

**BÖLLHOFF**

***Technik rund um Schrauben***

*7. Auflage*



# **BÖLLHOFF**

## ***Technik rund um Schrauben***

Böllhoff GmbH  
Niederlassungen in Deutschland und Österreich

Bielefeld · Leipzig · Nürnberg  
München · Stuttgart · Traun

Weitere Gesellschaften in:

Argentinien · Brasilien · China · Frankreich · Großbritannien · Indien · Italien  
Japan · Kanada · Korea · Mexiko · Polen · Rumänien · Russland  
Schweiz · Slowakei · Spanien · Tschechische Republik  
Türkei · Ungarn · USA



Im täglichen Umgang mit dem komplexen Gebiet der Verbindungstechnik stellen sich immer wieder Fragen, die über die normalen Angaben in Normen hinausgehen.

Dieses technische Handbuch soll dazu dienen, einen Überblick über die „Technik rund um Schrauben“ zu vermitteln, um den Anwender in diesen Fragen zu unterstützen.

Es soll Zusammenhänge zwischen den Produkten und ihren mechanischen Eigenschaften aufzeigen, Unterstützung bei der Auslegung, Sicherung und Montage der Verbindungsle-

mente geben, ihre Bedeutung erläutern, sowie für die tägliche Arbeit wichtige Informationen zusammenfassen.

1987 erschien die erste Ausgabe der „Technik rund um Schrauben“. Der Inhalt der bis dato gültigen dritten Auflage von 2002 wurde für die Ihnen vorliegende Ausgabe umfassend überarbeitet und aktualisiert.

Sollten Sie eine weitergehende Unterstützung wünschen, steht Ihnen unser Team der Anwendungstechnik kompetent zur Seite.



### **ECOTECH** – **ECO**nomic **TECH**nical Engineering

Je nach Anforderung können auch weiterführende Dienstleistungen angeboten werden:

- Montageoptimierungen auch bei Ihnen vor Ort
- Standardisierungen und Optimierungen
- Information und Beratung
- Kundenseminare

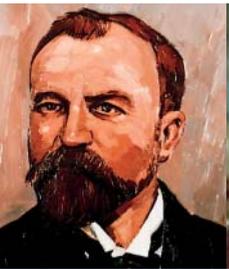
Nach Definition Ihrer Anforderungen erarbeitet unsere Anwendungstechnik gemeinsam mit Ihnen Vorschläge und stellt bei Bedarf die erforderliche Konstruktionsunterstützung zur Verfügung.

Ihr Nutzen durch ECOTECH

- Kürzere Entwicklungszeiten
- Dokumentierte Entscheidungsgrundlagen
- Aktuelle Verbindungstechnik
- Reduzierung der Lagerhaltungskosten
- Prozessoptimierung in der Produktion
- Kostenoptimierung der Baugruppen

Wir verbinden

# Tradition **m**



Wilhelm Böllhoff



Josef Böllhoff



Wilhelm A. Böllhoff / Dr. Wolfgang W. Böllhoff / Michael W. Böllhoff

# it Zukunft.

Zum Selbstverständnis der Böllhoff Gruppe gehört seit mehr als 135 Jahren die Unabhängigkeit eines Familienunternehmens.

Diese Eigenständigkeit ist auch künftig der Schrittmacher zur Weiterentwicklung des Unternehmens.

Erfahrung gibt Vertrauen. Auf den Erfolg des Gründers bauen inzwischen drei Böllhoff Generationen. Und unsere Kinder bleiben die Garanten der Zukunft.





**„Unsere Produkt-Entwicklung:**

Wir bleiben in Bewegung



## Ihr Vorteil!“

„Produkte, Märkte verändern sich mit rasanter Geschwindigkeit – und damit die Anforderungen unserer Kunden. Deshalb muss die Produktentwicklung immer einen Schritt voraus sein. Wir denken heute schon an morgen. Unabhängig davon, ob es darum geht, ein Produkt ganz neu zu entwickeln oder aber Hand in Hand mit dem Kunden ein konkretes Problem zu lösen.

Jede Herausforderung ist für mich gleichzeitig auch eine Chance, mit Leistung zu überzeugen. So entstehen aus Ideen echte Innovationen und aus Innovationen neue Märkte.“



### Seite

|                               |           |                   |
|-------------------------------|-----------|-------------------|
| <i>Auswahl und Berechnung</i> | 10 – 15   | <i>Kapitel 1</i>  |
| <i>Normen</i>                 | 16 – 25   | <i>Kapitel 2</i>  |
| <i>Werkstoffe</i>             | 26 – 43   | <i>Kapitel 3</i>  |
| <i>Herstellung</i>            | 44 – 51   | <i>Kapitel 4</i>  |
| <i>Gewinde</i>                | 52 – 60   | <i>Kapitel 5</i>  |
| <i>Montage</i>                | 61 – 66   | <i>Kapitel 6</i>  |
| <i>Direktverschraubungen</i>  | 67 – 74   | <i>Kapitel 7</i>  |
| <i>Schraubensicherungen</i>   | 75 – 83   | <i>Kapitel 8</i>  |
| <i>Korrosionsschutz</i>       | 84 – 100  | <i>Kapitel 9</i>  |
| <i>ECOTECH</i>                | 101 – 102 | <i>Kapitel 10</i> |

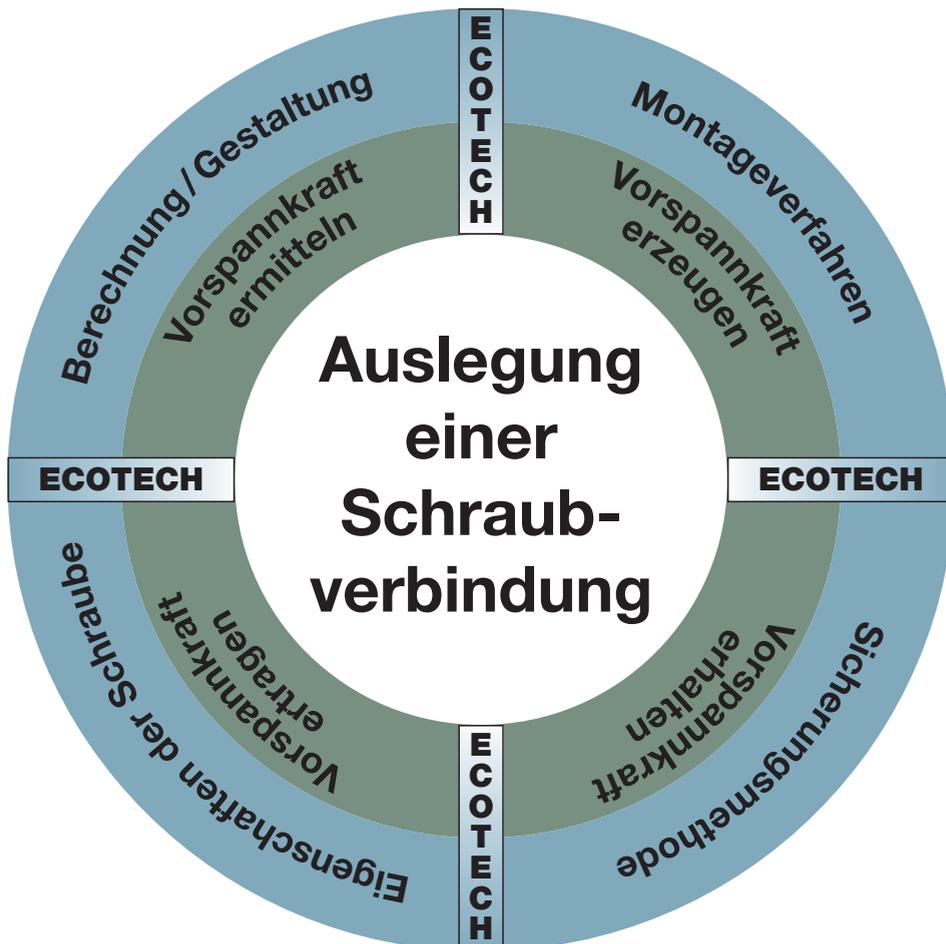
Die Schraube gehört zu den universellsten und am weitesten verbreiteten Verbindungselementen und wird in unterschiedlichsten Formen hergestellt. Viele dieser Bauarten sind international genormt und weltweit verfügbar.

Bei einer klassischen Schraubverbindung werden zwei oder mehrere Bauteile mittels Form- und Kraftschluss miteinander verbunden. Durch das bei der Montage aufgebrachte Anzugsmoment wird in der Schraube eine Vorspannkraft erzeugt, die die Bauteile gegeneinander verspannt und somit in allen Trennfugen einen Reibschluss erzeugt.

Bei einer richtig ausgelegten Schraubverbindung ist die Vorspannkraft so groß, dass alle auftre-

tenden Belastungen nicht zu einer Relativbewegung zwischen den Bauteilen führen. Andererseits darf die Vorspannkraft nicht so groß gewählt werden, dass im Betriebsfall zulässige Spannungen in den beteiligten Teilen überschritten werden.

Bestimmend für die richtige Auslegung einer Schraubverbindung sind bei gegebenen Bauteilen neben den Platzverhältnissen und Montagemöglichkeiten vor allem die optimale Gestaltung der Verbindungselemente selbst. Dabei stehen eine große Vielzahl von verschiedenen Abmessungen, Normen, Werkstoffen und Festigkeitsklassen zur Verfügung. Dem Anwender obliegt die Aufgabe, die richtige Auswahl für die von ihm festzulegende Vorspannkraft zu treffen.



Schraubverbindungen sollen so ausgelegt werden, dass die Summe aller auftretenden Belastungen nicht zu einem Überschreiten zulässiger Spannungen der verpaarten Teile führt.

Das Anzugsmoment soll so gewählt werden, dass die aufgebrachte Vorspannkraft zu einem reinen Reibschluß der Bauteile führt und diese sich nicht gegeneinander verschieben lassen oder gar am Schraubenschaft abstützen (im Gegensatz zu einer Nietverbindung).

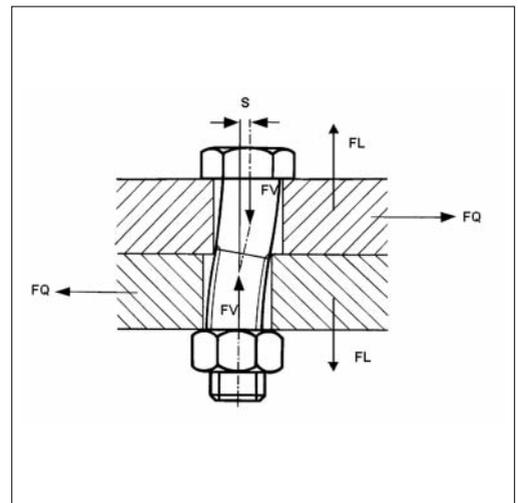
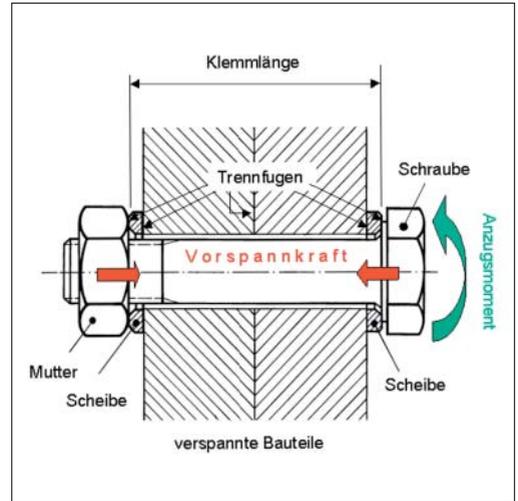
**Richtwert:** Vorspannkraft mind. 75% der Streckgrenze der Schraube.

Eine detaillierte Anweisung für die Berechnung und Auslegung einer Schraubverbindung findet sich in der VDI-Richtlinie 2230.

Alle auftretenden Kräfte rufen Verformungen und evtl. Verschiebungen an den Bauteilen hervor. Solange die Summe aller Belastungen nicht zu einem Versagen bei einem der Bauteile oder Verbindungselemente führt, verhält sich eine verschraubte Baugruppe wie ein Teil. Bei dynamischen Belastungen – speziell Vibrationen – können jedoch Effekte auftreten, die dazu führen, dass sich eine Schraubverbindung löst, obwohl zulässige Werte nicht überschritten werden, z. B. durch ein Taumeln entlang der Schraubenachse der Bauteile zueinander. Man spricht in solchen Fällen vom selbsttätigen Lösen.

Durch das Anzugsmoment wird die Schraube indirekt mit einer Montagevorspannkraft beaufschlagt, die zu einer Verlängerung der Schraube und einer Verkürzung der Bauteile führt.

Eine im Betrieb auftretende Kraft verteilt sich entsprechend der Elastizität der verpaarten Teile. Bei Zugbeanspruchung nimmt die Belastung der Schraube nur gering zu, die verbleibende Klemmkraft nimmt aber stark ab.



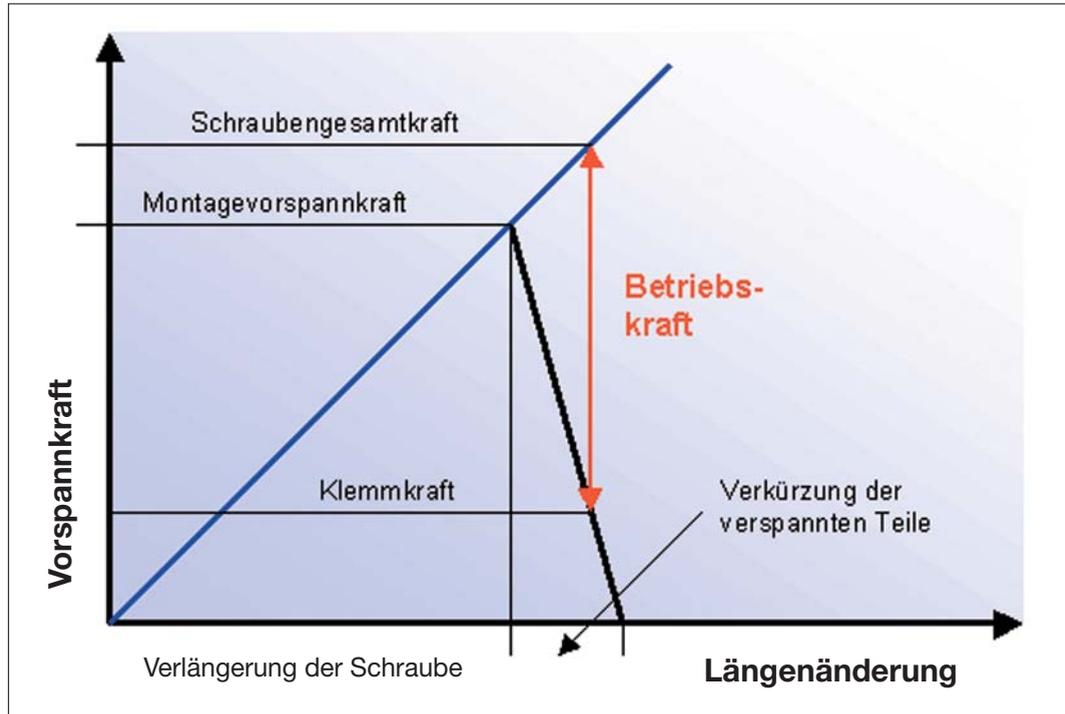
## Auswahl und Berechnung

Die durch die Vorspannkraft hervorgerufene elastische Dehnung der Schraube führt dazu, dass bei zusätzlicher, speziell stoßartiger Belastung der Verbindung, der Reibschluss zwischen den Bauteilen erhalten bleibt.

Bei einem Klemmlängenverhältnis  $L_k/D_{\text{Nenn}} > 5$ , geringer Trennfugenzahl und ausreichender Vorspannkraft, sind bei metallischen Bauteilen keine

zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen erforderlich, wenn keine erhöhten dynamischen Belastungen, speziell quer zur Schraubachse, zu erwarten sind. Anderenfalls sollte der Einsatz einer zusätzlichen Schraubensicherung in Erwägung gezogen werden.

**Achtung:** Jedes mitverspannte Sicherungselement beeinflusst dieses Spannungsverhältnis.

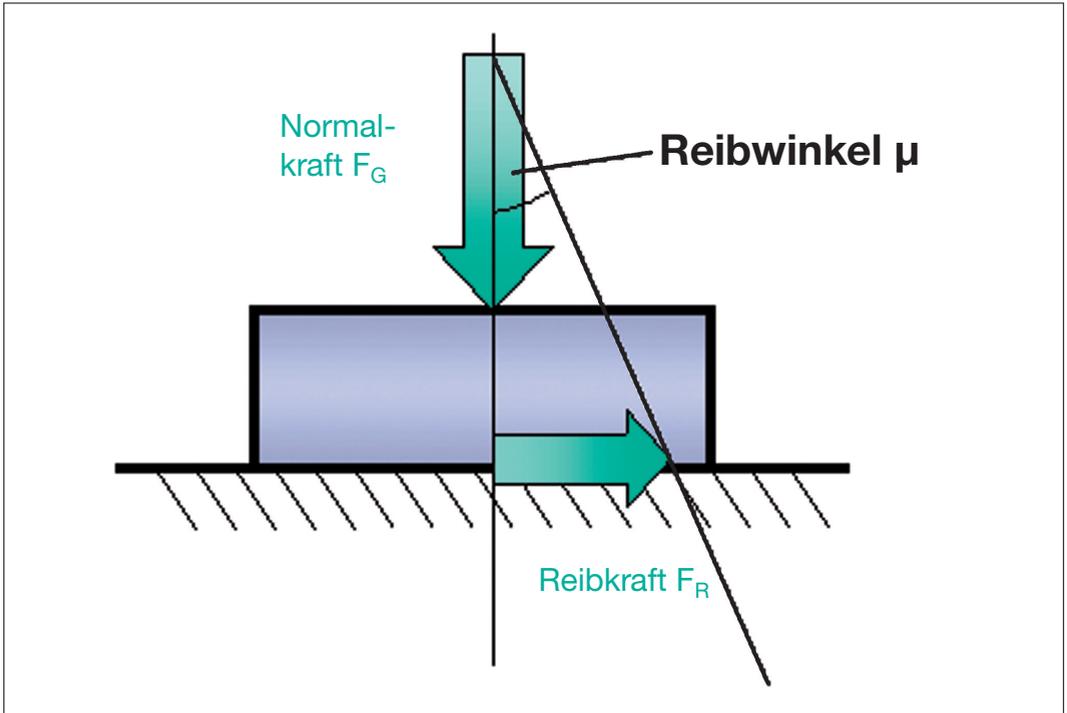


Verspannungsdiagramm

### Einfluss der Reibung

Da bei der Montage der Schraube die Vorspannkraft nur indirekt über das Montage-Anzugsmoment eingestellt werden kann, kommt der genauen Kenntnis der Reibungsverhältnisse eine

entscheidende Bedeutung zu. Dabei ist zu unterscheiden zwischen der Reibung im Gewinde selbst und an den Auflageflächen.



Der Reibwinkel  $\mu$  beschreibt das Verhältnis zwischen der Normalkraft  $F_G$  und der dadurch hervorgerufenen Reibkraft  $F_R$ .

Bezogen auf eine Schraubverbindung kann in erster Näherung die Normalkraft mit der Vorspannkraft gleichgesetzt werden.

Solange der Steigungswinkel  $\varphi$  des Gewindes kleiner ist als der Reibwinkel  $\mu$ , ist das Gewinde selbstsichernd. Um diesen Effekt zu verbessern,

kann also entweder die Gewindereibung erhöht oder die Gewindesteigung reduziert werden.

Der Einfluss der Reibung an den Auflageflächen ist wesentlich schwieriger zu erfassen. Es kann allerdings festgehalten werden, dass eine erhöhte Reibung z. B. unter dem Schraubenkopf bei vorgegebenem Anzugsmoment einerseits zu einer geringeren Vorspannkraft führt, andererseits aber einem selbsttätigen Losdrehen der Schraube entgegenwirkt.

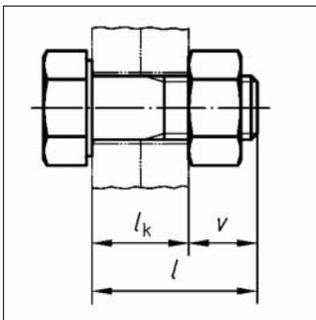
## Gestaltung

Die Auswahl des erforderlichen Schraubendurchmessers und der nötigen Festigkeitsklasse beruht auf einer genauen Kenntnis aller auftretenden Belastungen und ist somit vom jeweiligen Einsatzfall abhängig.

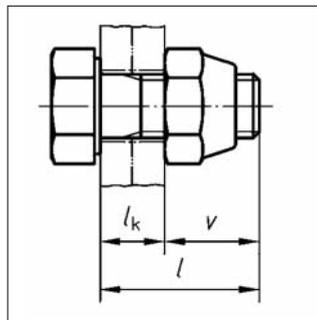
Für die Bestimmung der Schraubenlänge lassen sich jedoch einige allgemeingültige Empfehlungen geben. Entscheidend dabei ist, dass ausreichend tragende Gewindegänge im Eingriff sind, um die auftretenden Kräfte zu übertragen.

Es ist dabei zwischen einer Durchsteckverbindung und einer Verschraubung in ein Gewindefackloch zu unterscheiden:

Bei der Auslegung von Durchsteckverbindungen ergibt sich die Nennlänge der Schraube aus der Summe der Klemmlänge ( $l_k$ ) und des Schraubenüberstands ( $v$ ) (gem. DIN 78 Schraubenüberstände). Speziell die Einhaltung dieser Überstände ist unbedingt zu beachten, um eine sichere Verbindung zu gewährleisten.

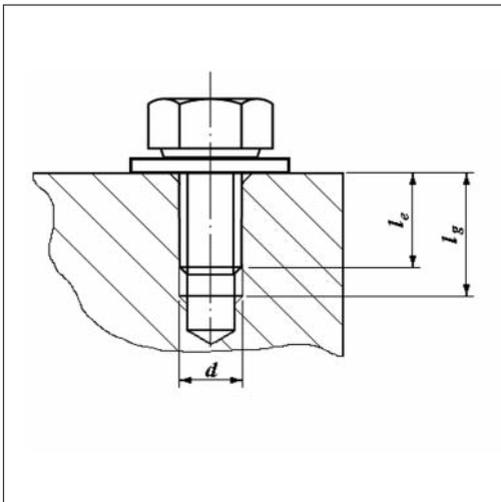


Sechskantschrauben mit Sechskantmutter



Sechskantschraube mit Sicherungsmutter

$l_k$ : Klemmlänge  
 $v$ : Schraubenüberstand  
 $l$ : Nennlänge der Schraube



Die Zuordnung der Schraube zu einer Mutter mit Hilfe der Festigkeitsklasse (eine Schraube der Festigkeitsklasse 8.8 soll mit einer Mutter der Klasse 8 oder höher gepaart werden) ist sehr eindeutig. Dagegen hängt bei einer Sacklochverschraubung die erforderliche Einschraublänge ( $l_e$ ) von der Festigkeit des Werkstoffs des jeweiligen Bauteils ab, in welchem das Innengewinde eingebracht wurde.

$l_e$ : Einschraublänge  
 $d$ : Schraubendurchmesser  
 $l_g$ : Nutzbare Gewindelänge

| Werkstoff der Bauteile            |                     | Einschraublänge $l_e^{(2)}$ bei Festigkeitsklasse der Schraube |           |         |                 |
|-----------------------------------|---------------------|--|-----------|---------|-----------------|
|                                   |                     | 3.6 / 4.6  | 4.8...6.8 | 8.8     | 10.9            |
| Stahl mit $R_m$ N/mm <sup>2</sup> | ≤ 400               | 0,8 · d  | 1,2 · d   | –       | –               |
|                                   | 400...600           | 0,8 · d  | 1,2 · d   | 1,2 · d | –               |
|                                   | > 600...800         | 0,8 · d  | 1,2 · d   | 1,2 · d | 1,2 · d         |
|                                   | > 800               | 0,8 · d  | 1,2 · d   | 1,0 · d | 1,0 · d         |
| Gusseisen<br>Kupferlegierungen    |                     | 1,3 · d  | 1,5 · d   | 1,5 · d | –               |
|                                   |                     | 1,3 · d  | 1,3 · d   | –       | –               |
| Leichtmetalle <sup>1)</sup>       | Al-Gusslegierungen  | 1,6 · d  | 2,2 · d   | –       | – <sup>3)</sup> |
|                                   | Rein-Aluminium      | 1,6 · d  | –         | –       | – <sup>3)</sup> |
|                                   | Al-Leg. ausgehärtet | 0,8 · d  | 1,2 · d   | 1,6 · d | – <sup>3)</sup> |
|                                   | nicht gehärtet      | 1,2 · d  | 1,6 · d   | –       | – <sup>3)</sup> |
| Weichmetalle, Kunststoffe         |                     | 2,5 · d  | –         | –       | –               |

<sup>1)</sup> Bei dynamischer Belastung ist hierfür  $l_e$  um etwa 20 % zu erhöhen.

Quelle: Roloff / Matek

<sup>2)</sup> Feingewinde erfordern eine um etwa 25 % größere Einschraublänge.

<sup>3)</sup> Für Schrauben höherer Festigkeit ist die Scherfestigkeit des Innengewindewerkstoffes gemäß VDI 2230 zu berücksichtigen.

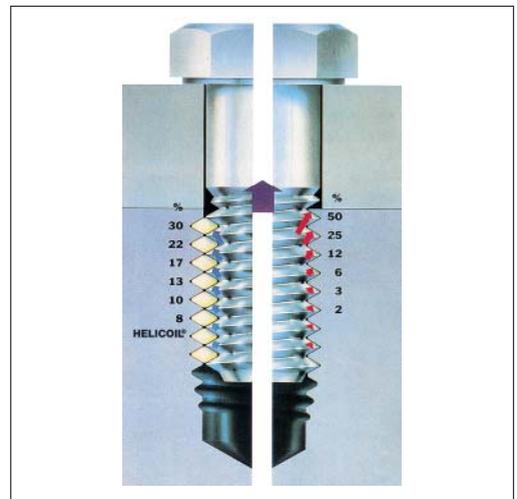
Bei der Bestimmung der Nennlänge von Schrauben sind die möglichen Toleranzen der Teile zu berücksichtigen, die verschraubt werden sollen. Ferner sind die Längentoleranzen der Schrauben und die Toleranzen der Mutterhöhe zu beachten.

Die errechnete Länge ist – wann immer möglich – auf die in den jeweiligen Produktnormen (Maßnormen) angegebene nächst größere Nennlänge zu runden.

Gegenüber den o. g. Vorgaben für die Mindesteinschraublänge in Abhängigkeit von Schrauben- und Bauteilfestigkeit kann die Einschraublänge durch den Einsatz von HELICOIL® Gewindeeinsätzen reduziert werden. Siehe DIN 8140.

**Beispiel:**

Schraube M 8 mit Festigkeitsklasse 10.9 in Aluminium mit einer Zugfestigkeit von  $R_m = 250 \dots 270 \text{ N/mm}^2$  und zulässiger Scherspannung  $T_{zul} = 0,7 \times R_m = 180 \text{ N/mm}^2$   
 Ohne HELICOIL®:  
 Gewindelänge min  $2 \times d$  (gemäß VDI 2230)  
 Mit HELICOIL®:  
 Gewindelänge  $1,5 \times d$  (gemäß DIN 8140 T1 3.1)



Schrauben, Muttern, Scheiben, Stifte usw. sind mechanische Verbindungselemente. Diese Teile werden überwiegend nach Normen benannt, in denen die Formen, Maße, Toleranzen und mechanischen Eigenschaften festgelegt sind.

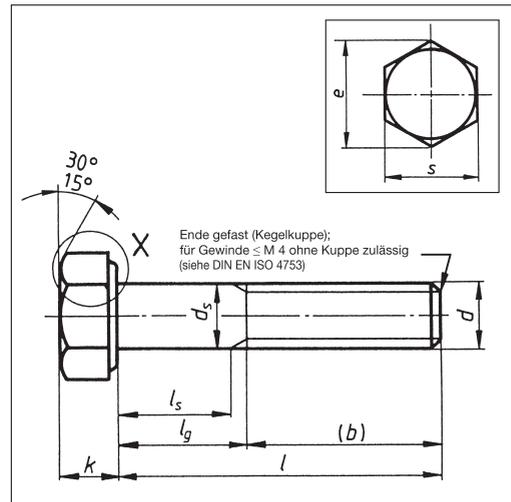
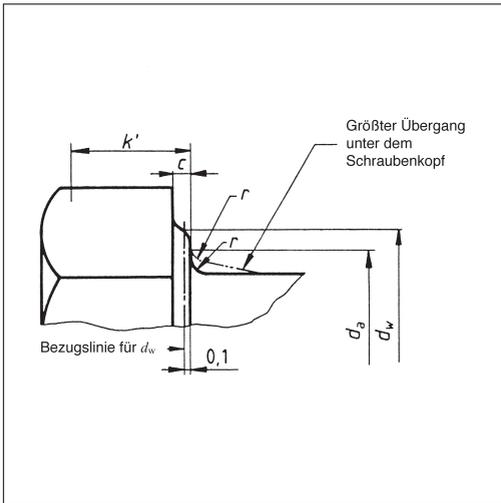
## DIN EN ISO 4014 / 8.8 M 12x50

sagt alles über dieses Teil aus. Die vormalig gültige nationale Ausgabe dieser **Produktnorm** war die DIN EN **24014**. In dem Normblatt der DIN EN ISO 4014 sind die Maße einer Sechskantschraube mit Schaft beschrieben.

Diese Norm enthält Hinweise auf andere Normen über Werkstoffe, mechanische Eigenschaften der einzelnen Festigkeitsklassen und den Oberflächenschutz. Hierbei handelt es sich um **Funktionsnormen**.

Außerdem wird in den Produktnormen auf **Grundnormen** hingewiesen, die grundsätzliche und allgemeingültige Anforderungen enthalten. Es handelt sich z. B. um Gewinde, Gewindeausläufe, Kuppen, Toleranzen, Kraftangriffe und Abnahmeprüfungen.

Die Produktnorm DIN EN ISO 4014 enthält die Bemaßung der Sechskantschraube mit Schaft. Die Maßbuchstaben sind in der folgenden Tabelle erklärt.



**Beschreibung der Maße**

|       |   |
|-------|---|
| $b$   | Gewindelänge  |
| $c$   | Höhe des Telleransatzes                                 |
| $d$   | Außendurchmesser (Nenndurchmesser) des Gewindes         |
| $d_a$ | Innendurchmesser der Auflagefläche                      |
| $d_s$ | Schaftdurchmesser                                       |
| $d_w$ | Durchmesser der Auflagefläche                           |
| $e$   | Eckmaß  |
| $k$   | Kopfhöhe  |
| $k'$  | Antriebshöhe  |
| $l$   | Nennlänge   |
| $l_g$ | Abstand des letzten Gewindeganges von der Auflagefläche |
| $l_s$ | Schaftlänge   |
| $r$   | Übergangsradius unter dem Schraubenkopf                 |
| $s$   | Schlüsselweite  |

Diese Kurzzeichen und die Benennung der Maße sind in der DIN EN 20225 festgelegt.

Aus dem Nenndurchmesser und der Länge ergeben sich in der Norm alle anderen Maße.

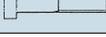
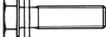
| Gewinde $d$ |                 |  |   | <b>M 12</b> | <b>M 16</b> | <b>M 20</b> | <b>M 24</b> |        |
|-------------|-----------------|--|---|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| $P$         | Gewindesteigung |  |   | 1,75        | 2           | 2,5         | 3           |        |
| $b$         | Hilfsmaß        | $l \leq 125 \text{ mm}$                      |   | 30          | 38          | 46          | 54          |        |
|             |                 | $l > 125 \text{ mm} / l \leq 200 \text{ mm}$ |   | 36          | 44          | 52          | 60          |        |
|             |                 | $l > 200 \text{ mm}$ –                       |   | 49          | 57          | 65          | 73          |        |
| $c$         | min.            |  |   | 0,15        | 0,2         | 0,2         | 0,2         |        |
|             | max.            |  |   | 0,6         | 0,8         | 0,8         | 0,8         |        |
| $d_a$       | max.            |  |   | 13,7        | 17,7        | 22,4        | 26,4        |        |
| $d_s$       | max. = Nennmaß  |  |   | 12          | 16          | 20          | 24          |        |
|             | min.            | Produktklasse                                | A | 11,73       | 15,73       | 19,67       | 23,67       |        |
|             |                 |  | B | 11,57       | 15,57       | 19,48       | 23,48       |        |
| $d_w$       | min.            | Produktklasse                                | A | 16,63       | 22,49       | 28,19       | 33,61       |        |
|             |                 |  | B | 16,47       | 22          | 27,7        | 33,25       |        |
| $e$         | min.            | Produktklasse                                | A | 20,03       | 26,75       | 33,53       | 39,98       |        |
|             |                 |  | B | 19,85       | 26,17       | 32,95       | 39,55       |        |
| $l_f$       | max.            |  |   | 3           | 3           | 4           | 4           |        |
| $k$         | Nennmaß         |  |   | 7,5         | 10          | 12,5        | 15          |        |
|             | min.            | Produktklasse                                | A | min.        | 7,32        | 9,82        | 12,285      | 14,785 |
|             |                 |  |   | max.        | 7,68        | 10,18       | 12,715      | 15,215 |
|             |                 |  | B | min.        | 7,21        | 9,71        | 12,15       | 14,65  |
|             |                 |  |   | max.        | 7,79        | 10,29       | 12,85       | 15,35  |
| $k_w$       | min.            | Produktklasse                                | A | 5,12        | 6,87        | 8,6         | 10,35       |        |
|             |                 |  | B | 5,05        | 6,8         | 8,51        | 10,26       |        |
| $r$         | min.            |  |   | 0,6         | 0,6         | 0,8         | 0,8         |        |
| $s$         | max. = Nennmaß  |  |   | 18,00       | 24          | 30          | 36          |        |
|             | min.            | Produktklasse                                | A | 17,73       | 23,67       | 29,67       | 35,38       |        |
|             |                 |  | B | 17,57       | 23,16       | 29,16       | 35          |        |

Auszug aus DIN EN ISO 4014

**Sonderformen**

Zusätzliche Bezeichnungen in der Artikelangabe benennen besondere Ausführungen. ISO 4014/8.8 M 12 x 50 **S** bedeutet „mit Splintloch“.

