

## Inhaltsverzeichnis

1. Definition Schrauben .....	2
2. Die Geschichte der Schraube .....	2
2.1. Archimedische Schraube .....	2
2.2. Römisches Spekulum .....	3
2.3. Mittelalterliche Befestigungsschraube .....	4
2.4. Schraubendreher .....	6
2.5. Industrielle Revolution .....	6
2.6. Massenproduktion - Schraubengewinde .....	7
2.7. Das Whitworth-Gewinde .....	7
2.8. Die American Standard Coarse Serie / Die Fine Serie .....	8
2.9. Das Unified Gewinde .....	8
2.10. Das Metrische Gewinde / DIN Schraube .....	8
3. Schrauben-/Mutternarten .....	10
3.1. Schraubenarten .....	10
3.2. Mutternarten .....	11
4. Gewinde .....	12
4.1. Technische Erklärung .....	12
4.2. Gewindegruppen .....	12
4.3. Whitworth-Gewinde .....	13
4.4. Metrisches Gewinde .....	15
4.5. Trapezgewinde .....	16
4.6. Sägewinde .....	17
4.7. Rundgewinde .....	17
4.8. U.S. St. Gewinde .....	18
4.9. UNC-Gewinde .....	19
4.10. UNF-Gewinde .....	19
5. Schrauben im Automobilbau .....	20
5.1. Radschrauben .....	20
5.2. Feingewindeschrauben .....	20
5.3. Stiftschrauben .....	21
5.4. Blechschrauben .....	21
6. Befestigungsschraube .....	22
7. Ausführungsformen .....	24

## 1. Definition Schrauben

Eine Schraube ist ein Bolzen, der außen mit einem Gewinde versehen ist. Eine mit einer Schraube hergestellte Verbindung ist formschlüssig und wieder lösbar. Man unterscheidet zwischen **Befestigungsschrauben** und **Bewegungsschrauben**.

**Befestigungsschrauben** nutzt man zur festen (wieder lösbaren) Verbindung einzelner Bauteile.

**Bewegungsschrauben** dienen zum Fortleiten bzw. Verschieben einer Kraft.

## 2. Die Geschichte der Schraube

Schrauben sind Bolzen, die außen mit einem Gewinde versehen sind. Sie dienen zur Herstellung wieder lösbarer Verbindungen.

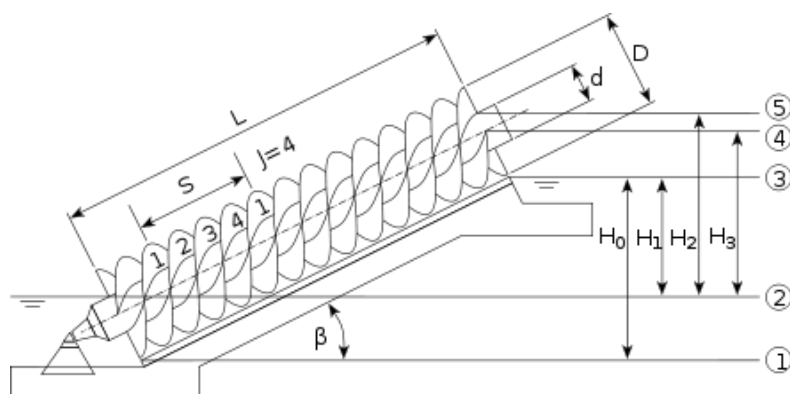
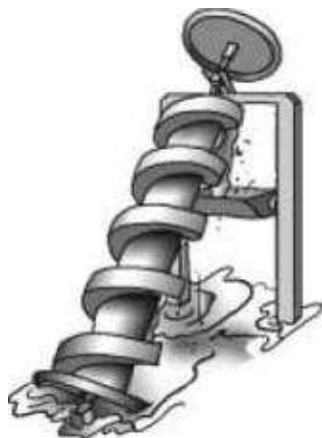
Daher gehören Schrauben zu den gängigsten Komponenten, die in der Bauindustrie und bei der Konstruktion von Automobilen oder Maschinen verwendet werden.

Doch wo lässt sich der geschichtliche Beginn der Schraube feststellen?



### 2.1. Archimedische Schraube

Die Geschichte der Schraube geht bis in die Antike, bis 400 v. Chr. zurück. Den Beginn machte der griechische Mathematiker Archimedes. Bei der **Archimedischen Schraube** handelt es sich um eine **Bewegungsschraube** zur Förderung von Flüssigkeiten.

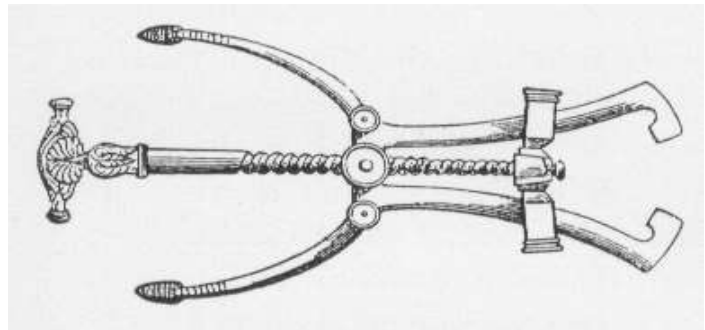


Es gibt jedoch eine Menge Anzeichen dafür, dass die Wasserschraube bereits im alten Ägypten, d. h. noch vor Archimedes, im Einsatz war. Sie wurde aus Holz gebaut und zum Bewässern von Äckern und zum Abpumpen von Schlagwasser aus Schiffsrümpfen verwendet. „Viele glauben jedoch, dass das Schraubengewinde um 400 v. Chr. von dem griechischen Philosophen Archytas von Tarent erfunden wurde, der als Erfinder der Mechanik gilt und ein Zeitgenosse Platons war“, schreibt Eccles auf seiner Webseite.

Die Geschichte kann in zwei Bereiche aufgeteilt werden: das Schraubenprinzip, das bis auf 400 v. Chr. zurückgeht, bei dem die Schrauben zum Fördern von Wasser und in Traubenpressen zum Herstellen von Wein verwendet wurden. Und die eigentliche Schraube als Befestigungsmittel und Verbindungselement, die seit ungefähr 400 Jahren im Einsatz ist.

## 2.2. Römisches Spekulum

Etwa 50 n.Chr. wurde ein ärztliches Werkzeug, das Römische Spekulum, mithilfe einer Bewegungsschraube, erfunden.



Bewegungsschrauben finden sich ebenfalls an römischen chirurgischen Instrumenten. Werkstücke dieser Art wurden üblicherweise aus der gut zu bearbeitenden Bronze angefertigt und nicht aus Stahl. Diese Schrauben können bereits als feinmechanisch bezeichnet werden. Ihre Anfertigung war mit Sicherheit aufwendig, denn zu jener Zeit wurden Spindeln vorgegossen und anschließend gefeilt. Die Gleichmäßigkeit der Gänge erforderte geschickte Handwerksarbeit. Spindelmuttern konnten durch Guß hergestellt und anschließend passend zur zugehörigen Spindel eingeschliffen werden.

Eine sehr wichtige Anwendung der Bewegungsschraube sind Spindeln von Pressen. Aus Pompeji ist eine römische Weinpresse von beeindruckenden Maßen überliefert. Schraubspindeln solch großer Vorrichtungen wurden aus Eichenholz hergestellt und hatten große Durchmesser und Ganghöhe, um dem Ausbrechen des Holzes quer zur Faser vorzubeugen. Entsprechend schwergängig waren sie dann zu betätigen. Hölzerne Schraubspindeln haben sich an Schreinerwerkbänken bis weit ins zwanzigste Jahrhundert hinein behauptet.

Vitruv gibt Beschreibungen der Gewindeherstellung. Von Pappos aus Alexandria ist ein Bericht um 305 überliefert, der genau beschreibt, wie an großen Gewindespindeln eine gleichmäßige Steigung aufgetragen wird. Man bedient sich eines dreieckigen Bleches, das als Schablone für einen Gewindegang dient. Das Blech wird um die zylindrische Spindel gebogen und die Linie für den Gewindegang angerissen. Für jeden Gang wird die Schablone um die Ganghöhe verschoben und erneut angelegt.

Befestigungsschrauben sind aus der Antike kaum überliefert.

Schrauben oder Spiralstrukturen sind in der Natur oft vorkommende Formen. Ihre erste technische Umsetzung findet man schon in der Bronzezeit (ca. 2500 v. Chr.) als einfaches Zierelement an Schmuck, Geräten und Waffen.

In der Architektur der Antike war die Spirale eine beliebte Verzierung von Säulen. Auf die ersten Schraubenverschlüsse stößt man erst in der Spätantike. Die tatsächliche Herkunft der Schraube ist nicht bekannt. Sie kann aber dem vorderasiatischen Raum zugeschrieben werden. Nachweislich traten Wasserschrauben 300 v. Chr. Im südlichen Mittelmeerraum auf.

### **2.3. Mittelalterliche Befestigungsschraube**

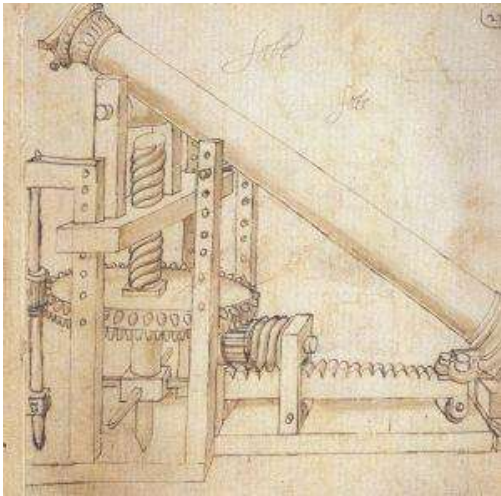
Im Mittelalter (6. - 15. Jhd.) dienten die ersten **Befestigungsschrauben (1480)** zum Bau der Ritterrüstungen. Wieder lösbare Verbindungen wurden mit Schrauben versehen, Verbindungen, die nicht mehr geöffnet werden sollten, wurden durch Feuerschweißen oder Nieten befestigt. Außerdem wurden im Mittelalter Bewegungsschrauben zur Kraftübertragung in Maschinen wie Schwerlastkränen, Hebern zum Aushängen von Festungstoren (1588) und Weinpressen verwendet.

Metallschrauben im Mittelalter wurden von Schmieden hergestellt. Im Mittelalter unterschied man Huf- und Waffenschmiede und ein paar Spezialisten wie z.B. Schwertfeger. Die Maßstäbe moderner Berufsbilder wie Mechaniker, Schlosser oder gar Maschinenbauer dürfen wir nicht anlegen. Die Ständeordnung war streng. Die Stände waren nicht durchlässig und Änderungen am Bestehenden nicht erwünscht.

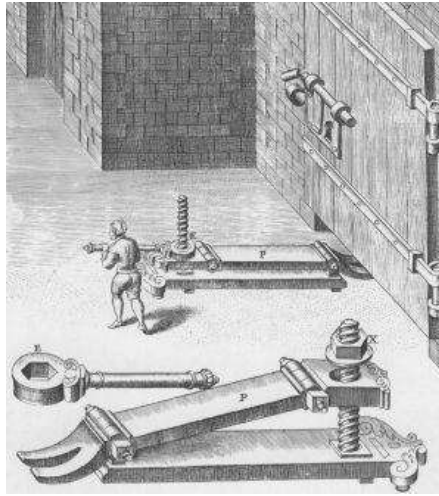
Metallverbindungen, die nicht mehr geöffnet werden sollten, wurden entweder durch Feuerschweißen oder Nieten verbunden. Schrauben waren Einzelstücke und blieben das noch für viele hundert Jahre. Die Anfertigung erfolgte praktisch nur für den Eigenbedarf der Werkstatt. Am Herstellungsverfahren hatte sich seit der Antike nicht viel geändert.

