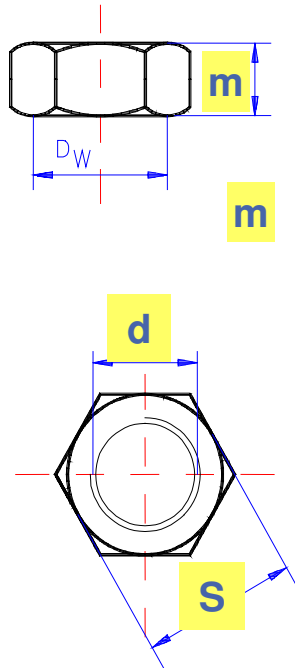
Im unteren Bereich hat das Gewinde mehr Spiel und wird damit „weicher“ als im oberen Bereich, dadurch tragen auch die hinteren Gewindegänge einer Schraubenverbindung mit.

Wichtig:

Es handelt sich hier um einen Sonderfall, konisch ausgebildete Gewinde werden in der Regel nicht verwendet.

Schraubenverbindungen – Beanspruchung im Gewinde

Die Mutter gibt einen Anhaltswert für den kritischen Grenzwert der Einschraubtiefe in der Platte



- **Einschraubtiefe > krit. Wert**
- Einbaufall: Mutter aus Stahl
- Metrisches Regelgewinde
 - Mutterhöhe $m \geq 0,8 d$
 - Schlüsselweite $S \geq 1,5 d$
 - Festigkeitsklasse Schraube und Mutter gleich oder von der Mutter höher
- Feingewinde
 - Gewindefinheit = $d / P > 9!$
 - Mutterhöhe $m \geq 1 \dots 1,1 d$

Tip

Einen Anhaltswert für die Größe des kritischen Grenzwerts für die Einschraubtiefe kann man von der Mutter ablesen.

Legende:

P [mm]...Gewindesteigung
D [mm]...Durchmesser Schraube
m [mm]...Mutterhöhe
S [mm] ...Schlüsselweite

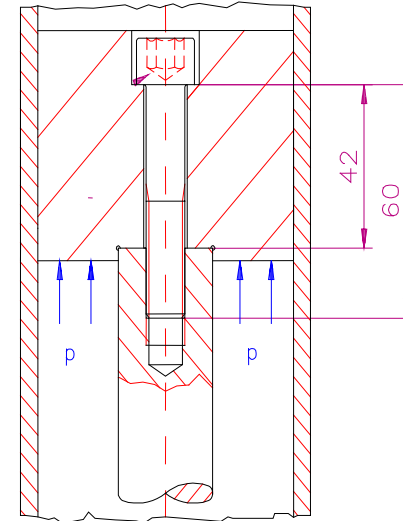
Schraubenverbindungen – Beanspruchung im Gewinde

Die auch in Tabellenbüchern ablesbare Einschraubtiefe ist eine Randbedingung in der Konstruktion

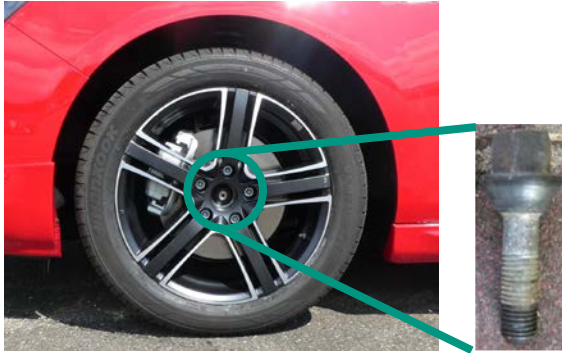
- **Einschraubtiefe > krit. Wert**
- Einbaufall: Einschraubgewinde
 - Sichere Gestaltung des Einschraubgewindes durch Berechnung der geeigneten Einschraubtiefe nach VDI 2230
 - Alternative: Tabellenbücher (Abschätzungen)
- **Achtung: Werkstoffunterschiede!**

Tip

Wird die Einschraubtiefe richtig gewählt, braucht für die weitere Dimensionierung nur noch der Schraubenbolzen betrachtet werden!