**Abkürzungen für Formen und Ausführungen**

| Abk.      | Erklärung   | Beispiel       | Abbildungen   |
|-----------|---|----------------|---|
| A         | Gewinde annähernd bis Kopf (DIN 962)                    | A M 6 x 40     |    |
| Ak        | Ansatzkuppe (DIN 962)                                   | M 10 x 50 Ak   |    |
| B         | Schaftdurchmesser ≈ Flankendurchmesser (DIN 962)        | B M 8 x 80     |    |
| C         | Schaftdurchmesser ≈ Gewindedurchmesser (DIN 962)        | C M 12 x 90    |    |
| C         | Blechschauben mit Spitze (DIN EN ISO 1478)              | ST 3,5 x 9,5 C |    |
| <b>CH</b> | Kegelkuppe (DIN EN ISO 4753)                            | M 10 x 50 CH   |    |
| <b>CN</b> | Spitze (DIN EN ISO 4753)                                | M 10 x 50 CN   |    |
| <b>CP</b> | Ringschneide (DIN EN ISO 4753)                          | M 10 x 50 CP   |    |
| F         | Blechschauben mit Zapfen (DIN EN ISO 1478)              | ST 3,5 x 9,5 F |    |
| <b>FL</b> | Kegelstumpf (DIN EN ISO 4753)                           | M 10 x 50 FL   |   |
| Fo        | Stiftschrauben ohne Festsitzgewinde (DIN 962)           | M 10 Fo x 50   |  |
| H         | Philips - Kreuzschlitz                                  | M 5 x 20 H     |  |
| L         | Scheiben für Kombischrauben (groß) (DIN EN ISO 10644)   | M 10 x 50 S2-L |  |
| <b>LD</b> | Langer Zapfen (DIN EN ISO 4753)                         | M 10 x 50 LD   |  |
| LH        | Linksgewinde (DIN 962)                                  | M 12 LH x 75   |  |
| N         | Scheiben für Kombischrauben (mittel) (DIN EN ISO 10644) | M 10 x 50 S2-N |  |
| <b>PC</b> | Einführzapfen mit Ansatzspitze (DIN EN ISO 4753)        | M 10 x 50 PC   |  |
| <b>PF</b> | Einführzapfen, flach (DIN EN ISO 4753)                  | M 10 x 50 PF   |  |
| R         | Blechschauben mit gerundeter Spitze (DIN EN ISO 1478)   | ST 3,5 x 9,5 R |  |
| Ri        | Gewindedefreistich (DIN 76-1)                           | M 10 x 50 Ri   |  |
| <b>RL</b> | Ohne Kuppe (DIN EN ISO 4753)                            | M 10 x 50 RL   |  |



| Abk.      | Erklärung   | Beispiel       | Abbildungen |
|-----------|---|----------------|-------------|
| <b>RN</b> | Linsenkuppe (DIN EN ISO 4753)   | M 10 x 50 RN   |             |
| S         | Splintloch (DIN 962/DIN 34803)  | M 10 x 50 S    |             |
| S         | Scheiben für Kombischrauben (klein) (DIN EN ISO 10644)  | M 10 x 50 S2-S |             |
| S1-S6     | Unterschiedliche Kopfarten für Kombischrauben mit flachen Scheiben S, N oder L (DIN EN ISO 10644) | M 10 x 50 S2-N |             |
| <b>SC</b> | Schabanut (DIN EN ISO 4753)   | M 10 x 50 SC   |             |
| <b>SD</b> | Kurzer Zapfen (DIN EN ISO 4753)   | M 10 x 50 SD   |             |
| Sk        | Sicherungsloch im Kopf/Drahtloch (DIN 962/DIN 34803)  | M 10 x 50 Sk   |             |
| Sz        | Schlitz   | M 10 x 50 Sz   |             |
| <b>TC</b> | Spitze abgeflacht (DIN EN ISO 4753)   | M 10 x 50 TC   |             |
| Z         | Pozidriv - Kreuzschlitz   | M 5 x 20 Z     |             |
| Z 0       | Kombischraube mit kleiner Scheibe (DIN EN ISO 10644)  | M 10 x 50 Z 0  |             |
| Z 1       | Kombischraube mit normaler Scheibe (DIN EN ISO 10644)   | M 10 x 50 Z 1  |             |
| Z 2       | Kombischraube mit großer Scheibe (DIN EN ISO 10644)   | M 10 x 50 Z 2  |             |

## Gegenüberstellung alter und neuer Kurzzeichen für Schraubenenden

Mit der Veröffentlichung von DIN EN ISO 4753, die DIN 78 weitgehend ersetzt hat, haben sich die Kurzzeichen zahlreicher Schraubenenden (bisher Gewindeenden) geändert. Zum leichteren Auffinden der nun gültigen Kurzzeichen sind im Folgenden die alten und die neuen Kurzzeichen einander gegenübergestellt:

| Altes Kurzzeichen | Erklärung  | Neues Kurzzeichen |
|-------------------|--|-------------------|
| K<br>Ka<br>Ko     | Kegelkuppe<br>Kernansatz/kurzer Zapfen<br>Ohne Kuppe   | CH<br>SD<br>RL    |
| Ks<br>L<br>Rs     | Kegelstumpf<br>Linsenkuppe<br>Ringschneide             | FL<br>RN<br>CP    |
| Sb<br>Sp<br>Za    | Schabanut<br>Spitze abgeflacht<br>Zapfen/langer Zapfen | SC<br>TC<br>LD    |

**Normen sind Regeln der Technik**

Auf diese technischen Regeln kann jeder zurückgreifen. Die gültigen Normen werden in Deutschland vom **DIN Deutsches Institut für Normung e.V.** herausgegeben und aktualisiert. Das Institut hat seinen Sitz in Berlin und verwaltet ca. 29.500 DIN-Normen, davon betreffen über 386 die mechanischen Verbindungselemente.

Das DIN Deutsches Institut für Normung e.V. hat ca. 1.745 Mitglieder aus Industrie, Handwerk, Handel, Wissenschaft und Dienstleistung. Mehr als 26.278 Experten der interessierten Kreise sind für das DIN tätig.

Die Normen werden in Arbeitsgruppen entwickelt. Die Entwürfe einer Norm werden allen interessierten Kreisen zugänglich gemacht und nach einer Einspruchsfrist als gültige Norm veröffentlicht.

Um den internationalen Warenaustausch zu vereinfachen und Handelshindernisse zu beseitigen, werden nationale Normen durch internationale Normen ersetzt.

Dadurch stehen international einheitliche Begriffe und Beschreibungen zur Verfügung, der Qualitätsstandard wird auf hohem Niveau vereinheitlicht, und die Produkte können weltweit ausgetauscht werden.

Die ISO „International Organization for Standardization“ mit dem Sitz in Genf ist für die internationale Normung zuständig. Mehr als 157 Länder sind Mitglieder dieser Organisation. Die Ergebnisse werden unter der Bezeichnung **ISO** veröffentlicht.

Viele ISO-Normen werden als Europäische Normen übernommen und bekommen auf diesem Weg den Status einer DIN-Norm (DIN EN ISO). Einige ISO-Normen werden auch direkt als DIN-Normen übernommen (DIN ISO).

Auf Grund der Übernahmeverpflichtung werden Europäische Normen von den 29 Mitgliedern des CEN Europäisches Komitee für Normung in das jeweilige nationale Normenwerk übernommen. Gegensätzliche nationale Normen werden zurückgezogen.

Dabei kommt es zu verschiedenen Bezeichnungen für Normen.

- DIN** Nationale deutsche Norm
- ISO** Internationale Norm
- DIN ISO** Deutsche Ausgabe einer unveränderten ISO-Norm
- EN** Europäische Norm
- DIN EN** Deutsche Ausgabe einer Europäischen Norm
- EN ISO** Europäische Ausgabe einer unveränderten ISO-Norm
- DIN EN ISO** Deutsche Ausgabe einer EN ISO-Norm

Die Produkte werden vereinfacht nur mit DIN oder ISO bezeichnet.

Die Produkte aus DIN EN ISO 4014 werden in Zeichnungen, Stücklisten, kaufmännischen Unterlagen und auf der Verpackung **ISO 4014** genannt.



|               |   |                                    |
|---------------|---|------------------------------------|
| DEUTSCHE NORM |   | März 2001                          |
|               | Sechskantschrauben mit Schaft<br>Produktklassen A und B<br>(ISO 4014:1999)<br>Deutsche Fassung EN ISO 4014:2000 | <b>DIN</b><br>EN ISO 4014          |
| ICS 21.060.10 |   | Ersatz für<br>DIN EN 24014:1992-02 |

## Umstellung DIN – ISO

Bei der Umstellung der einzelnen Produktgruppen haben sich folgende Änderungen ergeben:

### Normänderungen bei **Sechskantprodukten**

| DIN  | ISO   | Bezeichnung   |
|------|-------|---|
| 931  | 4014  | Sechskantschrauben mit Schaft (Produktklasse A und B)               |
| 601  | 4016  | Sechskantschrauben mit Schaft (Produktklasse C)                     |
| 933  | 4017  | Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf (Produktklasse A und B)     |
| 558  | 4018  | Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf (Produktklasse C)           |
| 960  | 8765  | Sechskantschrauben mit Schaft und metrischem Feingewinde            |
| 961  | 8676  | Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf, mit metrischem Feingewinde |
| 934  | 4032  | Sechskantmuttern Typ 1 (Produktklasse A und B)                      |
| 439  | 4035  | Sechskantmuttern (niedrige Form)                                    |
| 934  | 8673  | Sechskantmuttern Typ 1 (Produktklasse A und B), Feingewinde         |
| 7991 | 10642 | Senkschrauben mit Innensechskant                                    |

### Änderungen der **Schlüsselweiten**

| Gewinde-<br>durchmesser | Kleiner Sechskant<br>DIN 561, 564 |     | Standard-Sechskant |     | Großer Sechskant<br>HV-Produkte |     | Vierkant<br>DIN 478, 479, 480 |     |
|-------------------------|-----------------------------------|-----|--------------------|-----|---------------------------------|-----|-------------------------------|-----|
|                         | DIN                               | ISO | DIN                | ISO | DIN                             | ISO | DIN                           | ISO |
| M 10                    | –                                 | –   | 17                 | 16  | –                               | –   | –                             | –   |
| M 12                    | 17                                | 16  | 19                 | 18  | 22                              | 21  | –                             | –   |
| M 14                    | –                                 | –   | 22                 | 21  | –                               | –   | –                             | –   |
| M 16                    | 19                                | 18  | –                  | –   | –                               | –   | 17                            | 16  |
| M 20                    | –                                 | –   | –                  | –   | 32                              | 34  | 22                            | 21  |
| M 22                    | –                                 | –   | 32                 | 34  | –                               | –   | –                             | –   |

Änderungen der Höhen bei **Sechskantmuttern**

| Gewinde <i>d</i> | Mutternhöhe <i>m</i> |      |                |                |      |                |
|------------------|----------------------|------|----------------|----------------|------|----------------|
|                  | DIN 934              |      |                | ISO 4032 Typ 1 |      |                |
|                  | min.                 | max. | <i>m/d</i> **) | min.           | max. | <i>m/d</i> **) |
| M 5              | 3,7                  | 4    | 0,8            | 4,4            | 4,7  | 0,94           |
| M 6              | 4,7                  | 5    | 0,83           | 4,9            | 5,2  | 0,87           |
| M 7              | 5,2                  | 5,5  | 0,79           | 6,14           | 6,5  | 0,93           |
| M 8              | 6,14                 | 6,5  | 0,81           | 6,44           | 6,8  | 0,85           |
| M 10             | 7,64                 | 8    | 0,8            | 8,04           | 8,4  | 0,84           |
| M 12             | 9,64                 | 10   | 0,83           | 10,37          | 10,8 | 0,90           |
| M 14             | 10,3                 | 11   | 0,79           | 12,1           | 12,8 | 0,91           |
| M 16             | 12,3                 | 13   | 0,81           | 14,1           | 14,8 | 0,92           |
| M 18             | 14,3                 | 15   | 0,83           | 15,1           | 15,8 | 0,88           |
| M 20             | 14,9                 | 16   | 0,8            | 16,9           | 18   | 0,90           |
| M 22             | 16,9                 | 18   | 0,82           | 18,1           | 19,4 | 0,88           |
| M 24             | 17,7                 | 19   | 0,79           | 20,2           | 21,5 | 0,90           |
| M 27             | 20,7                 | 22   | 0,81           | 22,5           | 23,8 | 0,88           |
| M 30             | 22,7                 | 24   | 0,8            | 24,3           | 25,6 | 0,85           |
| M 33             | 24,7                 | 26   | 0,79           | 27,4           | 28,7 | 0,87           |
| M 36             | 27,4                 | 29   | 0,81           | 29,4           | 31   | 0,86           |
| M 39             | 29,4                 | 31   | 0,79           | 31,8           | 33,4 | 0,86           |

\*\*) Anmerkung: *m/d* bedeutet das Verhältnis der Mutternhöhe zum Gewindedurchmesser

Normänderungen für **Gewindeschrauben** und **Blebschrauben**

| Gewindeschrauben |      | Blebschrauben/Bohrschrauben |                                   |
|------------------|------|-----------------------------|-----------------------------------|
| DIN              | ISO  | DIN                         | ISO                               |
| 84               | 1207 | 7971                        | 1481                              |
| 85               | 1580 | 7972                        | 1482                              |
| 963              | 2009 | 7973                        | 1483                              |
| 964              | 2010 | 7976                        | 1479                              |
| 965              | 7046 | 7981                        | 7049                              |
| 966              | 7047 | 7982                        | 7050                              |
| 7985             | 7045 | 7983                        | 7051                              |
| -                | -    | 7504                        | 10666, 15480, 15481, 15482, 15483 |

Statt der Linsenschraube DIN 7985 – Flachkopfschraube ISO 7045 mit geänderter Kopfform. Bei der Normumstellung für Gewindeschrauben und Blebschrauben ergeben sich folgende Änderungen:

- Der Senkwinkel für Blebschrauben mit Senk- und Linsensenkkopf wurde von 80° auf 90° geändert.
- Der Durchmesser ST 3,9 für Blebschrauben entfällt.
- Die Kopfmaße wurden geändert, teilweise geringfügig innerhalb der Toleranzen.
- Die Bohrschrauben DIN 7504 wurden in fünf Einzelnormen aufgeteilt.



## Normänderungen bei **Bolzen, Stiften, Gewindestiften und Scheiben für Bolzen**

| Artikelgruppe                  | DIN  | ISO  | Die wichtigsten Änderungen  |   |
|--------------------------------|--|--|---|---|
| Kegelstifte,<br>Zylinderstifte | 1  | 2339   | Länge l neu nach ISO <b>mit</b> Kuppen<br>(bisher nach DIN <b>ohne</b> Kuppen)  |   |
|                                | 7  | 2338   | Länge l neu nach ISO <b>mit</b> Kuppen<br>(bisher nach DIN <b>ohne</b> Kuppen),<br>Formen A, B, C<br>(Form A / Toleranz m 6 neu mit Kuppe/Fase) |   |
|                                | 6325   | 8734   | Neu: Form A mit Fase/Kuppe, durchgehärtet<br>(weitgehend identisch mit DIN 6325),<br>Form B mit Fase, einsatzgehärtet                           |   |
|                                | 7977<br>7978<br>7979/D                       | 8737<br>8736<br>8733/<br>8735 A              | Keine gravierenden Änderungen,<br>DIN und ISO nahezu identisch  |   |
| Kerbstifte,<br>Kerbnägel       | 1470<br>1471<br>1472<br>1473<br>1474<br>1475 | 8739<br>8744<br>8745<br>8740<br>8741<br>8742 | Länge l neu nach ISO <b>mit</b> Kuppen<br>(bisher nach DIN <b>ohne</b> Kuppen)<br>und die Scherkräfte wurden erhöht                             |   |
|                                | –  | 8743   | Neu: Knebelkerbstift, halbe Länge, gekerbt  |   |
|                                | 1476<br>1477                                 | 8746<br>8747                                 | Form A = keine gravierenden Änderungen,<br>zusätzlich Form B mit Einführende  |   |
|                                | Spannstifte,<br>Spiral-Spannstifte           | 1481<br>7346                                 | 8752<br>13337   | Form A = Regelausführung (bisher 0 - 12 mm)<br>mit 2 Fasen (bisher 0 - 6 mm)<br>zusätzlich Form B = nicht verhakend |
|                                |  | 7343<br>7344                                 | 8750<br>8748  | Keine gravierenden Änderungen   |
| –<br>–                         |  | 8749<br>8751                                 | Neu: Stifte, Kerbstifte: Scherversuch<br>Neu: Spiral-Spannstifte: leichte Ausführung  |   |
| Gewindestifte mit Schlitz      | 417<br>438<br>551<br>553                     | 7435<br>7436<br>4766<br>7434                 | Keine gravierenden Änderungen,<br>DIN und ISO nahezu identisch  |   |
|                                | Bolzen                                       | 1443<br>1444                                 | 2340<br>2341  | Teilweise andere Nennlängen,<br>Längentoleranzen geändert   |
|                                |  | 1433<br>1434<br>1435<br>1436                 | –<br>–<br>–<br>–  | Diese Normen wurden zurückgezogen (1.94),<br>vergleichbar sind jedoch die ISO 2340/2341                             |
|                                |  | Scheiben für Bolzen                          | 1440  | 8738  |

**Vergleich DIN EN ISO 10642 – DIN 7991**

- Bei der DIN EN ISO 10642 sind die Maße M 18, M 22 und M 24 im Gegensatz zur DIN 7991 nicht aufgeführt.
- Zusätzlich zur Festigkeitsklasse 8.8 beinhaltet die DIN EN ISO 10642 auch höhere Festigkeitsklassen (10.9 und 12.9). Diese Klassen sind in der DIN 7991 nicht erfasst.
- Während in der DIN EN ISO 10642 lediglich der Werkstoff Stahl aufgeführt ist, werden in der DIN 7991 zusätzlich nichtrostender Stahl und Nichteisenmetall aufgeführt.
- Die Ausführung mit Schaft beginnt bei DIN EN ISO 10642 tendenziell erst bei größeren Längen als bei der DIN 7991.
- Bei der DIN EN ISO 10642 wurde der Wert „w“ eingeführt, der den Grund unter dem Kraftangriff bemisst. Stattdessen ist in der DIN 7991 die maximale Eindringtiefe „t max“ bemisst.

Weitere Abweichungen, die Gewindelänge, Kopfdurchmesser und Kopfhöhe betreffen sind folgender Tabelle zu entnehmen:

| Gewindedurchmesser (d) | Gewindelänge (Hilfsmaß) b |               | Kopfdurchmesser d <sub>k</sub> |                  |          |       | Kopfhöhe k       |          |
|------------------------|---------------------------|---------------|--------------------------------|------------------|----------|-------|------------------|----------|
|                        |                           |               | max.                           | min.             | max.     | min.  | max.             |          |
|                        | DIN EN ISO 10642          | DIN 7991      | DIN EN ISO 10642               |                  | DIN 7991 |       | DIN EN ISO 10642 | DIN 7991 |
| <b>M 3</b>             | 18                        | 12            | 6,72                           | 5,54             | 6,0      | 5,70  | 1,86             | 1,7      |
| <b>M 4</b>             | 20                        | 14            | 8,96                           | 7,53             | 8,0      | 7,64  | 2,48             | 2,3      |
| <b>M 5</b>             | 22                        | 16            | 11,20                          | 9,43             | 10,0     | 9,64  | 3,10             | 2,8      |
| <b>M 6</b>             | 24                        | 18 / 24*      | 13,44                          | 11,34            | 12,0     | 11,57 | 3,72             | 3,3      |
| <b>M 8</b>             | 28                        | 22 / 28*      | 17,92                          | 15,24            | 16,0     | 15,57 | 4,96             | 4,4      |
| <b>M 10</b>            | 32                        | 26 / 32 / 45* | 22,40                          | 19,22            | 20,0     | 19,48 | 6,20             | 5,5      |
| <b>M 12</b>            | 36                        | 30 / 36 / 49* | 26,88                          | 23,12            | 24,0     | 23,48 | 7,44             | 6,5      |
| <b>(M 14)</b>          | 40                        | 34 / 40 / 53* | 30,80                          | 26,52            | 27,0     | 26,48 | 8,40             | 7,0      |
| <b>M 16</b>            | 44                        | 38 / 44 / 57* | 33,60                          | 29,01            | 30,0     | 29,48 | 8,80             | 7,5      |
| <b>M 18</b>            | nicht aufgeführt          | 42 / 48 / 61* | nicht aufgeführt               | nicht aufgeführt | 33,0     | 32,38 | nicht aufgeführt | 8,0      |
| <b>M 20</b>            | 52                        | 46 / 52 / 65* | 40,32                          | 36,05            | 36,0     | 35,38 | 10,16            | 8,5      |
| <b>M 22</b>            | nicht aufgeführt          | 50 / 56 / 69* | nicht aufgeführt               | nicht aufgeführt | 36,0     | 35,38 | nicht aufgeführt | 13,1     |
| <b>M 24</b>            | nicht aufgeführt          | 54 / 60 / 73* | nicht aufgeführt               | nicht aufgeführt | 39,0     | 38,38 | nicht aufgeführt | 14,0     |

\*in Abhängigkeit von der Nennlänge



Für den Anwender ist die Belastbarkeit der Verbindungsteile und damit ihre mechanischen Eigenschaften entscheidend. Diese Eigenschaften werden nicht nur durch den verwendeten Werkstoff bestimmt, sondern auch durch den Herstellungsprozess, bei dem sich die Materialeigenschaften verändern können.

Der Drahtabschnitt des Vormaterials hat andere Eigenschaften als die fertige Schraube, die kaltumgeformt und vergütet ist.

### Schrauben aus Stahl

Für Schrauben werden 10 Festigkeitsklassen unterschieden.

| <b>Festigkeitsklassen</b> | 3.6 | 4.6 | 4.8 | 5.6 | 5.8 | 6.8 | 8.8 | 9.8 | 10.9 | 12.9 |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|



Kennzeichnung der Festigkeitsklasse auf dem Schraubenkopf

**Der Hersteller wählt den Werkstoff innerhalb der Normvorgaben aus, mit dem er bei dem fertigen Teil die geforderten Eigenschaften erreicht und liefert.**

**(Verantwortung des Herstellers bzw. Lieferanten)**

**Der Anwender wählt die Festigkeitsklasse aus, die für seinen Anwendungsfall die richtigen mechanischen Eigenschaften hat.**

**(Verantwortung des Konstrukteurs)**

Diese Festigkeitsklassen werden mit zwei Zahlen bezeichnet.

Die erste Zahl ist die Mindestzugfestigkeit in  $\text{N/mm}^2 \times 100$ .

Die zweite Zahl ist das Verhältnis der unteren Streckgrenze (oder 0,2 Dehngrenze) zur Zugfestigkeit :10.

Kennzeichnung am Beispiel der Festigkeitsklasse 5.6:

1. Zahl: 5 x 100 = 500 N/mm<sup>2</sup> Mindestzugfestigkeit

2. Zahl: 6 x 10 = 60 % von 500 = 300 N/mm<sup>2</sup> Streckgrenze

**Bezeichnungssystem der Festigkeitsklassen**

| Nennzugfestigkeit N/mm <sup>2</sup> | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 7                                   |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 8                                   |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 9                                   |     |     |     | 6.8 |     |     |     |      |      | 12.9 |      |      |
| 10                                  |     |     |     |     |     |     |     | 10.9 |      |      |      |      |
| 11                                  |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 12                                  |     |     | 5.8 |     |     |     | 9.8 |      |      |      |      |      |
| 13                                  |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 14                                  |     |     |     |     |     | 8.8 |     |      |      |      |      |      |
| 15                                  |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 16                                  |     | 4.8 |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 17                                  |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 18                                  |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 19                                  |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 20                                  |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 21                                  |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 22                                  |     |     | 5.6 |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 23                                  |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 24                                  |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 25                                  |     | 4.6 |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 26                                  |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 27                                  |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 28                                  |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 29                                  |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 30                                  | 3.6 |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |

aus DIN EN ISO 898-1

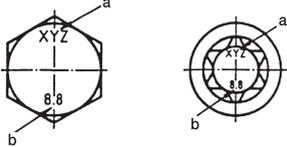
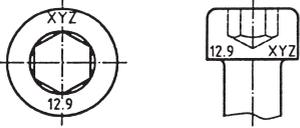
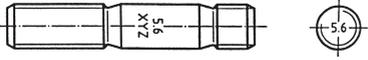
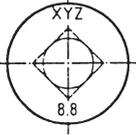
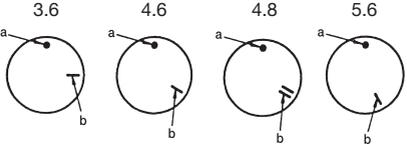
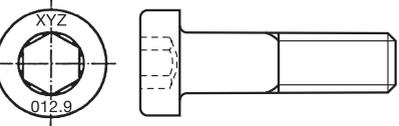
Die aufgeführten Festigkeitsklassen gelten nicht für alle Arten genormter Schrauben. In den einzelnen Produktnormen ist eine sinnvolle Auswahl der Festigkeitsklassen getroffen worden.

Mechanische und physikalische Eigenschaften

| Nr. | Mechanische oder physikalische Eigenschaft                              |   | Festigkeitsklassen      |                  |      |                  |                        |                   |                     |      |                   |                   |      |
|-----|---|---|-------------------------|------------------|------|------------------|------------------------|-------------------|---------------------|------|-------------------|-------------------|------|
|     |   |   | 4.6                     | 4.8              | 5.6  | 5.8              | 6.8                    | 8.8               |                     | 9.8  | 10.9              | 12.9/<br>12.9     |      |
|     |   |   |                         |                  |      |                  | $d \leq 16\text{mm}^a$ |                   | $d > 16\text{mm}^a$ |      |                   |                   |      |
| 1   | Zugfestigkeit, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>                                | nom.c   | 400                     |                  | 500  |                  | 600                    |                   | 800                 |      | 900               | 1000              | 1200 |
|     |   | min.  | 400                     | 420              | 500  | 520              | 600                    | 800               | 830                 | 900  | 1040              | 1220              |      |
| 2   | Untere Streckgrenze, $R_{eL}^a$ , N/mm <sup>2</sup>                     | nom.c   | 240                     | –                | 300  | –                | –                      | –                 | –                   | –    | –                 | –                 | –    |
|     |   | min.  | 240                     | –                | 300  | –                | –                      | –                 | –                   | –    | –                 | –                 | –    |
| 3   | 0,2 %-Dehngrenze, $R_{p0,2}$ , N/mm <sup>2</sup>                        | nom.c   | –                       | –                | –    | –                | –                      | 640               | 640                 | 720  | 900               | 1080              | –    |
|     |   | min.  | –                       | –                | –    | –                | –                      | 640               | 660                 | 720  | 940               | 1100              | –    |
| 4   | 0,0048 $d$ Dehngrenze für ganze Schrauben, $R_{pf}$ , N/mm <sup>2</sup> | nom.c   | –                       | 320              | –    | 400              | 480                    | –                 | –                   | –    | –                 | –                 | –    |
|     |   | min.  | –                       | 340 <sup>a</sup> | –    | 420 <sup>a</sup> | 480 <sup>a</sup>       | –                 | –                   | –    | –                 | –                 | –    |
| 5   | Spannung unter Prüfkraft, $S_p$ , N/mm <sup>2</sup>                     | nom.  | 225                     | 310              | 280  | 380              | 440                    | 580               | 600                 | 650  | 830               | 970               | –    |
|     |   | Prüffestigkeits-Verhältnis $\frac{S_{p,nom}/R_{eL\ min}}{S_{p,nom}/R_{p0,2\ min}}$ oder $\frac{S_{p,nom}/R_{pf\ min}}{S_{p,nom}/R_{pf\ min}}$ | oder                    | 0,94             | 0,91 | 0,93             | 0,90                   | 0,92              | 0,91                | 0,91 | 0,90              | 0,88              | 0,88 |
| 6   | Prozentuale Bruchdehnung einer abgedrehten Probe, $A$ , %               | min.  | 22                      | –                | 20   | –                | –                      | 12                | 12                  | 10   | 9                 | 8                 | –    |
| 7   | Prozentuale Brucheinschnürung einer abgedrehten Probe, $Z$ , %          | min.  | –                       |                  |      |                  |                        | 52                |                     | 48   | 48                | 44                | –    |
| 8   | Bruchverlängerung einer ganzen Schraube, $A_f$ (siehe auch Anhang C)    | min.  | –                       | 0,24             | –    | 0,22             | 0,20                   | –                 | –                   | –    | –                 | –                 | –    |
| 9   | Kopfschlagzähigkeit   |   | Kein Bruch              |                  |      |                  |                        |                   |                     |      |                   |                   |      |
| 10  | Vickershärte, HV $F \geq 98\text{ N}$                                   | min.  | 120                     | 130              | 155  | 160              | 190                    | 250               | 255                 | 290  | 320               | 385               | –    |
|     |   | max.  | 220 <sup>a</sup>        |                  |      |                  |                        | 250               | 320                 | 335  | 360               | 380               | 435  |
| 11  | Brinellhärte, HBW $F = 30\text{ D}^b$                                   | min.  | 114                     | 124              | 147  | 152              | 181                    | 238               | 242                 | 276  | 304               | 366               | –    |
|     |   | max.  | 209 <sup>a</sup>        |                  |      |                  |                        | 238               | 304                 | 318  | 342               | 361               | 414  |
| 12  | Rockwellhärte, HRB  | min.  | 67                      | 71               | 79   | 82               | 89                     | –                 |                     |      |                   |                   |      |
|     |   | max.  | 95,0 <sup>a</sup>       |                  |      |                  |                        | 99,5              | –                   |      |                   |                   |      |
| 12  | Rockwellhärte, HRC  | min.  | –                       |                  |      |                  |                        | 22                | 23                  | 28   | 32                | 39                | –    |
|     |   | max.  | –                       |                  |      |                  |                        | 32                | 34                  | 37   | 39                | 44                | –    |
| 13  | Oberflächenhärte, HV 0,3  | max.  | –                       |                  |      |                  |                        | h                 |                     |      | h, i              | h, j              |      |
| 14  | Höhe der nichtentkohlten Gewindezone, $E$ , mm                          | min.  | –                       |                  |      |                  |                        | $\frac{1}{2} H_1$ |                     |      | $\frac{2}{3} H_1$ | $\frac{3}{4} H_1$ |      |
|     | Tiefe der Auskohlung im Gewinde, $G$ , mm max.                          |   | –                       |                  |      |                  |                        | 0,015             |                     |      |                   |                   |      |
| 15  | Härteabfall nach Wiederanlassen (Härten), HV                            | max.  | –                       |                  |      |                  |                        | 20                |                     |      |                   |                   |      |
| 16  | Bruchdrehmoment, $M_B$ , Nm   | min.  | –                       |                  |      |                  |                        | nach ISO 898-7    |                     |      |                   |                   |      |
| 17  | Kerbschlagarbeit, $K_V^{A,1}$ , J                                       | min.  | –                       | 27               | –    |                  | 27                     | 27                | 27                  | 27   | 27                | m                 |      |
| 18  | Oberflächenzustand nach   |   | ISO 6157-1 <sup>a</sup> |                  |      |                  |                        |                   |                     |      |                   | ISO 6157-3        |      |

Auszug aus DIN EN ISO 898-1

**Kennzeichnung für Schrauben aus Stahl**

|   |   |                   |     |      |      |      |      |             |   |   |   |   |
|---|---|-------------------|-----|------|------|------|------|-------------|---|---|---|---|
| <p>Sechskantschrauben und Außensechsrund<br/>alle Festigkeitsklassen ab Gewindedurchmesser M5<br/>mit Hersteller (a) und Festigkeitsklasse (b)</p>  |   |                   |     |      |      |      |      |             |   |   |   |   |
| <p>Zylinderschrauben mit Innensechskant und<br/>Innensechsrund für 8.8 und höher ab Gewindedurchmesser<br/>M5 mit Hersteller und Festigkeitsklasse</p>  |   |                   |     |      |      |      |      |             |   |   |   |   |
| <p>Stiftschrauben 5.6, 8.8 und höher<br/>ab Gewindedurchmesser M5<br/>mit Hersteller und Festigkeitsklasse<br/>oder Kennzeichen</p>   |   |                   |     |      |      |      |      |             |   |   |   |   |
|   | <table border="1"> <tr> <td>Festigkeitsklasse</td> <td>5.6</td> <td>8.8</td> <td>9.8</td> <td>10.9</td> <td>12.9</td> </tr> <tr> <td>Kennzeichen</td> <td>—</td> <td>○</td> <td>+</td> <td>□</td> <td>△</td> </tr> </table> | Festigkeitsklasse | 5.6 | 8.8  | 9.8  | 10.9 | 12.9 | Kennzeichen | — | ○ | + | □ |
| Festigkeitsklasse   | 5.6   | 8.8               | 9.8 | 10.9 | 12.9 |      |      |             |   |   |   |   |
| Kennzeichen   | —   | ○                 | +   | □    | △    |      |      |             |   |   |   |   |
| <p>Flachrundschraben mit Vierkantansatz<br/>8.8 und höher ab Gewindedurchmesser M5<br/>mit Hersteller und Festigkeitsklasse</p>   |    |                   |     |      |      |      |      |             |   |   |   |   |
| <p>Kleine Schrauben und andere Kopfformen<br/>Kennzeichnung nach dem Uhrzeigersystem<br/>12-Uhr-Position durch einen Punkt oder das<br/>Herstellerzeichen (a).<br/>Die Festigkeitsklasse ist durch einen Strich (b)<br/>gekennzeichnet</p>  |    |                   |     |      |      |      |      |             |   |   |   |   |
| <p>Schrauben mit Linksgewinde sind mit einem Pfeil<br/>auf dem Kopf oder am Gewindeende oder mit<br/>Einkerbungen am Sechskant markiert</p>   |   |                   |     |      |      |      |      |             |   |   |   |   |
| <p>Schrauben mit reduzierter Belastbarkeit, die z.B. nicht über<br/>den erforderlichen Bruchquerschnitt des Schraubenkopfs<br/>aufweisen, müssen nach DIN EN ISO 898-1 (2009) mit einer<br/>0 vor der Festigkeitsklasse versehen sein (Beispiel 012.9). Die<br/>Produkte sind teilweise genormt, z.B. Zylinderschrauben mit<br/>niedrigem Kopf oder EN ISO 7380 Linsenkopfschrauben mit<br/>Innensechskant.</p> |   |                   |     |      |      |      |      |             |   |   |   |   |

aus DIN EN ISO 898-1

## Muttern aus Stahl

Bei den Festigkeitsklassen für Muttern wird nur eine Kennzahl angegeben. Diese Zahl gibt ca. 1/100 der Prüfspannung in N/mm<sup>2</sup> an. Das entspricht der Mindestzugfestigkeit der dazugehörigen Schraube.

Eine Schraube der Festigkeitsklasse 8.8 wird mit

einer Mutter der Festigkeitsklasse 8 (oder höher) gepaart. Die Schraube kann in dieser Verbindung bis zur Streckgrenze belastet werden.

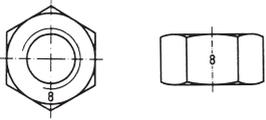
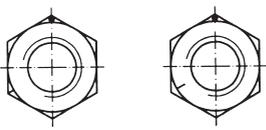
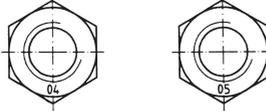
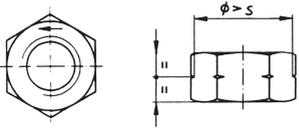
Es existieren allerdings auch Muttern mit eingeschränkter Belastbarkeit (siehe nächste Seite).

