

# Über Schraubengewinde

Autor(en): **Ernst. H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **80 (1962)**

Heft 34

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-66213>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

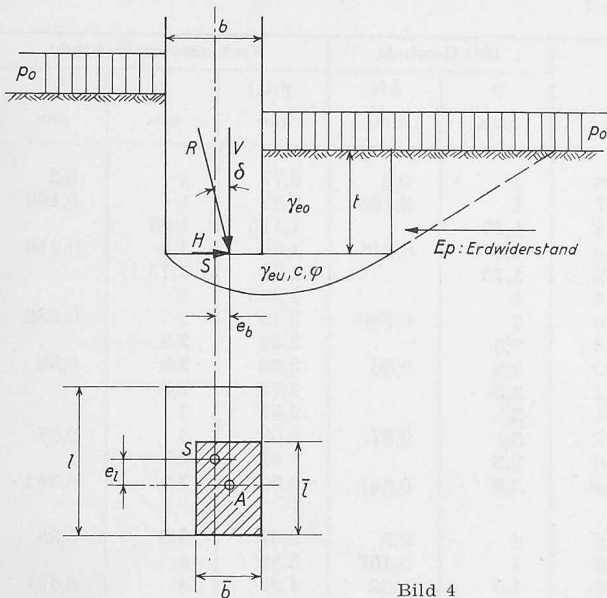


Bild 4

für Flachgründungen  $t < b$  (unabhängig von  $\varphi$ )

$$d_q = d_c = 1 + \frac{0,35}{b} \frac{0,6}{t + \frac{1}{1 + 7 \cdot \operatorname{tg}^4 \varphi}}$$

für Tiefgründungen (Pfähle)

Dieser letztere Ausdruck ermöglicht die Bestimmung des *Spitzenwiderstandes* eines Pfahles oder die Berechnung der Grundbruchsicherheit tief gegründeter Pfeiler. Zu beachten ist dabei, dass die Tiefenfaktoren nur gelten, wenn der Boden oberhalb der Gründungssohle mindestens die gleiche Scherfestigkeit besitzt wie der Boden unterhalb der Sohle.

Der *Formfaktor* hängt genau genommen nicht nur vom Verhältnis  $b/l$ , sondern auch vom Winkel  $\varphi$  ab: für  $\varphi > 25^\circ$

$$s_q = s_c = 1 + (0,2 + \operatorname{tg}^6 \varphi) \frac{b}{l}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,5 (0,2 + \operatorname{tg}^6 \varphi) \frac{b}{l}$$

ergibt z. B. für ein quadratisches Fundament und  $\varphi \sim 35^\circ$   $s_q = 1,32$ ,  $s_\gamma = 0,84$ .

Der *Einfluss einer Ausmittigkeit und der Schrägstellung der äusseren Belastung* auf die Grundbruchsicherheit ist von grosser Bedeutung. Beide verringern die Bruchlast beträchtlich. Dieser Einfluss kann heute dank verschiedenen Arbeiten (Ohde, Schultze [11], Meyerhof [12], de Beer [4], Brinch-Hansen) rechnermässig berücksichtigt werden. In diesen Fällen bilden sich mehr oder weniger ausgeprägte Gleitflächen nur nach einer Richtung aus (Strenge Berechnung wiederum nur für den gewichtslos gedachten, ebenen isotropen Halbraum).

Der exzentrische Lastangriffspunkt wird berücksichtigt durch Einführung einer «wirksamen» an Stelle der wirklichen Fundationsfläche (siehe Bild 4).  $\bar{F} = \bar{b} \times \bar{l}$ . (Schwerpunkt der wirksamen Fläche gleich Durchstosspunkt der Resultierenden durch die Fundamentfläche). Bei nicht rechteckförmigem Grundriss wird die «wirksame» Fläche in ein äquivalentes Rechteck umgewandelt.