Befestigungsschrauben waren fast immer konisch, denn so ließen sie sich leichter herstellen und hielten besser im Gegengewinde oder Schraubenloch. Schrauben wurden als Rohling geschmiedet, anschließend gefeilt und danach gehärtet, damit sie sich beim Eindrehen in das Werkstück nicht verformten. Das Innengewinde pressten sich diese Schrauben selbst. Sie können in gewisser Weise als Vorläufer der modernen Blechschrauben angesehen werden.

Schraubstöcke für Metall- oder Holzarbeiten sind vor dem 12.Jhdt. nicht nachgewiesen. Handwerker behelfen sich mit Kloben, in denen das Werkstück durch Keile gehalten wurde.



Schwelastkran



Heber zum Aushängen von Festungstoren



Weinpresse

Der berühmte Ingenieur Ramelli gibt in seinem Werk *de diverse artificone machine* ein ganze Anzahl von Vorrichtungen und Kriegsgeräten an, die sich der Bewegungsspindel bedienen. Diese großen Spindeln wurden durch Metallguß und anschließendes Feilen hergestellt.

Die Uhrmacherei und die aufblühende Wissenschaft, die nach präzisen Instrumenten verlangten, förderten die Entwicklung der Mechanik. Kleine Schrauben konnten nicht mehr gefeilt werden. Hier behalf man sich mit gehärteten Matrizen, durch die der Rohling mehrfach hindurchgedreht wurde. Die Gewindeöffnungen der Matrizen waren sukzessive enger, sodaß das Gewinde in mehreren Arbeitsgängen hergestellt werden konnte. Diese Matrizen waren jedoch keine Schneideisen, die Späne abhoben, sondern pressten das Gewinde in den Schraubenschaft. Die Verformung des Materials war günstig für die Festigkeit der Schraube, vorausgesetzt, sie brach nicht während der Herstellung.

Durch Überlieferung von Beschreibungen sowie archäologisch Ausgrabungen ist bekannt, dass die Römer das Prinzip des Schraubengewindes in vielfacher Art nutzten.

Zum Beispiel als Wasserschnecken, Wegstreckenmesser, medizinische Geräte sowie Wein und Ölpresen.

Nach dem Zerfall des Römischen Reiches geriet diese Technik in Vergessenheit.

Erst durch italienische Gelehrte und die Verbreitung ihrer Schriften im 15. Jhd. erlebte die Wasserschraube eine Renaissance.

Trotz genügender Anwendungsbeispiele im Mittelalter wurde die Technik nicht intensiv weiterentwickelt.

## 2.4. Schraubendreher

Ab 1690 wurden Schraubendreher zur Hilfe der Schraubenbefestigung genutzt. 1744 folgte die Erfindung des Bits für eine Art Handbohrmaschine. Ein Bit ist ein Aufsatz für einen Schraubendreher, mit Passform für ein bestimmtes Schraubendreherprofil.

## 2.5. Industrielle Revolution

Der aufblühende Dampfmaschinenbau forderte mehr Schrauben und andere mechanische Einzelteile, als ein gewöhnlicher Schmied herzustellen in der Lage war. Langsam begann eine Spezialisierung, die die mechanischen Berufe hervorbrachte. Ein englischer Gußmeister gibt in seinem Tagebuch folgendes Zeugnis über die Genauigkeit von Fertigungsverfahren, die um 1760 üblich waren (Mommertz, Bohren, Drehen, Fräsen S. 60):

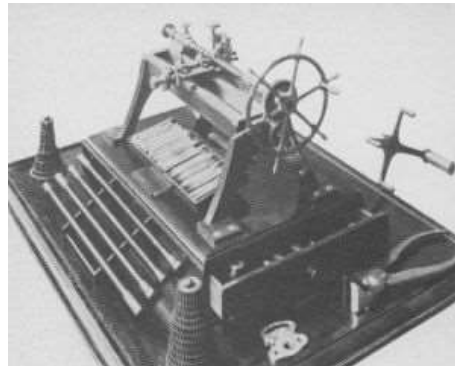
"Wir haben heut mit dem Ausschleifen eines Rotgußzylinders von 28 Zoll Weite und 9 Fuß Länge für die Kohlengrube von Elphingstone begonnen. Nach vielen Entmutigungen und nachdem schon drei andere Gußstücke verdorben waren, hatten wir große Zweifel, ob es uns jemals gelingen würde, eine Arbeit von solcher Größe zu einem glücklichen Ende zu bringen. Aber die Not der Grube zwang uns, es nochmals zu versuchen, und wir danken Gott dem Allmächtigen, der uns nach so schweren Prüfungen dieses Werk gelingen ließ. Nachdem wir den Zylinder auf zwei zugehauenen Balken auf dem Werkhof waagrecht fest gelagert hatten, mußte uns ein Bleigießer zwischen zwei aus Bohlen und Kitt hergestellten Verschalungen die Masse von 300 Pfund Blei in den Zylinder gießen. Den Bleiklotz haben wir mit zwei Eisenstangen und Tauen verbunden und an jedes Tau sechs kräftige und flinke Männer gespannt. Danach haben wir Öl und Schmirgel in den Zylinder gegossen und ihn durch Hin- und Herziehen des Bleiklotzes ausgeschliffen, indem wir ihn immer ein wenig weiter drehten, wenn eine Stelle ganz glatt gerieben war. Und so haben wir mit vieler Mühe und harter Anstrengung gearbeitet, bis schließlich ein solcher Grad von Rundheit erreicht war, daß der größte Durchmesser des Zylinders sich von kleinsten nur noch um weniger als die Dicke meines kleinen Fingers unterschied. Das war für mich der Anlaß zu einer großen Freude, da es das beste Ergebnis ist, von dem wir bisher gehört haben."

Zahnräder für größere Maschinen wurden aus Eisen gegossen und mit Meißel und Feile nachgearbeitet. Das Einlaufen überließ man dem Spiel zwischen den Rädern (einige Millimeter bis Zentimeter) und dem unvermeidlichen Sand, der mit eingegossen war. Schrauben und Muttern mußten ebenfalls für heutige Maßstäbe schlichten Forderungen genügen. Man mag lächeln, doch am Ende des achtzehnten Jahrhunderts stellten diese Ergebnisse "High-Tech" dar.

Wurde eine Maschine demontiert, hieß es aufpassen. Verwechselte Schrauben und Muttern konnten beim Zusammenbau ein heilloses Durcheinander hervorrufen und die Arbeit erheblich behindern. Als die Mechanisierung fortschritt und das Eisenbahnwesen begann, wurde die Notwendigkeit genormter Maschinenteile, insbesondere von Schrauben und Muttern erkannt.



Der erste, der planmäßig auf die Normung von Gewinden und Schrauben hinarbeitete, war Henry Maudslay (1771-1831). Maudslay hatte sich als tüchtiger Maschinenbauer einen guten Ruf erworben, als er ca. 1800 die Normierung von Gewinden in seiner Werkstatt einführte. Dazu konstruierte er auch eine geeignete Patronendrehbank, mit der Gewindespindeln wohldefinierten Durchmessers und dazu passender Steigung angefertigt werden konnten. Die Austauschbarkeit der Schrauben sicherte Maudslay nicht nur einen Wettbewerbsvorteil, sondern auch den Ruhm, der Vorreiter der Normung gewesen zu sein.



Maudslays Patronendrehbank zum Anfertigen von Normgewindespindeln

## 2.6. Massenproduktion - Schraubengewinde

Kurze Zeit später, 1760, führten in England J. und W. Wyatt die Massenproduktion für Schraubengewinde ein. Ein Meilenstein, der eine neue Herausforderung hervorbrachte: Jedes Unternehmen stellte eigene Gewinde her, also Gewinde in unterschiedlichen Größen.

## 2.7. Das Whitworth-Gewinde

Die Lösung lieferte **Joseph Whitworth 1841**, als er die Standardisierung der Größe der Schraubengewinde in Großbritannien vorschlug. Das **Whitworth-Gewinde** war das erste genormte Gewinde der Welt.

Whitworth leitete die Kern- und Außendurchmesser nach praktischen Gesichtspunkten vom englischen Zollmaß ab. Das System bewährte sich so gut, dass es bis heute nahezu unverändert benutzt wird.

Maudslay hatte sehr gute Vorarbeit geleistet, auf der Joseph Whitworth (1803-1897) aufbauen konnte. Er hatte systematische Untersuchungen angestellt, um den besten Flankenwinkel für seine Gewinde zu finden. Die Kern- und Außendurchmesser wurden nach praktischen Gesichtspunkten vom engl. Zollmaß abgeleitet. Das System bewährte sich so gut, daß es bis heute nahezu unverändert benutzt wird. Darüberhinaus führte Whitworth auch ein erstes Passungssystem in den Maschinenbau ein.

Genormte Schraubenköpfe in unterschiedlichen Bauarten entstanden ebenfalls erst, als die Gewindenormung eingeführt wurde. Dennoch waren viele ungenormte Schrauben und Maschinenteile zu betätigen, sodaß das amerikanische Handbuch **Tool Making** selbst um 1940 den verstellbaren Schraubenschlüssel als wichtigstes Werkzeug des Mechanikers empfahl: "The lack of standardized sizes for bolts and nuts led to the invention of the screw wrench [...] The screw wrench is probably the wrench most commonly used for routine duty" (S.54-55). Heutige Qualitätsschraubenschlüssel sind vergleichsweise preiswert und werden inzwischen allgemein bevorzugt, während der verstellbare Schlüssel eher gemieden wird.

Der Segen der Normung hatte wirtschaftliche und technische Konsequenzen. Schrauben wurden besser, billiger und endlich austauschbar. Außerdem wurden sie auf diese Art einer theoretischen Analyse zugänglich. Mußten frühe Ingenieure die Bemessung einer Schraube aus ihrer Erfahrung beurteilen, konnte nun auf Festigkeitstabellen zurückgegriffen werden.

## **2.8. Die American Standard Coarse Serie / Die Fine Serie**

Während in Großbritannien über das Whitworth-Gewinde (55 Grad Steigung) diskutiert wurde, begannen die Amerikaner bereits mit der Verwendung. 1864 schlug William Sellers ebenfalls ein Gewinde, mit 60 Grad Steigung, und unterschiedliche Gewindesteigungen für unterschiedliche Durchmesser vor. Daraus folgte die Entwicklung der American Standard Coarse Series und der Fine Series.

## **2.9. Das Unified Gewinde**

Im 1. und 2. Weltkrieg führte das Fehlen eines Schraubenstandards zwischen unterschiedlichen Ländern zu enormen Problemen in der Kriegsführung. Schließlich einigten sich Großbritannien, Kanada und die USA, das Unified-Gewinde als Standard einzuführen.