### Prüfkraft für Muttern ISO 4032 mit Regelgewinde

| Gewinde      | Gewinde-<br>stei-<br>gung | Nenn-<br>span-<br>nungs-<br>quer-<br>schnitt<br>des<br>Prüfdorns<br>$A_S$ | Festigkeitsklasse |        |        |        |        |         |                                   |         |
|--------------|---------------------------|---|-------------------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------------------------------|---------|
|              |                           |   | 4                 | 5      | 6      | 8      | 10     | 12      | Prüfkraft ( $A_S \times S_p$ ), N |         |
|              |                           |   | Typ 1             | Typ 1  | Typ 1  | Typ 1  | Typ 2  | Typ 1   | Typ 1                             | Typ 2   |
| <b>M 3</b>   | 0,5                       | 5,03  | –                 | 2600   | 3000   | 4000   | –      | 5200    | 5700                              | 5800    |
| <b>M 3,5</b> | 0,6                       | 6,78  | –                 | 3550   | 4050   | 5400   | –      | 7050    | 7700                              | 7800    |
| <b>M 4</b>   | 0,7                       | 8,78  | –                 | 4550   | 5250   | 7000   | –      | 9150    | 10000                             | 10100   |
| <b>M 5</b>   | 0,8                       | 14,2  | –                 | 8250   | 9500   | 12140  | –      | 14800   | 16200                             | 16300   |
| <b>M 6</b>   | 1                         | 20,1  | –                 | 11700  | 13500  | 17200  | –      | 20900   | 22900                             | 23100   |
| <b>M 7</b>   | 1                         | 28,9  | –                 | 16800  | 19400  | 24700  | –      | 30100   | 32900                             | 33200   |
| <b>M 8</b>   | 1,25                      | 36,6  | –                 | 21600  | 24900  | 31800  | –      | 38100   | 41700                             | 42500   |
| <b>M 10</b>  | 1,5                       | 58,0  | –                 | 34200  | 39400  | 50500  | –      | 60300   | 66100                             | 67300   |
| <b>M 12</b>  | 1,75                      | 84,3  | –                 | 51400  | 59000  | 74200  | –      | 88500   | 98600                             | 100300  |
| <b>M 14</b>  | 2                         | 115   | –                 | 70200  | 80500  | 101200 | –      | 120800  | 134600                            | 136900  |
| <b>M 16</b>  | 2                         | 157   | –                 | 95800  | 109900 | 138200 | –      | 164900  | 183700                            | 186800  |
| <b>M 18</b>  | 2,5                       | 192   | 97900             | 121000 | 138200 | 176600 | 170900 | 203500  | –                                 | 230400  |
| <b>M 20</b>  | 2,5                       | 245   | 125000            | 154400 | 176400 | 225400 | 218100 | 259700  | –                                 | 294000  |
| <b>M 22</b>  | 2,5                       | 303   | 154500            | 190900 | 218200 | 278800 | 269700 | 321200  | –                                 | 363600  |
| <b>M 24</b>  | 3                         | 353   | 180000            | 222400 | 254200 | 324800 | 314200 | 374200  | –                                 | 423600  |
| <b>M 27</b>  | 3                         | 459   | 234100            | 289200 | 330500 | 422300 | 408500 | 486500  | –                                 | 550800  |
| <b>M 30</b>  | 3,5                       | 561   | 286100            | 353400 | 403900 | 516100 | 499300 | 594700  | –                                 | 673200  |
| <b>M 33</b>  | 3,5                       | 694   | 353900            | 437200 | 499700 | 638500 | 617700 | 735600  | –                                 | 832800  |
| <b>M 36</b>  | 4                         | 817   | 416700            | 514700 | 588200 | 751600 | 727100 | 866000  | –                                 | 980400  |
| <b>M 39</b>  | 4                         | 976   | 497800            | 614900 | 702700 | 897900 | 868600 | 1035000 | –                                 | 1171000 |

Auszug aus DIN EN 20898-2

**Kennzeichnung für Muttern mit Festigkeitsklassen**

|   |  |
|---|--|
| <p>Sechskantmuttern aller Festigkeitsklassen ab Gewindedurchmesser M5 auf der Auflage- oder Schlüsselfläche</p>   |  |
| <p>Kennzeichnung nach dem Uhrzeigersystem. Die 12-Uhr-Position wird durch einen Punkt oder das Herstellerzeichen festgelegt, die Festigkeitsklasse durch einen Strich.</p>                  |  |
| <p>Muttern mit Nennhöhen <math>\geq 0,5 D</math> jedoch <math>&lt; 0,8 D</math> werden mit einer zweistelligen Zahl gekennzeichnet. Die Belastbarkeit dieser Muttern ist eingeschränkt.</p> |  |
| <p>Muttern mit Linksgewinde werden mit einem Pfeil auf der Auflagefläche vertieft gekennzeichnet oder mit Kerben.</p>   |  |

aus DIN EN 20898-2

**Muttern mit eingeschränkter Belastbarkeit**

Muttern nach der zurückgezogenen Norm **DIN 934** (mit Nennhöhen von ca. 0,8 d) sind nicht mit Sicherheit bis zur Streckgrenze der dazugehörigen Schraube belastbar. Zur Unterscheidung wird die Kennzeichnung der Festigkeitsklasse durch zwei senkrechte Balken vor und hinter der Kennzahl ergänzt, z. B. l8l statt 8.

Muttern mit Nennhöhen  $\geq 0,5 D$ , jedoch  $< 0,8 d$  werden mit den Festigkeitsklassen 04 und 05 gekennzeichnet. Für diese flachen Muttern sind in DIN EN 20898-2 Prüfkräfte und Abstreiffestigkeiten festgelegt.

| Festigkeitsklasse der Mutter | Prüfspannung der Mutter N/mm <sup>2</sup> | Mindestspannung in der Schraube vor dem Abstreifen in N/mm <sup>2</sup> bei Paarung mit Schrauben der Festigkeitsklasse |     |      |      |
|------------------------------|---|---|-----|------|------|
|                              |   | 6.8   | 8.8 | 10.9 | 12.9 |
| 04                           | 380                                       | 260   | 300 | 330  | 350  |
| 05                           | 500                                       | 290   | 370 | 410  | 480  |

aus DIN EN 20898-2



Diese Muttern werden mit den Zahlen der Festigkeitsklassen gekennzeichnet, also mit 04 oder 05.

Für **Muttern mit Härteklassen** sind keine Prüfkräfte festgelegt. Die Festigkeitsklassen werden nach der Mindesthärte benannt. Die Zahlen geben 1/10 der Mindesthärte nach Vickers HV 5 an.

| Mechanische Eigenschaft |      | Festigkeitsklasse |      |      |      |
|-------------------------|------|-------------------|------|------|------|
|                         |      | 11H               | 14 H | 17 H | 22 H |
| Vickershärte HV 5       | min. | 110               | 140  | 170  | 220  |
|                         | max. | 185               | 215  | 245  | 300  |
| Brinellhärte HB 30      | min. | 105               | 133  | 162  | 209  |
|                         | max. | 176               | 204  | 233  | 285  |

aus DIN 267-24

## Gewindestifte

Gewindestifte und ähnliche nicht auf Zug beanspruchte Gewindeteile aus Kohlenstoffstahl und aus legiertem Stahl, sind nach DIN EN ISO 898 Teil 5 genormt.

Die Festigkeitsklassen orientieren sich an den Härten nach Vickers.



Gewindestift mit Schlitz und Kegelkuppe



Gewindestift mit Innensechskant und Kegelkuppe

| Festigkeitsklasse    | 14 H | 22 H | 33 H | 45 H |
|----------------------|------|------|------|------|
| Vickershärte HV min. | 140  | 220  | 330  | 450  |

aus DIN EN ISO 898-5

Eine Kennzeichnung mit der Festigkeitsklasse ist für diese Teile nicht vorgeschrieben.

**Schrauben und Muttern aus nichtrostenden Stählen**

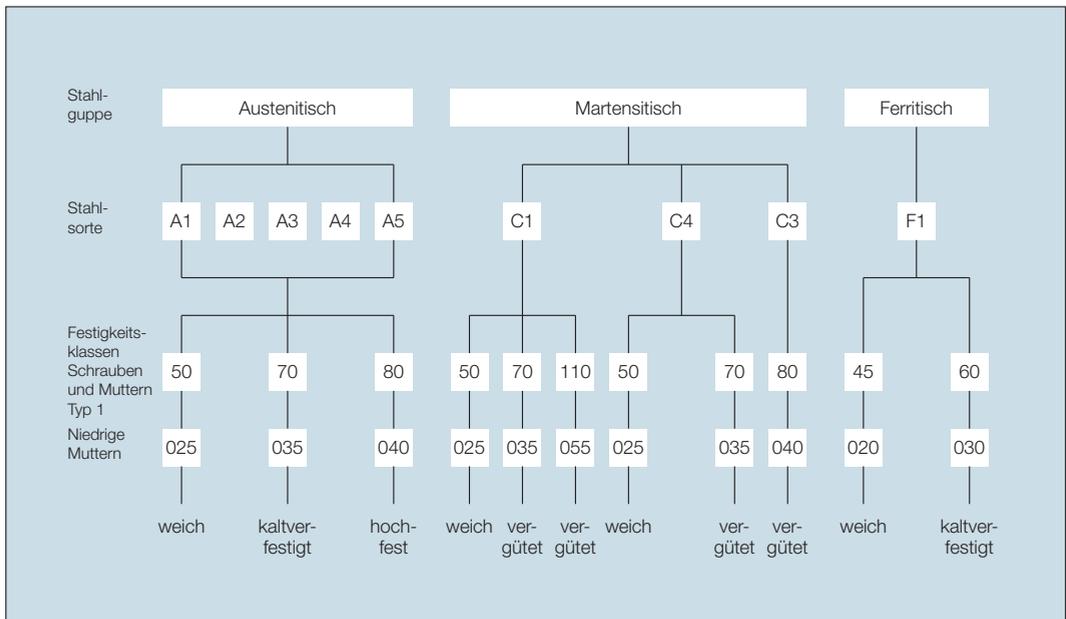
Neben den üblichen Festigkeitsklassen werden häufig Verbindungselemente aus nichtrostendem Stahl eingesetzt. Dieses Material hat eine hohe Funktionssicherheit und eine lange Lebensdauer.

Bei niedriglegierten Stählen bildet sich auf der Oberfläche Eisenoxid (Rost). Bei legierten Stählen, mit einem Chromanteil ab 12 %, bildet

sich Chromoxyd. Diese Verbindung schützt die Oberfläche vor Korrosion. Der Stahl ist rostbeständig.

Die rost- und säurebeständigen Verbindungselemente werden nach DIN EN ISO 3506 Teil 1 in Stahlgruppen, Stahlsorten und Festigkeitsklassen eingeteilt.

**Bezeichnungssysteme für nichtrostende Schrauben**



aus DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN ISO 3506-2

Ferritische Stähle F1 sind magnetisch. Martensitische Stähle C1, C3 und C4 sind härtbar, aber nur begrenzt korrosionsbeständig.

Austenitische Stähle mit den Bezeichnungen A2 und A4 werden am häufigsten eingesetzt.

**A** steht für **Austenitischen Chrom-Nickel-Stahl** mit einem Legierungsbestandteil von 15 – 20 % Chrom und 5 – 15 % Nickel.

- A1** Für spanabhebende Bearbeitung mit ca. 2 % Kupferanteil.  
Hat eine geringere Korrosionsbeständigkeit.
- A2** Häufig eingesetzte Stahlsorte mit ca. 18 % Chrom und ca. 8 % Nickel.  
Gute Rostbeständigkeit.  
Nicht geeignet für salz- und chlorhaltiges Wasser.
- A3** Eigenschaften wie A2.  
Stabilisiert mit Ti, Nb oder Ta, dadurch auch bei hohen Temperaturen keine Chromkarbidbildung.
- A4** Häufig eingesetzter Werkstoff.  
Säurebeständig durch 2-3 % Molybdänanteil,  
dadurch auch geeignet für salz- und chlorhaltiges Wasser
- A5** Eigenschaften wie A4, jedoch stabilisiert wie A3.

Schrauben aus diesen Stahlsorten werden in die Festigkeitsklassen 50, 70 und 80 eingeteilt. Diese Zahlen geben 1/10 der Mindestzugfestigkeit in N/mm<sup>2</sup> an.

### Mechanische Eigenschaften von Schrauben aus austenitischen Stählen

| Stahlgruppe  | Stahlsorte                     | Festigkeitsklasse | Durchmesserbereich   | Zugfestigkeit $R_m^{1)}$<br>N/mm <sup>2</sup><br>min. | 0,2%-Dehngrenze $R_p 0,2^{1)}$<br>N/mm <sup>2</sup><br>min. | Bruchdehnung $A^{2)}$<br>mm<br>min. |
|--------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|---|---|-------------------------------------|
| Austenitisch | <b>A 1, A 2, A 3, A 4, A 5</b> | 50                | ≤ M 39               | 500   | 210   | 0,6 <i>d</i>                        |
|              |                                | 70                | ≤ M 24 <sup>3)</sup> | 700   | 450   | 0,4 <i>d</i>                        |
|              |                                | 80                | ≤ M 24 <sup>3)</sup> | 800   | 600   | 0,3 <i>d</i>                        |

<sup>1)</sup> Die Zugspannung ist bezogen auf den Spannungsquerschnitt berechnet.

<sup>2)</sup> Die Bruchdehnung ist an der jeweiligen Länge der Schraube und nicht an abgedrehten Proben zu bestimmen. *d* ist der Nenndurchmesser.

<sup>3)</sup> Für Verbindungselemente mit Gewinde-Nenndurchmessern *d* > 24 mm müssen die mechanischen Eigenschaften zwischen Anwender und Hersteller vereinbart werden. Sie müssen mit der Stahlsorte und Festigkeitsklasse nach dieser Tabelle gekennzeichnet werden.

aus DIN EN ISO 3506-1

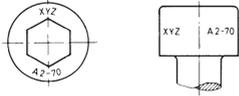
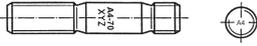
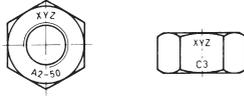
Austenitische Chrom-Nickel-Stähle sind nicht härtbar.

Die höheren Festigkeitsklassen 70 und 80 werden durch die Pressdrücke bei der Kaltumformung erreicht. Obwohl diese Stahlsorten nicht

magnetisch sind, können die Teile durch die Kaltumformung schwach magnetisch werden.

Warmumgeformt oder spanabhebend gefertigt werden die Teile in der Festigkeitsklasse 50 geliefert.

**Kennzeichnungen für Schrauben und Muttern aus rost- und säurebeständigen Stählen**

|  |  |
|--|--|
| <p>Sechskantschrauben<br/>ab Gewindedurchmesser M5<br/>auf dem Kopf mit Hersteller,<br/>Stahlsorte und Festigkeitsklasse</p>   |     |
| <p>Innensechskantschrauben<br/>ab Gewindedurchmesser M5<br/>auf oder am Kopf mit Hersteller,<br/>Stahlsorte und Festigkeitsklasse</p>  |    |
| <p>Stiftschrauben ab M6<br/>auf dem gewindefreien Teil mit Hersteller,<br/>Stahlsorte und Festigkeitsklasse<br/>oder mit der Stahlsorte auf der Kuppe des<br/>Muttergewindes</p> |    |
| <p>Sechskantmuttern<br/>ab Gewindedurchmesser M5 mit Hersteller,<br/>Stahlsorte und Festigkeitsklasse</p>  |    |
| <p>Sechskantmuttern alternativ<br/>bei spanabhender Fertigung,<br/>A2 mit einer Kerbe,<br/>A4 mit zwei Kerben</p>  |  |

aus DIN EN ISO 3506-2

## Schrauben und Muttern aus warmfesten und kaltzähnen Stählen

Für den Einsatz bei sehr hohen und sehr niedrigen Temperaturen werden für Schrauben und Muttern in DIN 267 Teil 13 geeignete Werkstoffe empfohlen.

keitsklassen. Der Konstrukteur legt den Werkstoff fest, der für die Betriebsbedingungen geeignet ist und den technischen Vorschriften entspricht.

Für diese Anwendungsfälle gibt es keine Festig-

## Stähle und Nickellegierungen nach DIN EN 10269 für tiefe oder hohe Betriebstemperaturen

| In DIN EN 10269 dokumentierter Temperaturbereich |                       |                       | Werkstoff       |        |                     |                      | Härte HV der Schraube und/oder Mutter |      |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------|--------|---------------------|----------------------|---------------------------------------|------|
| min.   | Kurzzeit <sup>a</sup> | Langzeit <sup>b</sup> | Kurzzeichen     | Nummer | Kurzname            | Zustand <sup>c</sup> | min.                                  | max. |
| - 120° C   | -                     | -                     | KB              | 1.5680 | X12Ni5              | + NT                 | 157                                   | 203  |
|  |                       |                       |                 |        |                     | + QT                 | 173                                   | 235  |
| -  | 400° C                | 500° C                | Y <sup>d</sup>  | 1.1181 | C35E                | + N                  | 150                                   | 200  |
| -  | 400° C                | 500° C                | YK              | 1.1181 | C35E                | + QT                 | 165                                   | 210  |
| -  | 400° C                | -                     | YB              | 1.5511 | 35B29               | + QT                 | 165                                   | 210  |
| - 60° C  | 500° C                | 550° C                | KG              | 1.7218 | 25CrMo4             | + QT                 | 195                                   | 240  |
| - 100° C   | 500° C                | -                     | GC              | 1.7225 | 42CrMo4             | + QT                 | 275                                   | 337  |
| -  | 500° C                | 550° C                | GA              | 1.7709 | 21CrMoV5-7          | + QT                 | 225                                   | 272  |
| -  | 600° C                | 550° C                | GB              | 1.7711 | 40CrMoV4-6          | + QT                 | 272                                   | 320  |
| -  | 500° C                | 600° C                | V <sup>e</sup>  | 1.4923 | X22CrMoV12-1        | + QT 1 <sup>e</sup>  | 256                                   | 303  |
| -  | 500° C                | 600° C                | VH <sup>f</sup> | 1.4923 | X22CrMoV12-1        | + QT 2 <sup>f</sup>  | 287                                   | 367  |
| -  | 600° C                | 600° C                | VW              | 1.4913 | X19CrMoVNbN11-1     | + QT                 | 287                                   | 367  |
| -  | 650° C                | 670° C                | S               | 1.4986 | X7CrNiMoNb16-16     | + WW + P             | 210                                   | 272  |
| - 196° C   | 650° C                | 650° C                | SD              | 1.4980 | X6NiCrTiMoVB25-15-2 | + AT + P             | 287                                   | 367  |
| - 196° C   | 650° C                | 800° C                | SB              | 2.4952 | NiCr20TiAl          | + AT + P             | 320                                   | 417  |

a Obergrenze der Temperaturbereiche mit angegebenen Dehngrenzen und Zugfestigkeiten

b Obergrenze der Temperaturbereiche mit angegebenen Zeitdehngrenzen und Zeitstandfestigkeiten

c + N: normalgeglüht

+ NT: normalgeglüht und angelassen

+ QT: vergütet, d. h. gehärtet und angelassen

+ WW: warmverfestigt

+ AT: lösungsgeglüht und abgeschreckt

+ P: ausscheidungsgehärtet

d Nur für Muttern

e Kennzeichen V für Werkstoff X22CrMoV12-1 nach DIN EN 10269 mit der 0,2%-Dehngrenze  $R_{p0,2} \geq 600 \text{ N/mm}^2$  (+ QT 1)

f Kennzeichen VH für Werkstoff X22CrMoV12-1 nach DIN EN 10269 mit der 0,2%-Dehngrenze  $R_{p0,2} \geq 700 \text{ N/mm}^2$  (+ QT 2)

g Siehe auch VdTÜV Werkstoffblatt 490

Für den Einsatz von austenitischen Werkstoffen bei tiefen Temperaturen bis -200°C gilt die nachstehende Tabelle. Die Eigenschaften müssen den in DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN

ISO 3506-2 festgelegten Anforderungen für die jeweiligen Stahlsorten und Festigkeitsklassen entsprechen.

**Austenitische Werkstoffe nach DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN ISO 3506-2 für tiefe Betriebstemperaturen**

| untere Grenze der Betriebstemperatur im Dauerbetrieb (Anhaltswert) | Stahlsorte <sup>a</sup> | Festigkeitsklasse |        |
|--|-------------------------|-------------------|--------|
|  |                         | Schraube          | Mutter |
| - 60° C <sup>b</sup>   | A2                      | 50                | 50     |
| - 200° C <sup>c</sup>  | A3                      |                   | 70     |
|  | A4                      | 70                | 80     |
|  | A5                      |                   |        |

a Kupfergehalt ≤ 1% (eingeschränkt gegenüber DIN EN ISO 3506-1 und -2)

b Schrauben mit Kopf

c Schrauben ohne Kopf

**Anmerkung:** Oberhalb dieser Temperaturen sind keine Beeinträchtigungen der Gebrauchstauglichkeit bekannt. Bei tieferen Temperaturen sollte eine dem jeweiligen Anwendungsfall angepasste Überprüfung der Eignung erfolgen.

## Schrauben und Muttern aus Nichteisenmetallen

Bei Nichteisenmetallen (NE) ist der Eisengehalt nicht höher als 50 %. Hierbei werden Leichtmetalle und Schwermetalle unterschieden.

Schwermetalle    Kupfer und Kupferlegierungen, wie Messing, Kuproduer, u. a. Nickel und Nickellegierungen wie Monel

Leichtmetalle    Aluminium und Aluminiumlegierungen, Titan und Titanlegierungen

## Mechanische Eigenschaften für Schrauben aus Nichteisenmetallen

| Werkstoff   |                       |        | Gewinde-Nenn Durchmesser<br>$d$       | Zugfestigkeit<br>$R_m$<br>min. | 0,2%-Dehngrenze<br>$R_p 0,2$<br>min. | Bruchdehnung<br>$A$<br>min. |
|-------------|-----------------------|--------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Kennzeichen | Kurzzeichen           | W-Nr.  |                                       | N/mm <sup>2</sup>              | N/mm <sup>2</sup>                    | %                           |
| CU1         | Cu-ETP oder Cu-FRHC   | 2.0060 | $d \leq M 39$                         | 240                            | 160                                  | 14                          |
| CU2         | CuZn37 (alt Ms 63)    | 2.0321 | $d \leq M 6$<br>$M 6 < d \leq M 39$   | 440<br>370                     | 340<br>250                           | 11<br>19                    |
| CU3         | CUZN39Pb3 (alt Ms 58) | 2.0401 | $d \leq M 6$<br>$M 6 < d \leq M 39$   | 440<br>370                     | 340<br>250                           | 11<br>19                    |
| CU4         | CuSn6                 | 2.1020 | $d \leq M 12$<br>$M 12 < d \leq M 39$ | 470<br>400                     | 340<br>200                           | 22<br>33                    |
| CU5         | CuNi1Si               | 2.0853 | $d \leq M 39$                         | 590                            | 540                                  | 12                          |
| CU6         | CuZn40Mn1Pb           | 2.0580 | $M 6 < d \leq M 39$                   | 440                            | 180                                  | 18                          |
| CU7         | CuAl10Ni5Fe4          | 2.0966 | $M 12 < d \leq M 39$                  | 640                            | 270                                  | 15                          |
| AL1         | AlMg3                 | 3.3535 | $d \leq M 10$<br>$M 10 < d \leq M 20$ | 270<br>250                     | 230<br>180                           | 3<br>4                      |
| AL2         | AlMg5                 | 3.3555 | $d \leq M 14$<br>$M 14 < d \leq M 36$ | 310<br>280                     | 205<br>200                           | 6<br>6                      |
| AL3         | AlSi1MgMn             | 3.2315 | $d \leq M 6$<br>$M 6 < d \leq M 39$   | 320<br>310                     | 250<br>260                           | 7<br>10                     |
| AL4         | AlCu4MgSi             | 3.1325 | $d \leq M 10$<br>$M 10 < d \leq M 39$ | 420<br>380                     | 290<br>260                           | 6<br>10                     |
| AL5         | AlZnMgCu0,5           | 3.4345 | $d \leq M 39$                         | 460                            | 380                                  | 7                           |
| AL6         | AlZn5,5MgCu           | 3.4365 | $d \leq M 39$                         | 510                            | 440                                  | 7                           |

aus DIN EN 28839

## Mechanische Eigenschaften

Beim **Zugversuch** wird eine Schraube oder ein Probestab auf einer Prüfmaschine bis zum Bruch belastet. Unter der Belastung wird die Probe erst elastisch länger. Bei Entlastung geht das Teil in die ursprüngliche Länge zurück.

Bei einer größeren Belastung dehnt sich die Probe dauerhaft, das Teil wird plastisch verformt.

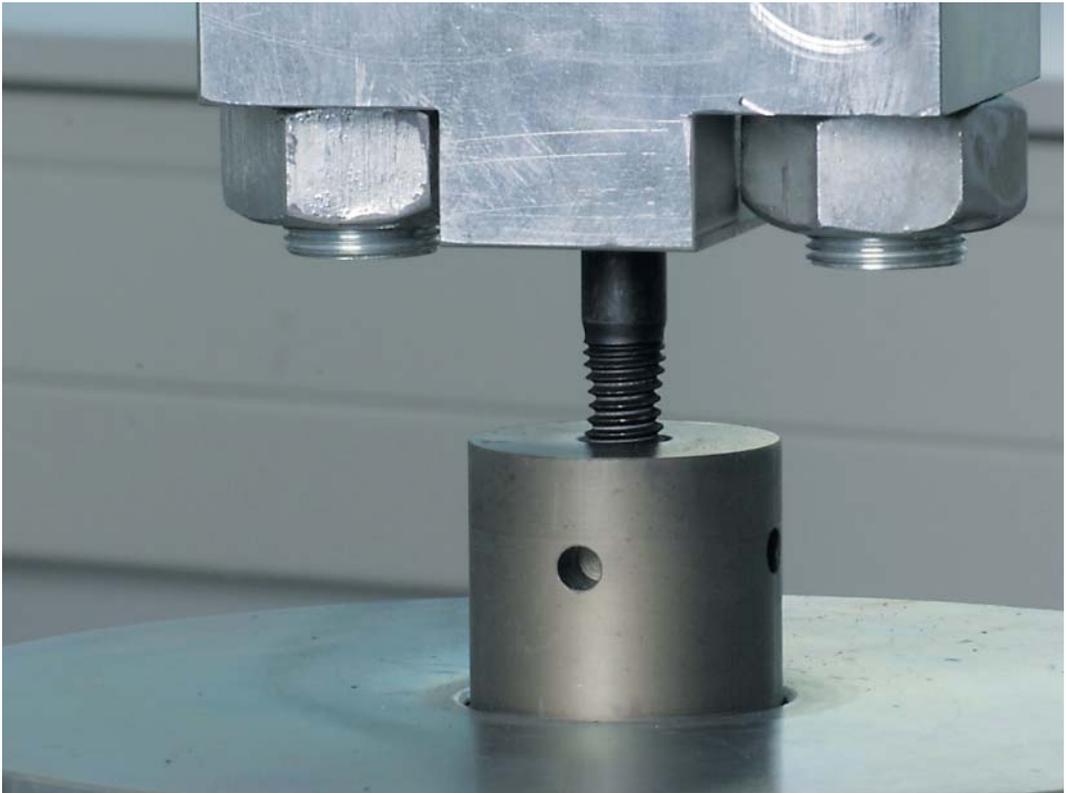
Wird die Belastung weiter erhöht, bricht die Schraube oder der Probestab.



Zugversuch im akkreditierten Labor in Bielefeld

Beim Zugversuch werden folgende Werte ermittelt:

- Re** Die **Streckgrenze** ist der Übergang von der elastischen in die plastische Verformung.  
 $R_{eL}$  ist die untere Streckgrenze  
 $R_{eH}$  ist die obere Streckgrenze
- Rp 0,2** Die 0,2 **Dehngrenze** wird für hochfeste Schrauben ab Festigkeitsklasse 8.8 an Stelle der Streckgrenze gemessen.  
Es ist auch hier der Übergang von der elastischen in die bleibende (plastische) Verformung bei 0,2 % Längenveränderung.  
Für die Berechnung der Schraubenbelastung ist dieser Wert entscheidend.
- Rm** Mit dem Erreichen der **Zugfestigkeit** hat die Probe die höchste Belastung aufgenommen. Danach lässt der Widerstand nach, und die Probe reißt.  
Bei Schrauben darf der Bruch nicht unter dem Kopf eintreten, sondern im Gewinde oder im Schaft.
- A** Die **Bruchdehnung** ist die bleibende Verlängerung in %, bezogen auf die Ausgangslänge.  
Die Bruchdehnung wird an abgedrehten Probestäben ermittelt.



Zugversuch mit einer Schraube

## Härteprüfungen

Bei der Härteprüfung wird der Widerstand gemessen, den der Werkstoff einem eingedrückten Prüfkörper entgegensetzt.

- HB** Härteprüfung nach **Brinell** für weiche bis mittelharte Werkstoffe.  
Eine gehärtete Kugel wird in den Werkstoff eingedrückt.  
Der Eindruckdurchmesser wird gemessen.
  
- HV** Härteprüfung nach **Vickers** für weiche bis harte Werkstoffe.  
Der Eindruck erfolgt mit einer Diamant-Pyramide.  
Die Diagonalen des Eindrucks werden gemessen.
  
- HR** Härteprüfungen nach **Rockwell**. Gemessen wird die Differenz zwischen einer Vorkraft und der Prüfkraft. Die Messung kann direkt am Gerät abgelesen werden.  
HRC und HRA sind Prüfungen mit einem Diamantkegel für harte Werkstoffe.  
HRB und HRF sind Prüfungen mit einer gehärteten Stahlkugel für weiche Werkstoffe.



Härteprüfung im Labor in Bielefeld

## Zusammenstellung der Prüfbescheinigungen

| Bezeichnung der Prüfbescheinigungen nach EN 10204 Art |                            | Inhalt der Bescheinigung   | Bestätigung der Bescheinigung durch  |
|---|----------------------------|--|--|
| 2.1   | Werksbescheinigung         | Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung   | den Hersteller   |
| 2.2   | Werkszeugnis               | Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung, unter Angabe von Ergebnissen nichtspezifischer Prüfung | den Hersteller   |
| 3.1   | Abnahmeprüfungszeugnis 3.1 | Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung, unter Angabe von Ergebnissen spezifischer Prüfung      | den von der Fertigungsabteilung unabhängigen Abnahmebeauftragten des Herstellers   |
| 3.2   | Abnahmeprüfungszeugnis 3.2 | Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung, unter Angabe von Ergebnissen spezifischer Prüfung      | den von der Fertigungsabteilung unabhängigen Abnahmebeauftragten des Herstellers und den vom Besteller beauftragten Abnahmebeauftragten oder den in den amtlichen Vorschriften genannten Abnahmebeauftragten |

Die bescheinigten Werte sind keine „zugesicherten Eigenschaften“. Die Prüfbescheinigungen ersetzen keine Wareneingangsprüfung.

Die Kosten für die Prüfteile, Prüfungen und Prüfbescheinigungen sind nicht im Produktpreis enthalten.

Für den Bereich der Druckbehälter sind von der Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter (AD) Merkblätter erstellt, die auch für Schrauben und Muttern gelten.

- AD-Merkblatt W 2 für austenitische Stähle (rost- und säurebeständig)
- AD-Merkblatt W 7 für Schrauben und Muttern aus ferritischen Stählen
- AD-Merkblatt W10 für Eisenwerkstoffe für tiefe Temperaturen
- TRD 106 für Schrauben und Muttern aus Stahl

(TRD = Technische Regeln für den Dampfkesselbau)

Für den Druckbehälterbereich dürfen nur die vorgeschriebenen Werkstoffe eingesetzt werden.

Die Produkte dürfen nur von zugelassenen Herstellern stammen, deren Produktion von unabhängigen Zertifizierungsstellen überwacht wird.

Diese Hersteller werden regelmäßig auditiert und bekommen eine Zulassung. Die Namen, Adressen und Herstellerzeichen sind in den Merkblättern aufgelistet.

### **Welche Schrauben kann man schweißen?**

Die Eignung zum Schweißen wird von den Legierungselementen im Stahl beeinflusst.

Zum Schweißen geeignet sind

- Schweißmuttern
- Anschweißenden
- Schweißbolzen usw.

In den Funktionsnormen für andere Schrauben und Muttern sind keine Angaben über die Schweißbarkeit enthalten.

Die Festigkeitsklassen legen auch keinen genauen Werkstoff fest, sondern überlassen es dem Hersteller innerhalb eines festgelegten Rahmens, den geeigneten Stahl für seine Fertigungsmethode auszuwählen. Deshalb kann man über die Festigkeitsklasse nicht erkennen, ob sich der Werkstoff zum Schweißen eignet.

Hochfeste Schrauben ab Festigkeitsklasse 8.8 werden vergütet. Durch diese Wärmebehandlung werden die mechanischen Eigenschaften erreicht.

Werden diese Teile beim Schweißen hohen Temperaturen ausgesetzt, dann verändern sich diese Eigenschaften. Das bedeutet, dass ein Verbindungselement nach dem Verschweißen unter Umständen nicht mehr der ursprünglichen Festigkeitsklasse entspricht.

Es gibt auch viele verschiedene Schweißverfahren, die das Materialverhalten unterschiedlich beeinflussen.

***Nur der Schweißfachmann kann entscheiden, ob sich ein Werkstoff für ein bestimmtes Schweißverfahren eignet.***

### Kaltumformung

Schrauben und Muttern werden in der Regel durch Kaltumformung hergestellt. Dieses Verfahren ist ein bildsames Umformen bei Raumtemperatur. Umformen lassen sich unlegierte Stähle, Einsatz- und Vergütungsstähle, nichtrostende und säurebeständige Stähle, Kupfer, Messing, Aluminiumlegierungen.

Die Kaltumformung ist das rationellste Herstellungsverfahren. Wirtschaftlich ist es jedoch nur bei Fertigungslosgrößen mit **hohen Stückzahlen**. Die Kaltumformung ist eine spanlose Formgebungsart und ist bei Schrauben und Bolzen bis zu einem **Schaftdurchmesser von 30 mm** und **Längen bis 300 mm** möglich.

Eine sorgfältige Werkstoffauswahl des Vormaterials ist dabei die erste Voraussetzung für ein einwandfreies Endprodukt. Bei Verbindungselementen ist nach dem Kaltumformen meist ein Wärmebehandlungsprozess notwendig, um die mechanischen Eigenschaften des Materials gezielt zu beeinflussen.

Der Anwender wählt nach den Erfordernissen

des Einsatzgebiets die Festigkeitsklasse, die er für seine Schraubverbindung braucht. Normalerweise wählt er nicht den Ausgangswerkstoff, denn die mechanischen Eigenschaften haben zwar Ihren Ursprung im verwendeten Werkstoff, sie verändern sich aber während des Herstellungsprozesses, sind also verfahrensabhängig. Daher wählt der Hersteller in der Regel den Werkstoff innerhalb der Normvorgaben aus, mit dem er bei dem fertigen Teil die geforderten Eigenschaften erreicht und liefert.