Die schräg exzentrisch wirkende äussere Kraft  $R$  wird zerlegt in die Vertikalkomponente  $V$  und die Horizontalkomponente  $H$  und daraus der Neigungswinkel  $\delta$  bestimmt. Die Beiwerte  $i$  hängen vor allem von diesem Verhältnis ab und viel schwächer auch von  $\varphi$ . Näherungsformeln in [5, 7, 14]. *Beachte:* Der Erdwiderstand  $E_p$  darf auf die volle Tiefe  $t$  nur dann eingesetzt werden, wenn einerseits gewährleistet ist, dass der Boden weder zeitweise noch dauernd entfernt wird und andererseits der Gründungskörper die Bewegung, die zum vollen Wirken des Erdwiderstandes nötig ist, schadlos durchführen kann. Diese letzte Bedingung dürfte selten erfüllt sein. Wird der Erdwiderstand  $E_p$  berücksichtigt, so dürfen nicht gleichzeitig auch die Tiefenfaktoren  $d$  eingeführt werden, ansonst die selbe Ursache, nämlich der Scherwiderstand des Bodens oberhalb der Fundamentsohle, zweimal berücksichtigt würde.

Die Gleitsicherheit und die Grundbruchsicherheit eines durch eine schräg wirkende Kraft belasteten Fundamentes können durch Neigung der Gründungssohle wesentlich verbessert werden. Die rechnerische Behandlung des Einflusses dieser Neigung ist mit einem geringen Mehraufwand möglich [15].

Adresse des Verfassers: Gerold Schmitter, Professor ETH, Gloriastrasse 39, Zürich 7/44.

#### Literaturverzeichnis

- [1] Terzaghi: Theoretical Soil Mechanics, 1943.
- [2] Terzaghi: Soil Mechanics in Engineering Practice, 1948.
- [3] Terzaghi-Fröhlich: Theorie der Setzungen von Tonschichten, 1936.
- [4] De Beer: Grondmechanica, 1949.
- [5] Brinch Hansen-Lundgren: Hauptprobleme der Bodenmechanik, 1960.
- [6] Arpad Kezdi: Erddrucktheorien, 1962.
- [7] Grasshoff, Sidler, Kübeck: Erd- und Grundbau, 1962.
- [8] Grundbautaschenbuch.
- [9] H. Muhs: Ergebnisse der Setzungsmessungen an den Hochhäusern im Hansaviertel usw., Heft 15 der Degebo, 1961.
- [10] H. Neuber: Setzungen von Bauwerken und ihre Vorhersage, Heft 15 der Degebo.
- [11] E. Schultze: Der Widerstand des Baugrundes gegen schräge Sohlpressungen, «Bautechnik» 1952.
- [12] G. G. Meyerhof: The bearing capacity of foundations under eccentric and inclined loads. Proc. III, Int. Conf. Soil Mech., Zürich 1953.
- [13] H. Muhs: Ueber das Verhalten beim Bruch, die Grenztragfähigkeit und die zulässige Belastung von Sand, Heft 14 der Degebo, 1961.
- [14] Brinch Hansen: A general formula for bearing capacity, Bulletin Nr. 11, 1961, des dänischen geotechnischen Institutes.
- [15] V. S. S. Richtlinien zur Berechnung von Stützmauern, in Vorbereitung.

## Über Schraubengewinde

DK 621.882.082

Von H. Ernst, beratender Ingenieur, Le Chesnay (Seine-et-Oise), ehemaliger Direktor der Compagnie de Constructions Mécaniques Procédés Sulzer, Paris

Die Frage nach der zweckmässigen Konstruktion von Schrauben-Kraftgewinden ist neuerdings wieder aktuell geworden, nachdem die Internationale Standardisierungs-Organisation (ISO) der Industrie die ISO-Gewinde zur Einführung empfohlen hat. Obwohl es sich beim Gewinde um ein sehr altes Konstruktionselement handelt, war es bis in die neueste Zeit hinein Gegenstand eingehender Untersuchungen (Dauerfestigkeitsprüfungen, photoelastische Spannungsmessungen usw.) sowie konstruktiver und herstellungstechnischer Verbesserungen. Es dürfte zweckmässig sein, vorerst die geschichtliche Entwicklung in einigen Hauptzügen in Erinnerung zu rufen.