## **2.10. Das Metrische Gewinde / DIN Schraube**

Das Gewinde hat ein ähnliches Profil wie die metrische DIN-Schraube, die 1919 in Deutschland entwickelt worden war. Dies war eine Kombination aus den besten Eigenschaften des Whitworth-Gewindes (der abgerundete Gewindegrund, der sich günstig auf die Ermüdung auswirkte) und dem Sellers-Gewinde (60 Grad Steigung und flache Gewindespitzen). Es zeigte sich jedoch, dass der größere Radius des Gewindegrundes des Unified-Gewindes dem metrischen DIN-Profil überlegen war. Dies führte zur Entwicklung des metrischen ISO-Gewindes, das heutzutage in allen Industrieländern verwendet wird.

Alle, die in der Industrie arbeiten, können bezeugen, dass sich die Schrauben im Laufe der letzten Jahrzehnte deutlich verbessert haben. „Als ich vor 35 Jahren in der Industrie begann, war die Stärke der Schrauben noch nicht so klar definiert wie heute“, erinnert sich Eccles. „Mit der Einführung der modernen metrischen Eigenschaftsklassen und durch die neusten Aktualisierungen der relevanten ISO-Normen ist die Beschreibung der Stärke einer Schraube und der Testmethoden, die diese Eigenschaften festlegen, heute deutlich besser definiert.“



## 2.11. Normung

Das Thema Normung ist damit nicht abgeschlossen. Folgende Normen haben sich durchgesetzt und konkurrieren miteinander:

















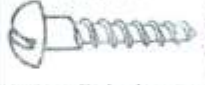



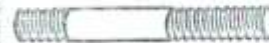





- Metrisches Gewinde (diverse DIN-Normen)
- Zöllige Gewinde (Witworth)
- Witworth-Rohrgewinde, speziell in der Gas- und Wasserinstallation
- UNC (Unified Coarse, USA)
- UNF (Unified Fine, USA)
- Zusätzliche abgeleitete Größen für Feingewinde

Daneben existieren spezielle Normen für Bewegungsspindeln. Eine weltweite vereinheitlichte Gewindenormung ist nicht in Sicht.



### 3. Schrauben-/Mutternarten

#### 3.1. Schraubenarten

Bezeichnungsbeispiele für Schrauben											
 <p>Zylinderschraube M 5 × 20 DIN 84-55</p>	 <p>Linsenschraube M 4 × 10 DIN 85-45</p>	 <p>Halbrundschrabe M 6 × 15 DIN 86-55</p>	 <p>Senkschraube M 5 × 20 DIN 87-55</p>	 <p>Linsenkenschraube M 4 × 10 DIN 88-55</p>							
 <p>Linsenkenschraube A M 6 × 20 DIN 7988-45</p>	 <p>Kreuzlochschrabe A M 5 × 30 DIN 404-55</p>	 <p>Stanke Sechskantschrabe M 12 × 80 DIN 931-5D</p>	 <p>Zylinderschraube M 10 × 50 DIN 912-8G</p>	 <p>Flachrundschrabe M 10 × 70 DIN 603</p>							
 <p>Vierkantschrabe M 12 × 40 DIN 478-5D</p>	 <p>Vierkantschrabe M 8 × 30 DIN 479-5D</p>	 <p>Vierkantschrabe M 10 × 35 DIN 480-5D</p>	 <p>Hohe Rändelschrabe Rändelschrabe M 5 × 18 DIN 644-55</p>	 <p>Rändelschrabe M 10 × 30 DIN 653-55</p>							
 <p>Linsenkholzschrabe 3 × 20 DIN 9551</p>	 <p>Halbrundholzschrabe 4 × 15 DIN 96 Ms</p>	 <p>Senkholzschrabe 3 × 20 DIN 97 Al-Leg.</p>	 <p>Sechskantholzschrabe 10 × 50 DIN 571</p>	 <p>Vierkantholzschrabe 8 × 40 DIN 570</p>							
 <p>Stiftschraube <sup>1)</sup> DIN 836, 938, 939, 940</p> <p>Stiftschraube M 16 × 1,5 × 80 DIN 836-5D</p>	<p style="text-align: center;"><b>Gewindestift</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div>  <p>mit Zapfen DIN 417</p> </div> <div>  <p>mit Ringschneide DIN 438</p> </div> <div>  <p>mit Spitze DIN 553</p> </div> <div>  <p>mit Innensechskant und Zapfen DIN 915</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">Gewindestift M 6 × 10 DIN 408-55</p>				 <p>Schaltschraube M 6 × 10 DIN 427</p>						
<p><sup>1)</sup> Länge des Einschraubendes: für Stahl ≈ 1 · d, Grauguß ≈ 1,25 · d, Al-Leg. ≈ 2 · d, Weichmetalle ≈ 2,5 · d.</p>											
Durchgangslöcher für Schrauben mit metrischem Gewinde <small>DIN 107 A 100/6</small>											
Gewinde- durchmesser	Durchgangslöcher <sup>1)</sup>					Gewinde- durchmesser	Durchgangslöcher <sup>1)</sup>				
	fein 1	fein 2	mittel	grob 1	grob 2		fein 1	fein 2	mittel	grob 1	grob 2
1	1,1	1,2	1,3	—	—	8	8,4	9	9,5	—	10,5
1,2	1,3	1,4	1,5	—	—	10	10,5	11	11,5	—	13
1,7	1,8	2	2,1	—	—	12	13	13,5	14	—	15
2,6	2,8	3	3,1	—	—	16	17	17,5	18	19	20
3	3,2	3,5	3,6	—	—	20	21	22	23	24	25
4	4,3	4,5	4,8	—	—	24	25	26	27	28	30
5	5,3	5,5	5,8	—	—	30	31	32	33	35	36
6	6,4	6,6	7	—	—	36	37	—	39	40	42
<p><sup>1)</sup> Richtlinien für die Anwendung der Durchgangslöcher:  <b>fein 1:</b> Feinmechanik und Feinwerkzeugmaschinenbau; <b>fein 2:</b> Feinmechanik (für Preßstoffe, Porzellan usw.);  <b>mittel:</b> allgemeiner Maschinenbau einschließlich Preßdruckleitungen; <b>grob 1:</b> Rohrleitungsbau;  <b>grob 2:</b> gegossene Löcher.</p>											

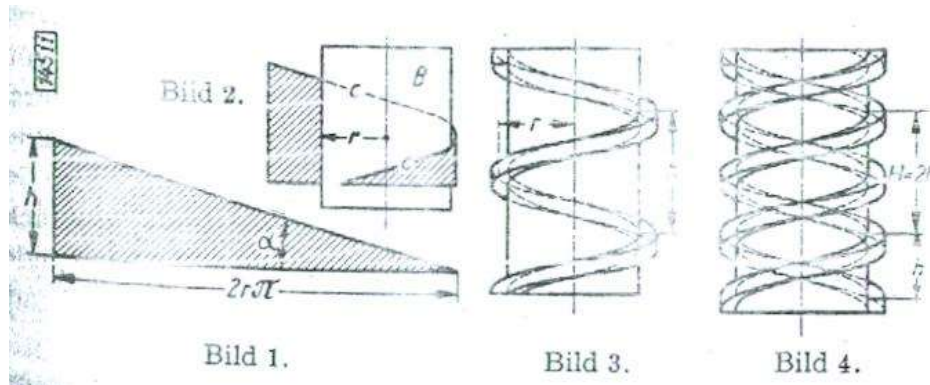
### 3.2. Mutternarten

Bezeichnungsbeispiele für Muttern											
Sechskantmutter			Kronenmutter		Rändelmutter						
blank ( $h=0,3 \cdot d$ ) DIN 934	flach ( $h=0,5 \cdot d$ ) DIN 439 Form A ohne Form B mit Fase	roh DIN 555 ab M 20 Fase beidseitig	hoch DIN 935	flach DIN 937	DIN 466	DIN 467					
Gewinde: m, mg		Gewinde: m	Gewinde: m		Gewinde: m						
Sechskantmutter M 20 DIN 934-15 Sechskantmutter A M 4 DIN 439-4D Sechskantmutter M 10 DIN 555-4D			Kronenmutter M 20 DIN 935-4D Kronenmutter M 20 DIN 937-55		Rändelmutter M 8 DIN 466-1D Rändelmutter M 8 DIN 467-55 Rändelm. M 8 DIN 467-M5 56h						
Schützmutter DIN 546	Zweilochmutter DIN 547	Kreuzlochmutter DIN 548	Nutmutter DIN 1804	Hutmutter DIN 917	Flügelmutter DIN 315						
Schützmutter M 8 DIN 546-4D Zweilochmutter M 10 DIN 547-55 Kreuzlochmutter M 12 DIN 548-55			Nutmutter M 60x1,5 DIN 1804h Hutmutter M 24 DIN 917-55 Flügelmutter M 10 DIN 315g-4D								
Werkstoffe für Muttern											
Sechskant- und Kronenmuttern DIN 934, 935, 936 und 937 aus Stahl 1D oder 3D über M 45-4D; zulässige 5D, 6S, 6G (Erläuterung siehe Seite 95).											
Mutter aus Messing: Ms 56h oder Ms 407 M, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100.											
Aus Messing: Sechskantmutter M M 8 DIN 934 bis 50 h.											
Nutmutter: h = gehärtet, Planflächen geschliffen; r = ungehärtet und ungeschliffen.											
Hutmutter: niedere Form: DIN 917; hohe Form: DIN 1367; selbstsichernd: DIN 966.											
Flügelmutter: g = Auflagefläche ~; mg = Auflagefläche V.											
T-Nutenschrauben DIN 787 Ausführung											
		d	6	8	10	12	14	16	22	28	36
		zulässige Toleranz	-0,3 -0,5		-0,3 -0,5				-0,3 -0,5		-0,5 -0,7
		M	M 6	M 8	M 10	M 12	M 14	M 16	M 22	M 28	M 36
		e	10	12	16	19	22	25	36	45	55
		f	zul. Abw.			-0,3					
		f	1,6		2,5			4		4	
		h	6	11,3	14	19	22,3	25,3	31,3	41	50
		h <sub>1</sub>	4		6			10		16	
		h <sub>1</sub>	zul. Abw.		-0,3						
		z <sub>1</sub> (DIN 787)	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	3	3,5	
		z <sub>2</sub>	0,2						0,3		
Gewindelänge b											
Für Länge	25	15	15	15							
	32	15	20	20	20	15					
l	40	18	25	25	25	25	20				
	50	18	25	25	25	25	25	25			
l	65	20	25	30	30	30	30	30	30		
	80		30	30	30	30	30	40	40		
l	100			40	40	40	40	40	50	60	
	125				45	45	50	50	50	60	
l	160				60	60	60	60	70	70	
	200					80	80	80	80	80	
l	250						100	100	100	100	
<p>Bezeichnung einer T-Nutenschraube von Breite <math>a = 22</math> mm und Länge <math>l = 80</math> mm: T-Nutenschraube 22 x 80 DIN 787</p>											

## 4. Gewinde

### 4.1. Technische Erklärung

Denkt man sich ein rechtwinkeliges Dreieck (Bild 1), mit dem Steigungswinkel  $\alpha$  um einen Zylinder B (Bild 2) gewunden, so bilden  $c$  die Schraubenlinie,  $2r\pi$  den Umfang,  $h$  die Steigung der Schraubenlinie. Ein Zylinder, in derselben Weise mit einem (prismatischen) Stab umwickelt, gibt nach Bild 3 das Gewinde. Eine Umwicklung nennt man Gewindegang. Werden nach Bild 4 noch weitere (i) Umwicklungen angeordnet, so erhält man mehrgängige Gewinde.