Das Vormaterial wird beim Schraubenhersteller als Draht mit einem Durchmesser von ca. 1–30 mm, aufgewickelt auf Rollen, angeliefert.

Diese Drahtrollen haben ein Gewicht von ca. 1000 kg.

Die Rollen werden vor der Umformung gebeizt, auf den erforderlichen Aussendurchmesser gezogen und gerichtet. Häufig wird der Draht in phosphatiertem Zustand verarbeitet, dadurch wird die Verarbeitung erleichtert und der Werkzeugverschleiß minimiert.



Vormaterial für die Kaltumformung

Von den Rollen wird an den Maschinen (Pressen) ein Rohling abgeschert und weiterbearbeitet. Die Formgebungsverfahren in der Kaltumformung unterscheidet man in Stauchen, Reduzieren und Fließpressen. Diese Verfahren können auch entsprechend miteinander kombiniert werden.

Dadurch sind die Ausführungsmöglichkeiten vielfältig. Bei einzelnen Produkten ist eine Einbindung von spanender Bearbeitung vorgesehen: z. B. bei Sechskantschrauben das Entgraten oder für das Anbringen von speziellen Kuppen oder Bohrungen.

Moderne Technologien lassen aber auch das spanlose Anfertigen von multifunktionellen Merkmalen zu.



*Angewalzte Lackschabanut / Hilfsmerkmal zum Einfädeln der Schraube durch Gewindeflankengestaltung*



*Umformstufen einer Sechskantschraube*

Bei der Kaltumformung von Schrauben kann man zwei Produktgruppen unterscheiden.

1. Relativ einfache Schraubengeometrien werden auf sogenannten Doppeldruckpressen hergestellt. Hierbei wird ein Stauchvorgang in zwei Schritten angewandt: Vorstauchen und Fertigstauchen.
2. Verbindungselemente mit schwierigeren Formen werden durch mehrstufiges Stauchen und Reduzieren mit Segmentstempeln auf sogenannten Mehrstufenpressen hergestellt. Diese Werkzeuge bestehen aus Matrizenseite und Stempelseite.

Nach jedem Presshub wird der Pressrohling mittels Greiferzangen von einer Station zur nächsten Station innerhalb der Matrizenseite weitertransportiert. Hieraus ergibt sich die Stadienfolge bei den Kaltformteilen. Je nach Schraubenausführung werden hierzu unterschiedliche Werkzeugsätze und Pressfolgen benutzt.

Bei einer Sechskantschraube sind die Fertigungsstufen in folgender Reihenfolge angeordnet:

Drahtabschnitt, Vorstauchen und Reduzieren des Schaftes, Stauchen eines runden Kopfes, Abgraten des Kopfes zum Sechskant, Kuppe formen und in einem letzten Arbeitsgang auf einer separaten Maschine wird das Gewinde gerollt oder gewalzt.

### Vorteile der Kaltumformung:

- Der Werkstoff verfestigt sich an den umgeformten Zonen
- Die Zugfestigkeit und die Streckgrenze werden erhöht
- Es entsteht eine glatte Oberfläche
- Der Faserverlauf wird nicht unterbrochen
- Materialfehler werden durch die Umformung sichtbar
- Wirtschaftliche Fertigung

Sechskantmuttern werden üblicherweise auch kaltumgeformt. Als Vormaterial dient, wie bei Sechskantschrauben, Draht mit rundem Querschnitt.



Umformstufen einer Sechskantmutter

### Warmumformung

Das Warmumformen kommt in kleinerem Umfang zum Tragen als die Kaltumformung. Wenn die Stückzahlen für den Kaltumformungsprozess zu gering sind oder das Umformverhältnis zu gross ist, dann ist das Warmumformen eine Herstellungsmöglichkeit.

Das Warmumformen oder Kopfschmieden erfolgt nach der Erwärmung des Vormaterials (ganz oder teilweise) auf Schmiedetemperatur. Hierbei kommt Stangenmaterial zum Einsatz.

Im warmen Zustand ist das Material stark umformbar, so dass auch kompliziertere Formen gefertigt werden können. Das Material wird im Gegensatz zum Kaltumformen nicht verfestigt. Mit dieser Methode lassen sich auch geringe Mengen, im Vergleich zum Kaltumformen, „einfacher“ fertigen. Die Maschinen und Werkzeuge sind bei der Warmumformung weniger aufwendig und kompliziert als bei der Kaltumformung. Die Oberfläche der Teile ist verhältnismäßig rau, ein typisches Merkmal der Warmumformung.

### **Warmumgeformt werden:**

- Große Durchmesser (ab M 30)
- Überlängen (ab 300 mm)
- Komplizierte Formen
- Kleine Stückzahlen  
(Kleinserien oder Prototypen)

Aufgrund der groben Außenstruktur und der großen Fertigungstoleranzen wird an dem warmgeformten Teil oft noch eine spanende Nachbearbeitung durchgeführt.

### **Gesenkschmieden**

In einigen Fällen werden Normteile als Gesenkschmiedeteile hergestellt. Die Gesenke sind übereinander liegende Werkzeuge, die einen Hohlraum bilden. Der Rohling wird auf Schmiedetemperatur erhitzt und in diesem Hohlraum in die gewünschte Form gedrückt.

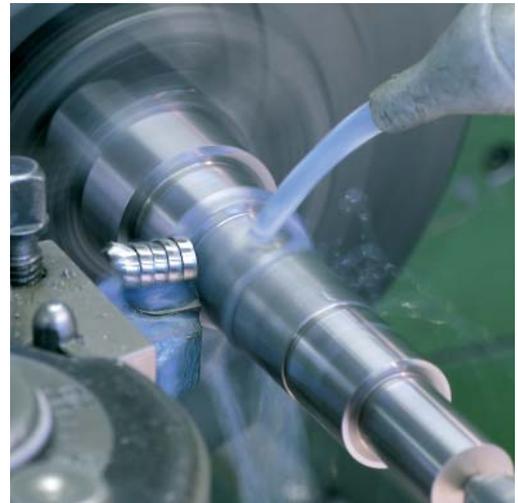
### **Spanabhebende Fertigung**

Spanabhebend gefertigte Teile werden üblicherweise als Drehteile bezeichnet. Auch einige Verbindungselemente werden spanend hergestellt. Beispiel: Rändelschrauben. Auch bei Teilen mit speziellen Konturen, kleinen Radien oder gewünschten scharfen Kanten bietet sich das Verfahren als Herstellungs- oder Nacharbeitungsmethode an. Hinzu kommt, dass es besondere Werkstoffe gibt, die sich spanlos nicht umformen lassen, sondern nur spanend. Die Drehautomaten, auf denen diese Teile gefertigt werden, verarbeiten das Ausgangsmaterial von Stangen oder Drahringen. Hierbei hat das Halbzeug immer den größten Durchmesser des Fertigteils. Die Formgebung erfolgt spanend durch die Drehwerkzeuge. Dadurch wird im Gegensatz zur Kalt- oder Warmumformung der Faserverlauf des Ausgangsmaterials zerstört.

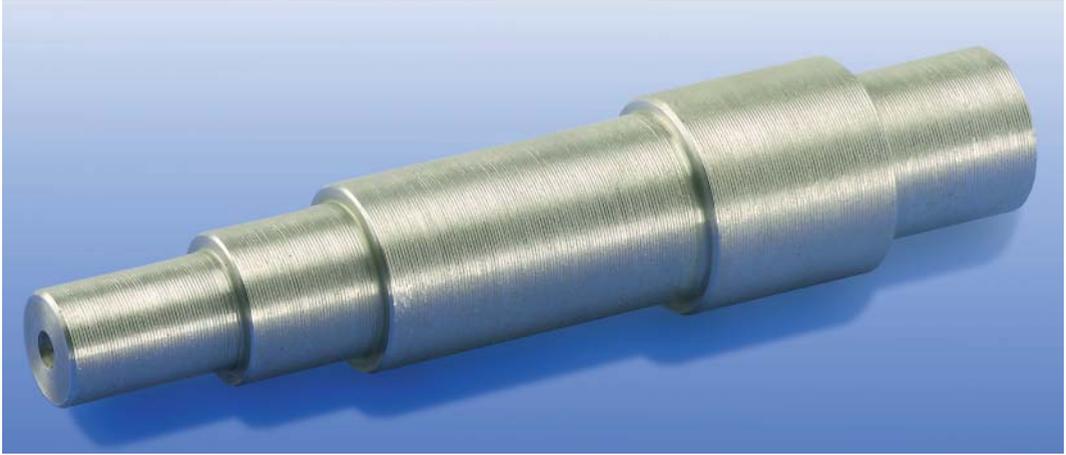
Bei beanspruchten Teilen wie Verbindungselementen ist dies zu beachten. In der Regel sind keine speziellen Werkzeuge erforderlich, denn es kommen im wesentlichen handelsübliche Dreh-



Warmformteil



meißel, Fräser, Bohrer etc. zum Einsatz. Es entstehen in der zerspanenden Herstellung nicht nur zylindrische Formen durch das Drehen, sondern auch Fräsen von Flächen, Bohren, Schleifen oder andere Feinarbeiten, z. B. zum Erreichen definierter Rauheitsgrade.



Drehteil

## Spanungsvorgang auf einem Drehautomaten

### Spanabhebend gefertigt wird bei:

- Kleinen Stückzahlen
- Eng tolerierten Formen und Radien
- Nacharbeiten (z.B. Schleifen bei Passschrauben)
- Besonderen Werkstoffen

## Gewindeherstellung

Das Bolzengewinde bei Schrauben wird üblicherweise gewalzt oder gerollt. Diese Kalt-

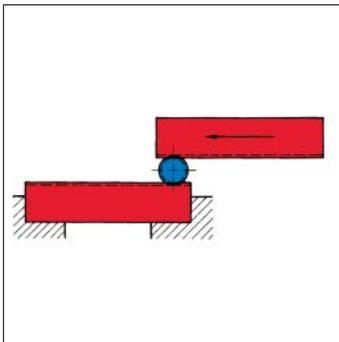
umformung kann durch Flachbacken, Rollen oder Rollensegmente erfolgen.

Diese Werkzeuge weisen ein negatives Gewindepotential auf.

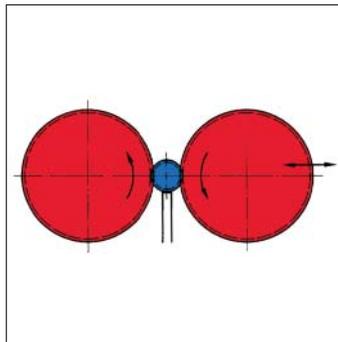
Beim Gewindewalzen wird das Material auf dem Ausgangsdurchmesser (Walzdurchmesser) in das negative Profil der Werkzeuge radial verdrängt.

Beim Walzen formen sich die Gewindespitzen nach außen auf. Dadurch ist es möglich, Unterlegteile bei Kombischrauben unverlierbar aufzubringen.

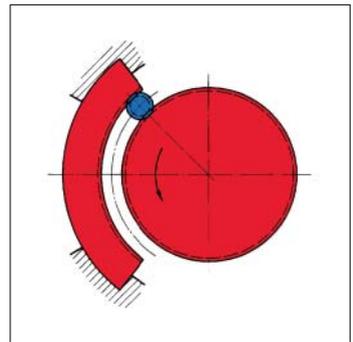
Gefertigt werden alle üblichen Gewindeprofile, also auch Trapez-, Blechschrauben- und Holzgewinde.



Gewindewalzen mit Flachbacken



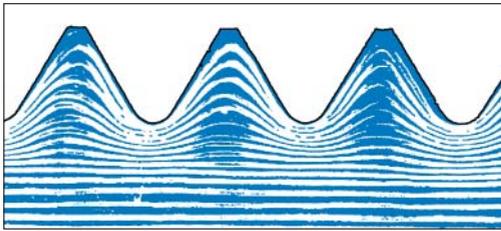
Gewindewalzen im Einstechverfahren



Gewindewalzen im Durchlaufverfahren

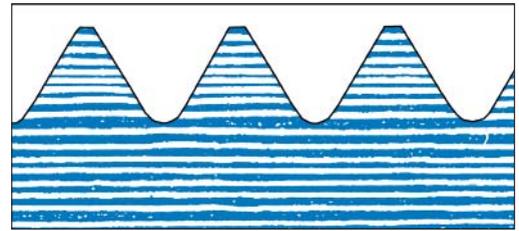
Das Gewindewalzen erfolgt üblicherweise vor dem Vergüten. Bei besonderen Anforderungen kann es nach der Wärmebehandlung erfolgen. Dann spricht man von Schlussrollen.

In der schematischen Darstellung des Gefüges



Gewinde gewalzt

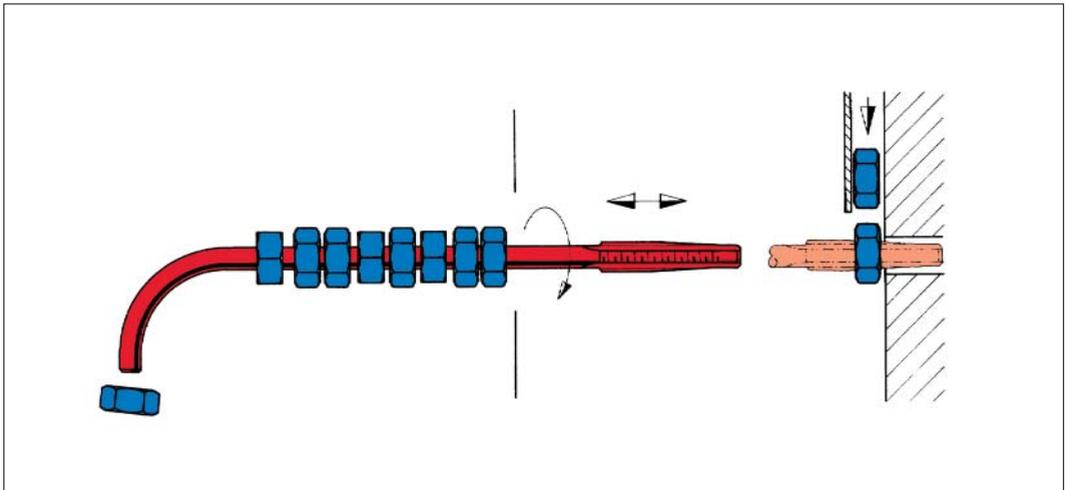
werden die Unterschiede zwischen gerolltem und geschnittenen Gewinde deutlich. Beim Gewinderollen liegt der Ausgangsdurchmesser in etwa beim Flankendurchmesser und beim Gewindeschneiden beim Außendurchmesser des herzustellenden Gewindes.



Gewinde geschnitten

Bei Muttern werden die Innengewinde überwiegend geschnitten. Das geschieht auf Automaten mit einem Überlaufgewindebohrer. Bei geschnit-

tem Gewinde ist die Oberfläche rauer als bei gerolltem Gewinde und der Faserverlauf ist unterbrochen.



Gewindeschneiden mit einem Überlaufbohrer

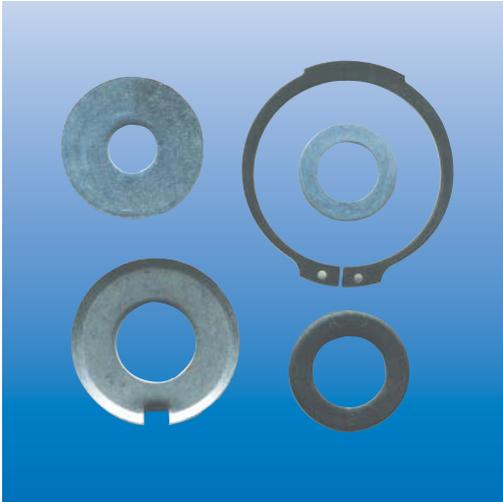
Durch Walzen oder Rollen haben kaltumgeformte Gewinde im Vergleich zu geschnittenen Gewinden folgende Vorteile:

- Die Ausbringungsmenge ist hoch, somit ist die Fertigung rationell.

- Spanfreie Herstellung
- Glatte Oberflächenqualität
- Verbesserung der Zug- und Dauerfestigkeit

## Stanzen und Biegen

Zu einer Schraubverbindung gehören häufig auch Unterlegteile oder Schraubenzubehör, welches aus Blechen oder Bändern gefertigt wird. Auch Wellensicherungen und Scheiben werden als Stanzteile gefertigt.



Stanzteile

Schneidstempel stanzen gegen eine Schneidplatte die gewünschte Form aus. Unter Biegeteilen verstehen wir z. B. Teile aus Profildraht oder Blech, die durch Werkzeuge in die gewünschte Form gebracht werden.



Biegeteile

## Wärmebehandlung

Die Vorgaben für die mechanischen Eigenschaften bei Verbindungselementen machen in der Regel eine Wärmebehandlung notwendig. Hierzu wird das hergestellte Produkt in einer Vergütungsanlage einer Wärmebehandlung unterzogen.

Ausnahme: Pressblanke Nieten oder Verbindungsteile und Schrauben der Festigkeiten 4.8 oder 5.8



Vergütungsanlage

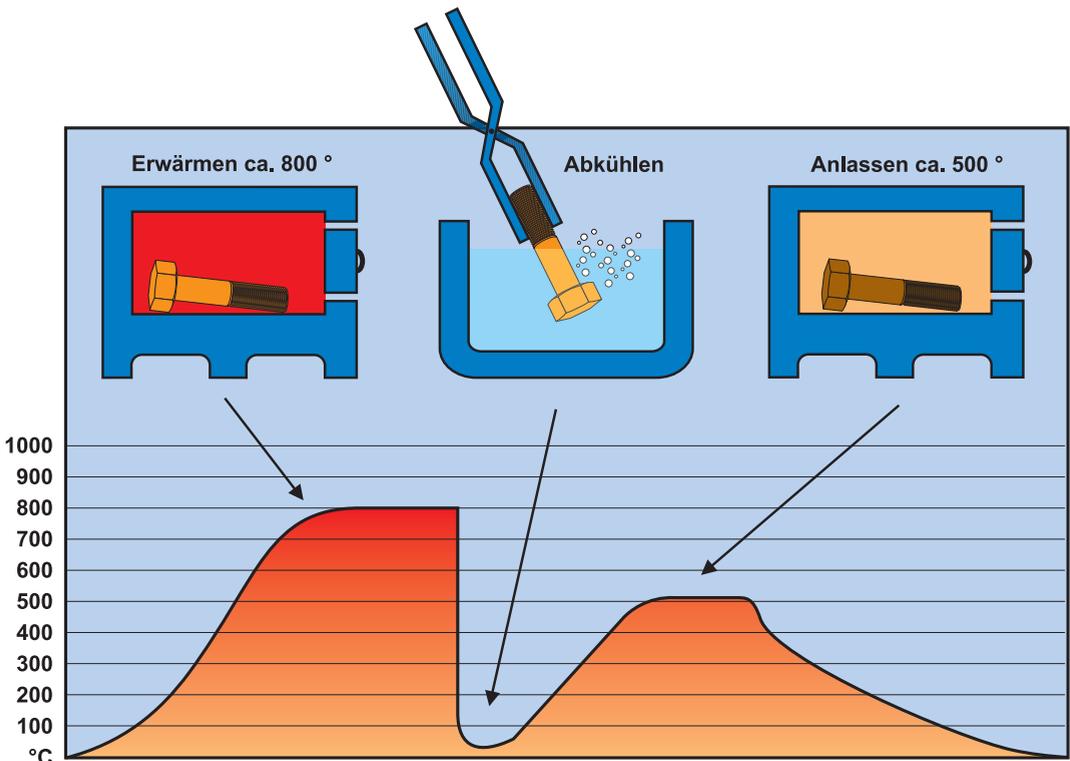
**Bei der Wärmebehandlung werden folgende Verfahren unterschieden:**

- Glühen
- Härten
- Vergüten
- Einsatzvergüten

Durch das Glühen werden Spannungen abgebaut, die durch das Kaltumformen im Gefüge der Schrauben entstanden sind. Durch Erwärmen auf ca. 500°C und längeres Halten dieser Temperatur wird das Teil eigenspannungsarm, verliert an Festigkeit und gewinnt an Dehnung. Das ist z. B. für die Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 wichtig, weil für diese Schrauben eine hohe Bruchdehnung verlangt wird.

Beim Härten werden die Teile auf eine Temperatur von ca. 800°C erwärmt. Die absolute Temperatur orientiert sich im Wesentlichen am Kohlenstoffgehalt des Stahls. Durch die Erwärmung verändert sich das Gefüge. Durch das anschließende Abschrecken in Öl oder Wasser werden die Teile hart und spröde, sie sind „gehärtet“.

Um die erforderlichen Gebrauchseigenschaften zu erreichen, werden die Teile nach dem Härten angelassen (geglüht). Die Mindestanlasstemperaturen für hochfeste Schrauben sind nach DIN EN ISO 898 Teil 1, Tabelle 2 vorgeschrieben, z. B. für die Festigkeitsklasse 8.8 min. 425°C. Danach kühlen die Teile bei Raumtemperatur langsam ab, und es wird die erforderliche Zähigkeit erreicht. Härten und anschließendes Anlassen nennt man Vergüten.



Beim Einsatzhärten werden dem Einsatzstahl bei Härtetemperaturen Kohlenstoff oder Stickstoff angeboten. Diese Stoffe dringen in die oberste Schicht der Teile ein und erhöhen dort die Härte. Die Oberfläche wird aufgekohlt. Damit haben die Teile eine harte Oberfläche und

einen weichen, zähen Kern. Das sind die erforderlichen Eigenschaften für Schrauben, die ihr Gewinde selbst schneiden oder formen (z. B. Blechschrauben oder gewindeformende Schrauben).

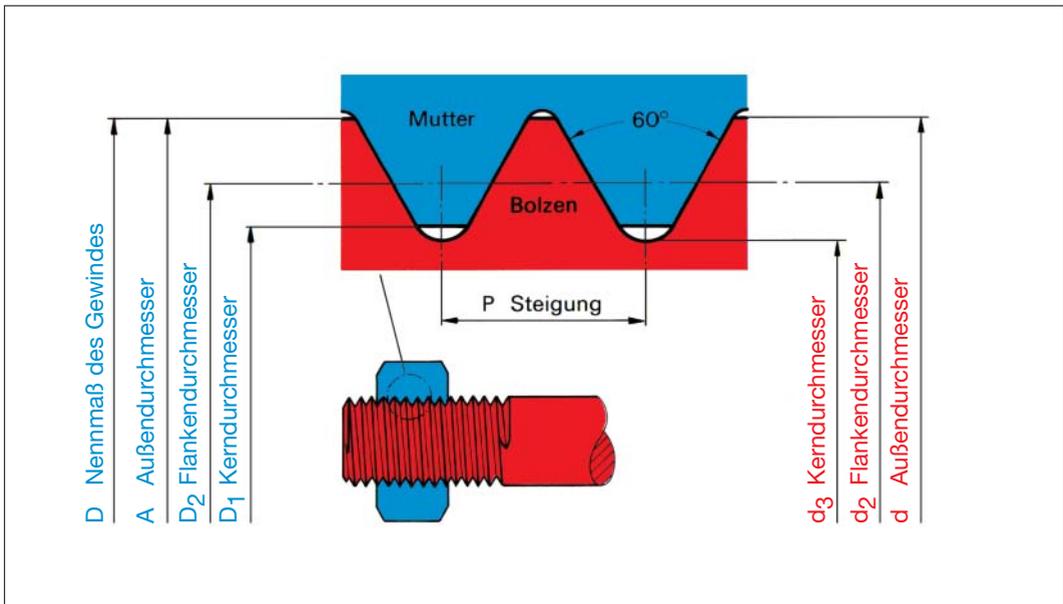
## Das Gewinde

Die Gewinde von Schraube und Mutter müssen maßgenau und profiltreu sein. Nur dann lassen sich die Teile problemlos zusammenschrauben, die errechneten Kräfte übertragen und auf das Gewinde eine Schutzschicht aufbringen.

Das Gewinde hat fünf Maße, die das passende Gewinde ergeben:

- **Außen- oder Nenndurchmesser** ist der äußere Durchmesser
- **Kerndurchmesser** ist der kleinste Durchmesser im Gewindegrund

- **Flankendurchmesser** ist der mittlere Durchmesser zwischen Außen- und Kerndurchmesser
- **Gewindesteigung** ist der Abstand der Gewindespitzen zueinander
- **Flankenwinkel** ist der Winkel der Gewindespitze



Gewindeprofil ohne Spiel

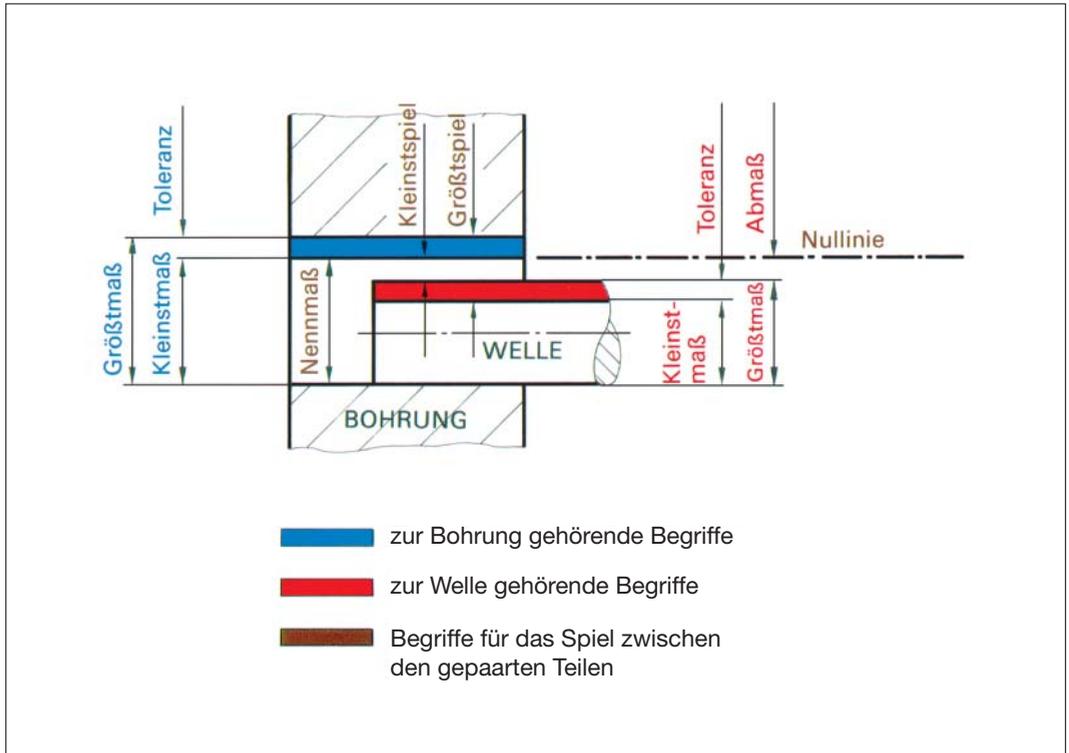
Die Nennmaße, z. B. bei M 12 = 12 mm Außendurchmesser, liegen an der Nulllinie.

Würden alle Maße genau nach diesen Größen gefertigt werden, wäre das Zusammenschrauben mit dem Gegengewinde nicht möglich.

Zwischen den Gewindeflanken ist ein Spiel nötig,

und auch die Fertigung der Gewinde ist nur innerhalb bestimmter Toleranzgrenzen möglich. Diese Toleranzen, also die maßlichen Spielräume, sind sehr gering.

Am Beispiel einer Welle und einer Bohrung kann man die erforderlichen Toleranzen erkennen.



Spielpassung Welle/Bohrung

# Das Gewinde

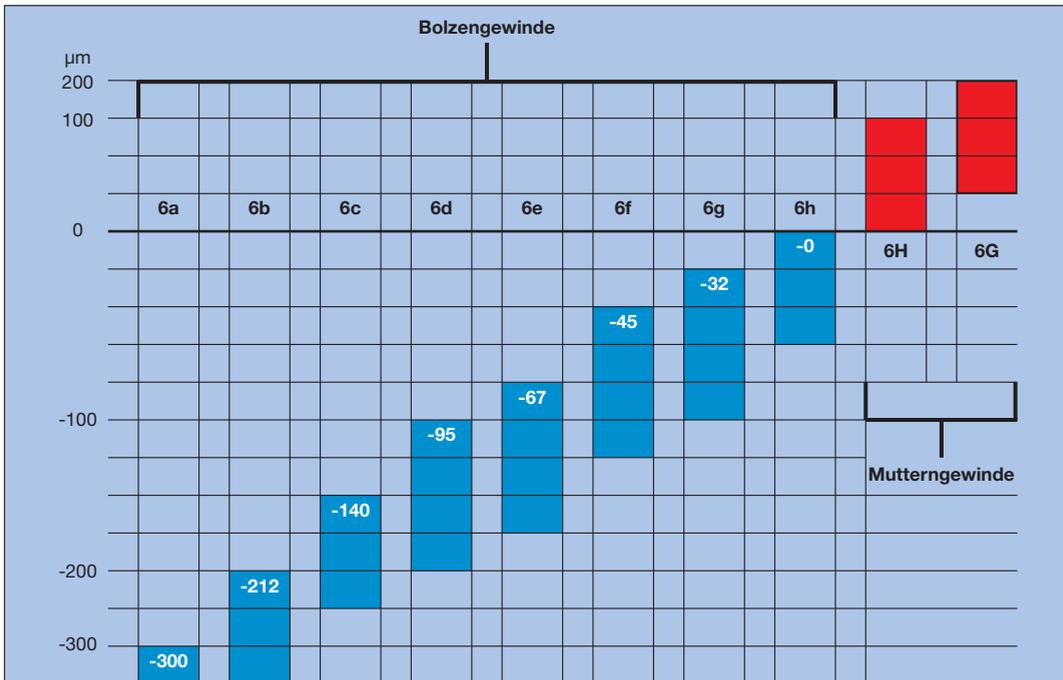
Auch wenn das Schraubengewinde mit dem Größtmaß und das Mutterngewinde mit dem Kleinstmaß gefertigt wird, muss die Kombination zusammen passen.

Das bedeutet, dass kein Maß die Nulllinie oder das Nennmaß überschreiten darf.

Die **Toleranzlage** an der Nulllinie wird mit dem Buchstaben groß H für Innenmaße bzw. klein h für Außenmaße benannt. Die Buchstaben vor h, also von g bis a, bedeuten bei Bolzengewinden ein größeres Abmaß.

Der Bolzendurchmesser ist bei der Toleranzlage e also kleiner als bei g.

Die Zahl vor dem Buchstaben benennt die **Toleranzgröße** z. B. **6g**. Je größer die Zahl, umso größer ist das Toleranzfeld. Außerdem ändern sich die Maße der Toleranzfelder mit der Nenngröße, d.h. je größer das Nennmaß, um so größer das Toleranzfeld.



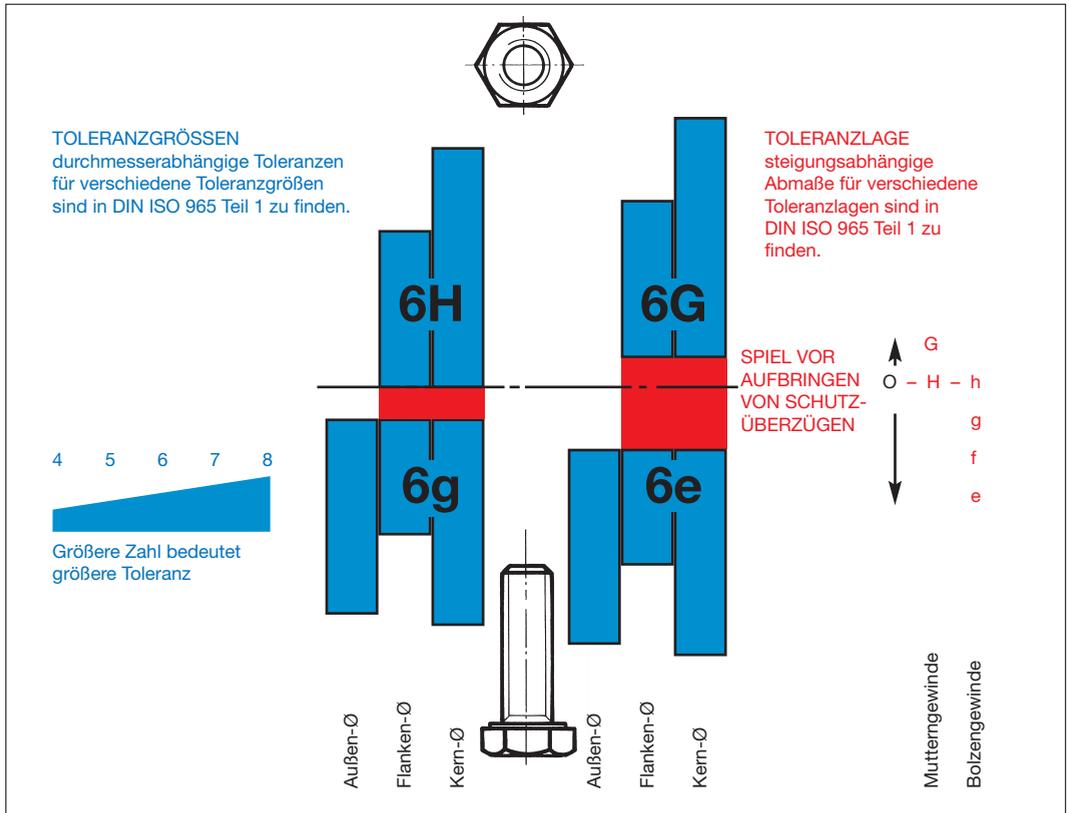
Toleranzfelder für Schrauben und Muttern für metrisches ISO-Gewinde M10

Ist bei Schrauben kein besonderes Toleranzfeld angegeben, dann sind diese Teile nach dem Toleranzfeld 6g gefertigt. Das bedeutet, dass alle handelsüblichen Schrauben ein Untermaß haben.

Diese Minustoleranz erlaubt eine nachträgliche

dünne galvanische Oberflächenbeschichtung, ohne dass im fertigen Zustand die Nulllinie des Gewindes überschritten wird.

Wird eine dickere Schutzschicht verlangt, ist eine Toleranzlage mit einem geringeren Gewindedurchmesser erforderlich, z. B. 6e für stärkere galvanische Schichten.