Quelle: VDI 2230



Lernziele



Bauformen und Auswahl



Beanspruchung durch Montage



Beanspruchung durch Betriebskraft



Arten und Beanspruchung von Gewinden



Gestaltungshinweise für Gewinde



Gestaltungshinweise für
Schraubensicherung

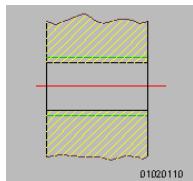


Zusammenfassung



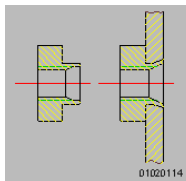
Schraubenverbindungen – Gestaltungshinweise – Gewinde

Im Konstruktionskatalog findet man Hinweise für die Gestaltung des Innengewindes für eine Schraube



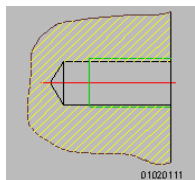
Durchgangsgewinde mit Gewindebohrer schneiden.
Eine Mindeststärke des Materials ist erforderlich.

01020110



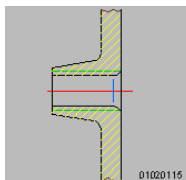
Einniet- oder Einpressmutter
wird mit einem Werkzeug in einer vorgefertigten Bohrung gestaucht. Zusätzlich ist am Kragen eine Verzahnung die die Mutter gegen Verdrehung sichert.

01020114



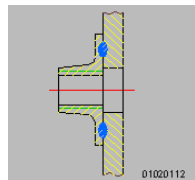
Sackloch mit Gewindebohrer schneiden.

01020111



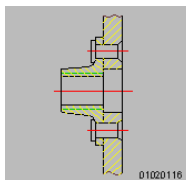
Blechdurchzug mit Gewinde.
Zugänglichkeit bei der Herstellung nur von einer Seite erforderlich

01020115



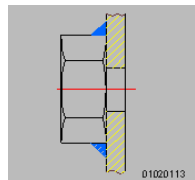
Anschweißmutter mit Schweißgerät befestigen oder bei Anschweißmuttern mit Schweißbuckel elektrisch anpunkten.
Durchgangsbohrung im Werkstück nicht unbedingt erforderlich.

01020112



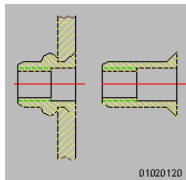
Anniemutter
Normteil, welches mit Nieten befestigt wird.
In den verschiedensten Ausführungen erhältlich.

01020116



Sechskantmutter anschweißen
Durchgangsbohrung im Werkstück nicht unbedingt erforderlich.

01020113



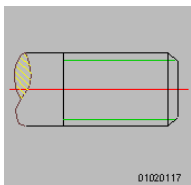
Einzieh- oder Blindniemutter
wird in eine Bohrung mit/ohne Senkung gesteckt und mit einem Werkzeug gestaucht.
Zugänglichkeit bei der Herstellung nur von einer Seite erforderlich

01020120



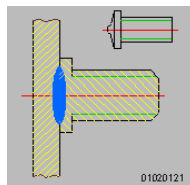
Schraubenverbindungen – Gestaltungshinweise – Gewinde

Im Konstruktionskatalog findet man Hinweise für die Gestaltung des Außengewindes für eine Mutter



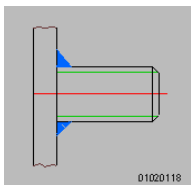
Außengewinde auf Rundmaterial schneiden oder rollen.

01020117



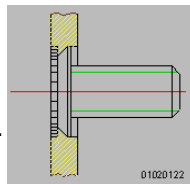
Gewindebolzen anpunkten
Zündspitze am Bolzen vorhanden.
Zugänglichkeit nur von einer Seite nötig.

01020121



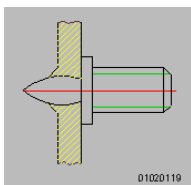
Gewindestange anschweißen
Zugänglichkeit nur von einer Seite nötig.

01020118



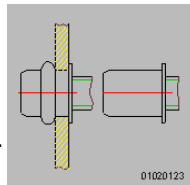
Einschlagschraube
Voll nutzbare Gewindelänge in dünnwandigen Blechen oder offenen Profilen.