### 4.2. Gewindeguppen

Durchmesser d in	Steigung h in	Whitworth-Form $2\beta = 55^\circ$	Sellers-Form $2\beta = 60^\circ$	Trapez-Form $2\beta = 30^\circ$	Sägen-Form	Rund-Form $2\beta = 30^\circ$
engl. Zoll	engl. Zoll	Whitworth-Gewinde	-	-	-	-
mm	engl. Zoll	Whitworth Feingewinde	-	-	-	Rund-Gewinde
mm	mm	-	Metrisches Gewinde	Trapez-Gewinde	Sägen-Gewinde	-



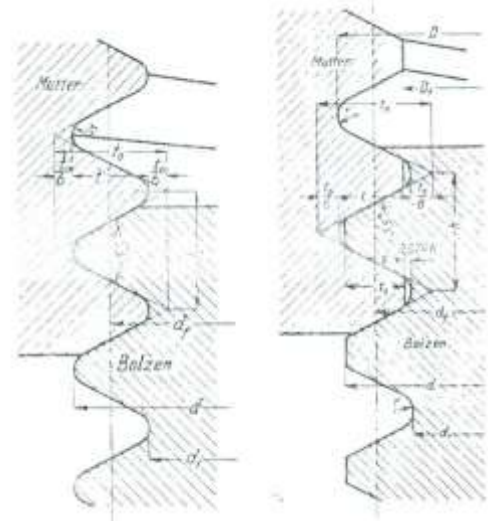
### 4.3. Whitworth-Gewinde

Das Whitworth-Gewinde nutzt als Gewindequerschnitt ein Gleichschenkeliges Dreieck mit 55° Spitzenwinkel. Die Gänge sind außen und im Grunde so abgerundet, dass je ein sechstel der Dreieckshöhe  $t_0 = 0,96h$  wegfällt, sodass eine wirkliche Gewindetiefe  $t = 0,64h$  entsteht, wenn  $h$  die Ganghöhe bedeutet.

Whitworth-Gewinde		DIN 11 Auszug												
Ganghöhe pro Zahn $p = 25,4$ Steigung $k = \frac{p}{2}$ Dreieckshöhe $t_0 = 0,96049 \cdot h$ Gewindetiefe $t = 0,64033 \cdot h$ Rundung $r = 0,13733 \cdot h$ Außen- $\varnothing$ $d$ Kern- $\varnothing$ $d_1 = d - 1,28 \cdot h = d - 2 \cdot t_0$ Flanken- $\varnothing$ $d_2 = d - 0,64033 \cdot h$ Flankenwinkel = 55°														
Maße in mm														
Gewindebezeichnung Zahl z	Bolzen und Mutter					Kernloch- bohrer $\varnothing$	Durchgangs- löcher für Schrauben $\varnothing$		Unterlegscheiben DIN 123			Sechskant- schlüssel- weite		
	Außen- $\varnothing$ $d = D$	Kern- $\varnothing$ $d_1 = D_1$	Flan- ken- $\varnothing$ $d_2$	Gang- zahl pro Zahl z	Gewin- defekte $\epsilon$		Keil- schnitt mm <sup>2</sup>	Feile I	Reißel	Min	max		Außen- $\varnothing$	Loch- $\varnothing$
1/4"	6,35	4,72	3,34	20	0,013	17,5	2	3,1	6,4	7,4	14	6,7	1,5	11
5/16"	7,94	6,13	4,50	16	0,016	21,5	3	4,0	8,4	9,5	18	8,4	2,0	14
3/8"	9,53	7,48	5,31	16	0,019	26,5	4	5,0	9,8	10,5	22	10	2,5	17
1/2"	12,70	9,89	7,13	12	0,025	36,4	5	6,5	14	15	28	13,2	3,0	22
5/8"	15,88	12,42	9,14	11	0,031	47,9	6	8,0	17,25	18,5	32	17	4,0	27
3/4"	19,05	15,00	11,42	10	0,037	61,3	7	10,0	21,25	23,0	36	21	5,0	32
7/8"	22,23	18,41	13,97	9	0,043	77,2	8	12,5	25,25	27,5	40	25	6,0	36
1"	25,40	21,34	16,27	8	0,049	94,8	9	15,0	29,25	32,0	46	27	7,0	41
1 1/8"	31,75	27,10	20,43	7	0,055	113,9	10	17,5	34,25	37,5	54	33	8,0	47
1 1/2"	38,10	32,60	25,19	6	0,061	134,6	11	20,0	40,25	44,0	64	40	9,0	50
1 3/4"	44,45	37,95	29,20	5	0,067	156,9	12	22,5	47,25	51,5	74	47	10,0	56
2"	50,80	43,57	33,02	4	0,073	180,8	13	25,0	55,25	60,0	86	55	11,0	60
2 1/4"	57,15	49,09	37,09	4	0,079	206,3	14	27,5	64,25	69,5	100	63	12,0	67
2 3/4"	63,50	55,37	41,14	3	0,085	233,4	15	30,0	74,25	80,0	114	72	13,0	73
3"	76,20	66,91	49,16	3	0,091	262,0	16	32,5	85,25	91,5	130	82	14,0	80

Nichtlöslich für die Anwendung der Kernlochbohrer-Reihen I und II			Whitworth-Rohrgewinde DIN 259 Auszug		
Reihe I Werkstoffe, die leicht aufzuschneiden	Reihe II Werkstoffe, die stark aufzuschneiden	Reihe III wird auch für Lochlöcher und für längere Gewinde (Gewindelänge größer als Gewinde- durchmesser) empfohlen.	Die Gewindelänge ist dieselbe wie beim Whitworth-Gewinde DIN 11. 		
Grünblei Messing Gußbrünne Spezial Kupferlegie- rungen Aluminiumlegierungen Magnesiumlegierungen	Stahl Stahlguß Temperguß Werkbrünne Zinklegierungen Bleialuminium Freimetalle		Rohrgewinde werden nach dem Innen- $\varnothing$ der Bohre bemessen. Aus der Gewindebezeichnung lassen sich die Maße für das Gewinde nicht unmittelbar entnehmen.		
Die Maße für Gewinde, von denen Außen- $\varnothing$ und Steigung bekannt sind, berechnet man nach den im Kapitel Tabelle angegabenen Formeln. <b>Beispiel 1:</b> Berechne $d_1$ und $d_2$ für M 52 - 1,5. Gewindetiefe $t = 0,64033 \cdot h = 0,64033 \cdot 1,5 = 0,975$ mm. Kern- $\varnothing$ $d_1 = d - 2 \cdot t = 52 - 2 \cdot 0,975 = 50,050$ mm. Flanken- $\varnothing$ $d_2 = d - t = 52 - 0,975 = 51,025$ mm. <b>Beispiel 2:</b> Berechne $d_1$ und $d_2$ für M 52 - 1,5. Bolzenkern- $\varnothing$ $d_1 = d - 1,2769 \cdot p = 52 - 1,2769 \cdot 1,5 = 50,180$ mm. Mutterkern- $\varnothing$ $D_1 = d - 1,0025 \cdot p = 52 - 1,0025 \cdot 1,5 = 50,576$ mm. <b>Beispiel 3:</b> Berechne $k$ , $A$ , $V$ und $d_2$ für W 36 - $\frac{1}{12}$ . Steigung $k = \frac{25,4}{12} = 2,117$ mm. Gewindetiefe $t = 0,64033 \cdot h = 0,64033 \cdot 2,117 = 1,355$ mm. Kern- $\varnothing$ $d_1 = d - 2 \cdot t = 36 - 2 \cdot 1,355 = 33,29$ mm. Flanken- $\varnothing$ $d_2 = d - t = 36 - 1,355 = 34,645$ mm. Die Faktoren vor $h$ bzw. $p$ können gerundet werden.					
			Bolzen und Mutter Maße in mm		
Gewinde- bezeichnung	Leitwider- maß $\varnothing$ $d = D$	Kern- $\varnothing$ $d_1 = D_1$	Flanken- $\varnothing$ $d_2 = D_2$	Steigung $k$	Gangzahl pro Zahn $z$
M 4 - 0,7	4,75	3,57	3,16	0,640	20
M 5 - 0,8	5,00	3,62	3,20	0,640	18
M 6 - 1,0	6,00	4,00	3,60	1,000	16
M 8 - 1,25	8,00	5,25	4,50	1,250	14
M 10 - 1,5	10,00	6,50	5,50	1,500	12
M 12 - 1,75	12,00	7,75	6,50	1,750	11
M 16 - 2,0	16,00	10,00	8,50	2,000	10
M 20 - 2,5	20,00	12,50	10,50	2,500	9
M 25 - 3,0	25,00	15,50	13,00	3,000	8
M 32 - 3,5	32,00	19,00	16,00	3,500	7
M 40 - 4,0	40,00	23,00	19,00	4,000	6
M 50 - 4,5	50,00	28,00	23,00	4,500	5
M 60 - 5,0	60,00	33,00	27,00	5,000	4
M 80 - 6,0	80,00	42,00	35,00	6,000	3
M 100 - 7,0	100,00	51,00	43,00	7,000	2



Die in der folgenden Zusammenstellung 59 aufgeführten normalen Schrauben werden nach dem Außendurchmesser  $d$  in englischen Zoll gemessen, benannt und in Abstufungen hergestellt, die bei kleineren Schrauben um je  $1/16$  ", dann um  $1/8$  ", bei größeren um  $1/4$  " steigen. Die Ganzzahl ist auf einen Zoll bezogen und nimmt mit zunehmendem Durchmesser ab.

Zusammenstellung 59.