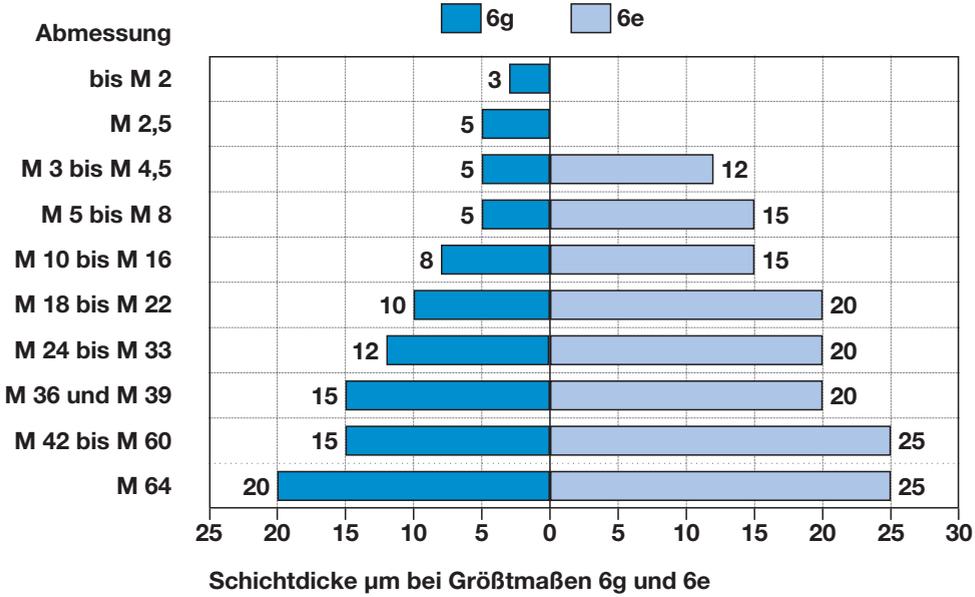


Toleranzen

Die möglichen Schichtdicken für metrisches Regelgewinde sind für die Toleranzfelder 6g und 6e in der DIN EN ISO 4042 angegeben.

**Mögliche Schichtdicken nach DIN EN ISO 4042**

**Metrisches Regelgewinde DIN 13 (ISO 965)  
Toleranzlagen 6g und 6e**



Die galvanisch behandelte Schraube darf an keiner Stelle die Nulllinie überschreiten und wird mit einem Gutlehrring der Toleranzlage 6h geprüft.

Die Messstellen für die Schutzschicht auf den Verbindungselementen sind nach

DIN EN ISO 4042 festgelegt. Eine Tabelle finden Sie in dem Abschnitt über Korrosionsschutz.

Die Muttergewinde werden üblicherweise mit dem Toleranzfeld 6H gefertigt, für stärkere Schutzschichten entsprechend größer, z. B. mit 6G.

### Gewinde für das Feuerverzinken

Die Bolzengewinde für das Feuerverzinken werden nach Toleranzlage 6a gefertigt. Die Zinkauflage beträgt mindestens 40 µm. Die Gewinde dürfen nach dem Feuerverzinken nicht nachgeschnitten werden.

Durch das starke Untermaß wird der Durchmesser (Spannungsquerschnitt) erheblich verringert, dadurch werden die Belastungswerte reduziert (DIN EN ISO 10684).

Bei der Lieferung als Garnitur (Schraube und Mutter) ist es dem Hersteller überlassen, das Abmaß in das Bolzengewinde oder das Aufmaß in das Mutterngewinde zu legen.

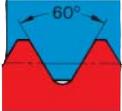
### Gewindearten

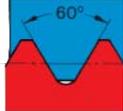
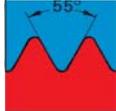
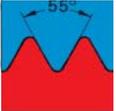
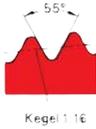
Das metrische ISO-Gewinde wird weltweit angewendet. Daneben werden aber für Sonderzwecke und Ersatzteile auch andere Gewinde benötigt. Die nachstehende Tabelle zeigt eine Auswahl und Übersicht gängiger Gewindeformen.

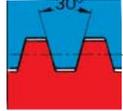
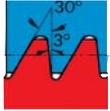
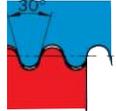
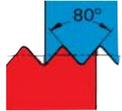
Multifunktionale Gewindearten sind nach Herstellerspezifikation eingeführt und handelsüblich. Dazu gehören gewindeformende Gewinde für unterschiedliche Materialien und Sicherungsgewinde.

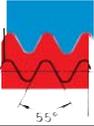
### Übliche Abkürzungen für Gewinde

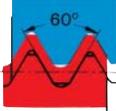
|               |   |
|---------------|---|
| <b>M</b>      | Metrisches ISO-Gewinde                            |
| <b>M..keg</b> | Metrisches, kegeliges Außengewinde                |
| <b>Tr</b>     | Trapezgewinde metrisch                            |
| <b>S</b>      | Sägengewinde                                      |
| <b>Rd</b>     | Rundgewinde                                       |
| <b>Pg</b>     | Panzerrohrgewinde                                 |
| <b>G</b>      | Rohrgewinde zylindrisch                           |
| <b>R</b>      | Kegeliges Rohrgewinde außen                       |
| <b>Rp</b>     | Zylindrisches Rohrgewinde innen, dichtend         |
| <b>St</b>     | Blechsraubengewinde                               |
| <b>LH</b>     | (hinter der Maßangabe) Linksgewinde               |
| <b>P</b>      | (hinter der Gewindesteigung) Mehrgängiges Gewinde |

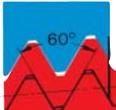
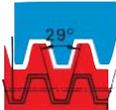
| Gewindebezeichnung   | Metrisches ISO-Gewinde  |                          | Metrisches ISO-Feingewinde | Metrisches Gewinde für Festsitz    | Gewinde mit großem Spiel         |
|----------------------|---|--------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Abkürzung            | M   | M                        | M x Stg                    | M...Sk                             | M...DIN.....                     |
| Bezeichnungsbeispiel | M 08  | M 12                     | M 12 x 1,5                 | M 12 Sk6                           | M 24 DIN 2510                    |
|                      |  |                          |                            |                                    |                                  |
| Norm                 | DIN 14<br>0,3 - M 0,9 mm  | DIN 13<br>1 - 68 mm      | DIN 13<br>1000 mm          | DIN 13 + 14                        | DIN 2510<br>12 - 180 mm          |
| Anwendungsbereich    | Uhren und Feinwerktechnik   | Allgemeines Regelgewinde | Allgemeines Feingewinde    | Einschraubenden für Stiftschrauben | Schraubverbindgn. mit Dehnschaft |

| Gewindebezeichnung   | Metrisches zyl. Innengewinde  | Metrisches kegeliges Außengewinde   | Zylindrisches Rohrgewinde   | Zylindrisches Rohrgewinde innen   | Kegeliges Rohrgewinde außen   |
|----------------------|---|---|---|---|---|
| Abkürzung            | M...DIN...  | M.. x P keg   | G Innen/Außen   | Rp  | R   |
| Bezeichnungsbeispiel | M 24 x 2 DIN 158  | M 12 x 1 keg  | G 3/4 bzw. G 3/4 A  | Rp 3/4  | R 3/4   |
|                      |  |  |  |  |  |
| Norm                 | DIN 158<br>6 - 60 mm  | DIN 158<br>6 - 60 mm  | DIN EN ISO 228.1<br>1/8 bis 6 inch  | DIN 2999 1/16-6 inch<br>DIN 3858 1/8-6 inch                                       | DIN 2999 1/16-6 inch<br>DIN 3858 1/8-6 inch   |
| Anwendungsbereich    | Innengew. für Verschlusschrauben  | Verschlusschr. u. Schmiernippel   | Rohre und Rohrverbindungen  | Rohre, Fittings und Rohrverbindungen  | Rohre, Fittings und Rohrverbindungen  |

| Gewindebezeichnung   | Metrisches ISO-Trapezgewinde  | Sägewinde   | Rundgewinde   | Panzerrohrgewinde   | Linksgewinde      |
|----------------------|---|---|---|---|-------------------|
| Abkürzung            | Tr  | S   | Rd  | Pg  | LH                |
| Bezeichnungsbeispiel | Tr 40 x 7   | S 48 x 8  | Rd 40 x 4   | Pg 21   | Tr 40 x 7 LH      |
|                      |  |  |  |  |                   |
| Norm                 | DIN 103<br>8 x 300 mm   | DIN 513<br>10 x 640 mm  | DIN 405<br>DIN 20 400   | DIN 40 430<br>Pg 7 - Pg 48  | LH =<br>Left Hand |
| Anwendungsbereich    | Bewegungsgewinde  | Bewegungsgewinde  | Allgemeine Rundgewinde  | Elektrotechnik  | Allgemein         |

| Gewinde-bezeichnung   | Blechschauben-gewinde   | Holzschrauben-gewinde | Mehrgängiges Gewinde    | Whitworth-Gewinde grob   | Whitworth-Gewinde fein |
|-----------------------|---|-----------------------|-------------------------|--|------------------------|
| Abkürzung             | –   | –                     | P ..                    | BSW  | BSF                    |
| Bezeichnungs-beispiel | 2,9   | 3,5                   | Tr 40 x 14 P7           | 1/4-20 BSW   | 1/4-28 BSF             |
|                       |  |                       |                         |  |                        |
| Erklärung             | DIN EN ISO 1478   | DIN 7998              | 14 : P7 = 2 Ganggewinde | Norm BS 84   | Norm BS 84             |
| Anwendungs-bereich    | Blechschauben   | Holzschrauben         | Allgemein               | GB   | GB                     |

| Gewinde-bezeichnung   | Einheitsgrob-gewinde   | Einheitsfein-gewinde | Einheitsgewinde extra fein | Einheits-Sondergewinde | Zylindrisches Rohrgewinde |
|-----------------------|--|----------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------|
| Abkürzung             | UNC  | UNF                  | UNEF                       | UNS                    | NPSM/NPSM/NPSL/NPSH       |
| Bezeichnungs-beispiel | 1/4-20 UNC-2A  | 1/4-28 UNF-3A        | 1/4-32 UNEF-3A             | 1/4-27 UNS             | 1/2-14 NPSM               |
|                       |   |                      |                            |                        |                           |
| Erklärung             | 1/4-20 unc-2A = Ein Gewinde mit 1/4 inch Nenndurchmesser, 20 Gewindegänge pro inch |                      |                            |                        |                           |
| Verbreitung           | USA/GB/Kanada  | USA/GB/Kanada        | USA/GB/Kanada              | USA/GB/Kanada          | USA                       |

| Gewinde-bezeichnung   | Standardrohr-gewinde, kegelig   | Fein-Rohr-gewinde, kegelig | Trapez-gewinde  | Trapezgewinde abgeflacht | Sägen-gewinde         |
|-----------------------|---|----------------------------|---|--------------------------|-----------------------|
| Abkürzung             | NPT   | NPTF                       | ACME  | Stub-ACME                | Butt                  |
| Bezeichnungs-beispiel | 3/18 NPT  | 1/2-14 NPTF dryseal        | 1 3/4 4 ACME-2G   | 1/2-20 Stub-ACME         | 2,5-8 Butt-2A         |
|                       |  |                            |  |                          |                       |
| Erklärung             | 1/4-20 unc-2A = Ein Gewinde mit 1/4 inch Nenndurchmesser, 20 Gewindegänge pro inch  |                            |   |                          | Gewinde mit ...inch N |
| Verbreitung           | USA   | USA                        | USA   | USA                      | USA                   |

## Umrechnungstabelle Inch (Zoll) – Millimeter

| Bruch           | Dezimal                 | Millimeter | Bruch           | Dezimal                 | Millimeter |
|-----------------|-------------------------|------------|-----------------|-------------------------|------------|
|                 | $\frac{1}{64}$ .015625  | .397       |                 | $\frac{33}{64}$ .515625 | 13.097     |
| $\frac{1}{32}$  | .03125                  | .794       | $\frac{17}{32}$ | .53125                  | 13.494     |
|                 | $\frac{3}{64}$ .046875  | 1.191      |                 | $\frac{35}{64}$ .546875 | 13.890     |
| $\frac{1}{16}$  | .0625                   | 1.587      | $\frac{9}{16}$  | .5625                   | 14.287     |
|                 | $\frac{5}{64}$ .078125  | 1.984      |                 | $\frac{37}{64}$ .578125 | 14.684     |
| $\frac{3}{32}$  | .09375                  | 2.381      | $\frac{19}{32}$ | .59375                  | 15.081     |
|                 | $\frac{7}{64}$ .109375  | 2.778      |                 | $\frac{39}{64}$ .609375 | 15.478     |
| $\frac{1}{8}$   | .125                    | 3.175      | $\frac{5}{8}$   | .625                    | 15.875     |
|                 | $\frac{9}{64}$ .140625  | 3.572      |                 | $\frac{41}{64}$ .640625 | 16.272     |
| $\frac{5}{32}$  | .15625                  | 3.969      | $\frac{21}{32}$ | .65625                  | 16.669     |
|                 | $\frac{11}{64}$ .171875 | 4.366      |                 | $\frac{43}{64}$ .671875 | 17.065     |
| $\frac{3}{16}$  | .1875                   | 4.762      | $\frac{11}{16}$ | .6875                   | 17.462     |
|                 | $\frac{13}{64}$ .203125 | 5.159      |                 | $\frac{45}{64}$ .703125 | 17.859     |
| $\frac{7}{32}$  | .21875                  | 5.556      | $\frac{23}{32}$ | .71875                  | 18.256     |
|                 | $\frac{15}{64}$ .234375 | 5.953      |                 | $\frac{47}{64}$ .734375 | 18.653     |
| $\frac{1}{4}$   | .25                     | 6.350      | $\frac{3}{4}$   | .75                     | 19.050     |
|                 | $\frac{17}{64}$ .265625 | 6.747      |                 | $\frac{49}{64}$ .765625 | 19.447     |
| $\frac{9}{32}$  | .28125                  | 7.144      | $\frac{25}{32}$ | .78125                  | 19.844     |
|                 | $\frac{19}{64}$ .296875 | 7.541      |                 | $\frac{51}{64}$ .796875 | 20.240     |
| $\frac{5}{16}$  | .3125                   | 7.937      | $\frac{13}{16}$ | .8125                   | 20.637     |
|                 | $\frac{21}{64}$ .328125 | 8.334      |                 | $\frac{53}{64}$ .828125 | 21.034     |
| $\frac{11}{32}$ | .34375                  | 8.731      | $\frac{27}{32}$ | .84375                  | 21.431     |
|                 | $\frac{23}{64}$ .359375 | 9.128      |                 | $\frac{55}{64}$ .859375 | 21.828     |
| $\frac{3}{8}$   | .375                    | 9.525      | $\frac{7}{8}$   | .875                    | 22.225     |
|                 | $\frac{25}{64}$ .390625 | 9.922      |                 | $\frac{57}{64}$ .890625 | 22.622     |
| $\frac{13}{32}$ | .40625                  | 10.319     | $\frac{29}{32}$ | .90625                  | 23.019     |
|                 | $\frac{27}{64}$ .421875 | 10.716     |                 | $\frac{59}{64}$ .921875 | 23.415     |
| $\frac{7}{16}$  | .4375                   | 11.113     | $\frac{15}{16}$ | .9375                   | 23.812     |
|                 | $\frac{29}{64}$ .453125 | 11.509     |                 | $\frac{61}{64}$ .953125 | 24.209     |
| $\frac{15}{32}$ | .46875                  | 11.906     | $\frac{31}{32}$ | .96875                  | 24.606     |
|                 | $\frac{31}{64}$ .484375 | 12.303     |                 | $\frac{63}{64}$ .984375 | 25.003     |
| $\frac{1}{2}$   | .5                      | 12.700     | $\frac{1}{2}$   | .1                      | 25.400     |

### **Die Montage von Schraubverbindungen**

Schraubverbindungen sind lösbare Verbindungen. Damit sie ihre Funktion erfüllen und sich nicht lösen, bzw. versagen, müssen sie vor der Montage für den jeweiligen Anwendungsfall ausgewählt und berechnet werden. Mit dem richtigen Montageverfahren erzielt man dann eine optimale Schraubverbindung.

Die in die Schraubverbindung eingebrachte Vorspannkraft lässt sich bei der Montage nicht messen, daher muss für eine optimale Montage das richtige Montageverfahren ausgewählt werden.

#### **Anziehen von Hand mit Maul- und Ringschlüsseln**

Bei diesem Montageverfahren erfolgt das Aufbringen der Montagevorspannkraft durch das subjektive Empfinden des Monteurs. Erfahrung, körperliche Konstitution und Länge des eingesetzten Montagewerkzeugs spielen eine entscheidende Rolle bei diesem Verfahren. Aus Sicherheitsgründen ist dieses Verfahren bzgl. der genannten, nicht kontrollierbaren Einflussgrößen unter Serienbedingungen für hochfeste Schraubverbindungen nicht geeignet.

#### **Anziehen mit einem impulsgesteuerten Schlagschrauber**

Die Funktionsweise eines Schlagschraubers beruht auf der tangentialen Drehbewegung des Motors. Schlagschrauber werden z.B. mittels Druckluft angetrieben. Die Aufbringung der erforderlichen Vorspannkraft wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Wie z. B. die Gleich-

mäßigkeit des bei der Montage eingesetzten Betriebsdruckes des Druckluftschraubers. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Erreichung des Soll-Anziehdrehmoments bei diesem Verfahren nicht prozesssicher durchgeführt werden kann. Schlagschrauber eignen sich für die Vormontage. Das Aufbringen der Montagevorspannkraft muss nach der Vormontage mittels geeigneter Verfahren erfolgen. Neuere Impulsschrauber mit Impulsüberwachung erlauben ein streckgrenzgesteuertes Anziehen.

#### **Anziehen mit einem Drehmomentschlüssel**

Dieses häufig eingesetzte Verfahren erzeugt die Vorspannkraft indirekt durch Aufbringen eines Drehmomentes. Wichtig beim Einsatz dieses Verfahrens ist die Kenntnis des Einflusses der Reibung. Die tatsächlich aufgebrachte Vorspannkraft wird durch die tatsächlich vorhandenen Reibwerte bestimmt. Die Streuung der Reibwerte hat einen direkten Einfluss auf die Vorspannkraft. Das Verhältnis des aufgebrachten Montageanzugmomentes zu den tatsächlichen Reibwerten ergibt die Vorspannkraft.

### **Anziehen mit einem drehwinkelgesteuerten Anziehgerät**

Dieses Anziehverfahren bestimmt die Vorspannkraft durch eine indirekte Messung der Verlängerung der Schraube, da die Längenänderung der Schraube über die Steigung des Gewindes (theoretisch) direkt proportional zu dem zurückgelegten Drehwinkel ist.

Als erstes wird ein Fügемoment aufgebracht, wodurch das Setzen aller Trennfugen, plastisch und/oder elastisch, erreicht wird. Danach erfolgt die Montage mittels Drehwinkelmessung. Mit diesem Verfahren lässt sich, unabhängig von der Reibungszahl des Gewindes oder der Auflagefläche, durch Drehen der Schraube oder der Mutter durch den Drehwinkel exakt die Vorspannkraft einstellen.

Dieses Verfahren zeichnet sich durch seine exakte Wiederholgenauigkeit aus und wird prozesssicher im Bereich der hochfesten Schraubverbindungen angewandt.

### **Anziehen mit einem streckgrenzgesteuerten Anziehgerät**

Der Fließbeginn der Schraube dient beim streckgrenzgesteuerten Anziehverfahren als Steuergröße für die Montagevorspannkraft.

Unabhängig von der Reibung wird die Schraube so lange angezogen, bis die Streckgrenze bzw. Dehngrenze der Schraube infolge der Gesamtbeanspruchung aus Zug- und Torsionsspannung

annähernd erreicht ist. Beim streckgrenzgesteuerten Anziehen wird der Fließbeginn der Schraube dadurch erkannt, dass Drehmoment und Drehwinkel beim Anziehen gemessen und deren Differenzquotient gebildet wird. Sobald plastische Verformungen auftreten, fällt der Differenzquotient ab. Dieser Abfall löst das Abschalt-signal aus.

Beim streckgrenzgesteuerten Anziehen ist die plastische Verlängerung der Schraube gering, so dass die Wiederverwendbarkeit der Schrauben kaum beeinträchtigt wird. Dieses Verfahren zeichnet sich durch seine exakte Wiederholgenauigkeit aus und wird prozesssicher im Bereich der hochfesten Schraubverbindungen angewandt.

### **Die vollautomatische Montage**

Der Automatisierungsgrad in der industriellen Fertigung erhöht sich ständig.

Zur Erfüllung der Anforderungen wurden spezielle Schrauben entwickelt, die sowohl hinsichtlich ihrer Eignung zur automatischen Zuführung als auch ihrer optimalen Kraftübertragungsgeometrie diese Anforderungen erfüllen. Beim Einsatz der vollautomatischen Montageverfahren werden in der Regel drehwinkelgesteuerte Anzugsverfahren eingesetzt.

**Schrauben mit Antrieben, die sich besonders für die automatische Montage eignen.**

Um bei der vollautomatischen Montage einen störungsfreien Ablauf zu gewährleisten, müssen zwischen Besteller und Vertreiber die wichtigsten Kriterien/Merkmale der Verbindungselemente benannt werden, die dann in der Regel einer automatischen Sortierprüfung unterzogen werden.

Bei dem automatischen Prüfen können einzelne oder mehrere Merkmale geprüft werden. Die Erfahrung hat gezeigt, dass für ein einzelnes,

bestimmtes Merkmal nach dem automatischen Prüfen immer noch ein mittleres Restniveau von Abweichungen von etwa 10 ppm bestehen bleibt. Bei einem automatischen Prüfprozess werden üblicherweise vier oder fünf Merkmale gleichzeitig geprüft. Folglich können für diese Verbindungselemente im Mittel etwa 50 ppm erwartet werden.

(Weitere Angaben siehe auch EN ISO 16426:2002 und VDI Richtlinie 2230).

### Innenkraftangriffsformen

Für die Auswahl von Innenangriffen gibt es anwendungsbezogen eine große Auswahl von Möglichkeiten, die eine rationelle Montage ermöglichen oder Zusatzeigenschaften haben (z. B. Diebstahlsicherung).

Für spezielle Anforderungen sind auch Kombinationen von Außen- und Innenantrieben möglich (Rationelle Montage bei hoher Kundenorientierung für den Servicefall).

|   |                                    |    |
|---|------------------------------------|----|
|    | Schlitz                            | 1  |
|    | Kreuzschlitz H                     | 2  |
|    | Kombi-Kreuzschlitz                 | 3  |
|    | Kreuzschlitz Z                     | 4  |
|    | Innenvierkant                      | 5  |
|    | Innensechsrund (DIN EN ISO 10664)  | 6  |
|    | Innensechsrund mit Sicherungsstift | 7  |
|    | Innensechsrund Plus                | 8  |
|    | Innensechskant                     | 9  |
|   | Innensechskant mit Sicherungsstift | 10 |
|  | Zweiloch-Antrieb                   | 11 |
|  | Tri-Wing                           | 12 |
|  | Innenvielkant                      | 13 |
|  | Innenfünfkant                      | 14 |
|  | Innenvielzahn                      | 15 |
|  | Innendreikant                      | 16 |
|  | Einwegschlitz                      | 17 |

Einzelne Antriebsformen sind, je nach Schraubentyp, nur als Sonderanfertigung verfügbar.

Die folgende Tabelle nimmt eine Zuordnung von Reibungszahlklassen mit Richtwerten zu verschiedenen Werkstoffen/Oberflächen und

Schmierzuständen bei Schraubverbindungen vor.

| Reibungszahl-Klasse | Bereich für $\mu_G$ und $\mu_K$ | Auswahl typischer Beispiele für  |  |
|---------------------|---------------------------------|--|--|
|                     |                                 | Werkstoff / Oberflächen  | Schmierstoffe  |
| A                   | 0,04 bis 0,10                   | metallisch blank<br>vergütungs-schwarz<br>phosphatiert<br>galv. Überzüge wie<br>Zn, Zn/Fe, Zn/Ni<br>Zink-Lamellen-Überzüge                           | Festschmierstoffe wie<br>MoS <sub>2</sub> , Grafit, PTFE, PA, PE, PI<br>in Gleitlacken, als Top-Coats<br>oder in Pasten<br>Wachsschmelzen<br>Wachsdispersionen                                 |
| B                   | 0,08 bis 0,16                   | metallisch blank<br>vergütungs-schwarz<br>phosphatiert<br>galv. Überzüge wie<br>Zn, Zn/Fe, Zn/Ni<br>Zink-Lamellen-Überzüge<br>Al- und Mg-Legierungen | Festschmierstoffe wie<br>MoS <sub>2</sub> , Grafit, PTFE, PA, PE, PI<br>in Gleitlacken, als Top-Coats<br>oder in Pasten<br>Wachsschmelzen<br>Wachsdispersionen, Fette,<br>Öle, Anlieferzustand |
|                     |                                 | feuerverzinkt  | MoS <sub>2</sub> , Grafit<br>Wachsdispersionen   |
|                     |                                 | organische Beschichtungen  | mit integriertem Festschmierstoff<br>oder Wachsdispersionen  |
|                     |                                 | austenitischer Stahl   | Festschmierstoffe oder Wachse, Pasten  |
| C                   | 0,14 bis 0,24                   | austenitischer Stahl   | Wachsdispersionen, Pasten  |
|                     |                                 | metallisch blank<br>phosphatiert   | Anlieferungszustand (leicht geölt)   |
|                     |                                 | galv. Überzüge wie<br>Zn, Zn/Fe, Zn/Ni<br>Zink-Lamellen-Überzüge<br>Klebstoff  | ohne   |
|                     |                                 | austenitischer Stahl   | Öl   |
| D                   | 0,20 bis 0,35                   | galv. Überzüge wie<br>Zn, Zn/Fe<br>feuerverzinkt   | ohne   |
|                     |                                 | galv. Überzüge wie<br>Zn/Fe, Zn/Ni<br>austenitischer Stahl<br>Al-, Mg-Legierungen  | ohne   |
| E                   | ≥ 0,30                          |  |  |

Quelle: VDI-Richtlinie 2230

Es sind Reibungszahlen anzustreben, die sich in die Reibungszahlklasse B einordnen, um eine möglichst hohe Vorspannkraft bei geringer Streuung aufzubringen. Dies bedeutet nicht

automatisch die Verwendung der Kleinstwerte und dass die vorhandene Reibungszahlstreuung der Klassenstreuung entspricht. Die Tabelle gilt für Raumtemperatur.

## Vorspannkraft und Anziehdrehmomente

### Richtwerte für metrische Regelgewinde

| Abmessung | Festigkeitsklasse | Montagevorspannkraft<br>$F_{M Tab}$ in kN für $\mu_G =$ |       |       |       |       | Anziehdrehmomente<br>$M_A$ in Nm für $\mu_K = \mu_G =$ |      |      |      |      |
|-----------|-------------------|---|-------|-------|-------|-------|--|------|------|------|------|
|           |                   | 0,10  | 0,12  | 0,14  | 0,16  | 0,20  | 0,10   | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,20 |
| M 5       | 8,8               | 7,4   | 7,2   | 7,0   | 6,8   | 6,4   | 5,2  | 5,9  | 6,5  | 7,1  | 8,1  |
|           | 10,9              | 10,8  | 10,6  | 10,3  | 10,0  | 9,4   | 7,6  | 8,6  | 9,5  | 10,4 | 11,9 |
|           | 12,9              | 12,7  | 12,4  | 12,0  | 11,7  | 11,0  | 8,9  | 10,0 | 11,2 | 12,2 | 14,0 |
| M 6       | 8,8               | 10,4  | 10,2  | 9,9   | 9,6   | 9,0   | 9,0  | 10,1 | 11,3 | 12,3 | 14,1 |
|           | 10,9              | 15,3  | 14,9  | 14,5  | 14,1  | 13,2  | 13,2   | 14,9 | 16,5 | 18,0 | 20,7 |
|           | 12,9              | 17,9  | 17,5  | 17,0  | 16,5  | 15,5  | 15,4   | 17,4 | 19,3 | 21,1 | 24,2 |
| M 7       | 8,8               | 15,1  | 14,8  | 14,4  | 14,0  | 13,1  | 14,8   | 16,8 | 18,7 | 20,5 | 23,6 |
|           | 10,9              | 22,5  | 21,7  | 21,1  | 20,5  | 19,3  | 21,7   | 24,7 | 27,5 | 30,1 | 34,7 |
|           | 12,9              | 26,0  | 25,4  | 24,7  | 24,0  | 22,6  | 25,4   | 28,9 | 32,2 | 35,2 | 40,6 |
| M 8       | 8,8               | 19,1  | 18,6  | 18,1  | 17,6  | 16,5  | 21,6   | 24,6 | 27,3 | 29,8 | 34,3 |
|           | 10,9              | 28,0  | 27,3  | 26,6  | 25,8  | 24,3  | 31,8   | 36,1 | 40,1 | 43,8 | 50,3 |
|           | 12,9              | 32,8  | 32,0  | 31,1  | 30,2  | 28,4  | 37,2   | 42,2 | 46,9 | 51,2 | 58,9 |
| M 10      | 8,8               | 30,3  | 29,6  | 28,8  | 27,9  | 26,3  | 43   | 48   | 54   | 59   | 68   |
|           | 10,9              | 44,5  | 43,4  | 42,2  | 41,0  | 38,6  | 63   | 71   | 79   | 87   | 100  |
|           | 12,9              | 52,1  | 50,8  | 49,4  | 48,0  | 45,2  | 73   | 83   | 93   | 101  | 116  |
| M 12      | 8,8               | 44,1  | 43,0  | 41,9  | 40,7  | 38,3  | 73   | 84   | 93   | 102  | 117  |
|           | 10,9              | 64,8  | 63,2  | 61,5  | 59,8  | 56,3  | 108  | 123  | 137  | 149  | 172  |
|           | 12,9              | 75,9  | 74,0  | 72,0  | 70,0  | 65,8  | 126  | 144  | 160  | 175  | 201  |
| M 14      | 8,8               | 60,6  | 59,1  | 57,5  | 55,9  | 52,6  | 117  | 133  | 148  | 162  | 187  |
|           | 10,9              | 88,9  | 86,7  | 84,4  | 82,1  | 77,2  | 172  | 195  | 218  | 238  | 274  |
|           | 12,9              | 104,1   | 101,5 | 98,8  | 96,0  | 90,4  | 201  | 229  | 255  | 279  | 321  |
| M 16      | 8,8               | 82,9  | 80,9  | 78,8  | 76,6  | 72,2  | 180  | 206  | 230  | 252  | 291  |
|           | 10,9              | 121,7   | 118,8 | 115,7 | 112,6 | 106,1 | 264  | 302  | 338  | 370  | 428  |
|           | 12,9              | 142,4   | 139,0 | 135,4 | 131,7 | 124,1 | 309  | 354  | 395  | 433  | 501  |
| M 18      | 8,8               | 104   | 102   | 99    | 96    | 91    | 259  | 295  | 329  | 360  | 415  |
|           | 10,9              | 149   | 145   | 141   | 137   | 129   | 369  | 421  | 469  | 513  | 592  |
|           | 12,9              | 174   | 170   | 165   | 160   | 151   | 432  | 492  | 549  | 601  | 692  |
| M 20      | 8,8               | 134   | 130   | 127   | 123   | 116   | 363  | 415  | 464  | 509  | 588  |
|           | 10,9              | 190   | 186   | 181   | 176   | 166   | 517  | 592  | 661  | 725  | 838  |
|           | 12,9              | 223   | 217   | 212   | 206   | 194   | 605  | 692  | 773  | 848  | 980  |
| M 22      | 8,8               | 166   | 162   | 158   | 154   | 145   | 495  | 567  | 634  | 697  | 808  |
|           | 10,9              | 237   | 231   | 225   | 219   | 207   | 704  | 807  | 904  | 993  | 1151 |
|           | 12,9              | 277   | 271   | 264   | 257   | 242   | 824  | 945  | 1057 | 1162 | 1347 |
| M 24      | 8,8               | 192   | 188   | 183   | 173   | 168   | 625  | 714  | 798  | 875  | 1011 |
|           | 10,9              | 274   | 267   | 260   | 253   | 239   | 890  | 1017 | 1136 | 1246 | 1440 |
|           | 12,9              | 320   | 313   | 305   | 296   | 279   | 1041   | 1190 | 1329 | 1458 | 1685 |

Quelle: VDI-Richtlinie 2230

Maximal zulässige Anziehdrehmomente und resultierende maximale Vorspannkraft für Sechskantschrauben ISO 4014 – 4018, Innensechskantschrauben ISO 4762 und für Schrauben mit analogen Kopffestigkeiten und Kopfaufschlagflächen der Festigkeitsklassen 3.6 – 12.9 bei einer 90% igen Ausnutzung der Streck-

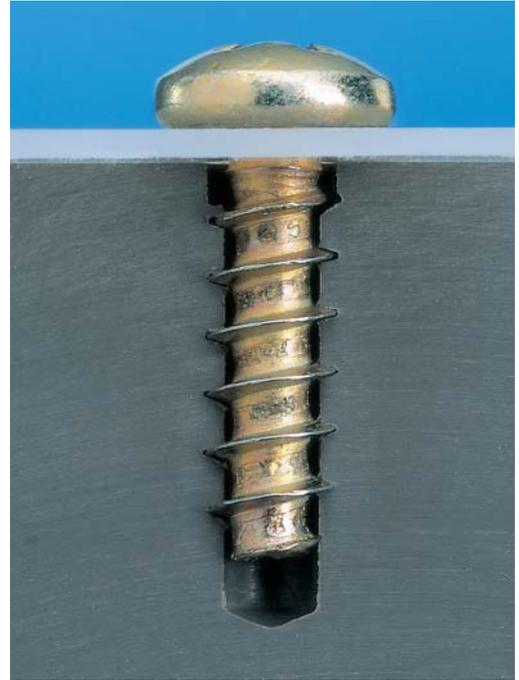
grenze  $Rel/0,2\%$ -Dehngrenze  $Rp0,2$  und Bohrung „mittel“ nach DIN EN 20273. Die Tabelle zeigt zulässige Maximalwerte und enthält keine weiteren Sicherheitsfaktoren. Sie setzt die Kenntnis der einschlägigen Richtlinien und Auslegungskriterien voraus.

Alle Direktverschraubungen sind gewindeformende Verbindungselemente, die beim Eindrehen in Kernlöcher ihr Gewinde selbst formen und je nach Verschraubungsart auch Kernlöcher erzeugen können.

Im Gegensatz dazu müssen für metrische Schrauben Gegengewinde hergestellt oder Mutternelemente verwendet werden.

Durch die Verwendung von Direktverschraubungen wird die Produktivität während der Montage erhöht und die Verbindungskosten werden gesenkt.

Das Aufnahmegewinde wird vom Schraubengewinde geformt. Dies erfolgt in der Regel durch Furchen. Voraussetzung ist, dass die Schraubengewinde eine höhere Festigkeit als die Werkstücke haben und dass das Einschraubmaterial ausreichend duktil ist.