01020122



Gewindebolzen mit einem Setzgerät in das Material treiben (auch in Beton).
Zugänglichkeit nur von einer Seite nötig.

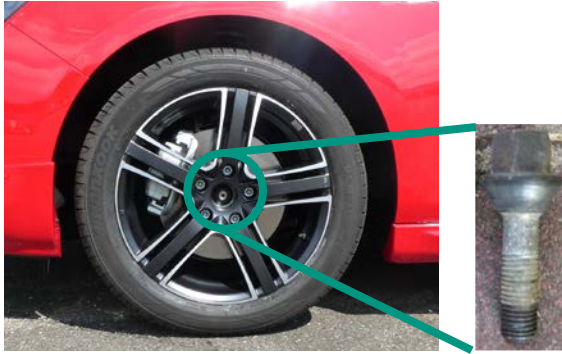
01020119



Einnietschraube
Zum Anbringen von Gewinden an Blechen und Profilen.
Zugänglichkeit nur von einer Seite nötig.

01020123





Lernziele



Bauformen und Auswahl



Beanspruchung durch Montage



Beanspruchung durch Betriebskraft



Arten und Beanspruchung von Gewinden



Gestaltungshinweise für Gewinde



Gestaltungshinweise für
Schraubensicherung



Zusammenfassung

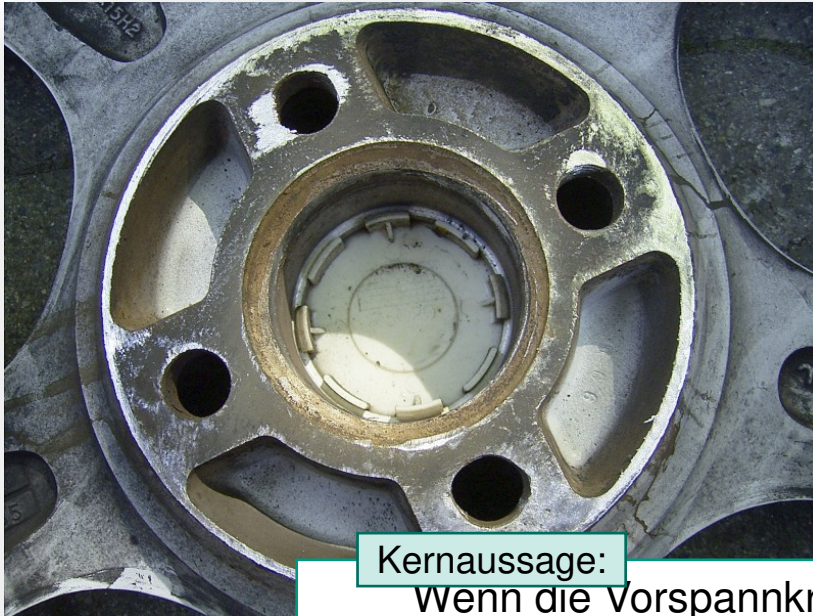


Schraubenverbindungen – Gestaltungshinweise

Schrauben können sich von alleine lösen, dagegen ist in der Konstruktion zu sichern



Bezug VL 1
Wirkung im System



Kernaussage:

Wenn die Vorspannkraft verloren geht, können sich Schrauben lösen, wodurch die Funktion der Schraubenverbindung verloren geht.

Schraubenverbindungen – Gestaltungshinweise – Schraubensicherung

Es gibt verschiedene Arten der Sicherung von Schraubenverbindungen

■ Setzsicherung

- Erhöhung der Elastizität der Verbindung, Ausgleich Setzerscheinungen, Vorspannkraft wird weitestgehend erhalten
- Losdrehen der Verbindung bei erzwungenen Relativbewegungen der Bauteile kann nicht verhindert werden!