Nenn- durch- messer	Whitworth-Gewinde DIN 11						Whitworth- Gewinde mit Spitzenpiel DIN 12	DIN			Nenn- durch- messer
	Gewinde- durchmesser $d$	Kern- durchmesser $d_1$	Kern- querschnitt	Flanken- durchmesser $d_f$	Gang- zahl auf 1 Zoll $z$	Tragtiefe $t$		DIN	DIN	DIN	
							476	931	934		
engl. Zoll	mm	mm	cm <sup>2</sup>	mm		mm	mm	mm	mm	mm	engl. Zoll
$1/4$ "	6,35	4,72	0,175	5,54	20	0,625	6,16	11	5	5,5	$1/4$ "
$5/16$ "	7,94	6,13	0,297	7,03	18	0,605	7,73	14	6	5,5	$5/16$ "
$3/8$ "	9,53	7,49	0,441	8,51	16	0,582	9,29	17	7	8	$3/8$ "
$7/16$ "	11,11	8,78	0,667	10,05	14	0,558	10,81	19	8	9,5	$7/16$ "
$1/2$ "	12,70	9,80	0,984	11,35	12	0,534	12,35	22	9	11	$1/2$ "
$5/8$ "	15,88	12,92	1,31	14,40	11	1,14	15,53	27	11	13	$5/8$ "
$3/4$ "	19,05	15,80	1,96	17,42	10	1,25	18,68	32	13	16	$3/4$ "
$7/8$ "	22,23	18,61	2,72	20,42	9	1,39	21,81	36	16	18	$7/8$ "
1"	25,40	21,34	3,58	23,37	8	1,56	24,93	41	18	20	1"
$1 1/8$ "	28,58	23,93	4,50	26,25	7	1,79	28,04	46	20	22	$1 1/8$ "
$1 1/4$ "	31,75	27,10	5,77	29,43	7	1,79	31,21	50	22	25	$1 1/4$ "
$1 3/8$ "	34,93	29,51	6,84	32,22	6	2,08	34,30	55	24	28	$1 3/8$ "
$1 1/2$ "	38,10	32,08	8,39	35,39	6	2,08	37,48	60	27	30	$1 1/2$ "
$1 5/8$ "	41,28	34,77	9,50	38,02	5	2,50	40,53	65	30	32	$1 5/8$ "
$1 3/4$ "	44,45	37,95	11,31	41,20	5	2,50	43,70	70	32	35	$1 3/4$ "
$1 7/8$ "	47,63	40,40	12,82	44,01	$4 1/2$	2,78	46,79	75	34	38	$1 7/8$ "
2"	50,80	43,57	14,91	47,19	$4 1/2$	2,78	49,97	80	36	40	2"
$2 1/8$ "	57,17	49,02	18,87	52,69	4	3,14	56,21	85	—	45	$2 1/8$ "
2 1/4"	63,50	53,37	24,38	59,44	4	3,14	62,50	90	—	50	$2 1/4$ "
$2 3/4$ "	69,87	60,33	28,89	63,21	$3 1/2$	3,57	68,72	105	—	75	$2 3/4$ "
3"	76,20	66,91	35,16	71,56	$3 1/2$	3,57	75,13	110	—	80	3"
$3 1/8$ "	82,55	72,54	41,33	77,55	$3 1/4$	3,85	81,40	120	—	85	$3 1/8$ "
$3 1/4$ "	88,90	78,89	48,89	83,90	$3 1/4$	3,85	87,75	130	—	90	$3 1/4$ "
$3 3/4$ "	95,25	84,41	55,96	89,83	3	4,17	94,00	135	—	95	$3 3/4$ "
4"	101,60	90,76	64,70	96,18	3	4,17	100,35	145	—	100	4"
$4 1/8$ "	107,95	96,04	73,35	102,30	$2 3/4$	4,35	106,65	155	—	105	$4 1/8$ "
$4 1/4$ "	114,30	102,59	83,31	108,65	$2 3/4$	4,35	113,00	165	—	110	$4 1/4$ "
$4 3/4$ "	120,65	108,83	93,01	114,74	$2 3/4$	4,55	119,29	175	—	115	$4 3/4$ "
5"	127,01	115,18	104,2	121,69	$2 3/4$	4,55	125,64	180	—	120	5"
$5 1/4$ "	133,36	120,96	114,9	127,16	$2 3/8$	4,76	131,92	190	—	125	$5 1/4$ "
$5 1/2$ "	139,71	127,31	127,3	133,51	$2 3/8$	4,76	138,27	200	—	130	$5 1/2$ "
$5 3/4$ "	146,06	133,04	139,0	139,55	$2 1/2$	5,00	144,55	210	—	135	$5 3/4$ "
6"	152,41	139,29	152,0	145,96	$2 1/2$	5,00	150,98	220	—	140	6"

Die Größen  $d$ ,  $d_1$ ,  $d_f$  und  $t_f$  sind in den Normen auf  $\frac{1}{1000}$  mm, die Kernquerschnitte auf  $\frac{1}{1000}$  cm<sup>2</sup> genau angegeben.

### 4.4. Metrisches Gewinde

1898 wurde in Zürich zwischen Vertretern der deutschen, französischen und schweizer Industrie das S.-I.-Gewinde (Système International) vereinbart und vom internationalen Kongress aufgenommen. Die Grundlage bildet ein gleichseitiges Dreieck, sodass Flankenwinkel von 60° entstehen. An den vorspringenden Kanten ist das Gewinde um 1/8 der Dreieckshöhe abgeflacht und zur leichteren Herstellung der tragenden Flanken mit Spitzenspiel  $\alpha = 0,045 h$  unter Ausrundung des Grundes versehen. Die wirkliche Gangtiefe wird dabei  $t = 0,6945 h$ , die Tragtiefe  $t = 0,65 h$ . Die Durchmesser  $d$ , über den abgestumpften Kanten des Vollgewindes gemessen, sowie die Ganghöhen sind in Millimetern festgelegt.

Das metrische Gewinde ist ein weltweit standardisiertes Gewinde mit metrischen Abmessungen und 60° Flankenwinkel, welches auch heutzutage noch in allen Industrieländern genutzt wird.

Gewinde mit metrischem Profil										DIN 13 Auszug				
										Steigung $h$ $h = 0,688 \cdot d$ Dreieckshöhe $H$ $H = 0,6495 \cdot d$ Gewindetiefe $T$ $T = 0,1082 \cdot d$ Flankendurchmesser $d_2 = d - 2 \cdot T = d - 0,6395 \cdot d$ Kerndurchmesser $d_1 = d - 2 \cdot T_1 = d - 1,299 \cdot h$ Flankenwinkel $\alpha = 60^\circ$				
Metrisches Gewinde Maße (in mm)										* Erklärung siehe Seite 92				
Gewindebezeichnung $d \times P$	Steigung $h$	Flanken- $d_2$	Kern- $d_1$	Gewinde- $t_1$	Aus- $t_2$	Kern- $t_3$	Kerndurchmesser $d_1$		Durchgangs- $d_2$		Überlegensarten DIN 132			Technische Ausführung
							Bohle $T^*$	Reihe $T^*$	frei	mittel	Außen- $d_2$	Loch- $d_2$	Stülpe- $d_2$	
M 1	0,25	0,858	0,675	0,162	0,03	0,36	0,75	—	1,1	1,2	1,5	1,5	0,5	3
M 1,2	0,25	1,038	0,878	0,162	0,03	0,40	0,75	—	1,1	1,4	1,5	1,5	0,5	3,5
M 1,4	0,3	1,205	1,015	0,193	0,03	0,40	1,1	—	1,5	1,4	1,5	1,5	0,5	3,5
M 1,7	0,35	1,473	1,245	0,227	0,04	1,22	1,3	—	1,8	1,5	1,5	1,5	0,5	3,5
M 2	0,4	1,740	1,480	0,260	0,06	1,72	1,5	1,6	1,8	2,4	1,5	1,5	0,5	3,5
M 2,3	0,4	2,040	1,760	0,290	0,04	1,49	1,8	1,9	1,5	2,7	1,5	1,5	0,5	4,5
M 2,6	0,45	2,308	2,016	0,292	0,05	1,59	1,1	2,2	2,8	1,7	1,5	1,5	0,5	5
M 3	0,5	2,675	2,350	0,325	0,05	1,64	2,4	2,3	3,2	3,6	1,7	1,5	0,5	5,5
M 3,3	0,5	3,110	2,720	0,390	0,06	1,61	2,8	2,9	3,7	3,9	1,7	1,5	0,5	6
M 4	0,7	3,545	3,090	0,455	0,08	1,95	3,2	3,3	4,3	4,1	1,7	1,5	0,5	7
M 5	0,8	4,480	3,960	0,520	0,09	1,23	4,1	4,3	5,3	5,5	1,7	1,5	1	9
M 6	1	5,350	4,700	0,650	0,11	1,73	4,8	5	6,4	6,6	1,7	1,5	1	10
M 8	1,25	7,168	6,378	0,812	0,14	21,9	6,5	6,7	8,4	9	1,7	1,5	1	14
M 10	1,5	9,026	8,032	0,974	0,16	20,9	7,2	7,4	10,5	11	1,7	1,5	1	17
M 12	1,75	10,865	9,726	1,137	0,19	24,3	8,4	10	12	13	1,7	1,5	1	19
M 14	2	13,701	11,402	1,299	0,22	19,2	11,5	11,75	14	15	1,7	1,5	1	20
M 16	2	14,701	13,402	1,499	0,22	18,1	12,5	12,75	17	18	1,7	1,5	1	24
M 18	2,5	16,376	14,732	1,634	0,27	17,1	15	15,25	19	20	1,7	1,5	1	27
M 20	2,5	18,356	16,713	1,634	0,27	20,0	17	17,25	21	22	1,7	1,5	1	30
M 22	2,5	20,376	18,733	1,634	0,27	27,6	19	19,25	23	24	1,7	1,5	1	32
M 24	3	22,051	20,102	1,869	0,32	19,7	20,5	20,75	25	26	1,7	1,5	1	36
M 27	3	25,051	23,102	1,869	0,32	18,9	23,5	23,75	28	30	1,7	1,5	1	41
M 30	3,5	27,727	25,455	2,273	0,38	50,9	25,75	26	31	33	1,7	1,5	1	58
M 33	3,5	30,727	28,454	2,273	0,38	65,6	29,75	29	34	36	1,7	1,5	1	66
M 36	4	33,402	30,904	2,598	0,43	74,5	31	31,5	37	39	1,7	1,5	1	75
M 42	4,5	39,077	36,154	2,973	0,49	102,7	36,5	37	43	45	1,7	1,5	1	83
M 48	5	44,752	41,504	3,348	0,54	155,3	42	42,5	51	53	1,7	1,5	1	95
M 54	5,5	52,428	48,856	3,723	0,60	187,5	49,5	50	58	62	1,7	1,5	1	108
M 60	6	56,428	52,556	4,098	0,60	198,4	52,5	54	62	66	1,7	1,5	1	120
M 66	6	60,103	56,106	4,497	0,65	248,1	57,5	58	70	74	1,7	1,5	1	135
Metrisches Feingewinde										Diese Feingewinde sind vorzugsweise zu verwenden.				
Gewindebezeichnung $d \times P$	Kern- $d_1$	Flanken- $d_2$	Gewinde- $t_1$	Gewinde- $t_2$	Kern- $t_3$	Flanken- $d_2$	Gewinde- $t_1$	Gewinde- $t_2$	Kern- $t_3$	Flanken- $d_2$	Gewinde- $t_1$			
M 2 $\times$ 0,25	1,676	1,838	0,162	0,03	0,36	M 24 $\times$ 1,5	22,052	23,026	0,974	M 56 $\times$ 3	53,403	54,701	1,299	
M 2,5 $\times$ 0,25	1,976	2,138	0,162	0,03	0,40	M 26 $\times$ 1,5	24,052	25,026	0,974	M 60 $\times$ 3	57,403	58,701	1,299	
M 3 $\times$ 0,25	2,146	2,308	0,227	0,04	0,40	M 27 $\times$ 1,5	25,052	26,026	0,974	M 64 $\times$ 3	61,403	62,701	1,299	
M 3,5 $\times$ 0,25	2,546	2,708	0,227	0,04	0,40	M 28 $\times$ 1,5	26,052	27,026	0,974	M 68 $\times$ 3	65,403	66,701	1,299	
M 4 $\times$ 0,25	3,350	3,673	0,292	0,05	0,40	M 30 $\times$ 1,5	28,052	29,026	0,974	M 72 $\times$ 3	69,403	70,701	1,299	
M 5 $\times$ 0,5	4,350	4,673	0,357	0,05	0,40	M 32 $\times$ 1,5	30,052	31,026	0,974	M 78 $\times$ 3	73,403	74,701	1,299	
M 6 $\times$ 0,5	5,350	5,673	0,422	0,05	0,40	M 35 $\times$ 1,5	33,052	34,026	0,974	M 80 $\times$ 3	77,403	78,701	1,299	
M 8 $\times$ 1	6,700	7,350	0,650	0,08	0,40	M 36 $\times$ 1,5	36,052	37,026	0,974	M 85 $\times$ 3	82,403	83,701	1,299	
M 10 $\times$ 1	8,700	9,350	0,850	0,10	0,40	M 40 $\times$ 1,5	38,052	39,026	0,974	M 90 $\times$ 3	87,403	88,701	1,299	
M 12 $\times$ 1,5	10,052	11,026	0,974	0,12	0,40	M 42 $\times$ 1,5	40,052	41,026	0,974	M 100 $\times$ 2	97,403	98,701	1,299	
M 14 $\times$ 1,5	12,052	13,026	0,974	0,14	0,40	M 45 $\times$ 1,5	43,052	44,026	0,974	M 110 $\times$ 2	107,403	108,701	1,299	
M 16 $\times$ 1,5	14,052	15,026	0,974	0,16	0,40	M 48 $\times$ 1,5	46,052	47,026	0,974	M 120 $\times$ 2	117,403	118,701	1,299	
M 18 $\times$ 1,5	16,052	17,026	0,974	0,18	0,40	M 50 $\times$ 1,5	48,052	49,026	0,974	M 130 $\times$ 2	126,103	127,401	1,299	
M 20 $\times$ 1,5	18,052	19,026	0,974	0,20	0,40	M 52 $\times$ 1,5	50,052	51,026	0,974	M 140 $\times$ 2	134,103	135,401	1,299	
M 22 $\times$ 1,5	20,052	21,026	0,974	0,22	0,40	M 55 $\times$ 1,5	53,052	54,026	0,974	M 150 $\times$ 2	142,103	143,401	1,299	



## 4.5. Trapezgewinde

Das Trapezgewinde gehört zu den Bewegungsgewinden für Spindeln und Schraube, die oft und meist unter Belastung bewegt werden müssen. Es wird bei Spindeln von Pressen, Ventilen und Schiebern eingesetzt. Zudem bei Steuerspindeln von Lokomotiven.