### **Welche Schraube für welchen Einsatzzweck?**

Welcher Schraubentyp in Frage kommt, hängt vom Einschraubmaterial ab. Grundsätzlich gilt:

Grobe Gewinde für weiche Werkstoffe –  
feine Gewinde für harte Werkstoffe



Gewindesteigung

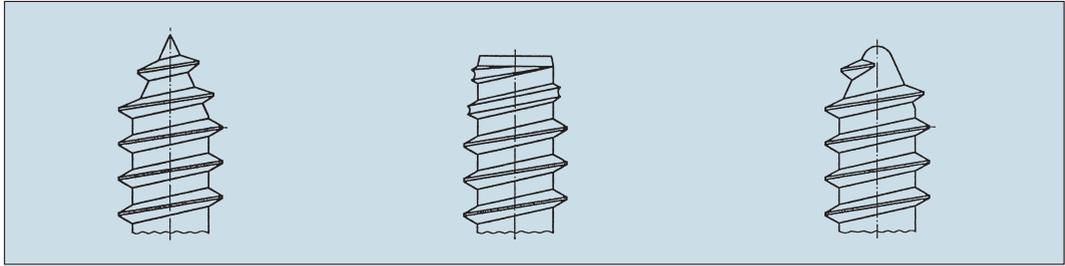
## Blechschauben

Die Gewinde von Blechschauben werden mit der Abkürzung ST (self tapping) bezeichnet. z.B. St 3,5.

Das Blechschaubengewinde ist in DIN EN ISO 1478 genormt. Der Flankenwinkel des Gewindes

beträgt wie bei metrischen Schrauben,  $60^\circ$ . Das Gewinde hat jedoch eine gröbere Steigung. Es wirkt beim Einschrauben wie ein Umformwerkzeug und verformt den Werkstoff ohne Spanabfall.

DIN EN ISO 1487 unterscheidet drei Gewindeenden



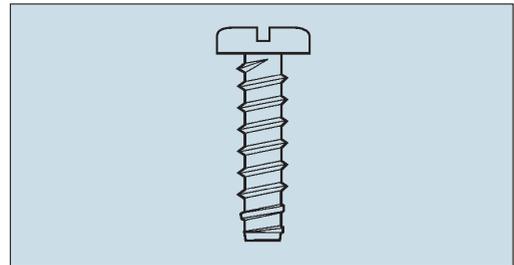
**C (B)** mit Spitze

**F (BZ)** mit Zapfen

**R** mit gerundeter Spitze

### 1. Blechschauben

Blechschauben für die Verarbeitung von Stahlwerkstoffen werden einsatzvergütet. Dadurch haben die Schrauben eine hohe Oberflächenhärte und einen zähen Kern.

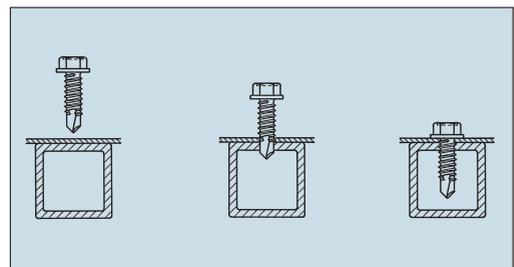


### 2. Blechschauben mit Bohrspitze

Die Gewinde entsprechen denen der Blechschauben mit zusätzlicher Bohrspitze.

Vorteile der Bohrschrauben

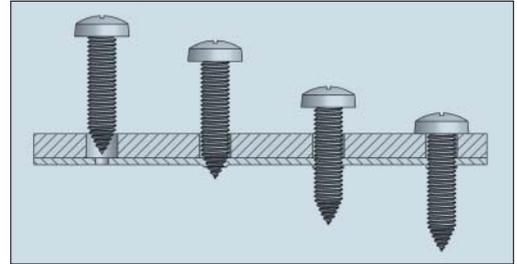
- Kein Bohrloch
- Kein Lochversatz
- Keine Toleranzprobleme
- Kein Ankörnen



### 3. Dünnschrauben

Sind die Einschraubteile (Bleche) dünner als die Gewindesteigung der Blechschrauben gem. DIN EN ISO 1478 (Taumelgrenze) ist die Verwendung von zusätzlichen Fügeelementen notwendig, denn eine feste Direktverbindung mit Blechschrauben ist dann nicht möglich. Als wirtschaftliche Alternative bieten sich Dünnschrauben an.

Diese formen einen Durchzug in ein Blech und anschließend wird ein metrisches Gewinde gefurcht. Die Aufnahmebohrung erhält dadurch eine günstigere Bauhöhe am Verschraubungspunkt und die Gewindesteigung ist feiner, d. h. es ist eine ausreichende Überdeckung der



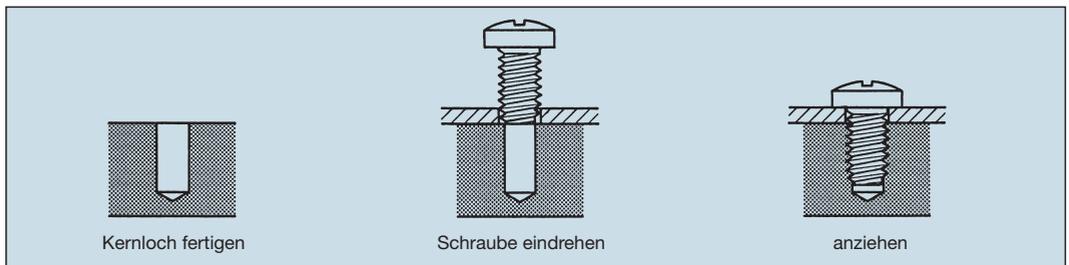
Verschraubung mit Dünnschraube

geformten metrischen Gewindeflanken gegeben. Je nach Anwendung sind auch Applikationen ohne Vorloch möglich. Auf zusätzliche Mutternelemente kann verzichtet werden.

### 4. Gewindefurchende Schrauben, Ausführung DIN 7500, Form Duo

Gwindefurchende Schrauben werden in ein vorgefertigtes Bohrloch in massive Metallbauteile geschraubt. Der Lochdurchmesser liegt zwischen dem Kerndurchmesser und dem Flankendurchmesser des Gewindes.\* Das Gewindeende der Schraube ist konisch, um den Ansatz zum Gewindeformen zu erleichtern. Das Gegengewinde wird durch die unrunde Beschaffenheit

(Lobulation) in die Aufnahmebohrung gedrückt. Eine Gruppe von gewindefurchenden Schrauben ist in DIN 7500 genormt. Neben der aufgezeigten Schraube Form Duo, gibt es unterschiedliche Gestaltungsausführungen für die Gewindeformzone – verschiedene Prinzipien sind hier herstellenspezifisch möglich. Das Schraubengewinde selbst hat ein Übermaß.



Gwindefurchende Schrauben können u. a. in folgenden Werkstoffen eingesetzt werden:

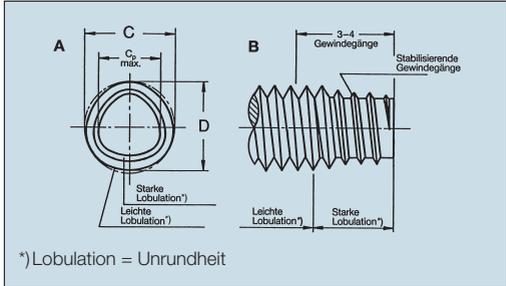
- Stahl bis zu einer Zugfestigkeit von 450 N/mm<sup>2</sup>
- Aluminium
- Kupferlegierungen
- Zinkdruckguss

Bei der Verarbeitung von gewindeformenden Schrauben entstehen keine Späne. Das gefurchte Gewinde wird verfestigt und ist mit metrischen ISO Bolzengewinden kompatibel. Also kann z. B. im Reparaturfall eine normale metrische Schraube eingesetzt werden.

\*Konstruktionshinweise entnehmen Sie bitte den „Blauen Seiten“ bzw. den Produktnormen

## Vorteile der gewindefurchenden Schrauben in metallischen Werkstoffen

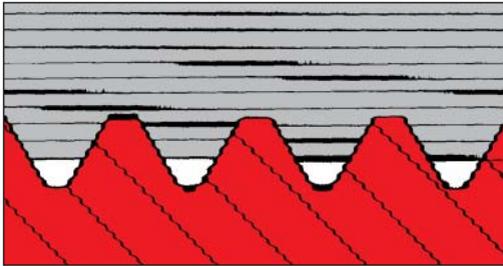
- Kein Gewindeschneiden/keine Späne
- Keine Sicherungselemente nötig
- Gute Vibrationssicherheit
- Hoher Ausreißwiderstand



Ausführung DIN 7500 Form Duo

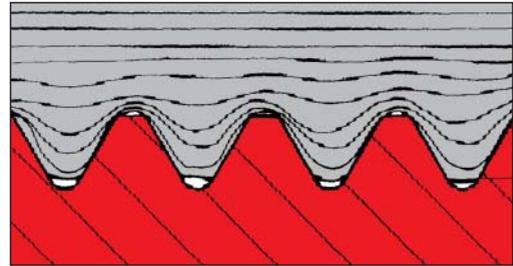
## Geschnittenes Gewinde

- Geringe Flankenüberdeckung
- Zerschnittener Faserverlauf
- Späne
- Flankenspiel



## Gefurchtes Gewinde

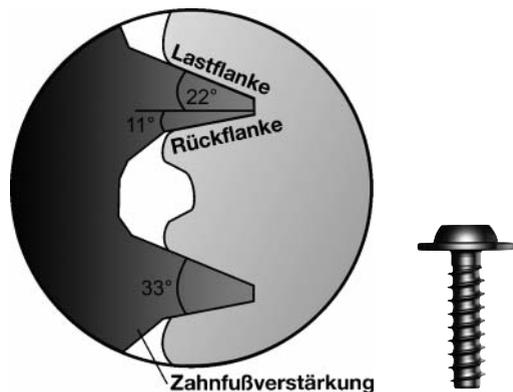
- Große Flankenüberdeckung
- Unzerstörter Faserverlauf
- Verfestigte Oberfläche
- Keine Späne



## 5. Gewindefurchende Schraube in Sonderausführungen und Werksnormen

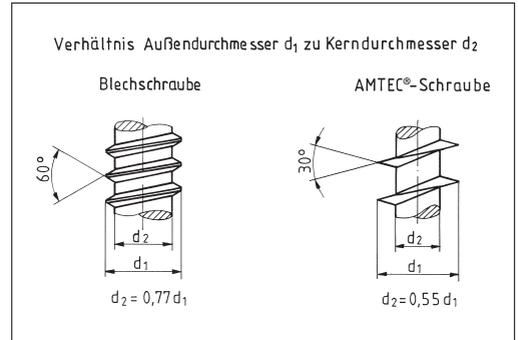
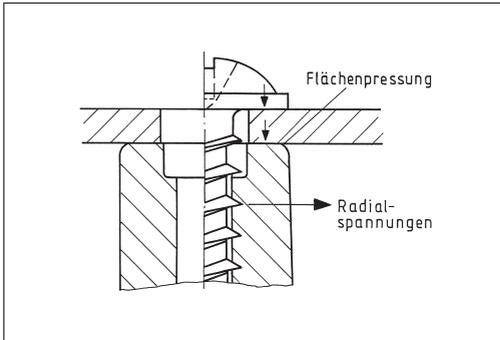
Neben den Schrauben gem. DIN 7500 sind verschiedene Schrauben mit optimierter Flankengeometrie erhältlich, die besonders für die Verbindung mit Leichtmetall ausgelegt sind.

Beispiel: ALtracs®



## 6. Gewindefurchende Schrauben für Kunststoffe

Bei der Direktverschraubung in thermoplastische Kunststoffe sollen niedrige Einschraubmomente, hohe Überdrehmomente und hohe Ausreißkräfte realisiert werden. Hier haben sich AMTEC® – Schrauben Böllhoff Norm B 52004 ff. mit 30° Gewindeflanke bewährt. Diese haben eine relativ grosse Steigung und einen kleinen Kerndurchmesser. Die Verschraubung hat selbsthemmende Eigenschaften und ist bis zu zehn mal wiederver-schraubbar.

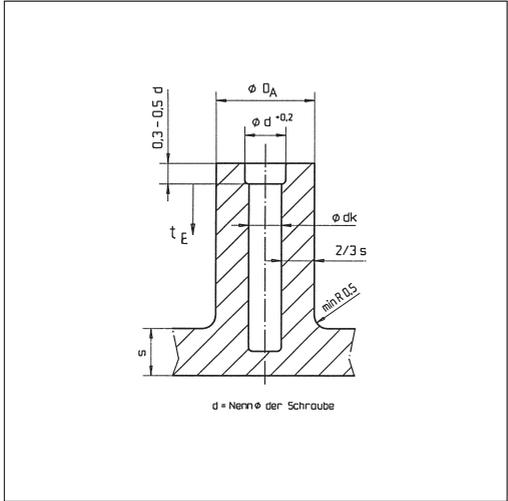


Dieses Verfahren ist besonders wirtschaftlich, weil für ein metrisches Gewinde generell ein Mutterelement zusätzlich eingebettet werden müsste. Für eine einwandfreie Verwendung ist jedoch die Beachtung der Konstruktionshinweise\* von entscheidender Bedeutung.

\* siehe Produktbroschüre oder „Blaue Seiten“

## Empfohlener Bohrungsdurchmesser für AMTEC® Schrauben

| Werkstoffe    | Lochdurchmesser $d_k$ | Außendurchmesser $D_A$ | Einschraubtiefe $t_E$ |
|---------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| ABS           | 0,80 x d              | 2,00 x d               | 2,00 x d              |
| ABS PC Blend  | 0,80 x d              | 2,00 x d               | 2,00 x d              |
| ASA           | 0,78 x d              | 2,00 x d               | 2,00 x d              |
| PA 4.6        | 0,73 x d              | 1,85 x d               | 1,80 x d              |
| PA 4.6 GF 3.0 | 0,78 x d              | 1,85 x d               | 1,80 x d              |
| PA 6          | 0,75 x d              | 1,85 x d               | 1,70 x d              |
| PA 6 GF 30    | 0,80 x d              | 2,00 x d               | 1,90 x d              |
| PA 6.6        | 0,75 x d              | 1,85 x d               | 1,70 x d              |
| PA 6.6 GF 30  | 0,82 x d              | 2,00 x d               | 1,80 x d              |
| PBT           | 0,75 x d              | 1,85 x d               | 1,70 x d              |
| PBT GF 30     | 0,80 x d              | 1,80 x d               | 1,70 x d              |
| PC*           | 0,85 x d              | 2,50 x d               | 2,20 x d              |
| PC GF 30*     | 0,85 x d              | 2,30 x d               | 2,00 x d              |
| PE-LD (weich) | 0,70 x d              | 2,00 x d               | 2,00 x d              |
| PE-HD (hart)  | 0,75 x d              | 1,80 x d               | 1,80 x d              |
| PET           | 0,75 x d              | 1,85 x d               | 1,70 x d              |
| PET GF 30     | 0,80 x d              | 1,80 x d               | 1,70 x d              |
| PMMA          | 0,85 x d              | 2,00 x d               | 2,00 x d              |
| POM           | 0,75 x d              | 1,95 x d               | 2,00 x d              |
| PP            | 0,70 x d              | 2,00 x d               | 2,00 x d              |
| PP TV 20      | 0,72 x d              | 2,00 x d               | 2,00 x d              |
| PPO           | 0,85 x d              | 2,50 x d               | 2,30 x d              |
| PS            | 0,80 x d              | 2,00 x d               | 2,00 x d              |
| PVC (hart)    | 0,80 x d              | 2,00 x d               | 2,00 x d              |
| SAN           | 0,77 x d              | 2,00 x d               | 1,90 x d              |



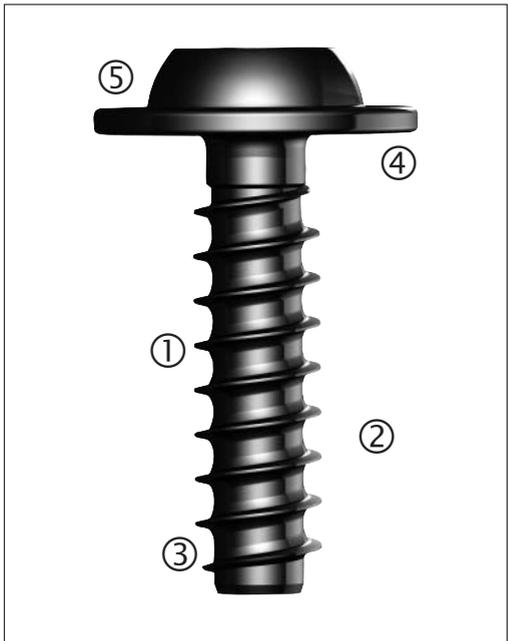
Als weiterentwickeltes Verbindungselement insbesondere für thermoplastische, hochverstärkte Kunststoffe steht die Delta PT Schraube zur Verfügung.

### Merkmale

- ① Weiterentwickelte Flankengeometrie
- ② Vergrößerter Kernquerschnitt
- ③ Reduzierte Steigung
- ④ Verstärkte Kopfgeometrie
- ⑤ Hochwertiger Schraubenwerkstoff

### Ergebnis

- Hohe Torsions- und Zugfestigkeit
- Hohe dynamische Sicherheit
- Gute Wärmeableitung
- Geringe Radialdehnung
- Kleine Flächenpressung

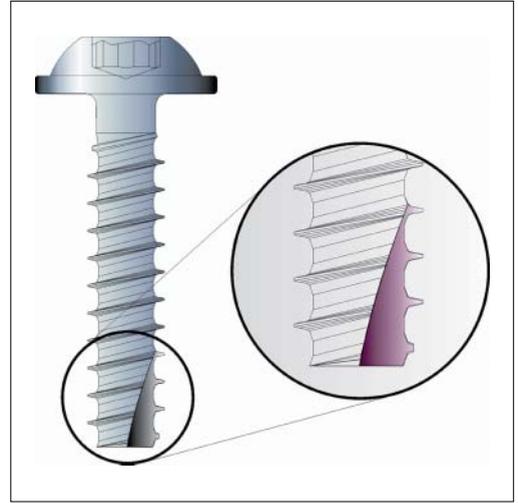


## Anwendungen in Duroplasten mit der Delta PT Schraube mit Schneidkante

- Duroplastische Bauteile sind nicht plastisch verformbar
- Sehr spröde Werkstoffe mit geringer Dehnfähigkeit benötigen eine Schneidhilfe

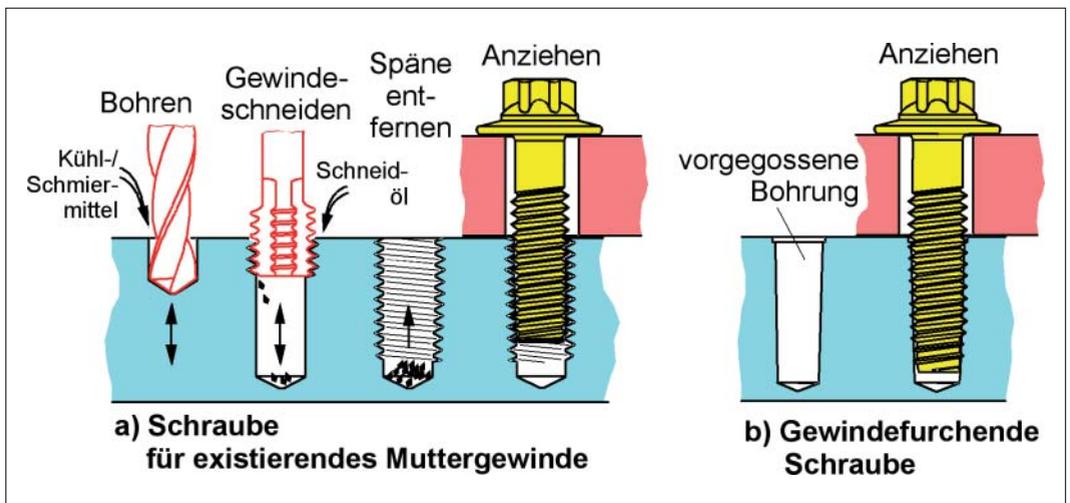
### Schneidkante

- Ausgefräster 1/4 Kreis
- Länge: 3 – 4 x Gewindesteigung



## Technische Vorteile und wirtschaftlicher Vorteil von Direktverschraubungen

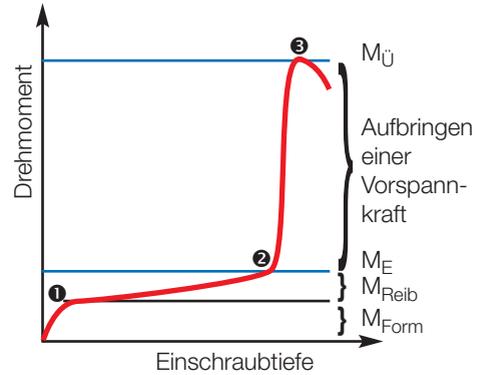
- Höher belastbare Innengewinde durch Kaltverfestigung bei Metaldirektverschraubung
- Prozesssicherer und günstiger, da weniger Operationen
- Hohe Losdrehbarkeit, da Gewindefestsitz



### Wichtiger technischer Hinweis

Bei der optimalen Direktverschraubungsmethode kommt es auf die Beachtung der notwendigen Konstruktionshinweise und Montagegerichtlinien an. Die Abstimmung bezogen auf Bauteile, Schraubentyp und Montage ist von grosser Bedeutung. Es wird empfohlen vor Serieneinführung Montageversuche mit Originalbauteilen durchzuführen und die Montageparameter zu prüfen und festzulegen.

Zwecks Bestimmung der Verschraubungscharakteristik steht die Böllhoff Anwendungstechnik gerne zur Verfügung.



### Direktverschraubungen

Aufgrund steigender Verarbeitung von leichten und kostengünstigen Materialien wird der Einsatz von Direktverschraubungen weiter steigen.

### Wann geht Gewindefurchen nicht?

- Bei geringen Festigkeitsunterschieden zwischen Schrauben- und Bauteilwerkstoff
- Bei zu spröden Werkstoffen
- Bei sehr hohen geforderten Vorspannkraften

## Sichern von Schraubverbindungen

Unter einer Schraubverbindung ist eine mehrfach lösbare Verbindung zu verstehen, die, mittels einer bei der Montage erzeugten Vorspannkraft, zwei oder mehrere Bauteile zusammenfügt.

Dieser Verbund soll sich auch unter Einwirkung einer äußeren Betriebskraft dauerhaft wie ein Teil verhalten.

Hierzu muss die Vorspannkraft, die durch das Montageanzugsmoment erzeugt wird, und den Reibschluss zwischen den Bauteilen hervorruft, soweit wie möglich erhalten bleiben. Anderenfalls können die Bauteile auseinanderklaffen, die Schrauben lösen sich, oder die Schrauben werden in nicht zulässiger Weise auf Scherung beansprucht.

Ist eine Schraubverbindung richtig ausgelegt, so ist der Reibungswiderstand im Gewinde und unter dem Schraubenkopf ausreichend groß, um ein selbsttätiges Lösen auch unter Schwingungsbelastung zu verhindern. Die Verbindung ist in diesem Falle selbsthemmend.

Ein selbsttätiges Lösen einer Schraubverbindung beginnt immer mit einem nicht gewollten Abfall der Vorspannkraft und wird insbesondere durch dynamische Belastungen verursacht. Dabei kann die Vorspannkraft teilweise oder ganz verloren gehen.

In der unten abgebildeten Grafik sind die Zusammenhänge dargestellt, von der eine zuverlässige Schraubverbindung abhängt.\*)



Aus Merkblatt 302\*): Eine gut ausgelegte und kontrolliert angezogene Schraubverbindung benötigt in der Regel keine zusätzliche Schraubensicherung!

In der Praxis ist es nicht immer möglich, durch konstruktive Maßnahmen genügend Sicherheit in die Schraubverbindung einzuplanen. Um zu verhindern, dass sich Schraubverbindungen lösen oder gar auseinanderfallen, werden in solchen Fällen Schraubensicherungselemente eingesetzt. Hierzu unterteilt man die einzelnen Maßnahmen

nach ihrer Wirkungsweise in folgende Gruppen:

- Setzsicherungen
- Verliersicherungen
- Losdrehsicherungen

Die abgebildete Tabelle stellt Ursachen mit Wirkprinzipien einzelner Schraubensicherungen gegenüber.

| Ursache des Lösens                                 | Einteilung der Sicherungselemente nach |                                  |  |
|--|--|----------------------------------|--|
|  | Funktion                               | Wirkprinzip                      | Beispiel   |
| <b>Lockern</b> durch Setzen oder Kriechen          | Setzsicherung                          | Verminderung der Flächenpressung | Kombischraube z. B. DIN EN ISO 10644<br>Flanschschraube DIN EN 1665  |
|  |  | Mitverspannte, federnde Elemente | Tellerfedern DIN 2093<br>Spannscheiben DIN 6796 und B 53072<br>Kombischrauben DIN 6900-5<br>Kombimuttern B 53010   |
| <b>Losdrehen</b> durch Aufhebung der Selbsthemmung | Verliersicherung                       | Formschlüssige Elemente          | Kronenmuttern DIN 935 und DIN 979<br>Schrauben mit Splintloch DIN 962<br>Drahtsicherung<br>Sicherungsbleche  |
|  |  | Klemmende Elemente               | Ganzmetallmuttern mit Klemmteil, z. B. DIN 6927<br>Muttern mit Kunststoffeinsatz, z. B. DIN 6926<br>Schrauben mit Kunststoffbeschichtung im Gewinde, z. B. B 53081<br>Gewindefurchende Schrauben DIN 7500<br>HELICOIL® screwlock B 62000 |
|  | Losdrehsicherung                       | Sperrende Elemente               | RIPP LOCK® Sicherungsscheiben, Sperrzahnschrauben und -muttern, z. B. B 158  |
|  |  | Sperrende, spannende Elemente    | Keilsicherungsscheiben B 53074   |
|  |  | Klebende Elemente                | „Mikroverkapselte Schrauben“, z. B. B 53084  |

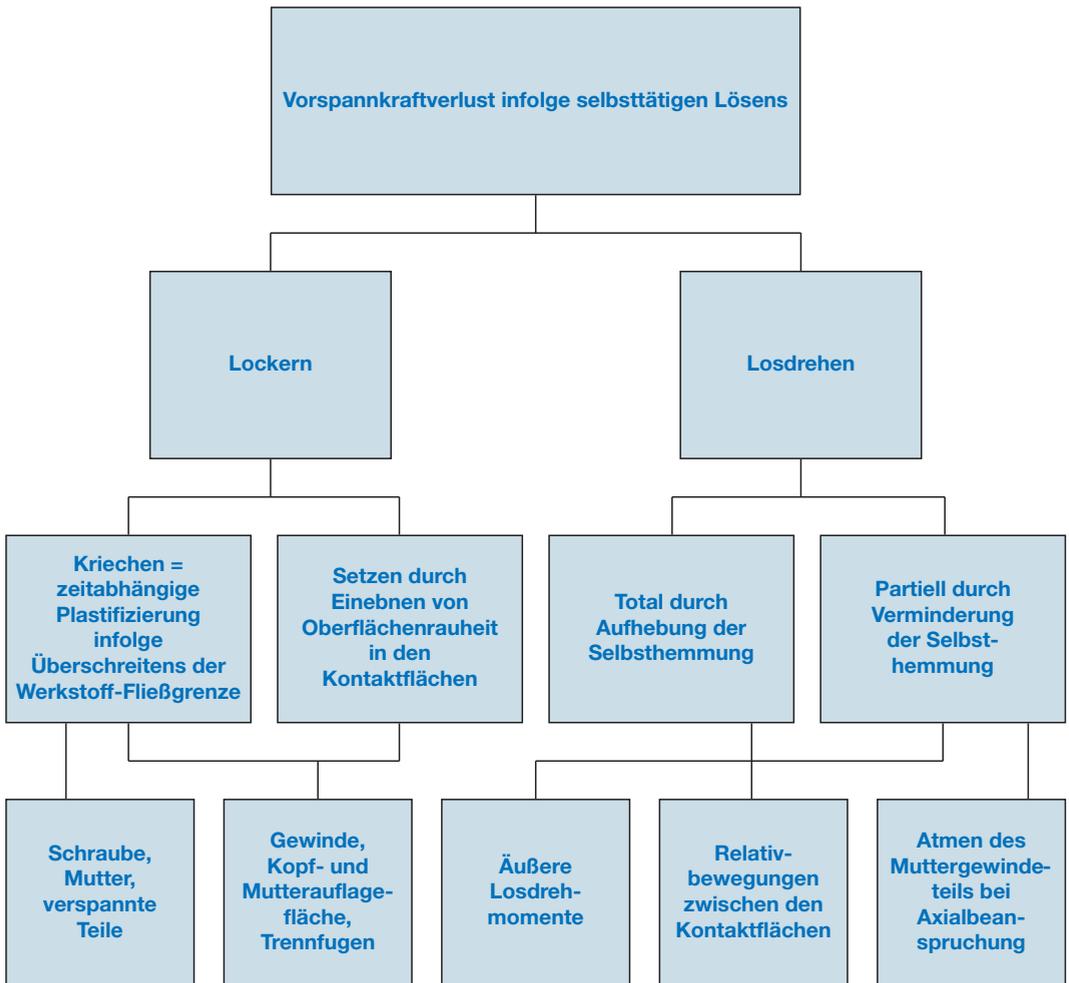
Unterschieden werden grundsätzlich zwei Mechanismen für das selbsttätige Lösen – das Lockern und das Losdrehen:

Beim Lockern verursachen dynamische oder statische Belastungen, speziell in axialer Richtung, ein Überschreiten zulässiger Spannungen, wodurch Setzerscheinungen und Kriechvorgänge hervorgerufen werden. Dabei verringert sich die verbleibende Klemmlänge und somit reduziert sich auch die aufgebrauchte Vorspannkraft.

Im Gegensatz dazu wirken beim Losdrehen dynamische Belastungen quer zur Schrauben-

achse und verschieben dadurch die verspannten Bauteile zueinander. Wenn eine sogenannte "Grenzverschiebung" überschritten wird, bei der die wirkenden Querkräfte grösser sind als die durch die Vorspannkraft hervorgerufene Haftreibung zwischen den verspannten Bauteilen, kann dabei eine Taumelbewegung um die Schraubenachse entstehen. Durch diese Relativbewegung wird ein inneres Losdrehmoment erzeugt, das zu einem völligen Verlust der Vorspannkraft und im Extremfall sogar zum Auseinanderfallen der Verbindung führen kann.

Ursachen\*), die zum selbstständigen Lösen von Schraubenverbindungen unter dynamischer Beanspruchung führen können:



\*) Merkblatt 302: Sicherungen für Schraubverbindungen, O. Strelow  
Beratungsstelle für Stahlverwendung, Düsseldorf

### Maßnahmen gegen das Lockern

Um die Einflüsse für das Lockern von Schraubverbindungen gering zu halten, müssen diese sorgfältig berechnet und korrekt montiert werden. Mittels großer Schraubenkopfdurchmesser vermindert sich die Flächenpressung und damit die Setz- und Kriechneigung an den Auflageflächen. Kombischrauben und Flanschschrauben haben sich für diese Fälle als geeignete Verbindungselemente etabliert.

Um den durch Setz- und Kriechvorgänge verur-

sachten Vorspannkraftverlust zu verringern, existieren sogenannte "federnde, mitverspannte Sicherungselemente". Für einige Anwendungen geeignet sind Spannscheiben oder Tellerfedern mit hoher Steifigkeit. Federringe und Fächerscheiben besitzen keine ausreichend hohe Federwirkung, sie sind also als Schraubensicherung ungeeignet und die entsprechenden Normen wurden 2003 zurückgezogen.

### Maßnahmen gegen das Losdrehen

Die besten Maßnahmen gegen ungewolltes Losdrehen sind seit jeher konstruktiver Art. Als Grundregel gilt dabei, Relativbewegungen in den Trennfugen und an den Gewindeflanken zu verhindern. Dazu sollten die zu verbindenden Bauteile möglichst starr, die zugehörige Schraubverbindung dagegen möglichst elastisch sein. Erreicht wird dies durch den Einsatz hochfester Schrauben mit großer Nachgiebigkeit, großen

Klemmlängen und kleinen Schaftdurchmessern. Als zusätzliche Maßnahme bieten sich der Einsatz klemmender Elemente als Verliersicherung sowie sperrender oder klebender Komponenten als Losdrehsicherung an.

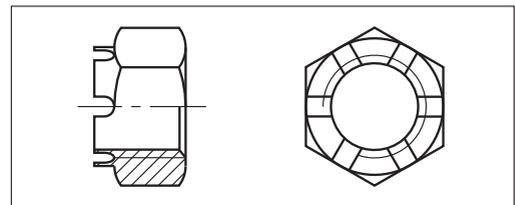
Im Gegensatz zu den reinen Verliersicherungen verhindern Losdrehsicherungen einen deutlichen Verlust an Vorspannkraft.

## Sicherungselemente

Verliersicherungen lassen zwar ein teilweises Lockern oder Losdrehen der Schraubverbindungen zu, verhindern aber das völlige Auseinanderfallen. Verliersicherungen sind daher keinesfalls gleichzusetzen mit wirkungsvollen Schraubensicherungen, die schon den Beginn des Lösens der Verbindung unterbinden.

Als Verliersicherung eingesetzt werden klemmende Elemente wie Muttern mit Kunststoffein-  
satz, Schrauben mit Kunststoffbeschichtung im Gewinde oder Ganzmetallmuttern mit oder ohne zusätzlichem Klemmteil und spezielle Gewindeflanken-Geometrien.

Zu den bekanntesten, aber nicht empfehlenswerten „formschlüssigen“ Sicherungselementen gehören Kronenmuttern, Schrauben mit Splintloch sowie Drahtsicherungen.



Im Gegensatz zu Verliersicherungen, verhindern Losdrehsicherungen das Lösen der Schraubverbindung.

Hierzu zählen unter anderem Sicherungselemente mit Profilierung an der Auflagefläche.

## Verzahnte Elemente

Die Funktion dieser Sicherungsmethode basiert auf eingepprägten, meist asymmetrischen Zähnen, die so ausgerichtet sind, dass die steilere Flanke der Losdrehrichtung zugewandt ist. Beim Anziehen graben sich diese Formelemente in das Bauteil und erzeugen einen Formschluss, der beim Lösen überwunden werden muss (Bild oben). Für die Funktion ist die Oberflächenbeschaffenheit und die Festigkeit der Klemmteile von großer Bedeutung.

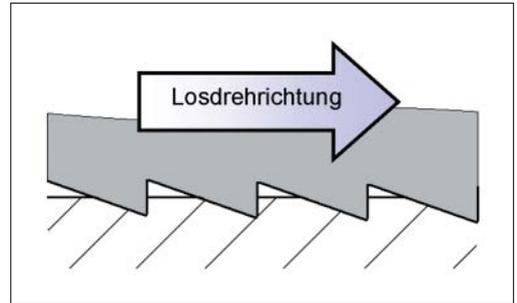
## Elemente mit Sicherungsrippen

Für empfindliche Oberflächen eignet sich ein Rippenprofil. Hierbei erhöht sich durch plastische Verformung und Verfestigung der Auflagefläche das Losdrehmoment.

## RIPP LOCK® Schraubensicherung

Diese Schraubensicherung von Böllhoff basiert auf Radialrippen.