■ Verliersicherungen

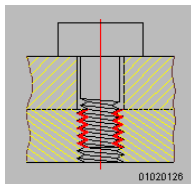
- Verhindern ungewollte selbständige Demontage der Verbindung

■ Losdrehsicherungen

- Verhindern selbständiges Lösen der Verbindung siehe auch DIN 25201

Kernaussage:

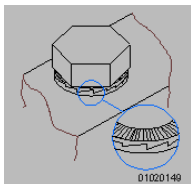
Es gibt verschiedene Möglichkeiten Schrauben zu sichern. Der erste Weg ist immer, das richtige Anzugsmoment zu wählen.



Klebstoffsicherung

In dem Spalt zwischen Innen- und Außengewinde wird Klebstoff eingebracht.

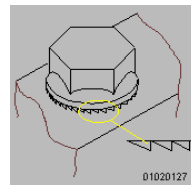
Kategorie: **Losdreh-sicherung**



Keilsicherungs-scheibenpaar

Die Scheiben sind nach außen fein verzahnt und zueinander mit einer gröberen Keilverzahnung versehen. Der Keilwinkel ist größer als die Steigung des Gewindes. Nicht für gehärtete Oberflächen geeignet.

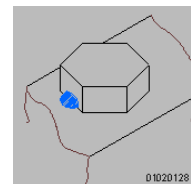
Kategorie: **Losdreh-sicherung**



Sperrzahnschraube

Der Schraubenkopf ist an der Unterseite mit einer Verzahnung versehen die in das Material eingreift. Nicht für gehärtete Werkstoffe geeignet.

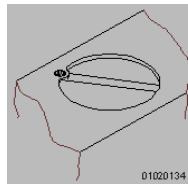
Kategorie: **Losdreh-sicherung**



Schweiß-sicherung

Der Schraubenkopf wird angeheftet. Diese Sicherung wird im Schwermaschinenbau eingesetzt.

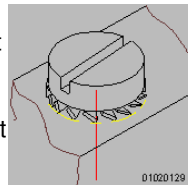
Kategorie: **Losdreh-sicherung**



Körnerschlag

Das Material an einer Senkung wird mit einem Körnerschlag in den Schlitz des Schraubenkopfes gesteckt.

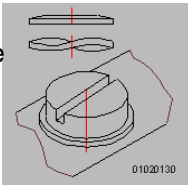
Kategorie: **Losdreh-sicherung**



Zahnscheiben

Die Verzahnung der Scheiben verhakt sich im Material und im Schraubenkopf. Auch für Senkschrauben verfügbar. Für kurze Schrauben der unteren Festigkeitsklasse.

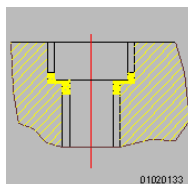
Kategorie: **Setz-sicherung**



Federscheiben

Federnde Scheiben zwischen Kopf und Material. Für axialbeanspruchte Verbindungen. Für kurze Schrauben der unteren Festigkeitsklasse.

Kategorie: **Setz-sicherung**

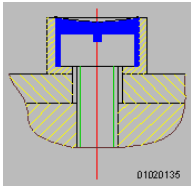


Kunststoff-ring

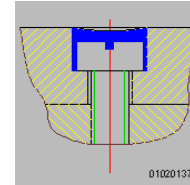
Kunststoffringe zwischen Kopf und Material. Der Ring verformt sich und bildet ein federndes Element. Für axialbeanspruchte Verbindungen.

Kategorie: **Setz-sicherung**

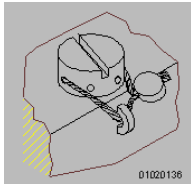
Maßnahmen gegen unbefugtes Lösen



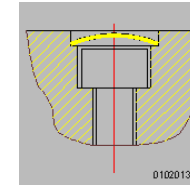
Sichern mit **Plombenkappe** und Lack.



Sichern mit **Lack**.



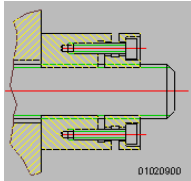
Sichern mit **Plombendraht** und Plombe.



Sichern mit **ingespreizter Scheibe**.