Spiel		Für Steigungen		
	2...4	5...12	14...∞	
a	0,25	0,25	0,5	
b	0,5	0,75	1,5	

Trapezgewinde		DIN 103 Auszug	
Steigung	$h$		
Dreieckshöhe	$t = 1,366 \cdot h$		
Gewindetiefe des Bolzens	$t_1 = 0,5 \cdot h + a$		
Gewindetiefe der Mutter	$T = 0,5 \cdot h + 2 \cdot a - b$		
Tragtiefe	$t_2 = 0,5 \cdot h + a - b$		
Zahnkegel	$c = 0,25 \cdot h$		
Spiel am Außen- $\varnothing$	$a$		
Spiel am Kern- $\varnothing$	$b$		
Rundung	$r = a$		
Außen- $\varnothing$ des Bolzens	$d$		
Kern- $\varnothing$ des Bolzens	$d_k = d - 2 \cdot t_1 = d - (h + 2 \cdot a)$		
Außen- $\varnothing$ der Mutter	$D = d + 2 \cdot a$		
Kern- $\varnothing$ der Mutter	$D_k = d - 2 \cdot (T - a) = d - (h + 2 \cdot a - 2 \cdot a)$		
Flanken- $\varnothing$	$d_f = d - 2 \cdot c = d - 0,5 \cdot h$		
Flankenwinkel	$= 30^\circ$		

Gewindebezeichnung	Bolzen		Mutter			Flanken- $\varnothing$	Tragtiefe	Spiel $a, b$		Stahlbreite $a, b$		
	Kern- $\varnothing$	Gewindetiefe	Außen- $\varnothing$	Kern- $\varnothing$	Gewindetiefe			Außen- $\varnothing$	Kern- $\varnothing$	Bolzenkern- $\varnothing$ Mutter-Außen- $\varnothing$	Bolzen-Außen- $\varnothing$	Mutter-Kern- $\varnothing$
$d \times h$	$d_k$	$t_1$	$D$	$D_k$	$T$	$d_f$	$t_2$	$a$	$b$	$b_k - b_D$	$b_D$	$b$
Tr 10 x 2	7,5	1,25	10,5	0,5	1	9	0,75	0,25	0,5	0,60	1,27	1,1
Tr 10 x 3	6,5	1,75	10,5	0,5	1,5	8,5	0,75	0,25	0,5	0,96	1,90	1,1
Tr 12 x 2	9,5	1,25	12,5	1,0	1	11	0,75	0,25	0,5	0,60	1,27	1,1
Tr 12 x 3	8,5	1,75	12,5	1,0	1,5	10,5	0,75	0,25	0,5	0,96	1,90	1,1
Tr 12 x 4	7,5	2,25	12,5	1,0	2	9,5	0,75	0,25	0,5	1,26	2,53	1,1
Tr 16 x 3	12,5	1,75	16,5	1,5	1,5	14,5	0,75	0,25	0,5	0,96	1,90	1,1
Tr 16 x 4	11,5	2,25	16,5	1,5	2	13,5	0,75	0,25	0,5	1,26	2,53	1,1
Tr 18 x 3	15,5	1,75	18,5	2	1,5	16,5	0,75	0,25	0,5	1,26	2,53	1,1
Tr 18 x 4	14,5	2,25	18,5	2	2	15,5	0,75	0,25	0,5	1,56	3,10	1,1
Tr 20 x 4	15,5	2,25	20,5	2	2	18	0,75	0,25	0,5	1,56	3,10	1,1
Tr 20 x 5	16,5	2,75	20,5	2	2,5	19,5	0,75	0,25	0,5	1,86	3,67	1,1
Tr 24 x 5	18,5	2,75	24,5	2,5	2,5	21,5	0,75	0,25	0,5	1,86	3,67	1,1
Tr 28 x 6	21,5	3,25	28,5	3	3	25	0,75	0,25	0,5	2,16	4,24	1,1
Tr 30 x 6	29,5	3,25	36,5	3	3	33	0,75	0,25	0,5	2,79	5,07	1,1
Tr 40 x 8	38,5	4,25	40,5	4	4	36	0,75	0,25	0,5	3,42	5,90	1,1
Tr 50 x 8	47,5	4,25	50,5	4	4	46	0,75	0,25	0,5	4,05	6,73	1,1
Tr 55 x 8	47,5	4,25	55,5	4	4	52	0,75	0,25	0,5	4,05	6,73	1,1
Tr 60 x 10	52,5	5,25	60,5	5	5	58	0,75	0,25	0,5	4,68	7,56	1,1
Tr 70 x 10	59,5	5,25	70,5	5	5	65	0,75	0,25	0,5	5,31	8,39	1,1
Tr 80 x 10	69,5	5,25	80,5	5	5	75	0,75	0,25	0,5	6,30	9,38	1,1
Tr 100 x 12	87,5	6,25	100,5	6	6	94	0,75	0,25	0,5	7,92	11,40	1,1
Tr 120 x 16	109	8,5	120,5	8	8	117	0,75	0,25	0,5	10,44	15,12	1,1

Stahlbreite am Kern- $\varnothing$ des Bolzens	$b_k = 0,636 \cdot h - 0,536 \cdot a$
Stahlbreite am Außen- $\varnothing$ der Mutter	$b_D = 1,4 \cdot h - 0,366 \cdot h - 0,536 \cdot a$
Stahlbreite am Außen- $\varnothing$ des Bolzens	$b_D = 0,636 \cdot h$
Stahlbreite am Kern- $\varnothing$ der Mutter	$b_k = 0,636 \cdot h - 0,536 \cdot (h - a)$

Beispiel: Für Tr 18 x 2 sollen alle notwendigen Maße berechnet werden.

Lösung:  $a$  laut Tabelle = 0,25 mm  $b$  laut Tabelle 0,5 mm

$d_k = d - (h + 2 \cdot a) = 18 - (2 + 2 \cdot 0,25) = 15,5$  mm

$D = d - 2 \cdot a = 18 - 2 \cdot 0,25 = 17,5$  mm;  $D_k = d - (h + 2 \cdot a - 2 \cdot b) = 18 - (2 + 2 \cdot 0,25 - 2 \cdot 0,5) = 16,5$  mm

$d_f = d - 0,5 \cdot h = 18 - 0,5 \cdot 2 = 17$  mm;  $b_k = b_D = 0,636 \cdot h - 0,536 \cdot a = 0,636 \cdot 2 - 0,536 \cdot 0,25 = 0,599$  mm

$b_D = 0,636 \cdot h = 0,636 \cdot 2 = 1,272$  mm;  $b_k = 0,636 \cdot h - 0,536 \cdot (h - a) = 0,636 \cdot 2 - 0,536 \cdot (2 - 0,25) = 1,134$  mm



## 4.6. Sägewinde

Sägewinde		DIN 513 und 514 Auszug				
		Steigung	$h$	$e = 0,264 \cdot h$		
		Dreieckshöhe	$r = 1,732 \cdot h$	$i = 0,525 \cdot h$		
		Gewindetiefe des Bolzens	$l_1 = 0,868 \cdot h$	$b = 0,118 \cdot h$		
		Gewindetiefe der Mutter	$l_2 = 0,75 \cdot h$	$r = 0,104 \cdot h$		
		Äußen-Ø des Bolzens = Außen-Ø der Mutter	$d = D$			
		Kern-Ø des Bolzens	$d_1 = d - 2 \cdot r_1 = d - 1,736 \cdot h$			
		Kern-Ø der Mutter	$D_1 = d - 2 \cdot l_2 = d - 1,5 \cdot h$			
		Flanken-Ø	$d_2 = D + 2 \cdot b = d + 0,502 \cdot h$			
		Flankenwinkel	$= 33^\circ$			
Maße in mm						
Gewindebezeichnung $d \times h$	Bolzen		Mutter		Flanken-Ø $d_2$	Kernquerschnitt $\approx \text{mm}^2$
	Kern-Ø $d_1$	Gewindetiefe $l_1$	Kern-Ø $D_1$	Gewindetiefe $l_2$		
S 10 × 2	8,528	1,736	9	1,5	10,936	57
S 16 × 2	12,528	1,736	13	1,5	14,936	123
S 20 × 2	16,528	1,736	17	1,5	18,936	214
S 24 × 3	18,794	2,603	19,5	2,25	21,954	277
S 30 × 4	23,058	3,471	24	3	27,272	416
S 36 × 5	27,322	4,339	28,5	3,75	32,590	586
S 40 × 6	29,586	5,207	31	4,5	35,909	686
S 48 × 8	34,116	6,942	36	6	42,545	1072
S 55 × 9	39,380	7,810	41,5	6,75	48,863	1256
S 60 × 9	44,380	7,810	46,5	6,75	53,663	1347
S 70 × 10	52,644	8,678	55	7,5	63,181	2176
S 80 × 10	62,644	8,678	65	7,5	73,181	3061
S 90 × 12	69,174	10,413	72	9	81,617	3757
S 100 × 12	79,174	10,413	82	9	91,617	4922
S 120 × 14	95,702	12,149	99	10,5	110,453	7192

Sägewinde werden mit den gleichen Durchmessern und Steigungen wie Trapezgewinde hergestellt. Berechnung nach obigen Formeln.

Beispiel: Berechne die Maße für S 18 × 3.