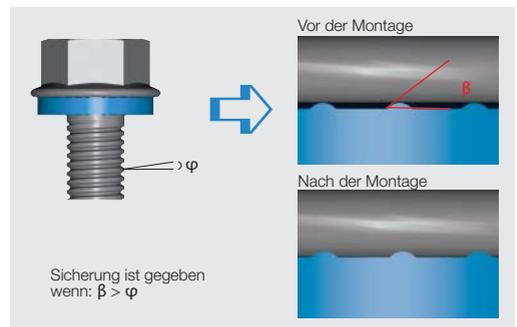
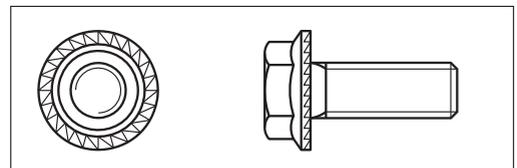
Der Steigungswinkel der Rippen ist größer als die Gewindesteigung der Schraube. Dadurch wird sowohl mit der Sicherungsscheibe (B 53065) als auch mit der Sicherungsschraube (B 158, B 251) und –mutter (B 193) eine exzellente Sicherungswirkung erzielt. Bei der Montage des Verbindungselements prägen sich die Radialrippen der RIPP LOCK® Sicherungsscheiben durch die aufgebrachte Vorspannkraft in die jeweilige Gegenlage ein. Der dadurch entstehende Formschluss verhindert zuverlässig ein selbsttätiges Lösen der Verbindung, selbst unter extremen Vibrationen oder starken dynamischen Belastungen.



## Schrauben / Muttern mit Sicherungsprofil aus unserem Sortiment

Vorteil dieser Sicherungsmethode ist, dass sie an der Schraube oder Mutter integriert ist und daher nicht vergessen werden kann. Diese Sicherungselemente sind bisher nicht genormt. Folgende Böllhoff Standards stehen lagermäßig zur Verfügung:

- B 53085 Sechskant-Sicherungsschrauben
- B 53012 Sicherungsmutter mit Flansch
- B 151 und B 196 ZAHN
- B 158, B 251 und B 193 RIPP LOCK®





### **DIN 267 Teil 28 – Klemmende Beschichtung**

Klemmende Gewindegewissicherungsmittel: Hier wird ein Polyamid auf einen Gewindeabschnitt aufgebracht. Beim Einschrauben wird eine klemmende Wirkung erzeugt.

Der axiale Spielraum zwischen Schrauben- und Muttergewinde wird durch die Beschichtung ausgefüllt und erzielt zusätzlich eine erhöhte Flächenpressung an den gegenüberliegenden, unbeschichteten Gewindeflanken. Die gewünschte klemmende Sicherungswirkung tritt ein.

Verliersicherungen können ein teilweises Losdrehen nicht verhindern, wohl aber ein vollständiges Auseinanderfallen der Schraubverbindung.

### **Verfahren der klebenden und klemmenden Sicherungen**

Falls nicht abweichend definiert, soll die Beschichtung nach DIN 267 Teil 27/28 ausgeführt werden.

Länge:  $1,5 d \pm 2P$  für  $P < 1$

$1,5 d \pm P$  für  $P \geq 1$

gemessen vom Schraubeneende.

Die ersten zwei bis drei Gewindegänge sollten weitgehend frei von Beschichtungsmittel sein, um das Einschrauben zu erleichtern.

Die Gewindegewissicherungen können sowohl als Innenbeschichtung (Muttern) sowie als Außenbeschichtung (Bolzen) ausgeführt werden. Gleichzeitig kann die Beschichtung, je nach Produkt, auf unterschiedlichen Werkstoffen und Oberflächen eingesetzt werden. Zu beachten sind unterschiedliche Temperaturbeständigkeiten der Produkte.

Zusätzlich können die chemischen Gewindegewissicherungen eine dichtende Funktion bieten. Hier sollte darauf geachtet werden, dass die Beschichtung „rundum“ ausgeführt wird und die Zusatzanforderungen definiert werden.



### Übersicht verschiedener chemischer Schraubensicherungen, alle Angaben ohne Gewähr.

| Sicherung                         | Wirkung                         | Norm         | Gewindereibung              | Aushärtung                | Farbe                             |
|-----------------------------------|---------------------------------|--------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Polyamid fleck (Plasbolt)         | klemmend                        | DIN 267 T.28 | Einfluss durch Klemmwirkung | keine – sofort verwendbar | rot (Standard), weitere lieferbar |
| Polyamid rundum (Plasbolt rundum) | klemmend, dichtend              | DIN 267 T.28 | Einfluss durch Klemmwirkung | keine – sofort verwendbar | rot (Standard), weitere lieferbar |
| Precote 30                        | mittelfest klebend, dichtend    | DIN 267 T.27 | $\mu$ 0,10 – 0,15           | 3 Stunden                 | gelb                              |
| Precote 80                        | sehr hochfest klebend, dichtend | DIN 267 T.27 | $\mu$ 0,25 – 0,28           | 3 Stunden                 | rot                               |
| Precote 85                        | hochfest klebend, dichtend      | DIN 267 T.27 | $\mu$ 0,10 – 0,15           | 6 Stunden                 | türkis                            |
| 3M scotch grip 2353               | hochfest klebend, dichtend      | DIN 267 T.27 | $\mu$ 0,14 – 0,18           | 24 Stunden                | blau                              |
| 3M scotch grip 2510               | hochfest klebend, dichtend      | DIN 267 T.27 | $\mu$ 0,16 – 0,20           | 72 Stunden                | orange                            |

### Das Sichern von Schraubverbindungen

bleibt ein wichtiges Thema, da bei der Auslegung der Verbindung oft nicht alle Einflussparameter in die Gestaltung einfließen, gleichzeitig aber gestiegenen Produkthaftungs- und Sicherheitsansprüchen Rechnung getragen werden muss. Andererseits beeinflusst jedes Schraubensicherungselement die Verschraubungssituation und muss bei der

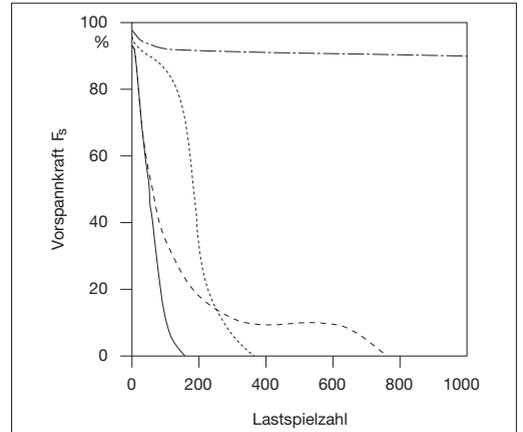
Montageplanung berücksichtigt werden. Für die Auswahl einer entsprechenden Sicherungskomponente sind Aspekte wie Wiederverwendung, Temperatureinflüsse, Werkstoffpaarungen und die spezifischen Sicherungs- oder Zusatzeigenschaften maßgebend. Kritisch ist auch die Frage der Mehrfachverwendbarkeit zu betrachten.

## Nicht geeignete Schraubensicherungen

Einige davon sind heutzutage noch weit verbreitet, obwohl sie nicht mehr dem Stand der Technik entsprechen. Die entsprechenden Produktnormen wurden zurückgezogen. Solche Elemente wurden fälschlicherweise den „Losdreh-“ und „Setzsicherungen“ zugeordnet. Mitverspannte federnde Elemente sind bei hochfesten Schraubverbindungen mit großer Vorspannung wirkungslos. Sie können in ungünstigen Fällen die Setzerscheinungen und damit den Abfall der Vorspannkraft sogar noch begünstigen. Hierbei handelt es sich im Einzelnen um:

- Federringe nach DIN 127 (wurde bereits 1992 zurückgezogen), DIN 128 und DIN 6905
- Federscheiben nach DIN 137 und DIN 6904
- Fächerscheiben nach DIN 6798 und DIN 6907
- Zahnscheiben nach DIN 6797
- Sicherungsbleche nach DIN 93, DIN 432 und DIN 463
- Sicherungsnapfe nach DIN 526
- Sicherungsmuttern nach DIN 7967

Hierbei hat sich gezeigt, dass die angedachte Sicherungswirkung nicht gegeben ist, weil z. B. die Scheibenelemente bereits bei relativ geringen Vorspannkraften plattgedrückt werden und keine Federwirkung erzeugen, bzw. die erhoffte mechanische Funktion bei diesen Produkten nicht erfüllt wird.



Ungesicherte Schraube DIN 933 – M 10 x 30-8,8      Schraube mit Zahnscheibe nach DIN 6797      Schraube mit Federring nach DIN 127      Sperrzahn-Sicherungsschraube oder Schraube mit mikroverkapseltem Klebstoff

*Losdrehkurven verschiedener Schraubverbindungen bei dynamischer Querbelastung*

DIN 50900 Teil 1 beschreibt Korrosion als „die Reaktion eines metallischen Werkstoffes mit seiner Umgebung, die eine messbare Veränderung des Werkstoffes bewirkt und zu einer Beeinträchtigung der Funktion eines metallischen Bauteils oder eines ganzen Systems führen kann“.

Für das Thema Verbindungselemente sind aus der Vielzahl der Korrosionsarten folgende zu nennen:

**Flächenkorrosion** ist der gleichmäßige Abtrag der angegriffenen Oberflächen.

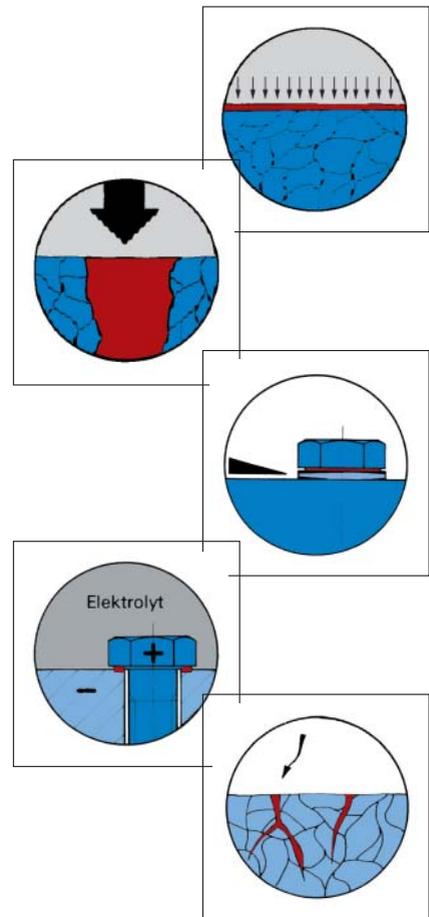
**Lochkorrosion** tritt an örtlich begrenzten Stellen, u. a. durch beschädigte Schutzschichten, auf.

**Spaltkorrosion** tritt in Spalten im Werkstoff oder zwischen zusammengefügt Bauteilen auf.

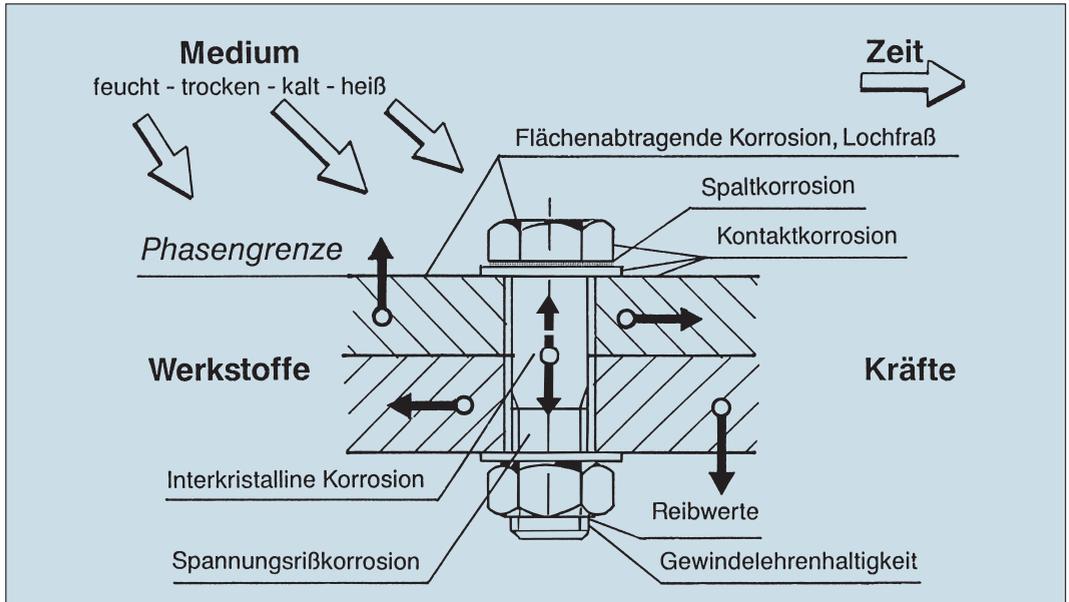
**Kontaktkorrosion** entsteht durch den Kontakt unterschiedlicher Metalle mit einem Elektrolyten.

**Spannungsrisskorrosion** entsteht durch Einwirkung eines Korrosionsmediums und gleichzeitiger Spannung.

Die meisten Schraubenschäden werden durch Korrosion verursacht. Aber Korrosion ist unvermeidlich. Korrosionsschutz ist deshalb als eine Maßnahme zu verstehen, welche die Entwicklung der Korrosion steuert und verzögert.



Verbindungselemente sind Teile eines Korrosionssystems, das vom Anwender im Gesamtzusammenhang betrachtet werden muss.



Korrosionssystem Schraubverbindung

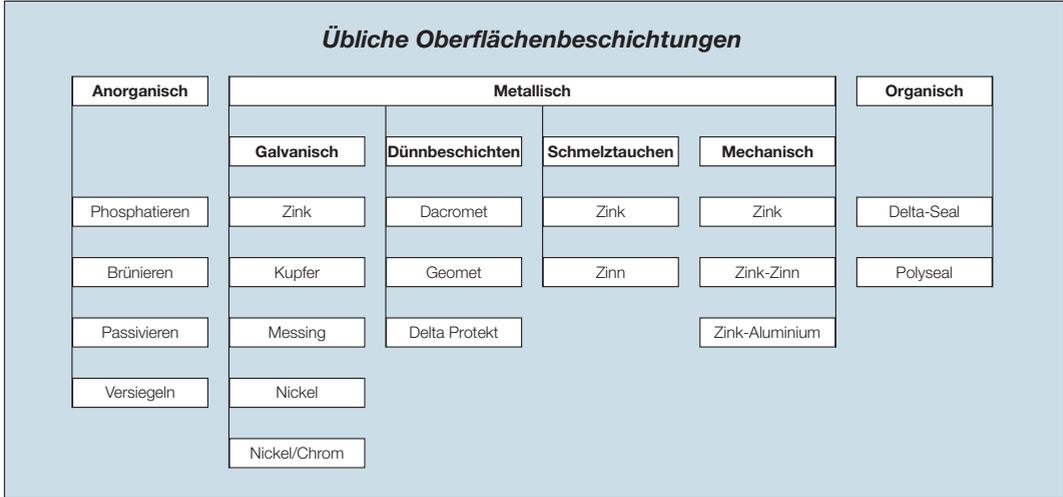
Man unterscheidet zwischen aktivem und passivem Korrosionsschutz.

Werden Verbindungselemente aus Werkstoffen eingesetzt, die weitgehend korrosionsbeständig sind, dann ist das **aktiver Schutz**. Dazu gehören z.B. rost- und säurebeständige Stähle oder Nichteisen-Metalle.

Werden Verbindungselemente aus Stahl mit einer schützenden Oberfläche versehen, dann ist

das ein **passiver Korrosionsschutz**. Darunter sind alle Arten der Oberflächenbehandlung zu verstehen.

Einige Beispiele dieser üblichen Oberflächenbeschichtungen für Verbindungselemente finden Sie auf der folgenden Seite.



Bei den metallischen Schutzschichten unterscheidet man:

- **anodisch** wirkende Oberflächen wie z. B. Zink
- **kathodisch** wirkende Oberflächen wie z. B. Nickel und Chrom

Zink findet in unterschiedlichen Beschichtungsarten sehr häufig Verwendung. Zink ist dabei unedler als der Stahl des Verbindungselementes. Wird an einem Teil die Zinkschicht beschädigt, dann wird die schadhafte Stelle durch die Reaktion des Zinks wieder geschlossen.

Das erklärt sich durch die anodische Wirkung, bei der sich Zink für das Stahlteil „opfert“ und sich vor dem Grundmetall auflöst.

Diese Reaktion nutzt man auch bei unterirdischen Rohrleitungen und bei Schiffsrümpfen aus Stahl mit Opferanoden. Auch die blanken Gewinde feuerverzinkter Muttern werden durch die Zinkauflage auf den Bolzengewinden geschützt.

Die häufigste Oberflächenbeschichtung geschieht elektrolytisch oder galvanisch. Die Bezeichnungssysteme für galvanische Oberflächen werden nach DIN EN ISO 4042 geregelt.



### Oberflächen bei Verbindungselementen

sind weitaus mehr als reine Korrosionsschutzschichten, sondern Systeme mit Multifunktionseigenschaften, die mehr leisten müssen, als „nur“ vor Korrosion zu schützen!

Bei Verbindungselementen gilt dem Korrosionsschutz ohnehin eine besondere Aufmerksamkeit. Der anteilmäßig geringere Teil der Versagensfälle in der Praxis beruht auf mechanischen Belastungen; ein weitaus höherer auf Zerstörung durch Korrosion. Hierbei gilt es besonders zu bedenken, dass die Verbindungselemente eines Bauteils keine Schwachstelle darstellen sollten. Die Auswahl einer geeigneten Korrosionsschutz-

schicht macht neben den Designanforderungen eine komplexe Betrachtungsweise (siehe Bild) notwendig.

Dazu gilt es auch, aktuelle Marktentwicklungen zu betrachten, um bei neuen Produkten

- a) aktuelle, zukunftsfähige,
- b) dauerhaft verfügbare und
- c) wirtschaftliche Oberflächensysteme im Markt einzuführen.

Denn: Jede Änderung von bestehenden, in die Serie eingeführten Produkten, kostet viel Geld und kann zu Engpässen und Qualitätsproblemen führen.

Eine dieser Marktentwicklungen ist das eingeführte Verbot von Chrom(VI) in den Schlüsselbranchen Automobil- und Elektroindustrie, dem sich die Zuliefererfirmen und Galvanotechnik gestellt haben.

In Anlehnung an den VDA und die DIN 50993

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Gelb chromatiert                              | Oliv chromatiert                              | Schwarz chromatiert                           | Zinklamellenüberzüge nach DIN EN ISO 10683 FIZnyc (z. B. Dacromet) |
| Ca. Gehalt in $\mu\text{g}/\text{cm}^2$<br>10 | Ca. Gehalt in $\mu\text{g}/\text{cm}^2$<br>15 | Ca. Gehalt in $\mu\text{g}/\text{cm}^2$<br>16 | Ca. Gehalt in $\mu\text{g}/\text{cm}^2$<br>20                      |

liegt die Nachweisgrenze von Cr(VI) bei 0,1  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ .

Folgender Chrom(VI)-Gehalt in Beschichtungen kann in Anlehnung an den VDA als Grundlage betrachtet werden:

Produktspezifische Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Systeme stehen sich gegenüber. Teilweise sind bei den Chrom(VI)-freien Systemen wegen des fehlenden Selbstheilungseffekts Versiegelungen notwendig. Die Umstellung auf Chrom(VI)-freie Beschichtungen ist mittelfristig

jedoch für alle Anwender und Branchen unausweichlich und umweltgerecht.

Unsere Empfehlungen bei der Auswahl einer Oberflächenbeschichtung basieren auf den modernen „giffreien“ Systemen.

## Neuer Chrom(VI)-freier Standard

Böllhoff bietet als Ersatz für die Gelbchromatierung einen neuen Standard, der hohen technischen Ansprüchen gerecht wird. Es handelt sich dabei um eine verzinkte Oberfläche mit einer Schichtdicke von  $\geq 5 \mu\text{m}$ . Darüber hinaus ist diese Oberfläche dickschichtpassiviert und auf das Reibzahlfenster von 0,12 – 0,18  $\mu\text{ ges. bei hochfesten Außen-$ gewindeteilen eingestellt.

Eine Versiegelung ist optional vorhanden. Die definierte Oberfläche B1 bietet mit 144 h Korrosionsbeständigkeit gegenüber Rotrost einen verbesserten Schutz im Vergleich zu verzinkt, 8  $\mu\text{m}$ , gelb chromatiert (A3C) und kann aufgrund der geringen Schichtdicke für diverse Schrauben und Zubehörteile genutzt werden.

| <b>Cr(VI)-haltige Referenzoberfläche,</b><br>gem. DIN EN ISO 4042 (bei mind. 8 $\mu\text{m}$ Schichtdicke) | Zinkkorrosion [h] | Grundmetallkorrosion [h] | Benennung |
|--|-------------------|--------------------------|-----------|
| Zn, gelbchromatiert  | 72                | 120                      | A3C       |
| ZnFe, schwarzchromatiert   | 72                | 360                      | R3R       |

Die Angaben der oben stehenden Tabelle sind ermittelte Richtwerte für Verbindungselemente im Trommelverfahren. Der Korrosionsschutz ist dimensions- und geometrieabhängig. Anforderungen an sonstige Funktionseigenschaften und Montagebedingungen müssen ergänzend beurteilt werden.

**Korrosionsbeständigkeiten von Cr(VI)-freien Oberflächen im Salzsprühnebeltest**

| Beschichtung   | min. Schichtdicke [µm] | DIN EN ISO 9227 SS Weißrost [h] | DIN EN ISO 9227 SS Rotrost [h] | Böllhoff Oberfläche   |
|--|------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Zn (dünn-schicht-) passiviert <b>ohne</b> Versiegelung         | 5                      | 12                              | 36                             | C1  |
|  | 8                      | 24                              | 72                             | C2  |
| Zink, dickschicht-passiviert <b>mit/ohne</b> Versiegelung      | 5                      | 72                              | 144                            | B1 Standardoberfläche*  |
| Zn dickschicht-passiviert <b>mit</b> Versiegelung              | 5                      | 96                              | 168                            | V4  |
|  | 8                      | 96                              | 240                            | V5  |
| ZnFe schwarz <b>mit</b> Versiegelung                           | 5                      | 120                             | 168                            | E8  |
|  | 8                      | 120                             | 360                            | E9  |
| ZnFe transparent <b>ohne</b> Versiegelung                      | 5                      | 72                              | 168                            | E0  |
|  | 8                      | 72                              | 360                            | E1  |
| ZnFe transparent <b>mit</b> Versiegelung                       | 5                      | 120                             | 240                            | E3  |
|  | 8                      | 120                             | 360                            | E4  |
| ZnNi transparent ohne Versiegelung                             | 5                      | 120                             | 360                            | N0  |
|  | 8                      | 120                             | 600                            | N1  |
| ZnNi transparent mit Versiegelung                              | 5                      | 144                             | 480                            | N3  |
|  | 8                      | 144                             | 720                            | N4  |
| ZnNi schwarzpassiviert ohne Versiegelung                       | 8*                     | 24                              | 360                            | N7  |
| ZnNi schwarz mit Versiegelung                                  | 5                      | 120                             | 480                            | N8  |
|  | 8                      | 120                             | 720                            | N9  |
| Zn schwarzpassiviert mit Versiegelung                          | 8**                    | 12                              | 72                             | C9  |
| Zinkflake Beschichtung z. B. DIN EN ISO 10683 - flZnnc-480 h   | ~ 8                    | -                               | 480                            | Beispiele:<br>G1 = Geomet 321 A,<br>L0 = Delta Protekt KL 100,                  |
| Zinkflake Beschichtung DIN EN ISO 10683 - flZnnc-720 h-L       | ~ 10                   | -                               | 720                            | Beispiele:<br>G7 = Geomet 321 B + VL,<br>L2 = Delta Protekt KL 100 + VH 301 GZ  |
| Zinkflake Beschichtung DIN EN ISO 10683 - flZnncL-480 h        | ~ 10                   | -                               | 480                            | Beispiel:<br>G9 = Geomet 500 A<br>L8 = Delta Protekt KL 105                     |
| Zinkflake Beschichtung DIN EN ISO 10683 - flZnnc-480 h schwarz | ~ 8                    | 120                             | 480                            | Beispiele:<br>L4 = Delta-Protekt + Delta Seal,<br>L9 = Zintek 300 + Techseal SL |

Die Werte sind Richtwerte für Trommelware unmittelbar nach der Beschichtung.

\* Mit Gleitmittelzusatz bei hochfesten Schrauben (> 8.8), Reibungszahl B1 = 0,12 - 0,18 µ ges., auch mit Reibungszahl B2 = 0,09 - 0,14 µ ges. (nach VDA) möglich.

\*\* Zu empfehlende Mindestschichtstärke.

## Kennzeichnung für galvanische Überzüge nach DIN ISO 4042

| Überzugsmetall/ -legierung<br>Kurzzeichen | Element             | Kenn-<br>buchstabe |
|---|---------------------|--------------------|
| Zn  | Zink                | A                  |
| Cd <sup>1)</sup>                          | Cadmium             | B                  |
| Cu  | Kupfer              | C                  |
| CuZn                                      | Kupfer-Zink         | D                  |
| Ni  | Nickel              | E                  |
| Ni Cr <sup>2)</sup>                       | Nickel-Chrom        | F                  |
| CuNi                                      | Kupfer-Nickel       | G                  |
| CuNi Cr <sup>2)</sup>                     | Kupfer-Nickel-Chrom | H                  |
| Sn  | Zinn                | J                  |
| CuSn                                      | Kupfer-Zinn         | K                  |
| Ag  | Silber              | L                  |
| CuAg                                      | Kupfer-Silber       | N                  |
| ZnNi                                      | Zink-Nickel         | P                  |
| ZnCo                                      | Zink-Kobalt         | Q                  |
| ZnFe                                      | Zink-Eisen          | R                  |

<sup>1)</sup> Die Verwendung von Cadmium ist aus Umweltschutzgründen teilweise eingeschränkt.

<sup>2)</sup> Dicke der Chromschicht = 0,3 µm

| Schichtdicke (Gesamtschichtdicke) in µm<br>ein Überzugsmetall | zwei Überzugsmetalle <sup>1)</sup> | Kenn-<br>zahl |
|---|------------------------------------|---------------|
| keine Schichtdicke<br>vorgeschrieben                          | –                                  | 0             |
| 3   | –                                  | 1             |
| 5   | 2 + 3                              | 2             |
| 8   | 3 + 5                              | 3             |
| 10  | 4 + 6                              | 9             |
| 12  | 4 + 8                              | 4             |
| 15  | 5 + 10                             | 5             |
| 20  | 8 + 12                             | 6             |
| 25  | 10 + 15                            | 7             |
| 30  | 12 + 18                            | 8             |
|   |                                    |               |
|   |                                    |               |
|   |                                    |               |
|   |                                    |               |

<sup>1)</sup> Die für das erste und zweite Überzugsmetall festgelegten Dicken gelten für alle Kombinationen von Überzügen mit der Ausnahme, dass Chrom die oberste Schicht ist, die immer eine Dicke von 0,3 µm hat.

| Glanzgrad       | Passivieren durch Chromatieren <sup>1)</sup><br>Farbe | Kennbuchstabe |
|-----------------|---|---------------|
| matt            | keine Farbe   | A             |
| matt            | bläulich bis bläulich irisierend                      | B             |
| matt            | gelblich bis gelbbraun, irisierend                    | C             |
| matt            | olivgrün bis olivbraun                                | D             |
| blank           | keine Farbe   | E             |
| blank           | bläulich bis bläulich irisierend                      | F             |
| blank           | gelblich schimmernd bis gelbbraun, irisierend         | G             |
| blank           | olivgrün bis olivbraun                                | H             |
| glänzend        | keine Farbe   | J             |
| glänzend        | bläulich bis bläulich irisierend                      | K             |
| glänzend        | gelblich schimmernd bis gelbbraun, irisierend         | L             |
| glänzend        | olivgrün bis olivbraun                                | M             |
| hochglänzend    | keine Farbe   | N             |
| beliebig        | wie B, C oder D                                       | P             |
| matt            | braunschwarz bis schwarz                              | R             |
| blank           | braunschwarz bis schwarz                              | S             |
| glänzend        | braunschwarz bis schwarz                              | T             |
| alle Glanzgrade | ohne Chromatieren                                     | U             |

Passiviert werden Zink, Zinklegierungsüberzüge oder Cadmiumüberzüge. Einige Farben sind nur bei Zinküberzügen möglich.

<sup>1)</sup> Die Normung geht noch nicht auf Cr(VI)-freie Passivierungen ein. Daher müssen diese gesondert bezeichnet und bestellt werden, z. B. als Cr(VI)-freie Dünn- oder Dickschichtpassivierungen. Siehe Übersicht Seite 89.

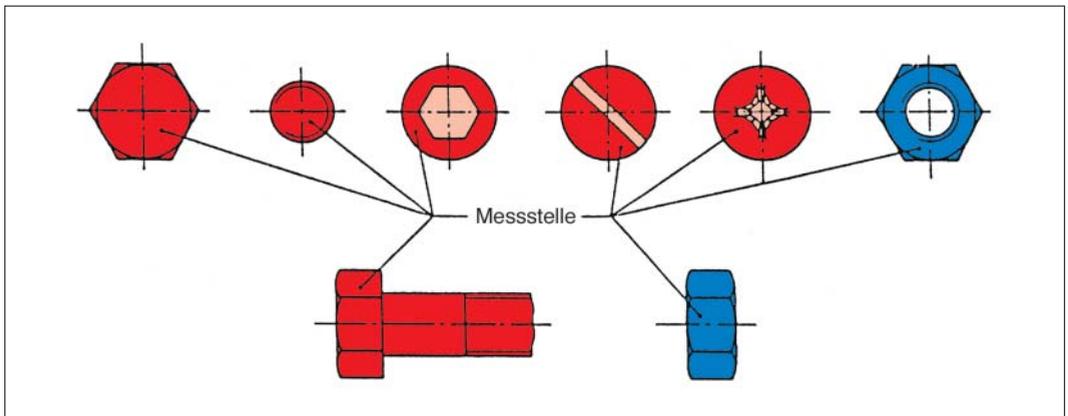
**Beispiel für Kennzeichnung einer mit 5 µm verzinkten, bläulich matt passivierten Schraube:  
A 2 B**

## Galvanisieren

Verbindungselemente werden entfettet, geätzt und auf elektrolytischem Weg in Bädern mit dem Überzugsmetall versehen. Bei Verbindungselementen und Kleinteilen geschieht das überwiegend in Trommelanlagen. Große Verbindungselemente und sperrige Teile werden als Gestellware galvanisiert, um Beschädigungen durch das hohe Eigengewicht zu vermeiden.

Die Metallabscheidung auf die Stahloberfläche geschieht nicht gleichmäßig. Vorstehende Stellen werden stärker, Vertiefungen und Einkerbungen werden schwächer beschichtet.

Für die Schichtdickenmessung sind deshalb feste Messstellen vorgesehen.



Messstellen für die örtliche Schichtdickenmessung

Bei langen und dünnen Schrauben können beim Galvanisieren durch die ungleichmäßige Schichtdicke Probleme mit der Lehrenhaltigkeit auftreten.

In der Galvanik können die unterschiedlichsten Metalle aufgebracht werden. Die häufigsten Überzüge sind Zink, Nickel, Chrom, Kupfer, Messing und Zinn.

## **Zink**

Zink eignet sich wegen der anodischen Wirkung gut für die galvanische Oberflächenbeschichtung.

Aufgrund des Faraday'schen Gesetzes kann durch Variation von Galvanisierzeit und Stromstärke die Menge des auf dem Verbindungselement abgeschiedenen Zinks und damit die Schichtdicke nach Wunsch bemessen werden.

Üblicherweise werden Verbindungselemente mit 5 – 7 µm verzinkt und passiviert.

## **Zinklegierungsüberzüge**

Dieses Verfahren zeichnet sich durch Legierungsüberzüge auf Basis von Zink mit anderen Elementen aus. Anschließend kann transparent oder schwarz passiviert werden.

ZnFe enthält 0,3 % bis 1 % Eisen. ZnNi 8 % bis 15 % Nickel.

Aufgrund geringer Korrosionsprodukte der Legierungsschicht gewinnen Zinklegierungsschichten verstärkt an Bedeutung.

## **Nickel und Chrom**

Im Gegensatz zu den unedlen Metallen wie Zink schützen Nickel und Chrom durch ihre harte Schicht. Diese Metalle sind edler als Stahl. Wenn die Oberfläche verletzt wird, unterrostet das Überzugsmetall und löst sich.

Beide Metalle werden zu dekorativen Zwecken eingesetzt.

Die Chromoberfläche ist besonders hart, widerstandsfähig gegen Abrieb und läuft nicht an.

Chromoberflächen werden üblicherweise nicht direkt auf Stahloberflächen aufgebracht. Das Stahlteil wird verkupfert, anschließend vernickelt und dann erst verchromt.

Die galvanische Oberflächenbeschichtung mit Chrom wird üblicherweise als Gestellware vorgenommen.

## **Kupfer**

Kupferoberflächen dienen als Zwischenschichten für Nickel- und Chromoberflächen und haben außerdem eine hohe elektrische Leitfähigkeit.

### **Messing**

Verbindungselemente werden überwiegend für dekorative Zwecke galvanisch vermessingt.

### **Zinn**

Teile mit einer Zinnoberfläche lassen sich besser verlöten.



*Trommelgalvanik*

### **Nachbehandlung galvanisch aufgebracht Zinküberzüge**

Bei den galvanisch abgeschiedenen Überzügen ist eine Nachbehandlung zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit üblich.

### **Passivierung**

Diese durch Nachtauchlösung entstandene Konversionsschicht ist technisch vorgesehen und erhöht die Korrosionsbeständigkeit. Passivierungen decken die galvanische Schutzschicht komplett ab. Sie werden chemisch aufgebracht. Damit werden auch die Poren der Zinkoberfläche geschlossen.

**Dünnschichtpassivierungen** sind Cr(VI)-frei erhältlich. Diese Standardnachbehandlung erfolgt auf Zn-, ZnFe- und ZnNi-Basis. Mehr Sicherheit gegen Korrosionsanfälligkeit der Zinkschicht bieten **Dickschichtpassivierungen**. Auch diese sind auf Cr(III)-wertiger Basis und werden damit der Gesetzesanforderung nach Cr(VI)-Freiheit gerecht. Passivierungsschichten sind blau-silbrig-regenbogenfarbig irisierend oder können zusätzlich eingefärbt sein. **Chromatierung**<sup>1)</sup>. Cr(VI)-haltige Passivierung. Gelbliche bis schwarze Farbe bei steigendem Cr(VI)-Gehalt. Gelb chromatierte Oberflächen bieten einen guten Korrosionsschutz, allerdings sind Chromatierungen nur bis ca. 70°C beständig.

Eine Ablösung konservativer Blauchromatierungen durch Dünnschichtpassivierungen ist sukzessiv zu erwarten. Die Korrosionsschutzwerte sind vergleichbar.