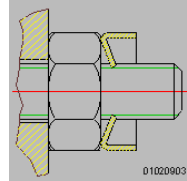
Schraubenverbindungen – Gestaltungshinweise – Schraubensicherung

Muttern als Maßnahmen gegen unbefugtes Lösen



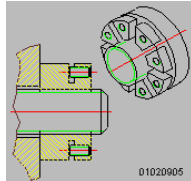
Stellmuttern

Zwei Gewindeteile, die elastisch verbunden sind und mit Schrauben gegeneinander verspannt werden. Auch frei auf dem Gewinde fixierbar.
Kategorie: Losdrehsicherung



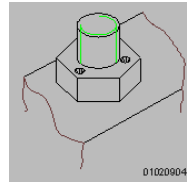
Sicherungsmutter

Diese wird zusätzlich hinter einer Mutter aufgeschraubt. Kleine Federbleche krallen sich in das Gewinde.
Kategorie: Setzsicherung



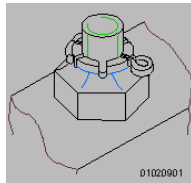
Stellmuttern

Nach dem Festziehen der Mutter werden mit den Gewindebolzen die Laschen auf das Gewinde gedrückt. Kann auch frei auf dem Gewinde fixiert werden.
Kategorie: Losdrehsicherung



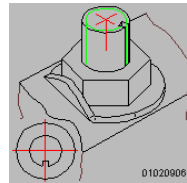
Verformen des Gewindes

Nach der Montage wird das Gewinde verformt (hier mit Körnerschlägen).
Kategorie: Losdrehsicherung



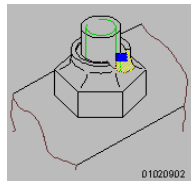
Kronenmutter mit Splint

Nach festziehen der Mutter wird diese mit einem Splint fixiert.
Kategorie: Verliersicherung



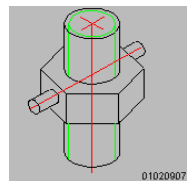
Sicherungsscheibe

Nut in Gewindebolzen, Sicherungsscheibe unterlegen und Lasche gegen Schlüssel­fläche der Mutter biegen.
Kategorie: Verliersicherung



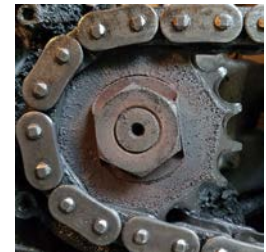
Selbstsichernde Mutter

In die Mutter ist ein Kunststoffring eingelassen der sich bei Montage in dem Gewinde verformt.
Kategorie: Losdrehsicherung



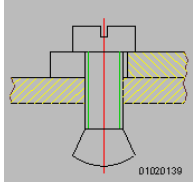
Verstiften

Mutter nach Positionierung auf dem Gewindebolzen mit Stift sichern.
Frei auf dem Gewinde fixierbar.

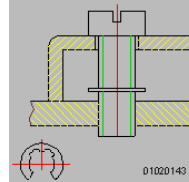


Schraubenverbindungen – Gestaltungshinweise – Schraubensicherung

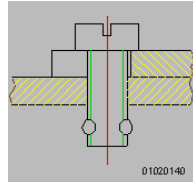
Maßnahmen gegen das Verlieren nach dem Lösen



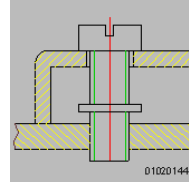
Das **Schraubenende** nach der Montage **quetschen**:
Nicht wieder demontierbar!



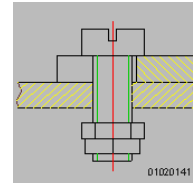
Einen **Sicherungsring** direkt auf das Gewinde stecken.



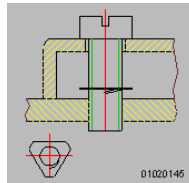
Das **Gewinde** seitlich **deformieren**:
Nicht wieder demontierbar!



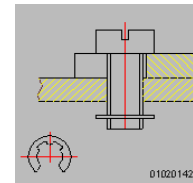
Einen **Papp- oder Kunststoffring** auf das Gewinde schrauben.



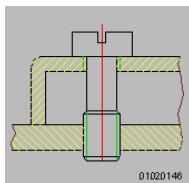
Zwei Muttern auf dem freien Gewindeende kontern.