Lösung:

$$d_1 = d - 1,736 \cdot h = 18 - 1,736 \cdot 3 = 12,702 \text{ mm}$$

$$d_2 = d + 0,502 \cdot h = 18 + 0,502 \cdot 3 = 15,956 \text{ mm}$$

$$D_1 = d - 1,5 \cdot h = 18 - 1,5 \cdot 3 = 13,5 \text{ mm}$$

## 4.7. Rundgewinde

Rundgewinde		DIN 451 Auszug							
		Gangzahl pro Zoll	$z$	$b = 0,683 \cdot h$					
		Steigung	$h = \frac{25,4}{z}$	$r = 0,2385 \cdot h$					
		Gewindetiefe	$r_1 = 0,5 \cdot h$	$R = 0,256 \cdot h$					
		Spitzenspiel	$b = 0,05 \cdot h$	$l_1 = 0,271 \cdot h$					
		Äußen-Ø des Bolzens $d$							
		Kern-Ø des Bolzens	$d_1 = d - 2 \cdot r_1 = d - h$						
		Äußen-Ø der Mutter	$D = d + 2 \cdot b = d + 0,1 \cdot h$						
		Kern-Ø der Mutter	$D_1 = d - 2 \cdot (l_1 - r_1) = d - 0,9 \cdot h$						
		Flanken-Ø	$d_2 = d + 2 \cdot b = d + 0,5 \cdot h$						
		Flankenwinkel	$= 30^\circ$						
Maße in mm; Gangzahl/Zoll									
Gewindebezeichnung $h \times \frac{1}{z}$	Bolzen Kern-Ø $d_1$	Flanken-Ø $d_2$	Mutter		Gangzahl pro Zoll	Steigung $h$ mm	Rundungen		
			Äußen-Ø $D$	Kern-Ø $D_1$			$r$	$R$	$\frac{1}{R_1}$
Rd 8 × 1/16"	5,460	6,730	8,254	5,714	10	2,540	0,606	0,650	0,361
Rd 10 × 1/16"	7,460	8,730	10,234	7,714	10	2,540	0,606	0,650	0,361
Rd 12 × 1/16"	9,460	10,730	12,234	9,714	10	2,540	0,606	0,650	0,361
Rd 16 × 1/8"	12,825	14,412	16,318	13,142	8	3,175	0,757	0,813	0,702
Rd 20 × 1/8"	16,825	18,412	20,318	17,142	8	3,175	0,757	0,813	0,702
Rd 24 × 1/8"	20,825	22,412	24,318	21,142	8	3,175	0,757	0,813	0,702
Rd 30 × 1/8"	26,825	28,412	30,318	27,142	8	3,175	0,757	0,813	0,702
Rd 36 × 1/8"	32,825	34,412	36,318	33,142	8	3,175	0,757	0,813	0,702
Rd 48 × 1/8"	43,767	45,883	48,423	44,190	6	4,233	1,010	1,085	0,936
Rd 60 × 1/8"	55,767	57,883	60,423	56,190	6	4,233	1,010	1,085	0,936
Rd 80 × 1/8"	75,77	77,88	80,42	76,19	6	4,233	1,010	1,085	0,936
Rd 100 × 1/8"	95,77	97,88	100,42	96,19	6	4,233	1,010	1,085	0,936

Die nicht in der Tabelle angeführten Gewinde sind nach obigen Formeln zu berechnen.

Beispiel: Berechne die Maße für Rd 40 × 1/8".

Lösung:

$$h = \frac{25,4}{z} = \frac{25,4}{8} = 3,175 \text{ mm}$$

$$d_1 = d - h = 40 - 3,175 = 36,825 \text{ mm}$$

$$D = d + 0,1 \cdot h = 40 + 0,3175 = 40,3175 \text{ mm}$$

$$D_1 = d - 0,9 \cdot h = 40 - 2,8575 = 37,1425 \text{ mm}$$

$$d_2 = d + 0,5 \cdot h = 40 + 1,5875 = 41,5875 \text{ mm}$$

#### 4.8. U.S. St. Gewinde

Das United States Standard-Gewinde gründet sich auf die von Sellers 1864 angegebene Gewindeform, Abb. 336, mit 60° Flankenwinkel unter Ablflachung der Kanten um  $\frac{1}{8}$  der Dreieckshöhe. Der äußere Durchmesser  $d$  ist in englischen Zollen festgelegt.

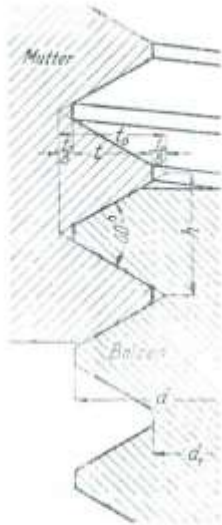


Abb. 336. Sellersgewinde.

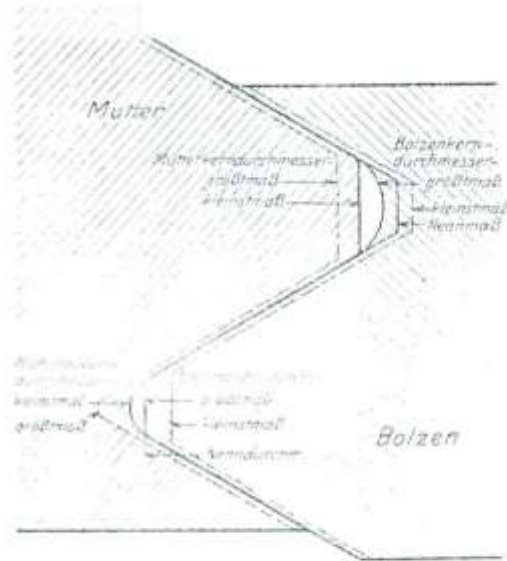


Abb. 336a. Toleranzen des U. S. St.-Gewindes.

Zusammenstellung 61. U. S. St.-Gewinde.

Äußerer Gewinde- durchm. $d$ engl. Zoll	Ganghöhe $h$ engl. Zoll	Zahlen- wert $n = \frac{h}{d}$	Äußerer Gewinde- durchm. $d$ engl. Zoll	Ganghöhe $h$ engl. Zoll	Zahlen- wert $n$	Äußerer Gewinde- durchm. $d$ engl. Zoll	Ganghöhe $h$ engl. Zoll	Zahlen- wert $n$
$\frac{1}{16}''$	0,0250	0,2000	$1\frac{1}{8}''$	0,1429	0,1270	$3\frac{1}{4}''$	0,2857	0,0879
$\frac{3}{16}''$	0,0417	0,2222	$1\frac{1}{4}''$	0,1429	0,1143	$3\frac{1}{2}''$	0,3077	0,0879
$\frac{1}{4}''$	0,0500	0,2000	$1\frac{3}{8}''$	0,1667	0,1212	$3\frac{3}{4}''$	0,3333	0,0889
$\frac{5}{16}''$	0,0556	0,1778	$1\frac{1}{2}''$	0,1667	0,1111	4''	0,3333	0,0833
$\frac{3}{8}''$	0,0625	0,1667	$1\frac{3}{4}''$	0,1818	0,1119	$4\frac{1}{4}''$	0,3478	0,0818
$\frac{7}{16}''$	0,0714	0,1633	$1\frac{7}{8}''$	0,2000	0,1143	$4\frac{1}{2}''$	0,3636	0,0808
$\frac{1}{2}''$	0,0769	0,1538	$1\frac{7}{8}''$	0,2000	0,1067	$4\frac{3}{4}''$	0,3810	0,0802
$\frac{5}{8}''$	0,0833	0,1481	2''	0,2222	0,1111	5''	0,4000	0,0800
$\frac{3}{4}''$	0,0909	0,1455	$2\frac{1}{8}''$	0,2222	0,0888	$5\frac{1}{4}''$	0,4000	0,0762
$\frac{7}{8}''$	0,1069	0,1233	$2\frac{1}{4}''$	0,2500	0,1000	$5\frac{1}{2}''$	0,4211	0,0736
$\frac{15}{16}''$	0,1111	0,1273	$2\frac{3}{4}''$	0,2500	0,0909	$5\frac{3}{4}''$	0,4311	0,0732
1''	0,1250	0,1250	3''	0,2857	0,0952	6''	0,4444	0,0741

#### 4.9. UNC-Gewinde

Durchmesser in Zoll (Bruch)	Durchmesser in Zoll (dezimal)	Durchmesser in mm
1/4	0,2500	6,3500
5/16	0,3125	7,9375
3/8	0,3750	9,5250
7/16	0,4375	11,1125
1/2	0,5000	12,7000
9/16	0,5625	14,2875
5/8	0,6250	15,8750
3/4	0,7500	19,0500
7/8	0,8750	22,2250
1	1,0000	25,4000

#### 4.10. UNF-Gewinde

	Durchmesser in Zoll	Durchmesser in mm
#0	0,0600	1,5240
#1	0,0730	1,8542
#2	0,0860	2,1844
#3	0,0990	2,5146
#4	0,1120	2,8448
#5	0,1250	3,1750
#6	0,1380	3,5052
#8	0,1640	4,1656
#10	0,1900	4,8260
#12	0,2160	5,4864

## 5. Schrauben im Automobilbau

Schrauben gehören zu den gängigsten Komponenten in der Industrie und sind deshalb auch wichtiger Bestandteil im Automobilbau.

### 5.1. Radschrauben

Die am offensichtlichsten genutzten Schrauben am Auto sind wohl die **Radschrauben** und Radmutter. Sie dienen dazu, Räder bzw. Felgen an den Radträgern zu befestigen.



### 5.2. Feingewindeschrauben

**Feingewindeschrauben** werden im Fahrzeugbau und Maschinenbau verwendet um höhere Festigkeiten in der Verbindung von Baugruppen zu erreichen. Die geringere, bzw. feinere Steigung des Gewindes dieser Schrauben bringt einen erhöhten Selbstsicherungseffekt der Schraube. Des Weiteren wird die Gefahr des Gewindeausreissens, durch die erhöhte Gewinde -Gangzahl minimiert.



Verzinkte **Feingewindemutter** mit metrischem Feingewinde. Oft verbaute Mutter im Fahrzeugbau.



Feingewindemuttern werden verwendet um höhere Festigkeiten in der Verbindung von Baugruppen zu erreichen. Die geringere, bzw. feinere Steigung des Gewindes dieser Muttern bringt einen erhöhten Selbstsicherungseffekt der Schraubverbindung. Des Weiteren wird die Gefahr des Gewindeausreissens, durch die erhöhte Gewinde -Gangzahl minimiert. Auch zum "verkontern" geeignet. Durch "verkontern" also gegenläufiges festziehen der Muttern, erreichen Sie eine Kraftschlüssige

Schraubensicherung! Achtung! Bei "Schwergängigkeit" von aufzuschraubenden Muttern niemals mit "Gewalt" weiterdrehen. Sie haben dann ein falsches Muttergewinde und zerstören zusätzlich das Bolzengewinde.

### 5.3. Stiftschrauben

**Stiftschrauben**, auch Stehbolzen genannt, werden zur Anwendung gebracht, indem diese in ein "Muttergewinde" bzw. Innengewinde eingedreht werden. Die Gewindebolzen dabei ihre wirksame Länge zunehmend verkürzen, bis sie die zu verbindenden Teile mit Hilfe einer Mutter am anderen Ende des Stehbolzens zusammendrücken. Stiftschrauben dienen als lösbare Verbindungen von Bauteilen aller Art, insbesondere sollen sie zwei oder mehr Teile so verbinden, dass nur sie selbst auf Zug beansprucht werden. Vorrangig im Motoren und Antriebbau eingesetzt. Vorteil ist die gute "Führung" der zu verbindenden Bauteile im Schraubenloch bis zur endgültigen Fixierung.



### 5.4. Blechschrauben



**Blechschrauben:** Die Blechdicken der zu verschraubenden Teile müssen zusammen größer sein, als die Steigung des Gewindes der gewählten Schraube. Sonst kann wegen des Gewindeauslaufes unter dem Schraubenkopf ein hinreichend großes Anziehdrehmoment nicht aufgebracht werden! Blechschrauben werden oft mit Karosseriescheiben verbaut.