### **Topcoats**

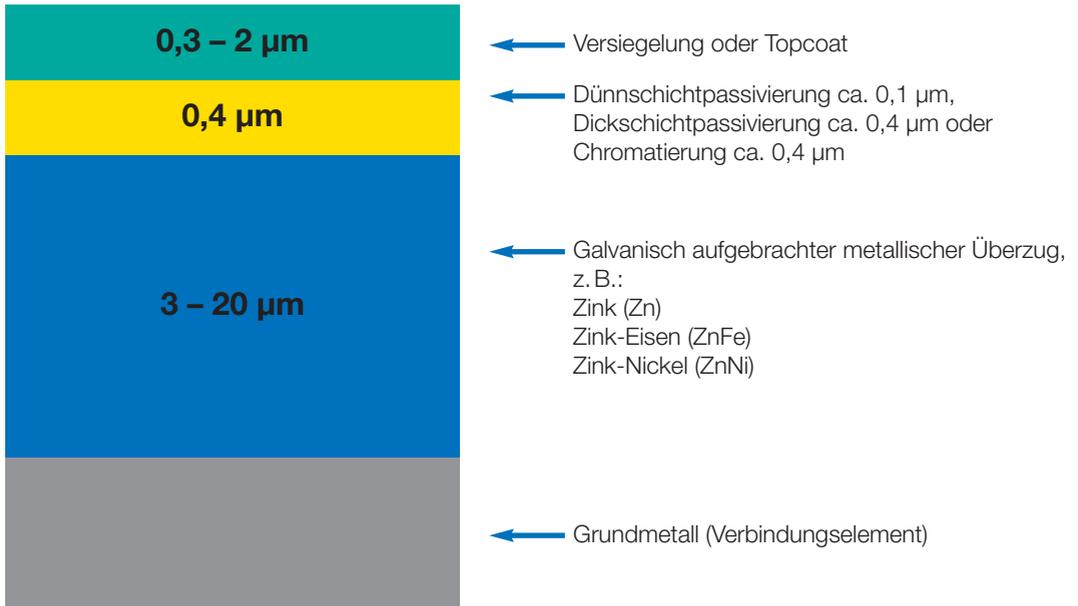
In der Regel filmbildende zusätzliche Schichten zur Erhöhung des Korrosionsschutzes oder für alternative Farbgebung.

### **Versiegelungen**

Meist silikathaltige Substanzen zur Erhöhung des Korrosionsschutzes, die mit der Passivierung vernetzt werden. Die Versiegelungen festigen die Optik der Passivierungsschichten und können eine Reibwerteeinstellung übernehmen.

*<sup>1)</sup> Die bisher gängigste Methode der Chromatierung ist aufgrund von EU-Richtlinien zum Schutz von Mensch und Umwelt in Zukunft nicht mehr zulässig. Daher ist auch für Verbindungselemente die Auswahl einer alternativen Behandlung oder eines Beschichtungssystems nötig. Hier bieten sich Cr(VI)-freie Passivierungen mit oder ohne Versiegelung an.*

## Möglicher Oberflächenaufbau



## Wasserstoffversprödung

Zu diesem komplizierten technischen Vorgang haben sich im Normenausschuss Mechanische Verbindungselemente (FMV) Anwender und Hersteller auf wichtige Formulierungen geeinigt, die in die DIN EN ISO 4042 eingegangen sind:

### Wasserstoffinduzierter Sprödbruch

„... ist das Versagen von Bauteilen durch das Zusammenwirken von atomar aufgenommenem Wasserstoff und Zugeigenspannungen bzw. Zuglastspannungen ...“.

### Zur Gefahr der Wasserstoffversprödung

Bei den heute bekannten Verfahren zur Abscheidung von Metallüberzügen aus wässrigen

Lösungen ist für Schrauben aus Stählen mit den nach DIN ISO 898 Teil 1 festgelegten Mindest-Legierungsbestandteilen, bzw. Mindest-Anlasstemperaturen ein wasserstoffinduzierter, verzögerter Sprödbruch nicht mit Sicherheit auszuschließen. Dies gilt für Teile aus Stählen mit Zugfestigkeiten  $R_m \geq 1000 \text{ N/mm}^2$ , entsprechend 300 HV. Er kann durch die Auswahl eines für das Aufbringen von galvanischem Oberflächenschutz besonders geeigneten Werkstoffes, unter Anwendung moderner Oberflächenbehandlungsverfahren, einschließlich geeigneter Nachbehandlungen, im Regelfall vermieden werden.

Bei Zubehörteilen mit federnden Eigenschaften und mit Härten größer 400 HV ist eine erhöhte Sprödbruchgefahr gegeben. In Bezug auf Werkstoffauswahl, Wärme- und Oberflächenbehandlung sind daher besondere Maßnahmen erforderlich.

Bei anderen mechanischen Verbindungselementen ist im Einzelfall zu prüfen, wann eine Wasserstoffversprödung auftreten kann. Sollte eine entsprechende Gefahr erkennbar sein, sind geeignete Maßnahmen zu treffen, um eine Wasserstoffversprödung zu vermeiden.

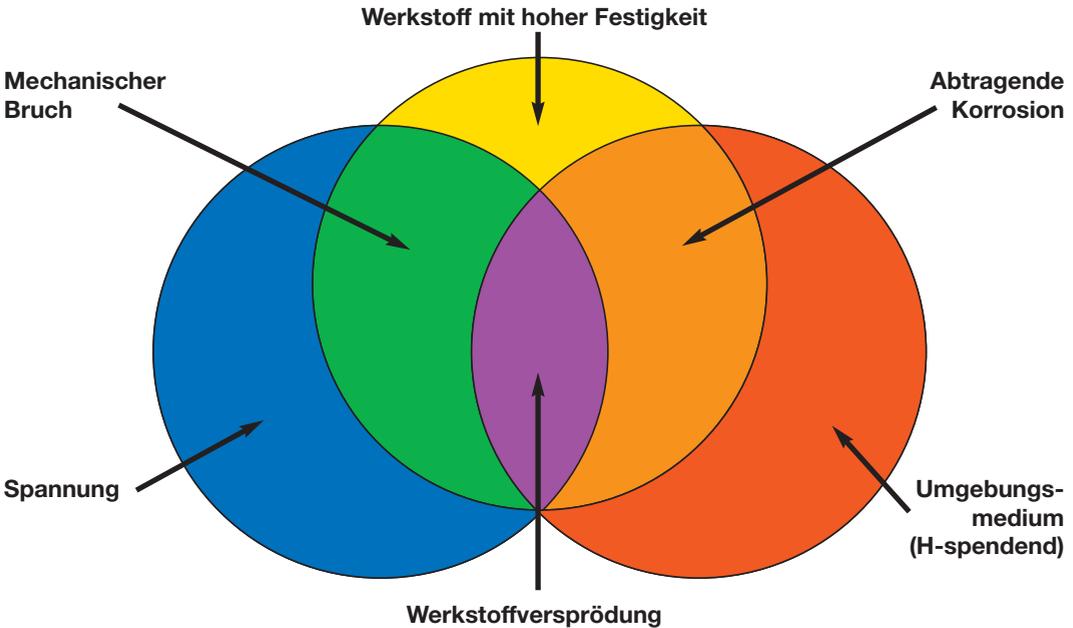
### Wie kommt der Wasserstoff in den Stahl?

Der schädigende Wasserstoff kann vom Stahl aufgenommen werden beim Beizen, beim Galvanisieren und bei Korrosion.

Die Empfindlichkeit gegen Wasserstoffversprödung steigt mit zunehmender Festigkeit des Stahls. Die Sprödbrüchanfälligkeit kann durch die Wahl eines ausreichend duktilen Werkstoffes mit Mindest-Anlasstemperatur von + 500° C und geeigneten Oberflächenbehandlungsverfahren, einschließlich geeigneter Nachbehandlung, weitgehend vermieden werden. (Unter geeigneter Nachbehandlung ist ein Erwärmen auf + 190 bis + 200° C mit Haltezeiten von zwei bis vier Stunden zu verstehen.)

Dies bedeutet, dass Schrauben nicht gefahrlos nachträglich galvanisch oberflächenbehandelt werden können, die hinsichtlich Werkstoff und Anlasstemperatur nur die für die Festigkeitsklassen 10.9 und 12.9 in DIN ISO 898 Teil 1 gegebenen Mindestanforderungen erfüllen.

### Zusammenspiel der Voraussetzungen für einen wasserstoffinduzierten, verzögerten Sprödbruch\*).



\*J.K. Kayser: Kritische Betrachtung zum Korrosionsschutz an Schrauben, VDI-Z Bd. 126 Nr. 20

## Zinklamellenüberzüge

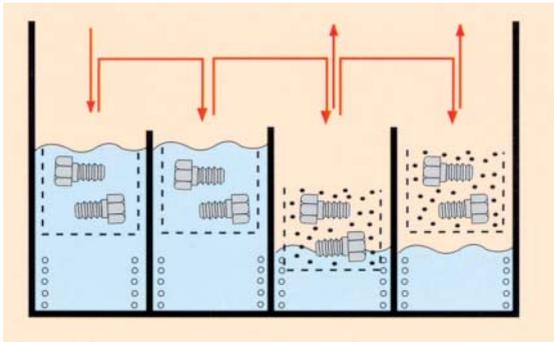
Nach dem Reinigen und Entfetten der Oberfläche werden die Teile in eine wässrige oder lösemittelhaltige, dispersive Lösung mit einer Mischung aus Zink- und Aluminiumlamellen getaucht.

Anschließend werden die Teile geschleudert, um das überflüssige Überzugsmetall zu entfernen.

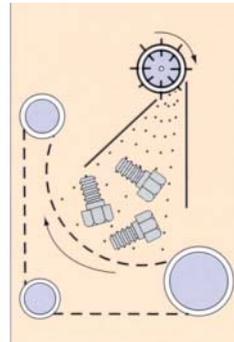
Bei großen und sperrigen Teilen wird die Oberfläche aufgespritzt.

Danach wird die aufgetragene Schicht bei 180° C bzw. 300° C eingebrannt.

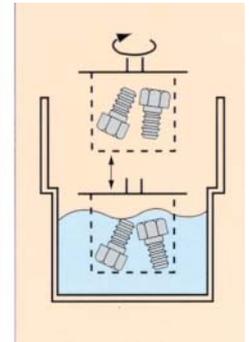
Entfettung



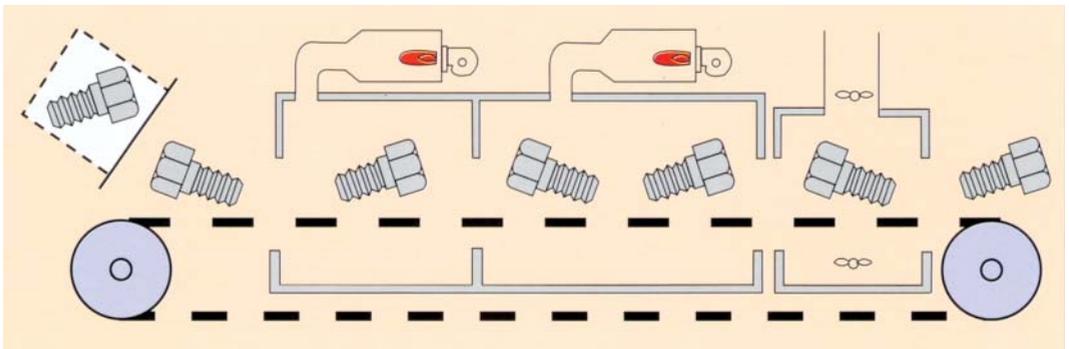
Strahlen



Tauchen/Schleudern



Einbrennung



Beschichtungsablauf

Nach einem Zyklus beträgt die Schichtdicke ca. 4 µm. Es werden mindestens zwei Schichten aufgetragen, so dass die Auflage 8-10 µm

beträgt und daher für Schrauben mit einem kleinen Gewindedurchmesser nicht geeignet ist.

Die mit einer Dispersionsschicht behandelten Teile sind matt grau und haben einen hohen Korrosionsschutz, der erheblich über dem für galvanisch verzinkte Teile liegt.

**Versiegelungen** oder **Topcoats** können nachträglich aufgetragen werden. Schmiermittel können in eine Schicht integriert werden oder als abschließende Nachbehandlung erfolgen. Reibbeiwerte können relativ genau eingestellt werden.

Die Gefahr einer **Wasserstoffversprödung** wird in diesem Beschichtungsablauf ausgeschlossen.

Zinklamellenüberzüge sind auch unter den Namen Dünnschichtungen oder **Dispersionsüberzüge** geläufig und u.a. unter den Marken Dacromet, Geomet und Delta-Protekt bekannt.

**DIN EN ISO 10683** beschreibt diese Überzüge als nichtelektrolytisch aufgetragene **Zinklamellenüberzüge**.

Die Normbezeichnung ist **fZn**. Zusätzlich werden die Stundenzeiten für die erforderliche Dauer im Salzsprühnebeltest angegeben. Nach dieser Prüfdauer dürfen die Teile keinen Rotrost zeigen.

**fZn – 480 h** Zinklamellenüberzug mit einer Prüfdauer von 480 h

**fZnL – 240 h** Zinklamellenüberzug mit einer Prüfdauer von 240 h und einem integrierten Schmierstoff

**fZn – 720 h – L** Zinklamellenüberzug mit einer Prüfdauer von 720 h und einem nachträglich aufgetragenen Schmierstoff

**fZnnc – 240 h** Zinklamellenüberzug mit einer Prüfdauer von 240 h ohne Cr(VI)

**fZnyc – 480 h** Zinklamellenüberzug mit einer Prüfdauer von 480 h mit Cr(VI)

Durch die Angabe der Prüfdauer ergibt sich die Schichtdicke des Überzuges. Bei einer Beständigkeit von 480 Stunden im Salzsprühnebeltest ist eine Schichtdicke (fZn) von 5 µm mit Cr(VI), bzw. von 8 µm ohne Cr(VI) erforderlich.

Bei nachträglicher Beschichtung von Lagerware sind die Gewindetoleranzen und deren möglichen Schichtdicken zu beachten.

### **Dünnlackbeschichtungen (Topcoat)**

Deckbeschichtung aus einer organischen Verbindung, die in flüssigem Zustand aufgebracht wird.

Die Verbindungselemente werden getaucht oder der Topcoat aufgespritzt und anschließend auf 200°C erwärmt. Dabei härtet die Lackschicht aus.

Diese Schutzschicht kann in vielen Farben auf eine andere Oberflächenbeschichtung aufgetragen werden. In diese Schutzschicht können Schmierstoffe eingearbeitet werden, die für die Verschraubung günstige, konstante Reibwerte erbringen.

Diese Verfahren sind u. a. unter den Marken „Delta-Seal“ oder „Polyseal“ bekannt.

### **Feuerverzinken**

Das thermische Verzinken (tZn) erfolgt in einem Bad aus flüssigem Zink mit einer Temperatur von ca. 500°C. Durch die hohe Temperatur reagieren Zink und Eisen zu einer Schicht aus einer Zink/Eisenlegierung. Diese Schicht wird bei der Verarbeitung nicht beschädigt.

Nach dem Tauchen werden die Verbindungselemente durch Schleudern vom überflüssigen Zink befreit. Die Bolzengewinde dürfen nicht nachgeschnitten werden.

DIN EN ISO 10684 schreibt für feuerverzinkte Teile eine Schichtdicke von mindestens 40 µm vor. Diese dicke Schutzschicht und die darunter liegende Zink/Eisenschicht sorgen für einen sehr hohen Korrosionsschutz.

Die starke Auflage muss bei der Gewindegestaltung berücksichtigt werden, wenn die Gewinde im verzinkten Zustand schraubbar bleiben sollen. Das Schraubengewinde muss also vor dem Verzinken mit einem stärkeren Untermaß gefertigt werden.

Dadurch reduziert sich aber der Spannungsquerschnitt, und die Flankenüberdeckung ist vermindert. Deshalb gelten für feuerverzinkte Schrauben andere Prüfkräfte als für Teile mit galvanischen Beschichtungen (DIN EN ISO 10684).

Aus den vorgenannten Gründen ist es auch nicht sinnvoll, Schrauben unter M 10 feuerverzinken. Muttergewinde werden erst nach dem Feuerverzinken geschnitten, sind also nicht verzinkt. Durch den Zink auf dem Bolzengewinde wird auch das Muttergewinde geschützt.

Für feuerverzinkte HV-Verbindungen ist DIN EN 14399 (bis September 2007 ebenfalls DIN 18800) zu beachten.

### **Phosphatieren oder Bondern**

Der dunkelgraue bis schwarze Oberflächenschutz entsteht durch das Tauchen in eine Zinkphosphat-Lösung. Auf dieser Phosphatschicht haften Farbanstriche und Schmiermittel gut. Häufig wird auch phosphatiert, um bei einer Kaltumformung bessere Gleiteigenschaften zu bekommen.

Phosphatschichten bieten nur einen geringen Korrosionsschutz.

### **Brünieren**

Blanke Eisenwerkstoffe werden bei ca 140°C in eine oxidierende Lösung getaucht. Es entsteht auf der Oberfläche eine bräunlich-schwarze Eisenoxidschicht. Die brünierten Teile werden anschließend geölt oder gewachst.

Der Korrosionsschutz ist sehr gering.

## Schwärzen

Hochfeste Schrauben werden bei der Wärmebehandlung nach dem Anlassen in einer Öl-emulsion abgekühlt. Das Öl brennt sich in die Oberfläche ein und gibt dem Teil eine schwarze Färbung.

Diese Behandlung bietet einen leichten Korrosionsschutz für die Lagerung und den Transport.

## Chemisch Vernickeln

Die Beschichtung erfolgt stromlos in einer Nickel-salzlösung. Hierbei werden auch an Kanten und in Bohrungen, auch im Mikrobereich, sehr gleichmäßige Schichtdicken erzielt.

Auch für kleine und komplizierte Teile ist diese Beschichtung daher geeignet. Durch das Überzugsmetall Nickel ist die Oberflächenhärte hoch.

## Mechanische Überzüge

Durch Bewegung in einer Trommel werden Metallpartikel durch eine Glaskugelmischung auf die Verbindungselemente aufgedrückt (plattiert). Die Mischung der Glaskugeln hängt von der Größe und dem Profil der Teile ab.

Dieses Verfahren ist auch unter den Begriffen „Mechanical Plating“ oder „3M-Verzinken“ bekannt.

## Richtwerte über die Lebensdauer verschiedener Oberflächenbehandlungen

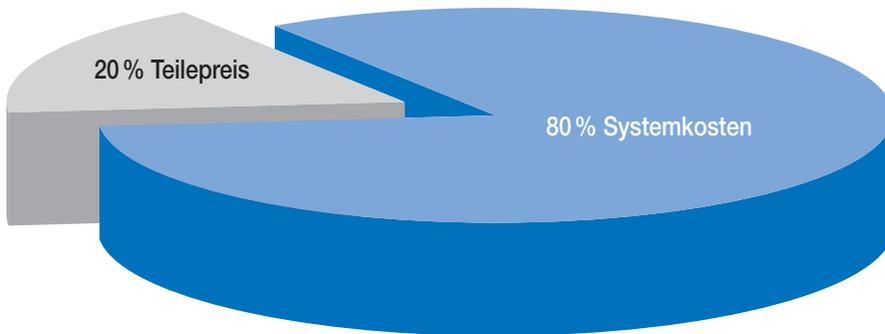
| Lebensdauer in Jahren bis zur Rotrostbildung in den Korrosionsatmosphären   |   |  |  | Oberflächen-schutz                                      | Schichtdicke               |
|---|---|--|--|---|----------------------------|
| Landklima   | Stadtklima  | Industrieklima   | Meerklima  |   |                            |
| <br>3 – 8<br>5 – 12<br>10 – 20 | <br>1 – 4<br>2 – 6<br>5 – 10 | <br>unter 1<br>1 – 2<br>2 – 3 | <br>1 – 3<br>1 – 4<br>2 – 5 | verzinkt,<br>passiviert                                 | 5 – 8 µm<br>12 µm<br>20 µm |
| 5 – 13<br>8 – 20<br>17 – 34   | 1 – 7<br>3 – 10<br>8 – 17   | 1<br>1 – 3<br>3 – 5  | 1 – 5<br>1 – 7<br>3 – 8  | verzinkt,<br>gelb chromatiert/<br>dickschichtpassiviert | 5 – 8 µm<br>12 µm<br>20 µm |
| 50  | 25  | 5  | 7  | feuerverzinkt<br>(ab M 6)                               | 60 µm                      |

**ECOTECH** – Anwendungstechnische Beratung bei Böllhoff (**ECO**nomic **TECH**nical Engineering)

Bei jeder Form von Verbindungstechnik steht die zu erfüllende Funktion im Vordergrund. Diese Funktionserfüllung mit minimalem Aufwand und zu möglichst geringen Kosten zu erreichen, steht im Fokus der rationellen Verbindungstechnik.

Daraus resultiert die Notwendigkeit, sich über die Verteilung der Gesamtkosten einer

Verbindung im Klaren zu sein. Einschlägige Untersuchungen zeigen immer wieder, dass der Preis der Verbindungselemente selbst nur einen geringen Einfluß auf die wirtschaftliche Bewertung hat. Von wesentlich größerer Bedeutung sind die Systemkosten.



Unter Systemkosten versteht man die Ausgaben für Beschaffung, Lagerhaltung, Qualitätsprüfung, Montage, Verwaltung, interne Transporte, usw.. Hier bietet sich eine Vielzahl von

Ansatzmöglichkeiten, im Gegensatz zu den Produktkosten selbst. Die dargestellte Tabelle zeigt einige Möglichkeiten und Strategien auf.

|  |  |
|--|--|
| Funktionsverdichtung an den Verbindungselementen | z. B. multifunktionale Verbindungselemente<br>Direktverschraubungen  |
| Vereinheitlichung des Sortiments                 | Antriebe, Abmessungen, Oberflächen, Festigkeitsklassen etc.  |
| Montagevereinfachungen                           | Montagegerechte Antriebe wählen<br>Montagebewegungen reduzieren<br>Kombiteile verwenden<br>Automatisierungslösungen anstreben  |
| Preiswertere Verbindungsarten wählen             | Schnappverbindungen<br>Clipse  |
| Lieferanten- und Logistikmanagement              | Transportwege reduzieren<br>Bezugsquellen minimieren<br>Belieferungssysteme nutzen   |
| Konstruktive Anpassungen                         | Fügerichtungen reduzieren, Stichwort Sandwich-Bauweise<br>Fügelhilfen vorsehen (Einführschrägen, Sucherzapfen o. Ä.)<br>Zugänglichkeiten verbessern<br>Anzahl der Fügestellen reduzieren |

Schon allein die Auswahl und Validierung eines geeigneten Verbindungselements aus der Vielzahl der genormten Artikel während der Konstruktionsphase kostet Zeit und verursacht damit Kosten, die durch das Hinzuziehen eines

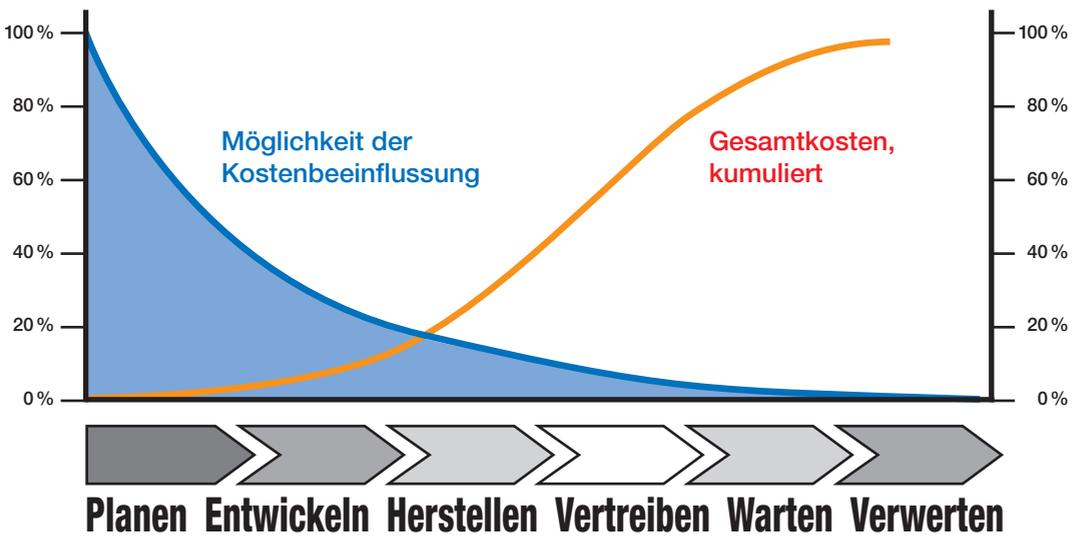
erfahrenen Dienstleistungsunternehmens reduziert werden können. Darüber hinaus fehlen dem Anwender oft einschlägige Erfahrungen bei der Auslegung oder Kenntnisse über mögliche Alternativen.



Bei spezielleren Anforderungen bedarf es jedoch oft individueller Lösungen, und genau dort findet sich auch das größte Einsparungspotential, wenn es darum geht, die ideale Anwendung für ein, wie auch immer geartetes, verbindungstechnisches Problem zu finden.

Oft wird die Verbindungstechnik bei der Konstruktion erst relativ spät in Betracht gezogen. Allerdings nimmt die Möglichkeit, Kosten zu beeinflussen mit zunehmender Dauer ab. Deshalb sollte schon zu Beginn der Produktentstehung ein Experte in Sachen Verbindungselemente hinzugezogen werden.

Gerade außerhalb des Bereiches genormter Bauteile finden sich oft genau die Lösungen, die das wirtschaftliche und technische Optimum darstellen.



**Planen Entwickeln Herstellen Vertreiben Warten Verwerten**

**A**

|                      |    |
|----------------------|----|
| Abnahmeprüfzeugnis   | 42 |
| AD-Merkblatt         | 42 |
| ALtracs®             | 70 |
| AMTEC® Schrauben     | 71 |
| Anlassen             | 51 |
| Anodisch             | 86 |
| Ansatzkuppe          | 19 |
| Anziehdrehmoment     | 66 |
| Austenitische Stähle | 34 |
| Außendurchmesser     | 17 |
| Automatenstahl       | 47 |

**B**

|                    |    |
|--------------------|----|
| Bemaßung           | 16 |
| Betriebskraft      | 11 |
| Bezeichnungssystem | 27 |
| Biegeteile         | 50 |
| Blechschraben      | 68 |
| Bohrung            | 73 |
| Bondern            | 99 |
| Bohrschrauben      | 68 |
| Bohrspitze         | 68 |
| Bruchdehnung       | 40 |
| Brinell            | 41 |
| Brünieren          | 99 |

**C**

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| CEN                          | 21  |
| Chemische Schraubensicherung | 80  |
| Chemisch vernickeln          | 100 |
| Chrom6+                      | 88  |
| Chromoxyd                    | 33  |
| Chrom-Nickel-Stahl           | 34  |

**D**

|                         |    |
|-------------------------|----|
| Dacromet                | 98 |
| Dehngrenze              | 40 |
| Delta-Protekt           | 98 |
| Delta-Seal              | 99 |
| Delta-Tone              | 98 |
| Dickschichtpassivierung | 94 |
| DIN                     | 21 |
| Direktverschraubung     | 70 |
| Drehen                  | 47 |
| Druckzapfen             | 19 |
| Dünnlackbeschichtung    | 99 |
| Delta-PT-Schraube       | 72 |

**E**

|                   |     |
|-------------------|-----|
| ECOTECH           | 101 |
| Einführungszapfen | 19  |
| Einsatzhärten     | 51  |
| EN                | 21  |

**F**

|                    |    |
|--------------------|----|
| Faserverlauf       | 46 |
| Ferritische Stähle | 33 |
| Festigkeitsklassen | 27 |
| Feuerverzinken     | 99 |
| Flankendurchmesser | 52 |
| Flankenwinkel      | 52 |
| Fließpressen       | 45 |
| Freistich          | 19 |
| Funktionsnorm      | 16 |

**G**

|                          |    |
|--------------------------|----|
| Galvanisieren            | 91 |
| Galvanische Überzüge     | 90 |
| Geomet                   | 98 |
| Gewinde                  | 52 |
| Gewindearten             | 57 |
| Gewindeherstellung       | 48 |
| Gewindeprofil            | 48 |
| Gewindesteigung          | 52 |
| Gewindeformende Schraube | 67 |
| Gewinde, gefurcht        | 70 |
| Glühen                   | 51 |
| Grundnorm                | 16 |

**H**

|              |    |
|--------------|----|
| Härten       | 51 |
| Härteklasse  | 32 |
| Härteprüfung | 41 |
| HELICOIL®    | 15 |
| Herstellung  | 44 |

**I**

|                |    |
|----------------|----|
| Innenantrieb   | 64 |
| Innensechsrund | 64 |
| ISO            | 21 |

### K

---

|                    |    |
|--------------------|----|
| Kaltumformung      | 44 |
| Kaltzähe Stähle    | 36 |
| Kathodisch         | 86 |
| Kegelkuppe         | 19 |
| Kegelstumpf        | 19 |
| Kennzeichnung      | 29 |
| Kernansatz         | 20 |
| Kerndurchmesser    | 52 |
| Klebende Sicherung | 80 |
| Kombischraube      | 48 |
| Kontaktkorrosion   | 84 |
| Kopfschmieden      | 47 |
| Korrosionsart      | 84 |
| Korrosionsschutz   | 84 |
| Korrosionssystem   | 85 |

### L

---

|                |    |
|----------------|----|
| Längenänderung | 12 |
| Linksgewinde   | 57 |
| Linsenkuppe    | 20 |
| Lochkorrosion  | 84 |

### M

---

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| Martensitische Stähle     | 33  |
| Mechanical Plating        | 100 |
| Mechanische Eigenschaften | 39  |
| Mechanische Überzüge      | 100 |
| Messstellen               | 91  |
| Metrisches Gewinde        | 57  |
| Mikroverkapselung         | 80  |
| Montageerleichterung      | 63  |
| Montagevorspannkraft      | 11  |
| Mutternhöhe               | 23  |

### N

---

|                      |    |
|----------------------|----|
| Nenndurchmesser      | 52 |
| Nennmaße             | 53 |
| Nichteisenmetalle    | 38 |
| Nichtrostende Stähle | 33 |
| Normen               | 16 |
| Nulllinie            | 53 |

### O

---

|                         |    |
|-------------------------|----|
| Oberflächenbeschichtung | 86 |
|-------------------------|----|

### P

---

|                   |    |
|-------------------|----|
| Panzerrohrgewinde | 57 |
| Phosphatieren     | 99 |
| Plasbolt          | 82 |
| Pozidrive         | 20 |
| Precote           | 82 |
| Produktnorm       | 16 |
| Prüfkräfte        | 30 |
| Prüfbescheinigung | 42 |
| PT-Schraube       | 72 |

### R

---

|                      |    |
|----------------------|----|
| Reduzieren           | 45 |
| Reibung              | 13 |
| Ringschneide         | 19 |
| RIPP LOCK® Sicherung | 79 |
| Rockwell             | 41 |
| Rohrgewinde          | 57 |
| Rundgewinde          | 57 |

### S

---

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| Sägengewinde            | 57  |
| Schabanut               | 20  |
| Schichtdicke            | 56  |
| Schlüsselweite          | 22  |
| Schmiermittel           | 98  |
| Schraubensicherung      | 75  |
| Schwärzen               | 100 |
| Schweißbarkeit          | 43  |
| Scotch Grip             | 82  |
| screwlock               | 76  |
| Sicherungsloch          | 20  |
| Spaltkorrosion          | 84  |
| Spanabhebende Fertigung | 47  |
| Spielanpassung          | 53  |
| Spannungsrissskorrosion | 84  |
| Spitze                  | 48  |
| Splintloch              | 19  |
| Stanzteil               | 50  |
| Stauchern               | 45  |
| Streckgrenze            | 39  |

## T

---

|                         |    |
|-------------------------|----|
| Telleransatz            | 17 |
| Toleranzen              | 55 |
| Toleranzgröße           | 54 |
| Toleranzlage            | 54 |
| Toleranzfelder          | 54 |
| Trapezgewinde           | 57 |
| TRD                     | 42 |
| Trilobulare Gewindeform | 70 |

## U

---

|                 |    |
|-----------------|----|
| Umformstufen    | 45 |
| Untermaß        | 55 |
| Überzugsmetalle | 90 |

## V

---

|               |     |
|---------------|-----|
| VDI 2230      | 11  |
| Vergüten      | 51  |
| Verkupfern    | 92  |
| Vermessingen  | 93  |
| Vernickeln    | 99  |
| Versiegelung  | 94  |
| Versprödung   | 95  |
| Verzinken     | 99  |
| 3M-Verzinken  | 100 |
| Verzinnen     | 93  |
| Vickers       | 41  |
| Vorspannkraft | 11  |

## W

---

|                        |    |
|------------------------|----|
| Warmfeste Stähle       | 36 |
| Warmumformung          | 47 |
| Wasserstoffversprödung | 95 |
| Wärmebehandlung        | 50 |
| Welle                  | 53 |
| Werksbescheinigung     | 42 |
| Werkstoffe             | 26 |
| Werkzeugnis            | 42 |

## Z

---

|                      |    |
|----------------------|----|
| Zinklamellenüberzüge | 97 |
| Zinkschicht          | 92 |
| Zollmaße             | 60 |
| Zugfestigkeit        | 40 |
| Zugversuch           | 39 |

---

## Impressum

Böllhoff GmbH, Archimedesstraße 1–4, 33649 Bielefeld  
Telefon +49 (521) 44 82 - 03, Fax +49 (521) 44 93 - 64, [www.boellhoff.com](http://www.boellhoff.com), [info@boellhoff.com](mailto:info@boellhoff.com)

Sitz der Gesellschaft: Bielefeld  
Handelsregister: Amtsgericht Bielefeld HRB 30972  
UST-ID-NR: DE 126937416  
Geschäftsführung: Wilhelm A. Böllhoff, Thomas Köhle, Jens Schöne

### Rechtshinweis

Die technischen Angaben aus DIN- und DIN ISO-Normen entsprechen dem Stand von 2007. Auszüge aus diesen Normen sind wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutschen Instituts für Normung e. V.. Maßgebend für die Anwendung sind die jeweils neuesten Ausgaben der Normen, erhältlich im Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin.

Technische Änderungen vorbehalten.

Für Nachteile, die sich aus Druckfehlern in unserer Zusammenfassung ergeben, übernehmen wir keine Haftung. Trotz gewissenhafter Ermittlung und Überprüfung kann für die Richtigkeit keine Gewähr gegeben werden. Nachdruck auch auszugsweise, Wiedergabe nur mit schriftlicher Genehmigung der Firma Böllhoff GmbH, Archimedesstraße 1–4, 33649 Bielefeld.

© Böllhoff GmbH, Bielefeld









# **BÖLLHOFF**

*Joining together!*

Böllhoff GmbH

Archimedesstraße 1 – 4 · 33649 Bielefeld · Germany

Telefon 0521/4482-03 · Fax 0521/449364

[www.boellhoff.com](http://www.boellhoff.com)