Eine **Sicherungsscheibe** auf das Gewinde schrauben.



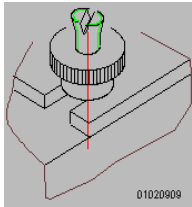
Einen **Sicherungsring** direkt auf das Gewinde stecken oder eine Nut für den Ring einstecken.



Eine **Halsschraube** durch ein zusätzliches Gewinde in der "Durchgangsbohrung" sichern.

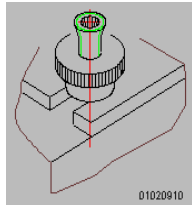


Schraubenverbindungen – Gestaltungshinweise – Schraubensicherung Maßnahmen gegen das Verlieren nach dem Lösen



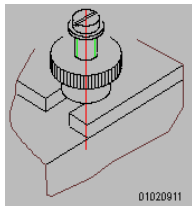
Schlitzen

Gewindebolzenende schlitzten und anschließend auseinanderbiegen.



Weiten

Stirnseitig in den Gewindebolzen eine Sacklochbohrung und mit einem Körner weiten.



Schraube

Stirnseitig eine Gewindebohrung einbringen und Schraube eindrehen (evtl. Scheibe unterlegen)



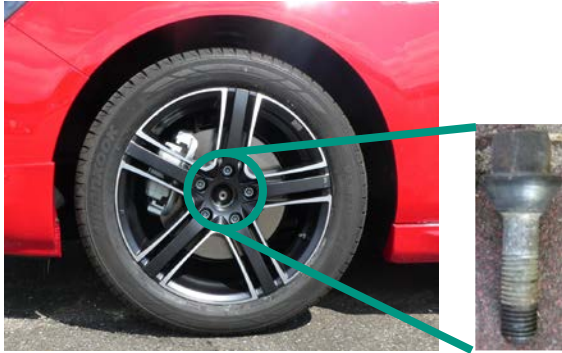
Die Mutter löst sich unter Vibration selbstständig.

<https://www.youtube.com/watch?v=LNp6YYvci-I>



Gegen Lösen der Schraube hilft richtiges Festziehen und auch Nachziehen nach dem Setzvorgang.
Bei starken Vibrationen hilft am besten das Festkleben der Schraube.

<https://www.youtube.com/watch?v=wP7VLb2L-xU>



Lernziele



Bauformen und Auswahl



Beanspruchung durch Montage



Beanspruchung durch Betriebskraft



Arten und Beanspruchung von Gewinden



Gestaltungshinweise für Gewinde



Gestaltungshinweise für
Schraubensicherung



Zusammenfassung



Lernziele der Vorlesung

Schraubenverbindungen 3 – Gestaltung von Schraubenverbindungen

Problem

Konstruktionsingenieurinnen und Konstruktionsingenieure müssen **Schraubenverbindungen konstruktiv so gestalten**, dass sie unter allen Einsatzbedingungen sicher ihre Funktion erfüllen.

Ziele

- **Randbedingungen** und **Kriterien** in der **Auswahl von Schraubenverbindungen** kennen. F6ff
- Die **Beanspruchung** der Schraubenverbindung **bei der Montage** unterscheiden können. F13ff.
- Maßnahmen zur Reduzierung **Torsionsbeanspruchung** der Schraube in der Montage beschreiben können. F22ff.
- Maßnahmen zur Vermeidung von **Beanspruchung** der Schraube im Betrieb beschreiben können. F32ff.
- **Gewindearten einer Schraubenverbindung** aufzählen und **deren Beanspruchungen** erklären können. F36ff.
- Maßnahmen zur **Sicherung von Schraubenverbindungen** aufzählen können. F52ff.

Fazit

Konstruktionsingenieurinnen und Konstruktionsingenieure müssen durch das **Verständnis der Zusammenhänge** von Schraubenverbindungen, diese so gestalten können, dass sie **jederzeit ihre Funktion** erfüllen. So müssen zum Beispiel Einflüsse durch die **Montage** und durch vorliegende **Betriebskräfte** verstanden sein, um die richtige **Bauform**, die richtige **Gewindeart** und die richtige **Schraubensicherung** auswählen zu können.