## 6. Befestigungsschraube

Die Wirkung der Schrauben beruht, wie die der Keile, auf den Gesetzen der schiefen Ebene. Schrauben und Keile sind verwandt und lassen sich auseinander herleiten. Wickelt man einen Keil, Abb. 320, auf einem Zylinder vom Durchmesser  $d_1$  auf, so entsteht ein Schraubengang, durch Aneinandersetzen mehrerer Keile eine Schraubenfläche. Verschiebt man den strichpunktiert gezeichneten Keil nach links, so wird der Nocken  $A$  und der mit ihm verbundene Zylinder  $Z$  gehoben, wenn dieser an der Drehung gehindert ist. Die gleiche Wirkung erzielt man durch Drehen des aufgewickelten Keils um die Zylinderachse im Sinne des ausgezogenen Pfeiles. An Hand der Abbildung werden aber auch zwei der wesentlichen Vorteile der Schrauben gegenüber den Keilen deutlich:

1. Durch Verwendung mehrerer Gänge ist eine Herabsetzung des Flächendrucks möglich.

2. Die Beanspruchung auf Biegung wird niedriger, weil die Schraubengänge nur wenig aus dem Schaft heraustreten. Und schließlich ist

3. die Herstellung von Schraubenflächen leicht und genau möglich.

In Abb. 321 ist die Entstehung einer Schraubenlinie durch Aufwickeln eines keilförmigen Streifens  $ABC$  gezeigt. Der Keilwinkel  $\alpha$  wird zum Steigungswinkel der Schraubenlinie, der im Punkte  $D$  in der Mittelebene des Zylinders in seiner wahren Größe erscheint. Der Länge  $\pi d_1$ , welche einen vollen Schraubengang gibt, entspricht die Ganghöhe  $h$ .

$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{\pi \cdot d_1}$  ist die Steigung der Schraubenlinie.

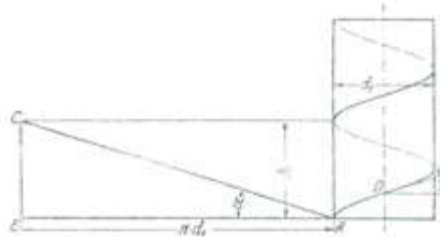


Abb. 321. Entstehung der Schraubenlinie.

Je nach der Aufwicklungsrichtung wird die Schraubenlinie rechts- oder linksgängig; von der Seite gesehen, Abb. 322, steigt die Linie nach rechts oder links an. Die üblichen Befestigungsschrauben sind rechtsgängig.

Gleitet längs der Schraubenlinie ein Querschnitt, der Gewindequerschnitt, derart, daß seine Ebene immer durch die Zylinderachse geht, so wird eine Schraube erzeugt. Ein Dreieck, Abb. 323, führt zu dem scharfgängigen Gewinde der gewöhnlichen

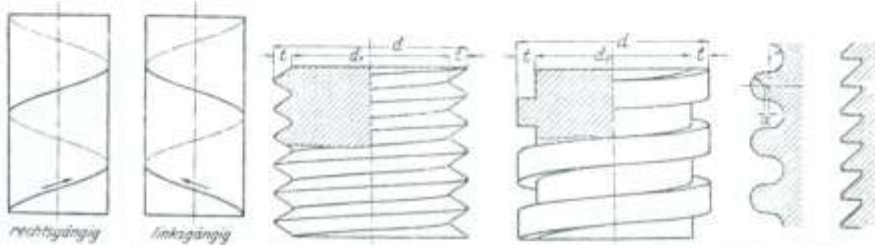


Abb. 322. Rechts- und linksgängige Schraubenschnitte.

Abb. 323. Scharfgängiges Gewinde.

Abb. 324—326. Flach-, Rund- und Sägen-gewinde.

Befestigungsschrauben, ein Trapez-, Abb. 337 und 326, zu dem leicht fräsbaren Trapez- und Sägengewinde der Bewegungsschrauben, ein Rechteck, Abb. 324, zum Flachgewinde, ein durch Kreisbogen begrenzter Gangquerschnitt, Abb. 325 und 339 zu dem u. a. an den Kupplungen der Eisenbahnwagen benutzten Rundgewinde. Der Außendurchmesser  $d$  gibt die Stärke des Bolzens an, aus dem die Schraube geschnitten werden kann; der Kerndurchmesser  $d_1$  kennzeichnet den Kernquerschnitt, der für die Tragfähigkeit maßgebend ist.

$$t = \frac{d - d_1}{2} \quad (92)$$

heißt Gangtiefe des Gewindes. Bedeutet  $d_2$  den mittleren Durchmesser der Flanken, den Flankendurchmesser, so gilt

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{\pi \cdot d_2} \quad (93)$$

die für die Wirkung der Schraube wichtige mittlere Steigung an.

An eingängigen Schrauben, Abb. 323 und 324, wird das Gewinde durch einen einzigen schraubenförmig umlaufenden Querschnitt gebildet, wie die gewöhnlichen Befestigungsschrauben zeigen; zwei- und mehrgängige Schrauben entstehen, wenn zwei oder mehr Querschnitte zur Erzeugung nötig sind, die parallelen Schraubenlinien folgen, Abb. 327.

Die zeichnerische Darstellung des Gewindes geschieht zweckmäßig und in Übereinstimmung mit DIN 27 unter Angabe des Gewindefortschritts durch eine gestrichelte Linie. Außen- oder Innengewinde können dabei leicht unterschieden, und zwar das erste durch eine kräftige Außen-, eine dünne, ge-

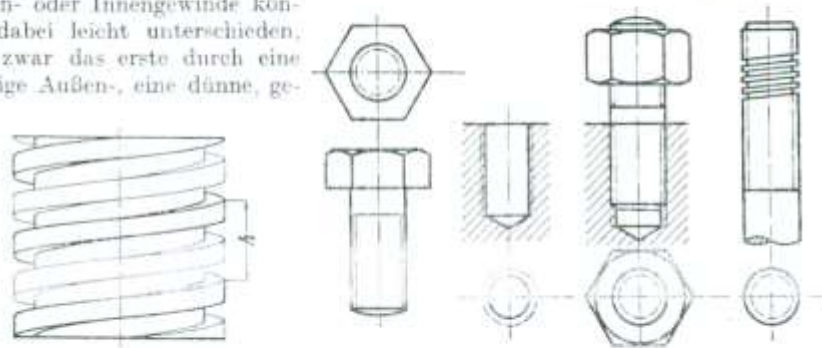


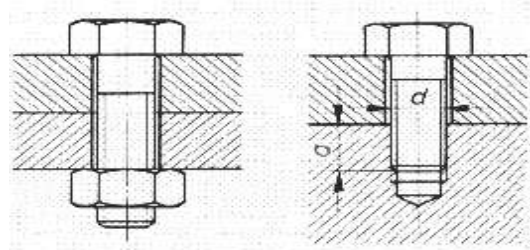
Abb. 327. Doppelgängige Schraube. Abb. 328—331. Zeichnerische Darstellung von Gewinden.

strichelte Innenlinie, Abb. 328, gekennzeichnet werden entsprechend seiner Herstellung, bei der zunächst der Bolzen auf den Außendurchmesser abgedreht und dann mit Gewinde versehen wird. Innengewinde, Abb. 329, wird umgekehrt durch eine starke Innen- und eine dünne Außenlinie wiedergegeben, da zunächst das Loch dem Kerndurchmesser nach gebohrt, und dann das Gewinde in die Wandung eingeschnitten wird. Ist eine Schraube in einen anderen Teil eingeschraubt darzustellen, Abb. 330, so pflegt der Bolzen nicht geschliffen und deshalb hervorgehoben zu werden. Bei Sondergewinden empfiehlt es sich, einige Gänge zu zeichnen, um die Art des Gewindes rasch erkennbar zu machen, Abb. 331.

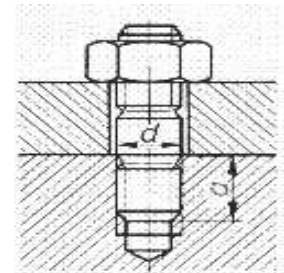
Die Schrauben, als die wohl am häufigsten benutzten Maschinenteile, sind schon früh genormt worden [V, 1]. In Deutschland sollen zu Befestigungsschrauben fortan nur noch zwei Gewindearten: a) das Whitworth-, b) das metrische Gewinde gebraucht werden, Formen, die auch im Auslande weite Verbreitung haben und neben welchen noch c) das in Amerika allgemein eingeführte U.S.St.-Gewinde in Betracht kommt, so daß in der gesamten Technik fortan mit drei Gewindearten gerechnet werden muß.

## 7. Ausführungsformen

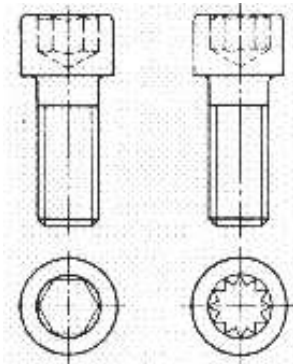
**7.1. Sechskantschrauben** werden mit Muttern bei Durchgangs-löchern verwendet und ohne Muttern, wenn das Mutter-gewinde in das Werkstück eingeschnitten ist



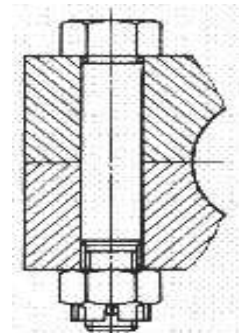
**7.2. Stiftschrauben** verwendet man, wenn die Verbindung häufig gelöst werden muss. Die Stiftschraube wird mit dem kurzen Gewindeende in das Muttergewinde des Werkstücks mit Hilfe eines Stiftsetzers eingesetzt. Beim Lösen der Schraubverbindung wird nur die Sechskantmutter gelöst.



**7.3. Zylinderschrauben** mit Innensechskant (Inbusschrauben) sind platzsparend durch den zylindrischen Kopf. Sie eignen sich für Verschraubungen, die wegen ihrer Lage nicht mit einem Sechskant-schlüssel angezogen werden können. Als Sonderbauform gibt es Zylinderschrauben mit Innenverzahnung.



**7.4. Passschrauben** werden verwendet, wenn ein Verschieben der verschraubten Werkstücke verhindert werden soll und große Scherkräfte auftreten. Der Schaftdurchmesser der Passschraube ist etwas größer als der Gewindedurchmesser.





**7.5. Dehnschrauben** verwendet man, wenn dauernde Wechselbelastungen auftreten, z. B. am Pleuefluß. Normale Schaftschrauben brechen bei dauernder Wechselbelastung nach einiger Zeit infolge Ermüdung, auch wenn sie genügend stark ausgeführt sind. Der Schaftdurchmesser der Dehnschraube (formelastische Schraube) beträgt nur etwa 90 % des Gewindekern-durchmessers, ausgenommen an Stellen, an denen sie in der Bohrung anliegen soll. Die mit dem Drehmomentschlüssel richtig angezogene Dehnschraube ist mit einer Zugkraft vorgespannt, die wesentlich größer ist als die im Betrieb von außen einwirkende Zugkraft. Im Betrieb kann die Dehnschraube im elastischen Bereich bis dicht an die Streckgrenze beansprucht sein. Dehnschrauben halten ihre Verspannung selbst und benötigen keine Schraubensicherung. Die Gewinde müssen leichtgängig sein.