Whitworth hatte seine Gewindereihe vor über hundert Jahren aufgestellt. Es ist erstaunlich, wie er schon damals ein gutes Gewindeprofil und die «richtige Steigung für jeden Durchmesser» gefunden hatte. Man darf wohl annehmen, dass er sich auf die zu jener Zeit gebräuchlichen Durchmesser 1 bis etwa  $1\frac{1}{2}$  Zoll beschränkte und dass die grösseren Dimensionen später hinzugefügt wurden. Noch später stellte sich aber heraus, dass bei den grossen Durchmessern die Steigungen zu gross waren, weshalb dann die Engländer neben der Whitworthserie noch das BSF (British Standard Fine) eingeführt haben. Als 1898 die «metrischen» Länder ihr internationales System S. I. schufen, haben sie sich an die

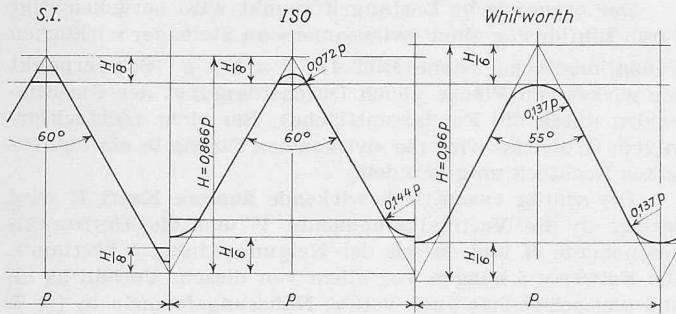


Bild 1. Vergleich der Gewindegewinde S. I., ISO und Whitworth

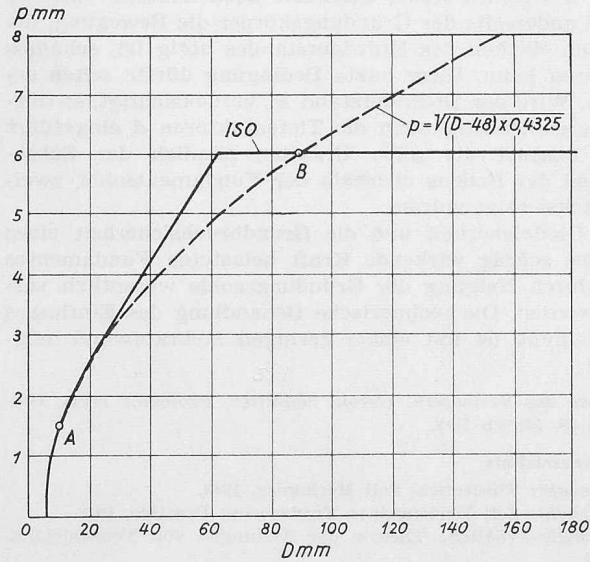


Bild 2. Steigung  $p$  in Abhängigkeit vom Durchmesser  $D$  beim ISO-Gewinde und nach der theoretischen Kurve

Whitworth-Dimensionen angelehnt; und als zwischen 1955 und 1958 die ISO-Reihe aufgestellt wurde, hatte das S. I.-Gewinde als Grundlage gedient. So kamen in indirekter Weise die Fehler des Whitworth-Systems auch in die ISO-Serie hinein.

ISO übernahm vom S. I.-System die Durchmesser und die Steigungen, vom Whitworth die grössere Ausrundung im Gewindegrunde (Bild 1). Somit entstand ein Profil, das dem «Unified»-Gewinde UN ähnlich ist, welches die Engländer gegen Ende des zweiten Weltkrieges unter dem Namen «Washington Profil» geschaffen hatten. Das Washington- und das ISO-Profil sind wohl in ihrer geometrischen Form sozusagen identisch, nicht aber in ihren Dimensionen.

In diesem Zusammenhang seien auch die Arbeiten Martinaglias [1] erwähnt, der schon 1939 auf die Vorteile grösserer Ausrundung im Gewindegrunde hinwies. Inzwischen haben einwandfreie Ermüdungsversuche die Richtigkeit dieses Vorschlages bestätigt und gezeigt, dass die Steigungen sowohl für die metrische ISO- als auch für die Whitworth-Serie bis zum Durchmesser von 33 mm richtig, aber nament-

Tabelle 1

D mm	ISO-Gewinde		Verbessertes Gewinde		
	p mm	k <sup>2)</sup> mm	p <sup>1)</sup> mm	p mm	k <sup>2)</sup> mm
6	1	0,2	0,72	1	0,2
7	1	0,166	0,97	1	0,166
8	1,25		1,175	1,25	
10	1,5	0,246	1,50	1,5	0,246
12	1,75		1,77	1,75	
14	2		1,995	2	
16	2	0,286	2,19	2	0,286
18	2,5		2,39	2,5	
20	2,5	0,36	2,56	2,5	0,36
22	2,5		2,73	2,5	
24	3		2,88	3	
27	3	0,37	3,09	3	0,37
30	3,5		3,32	3,5	
33	3,5	0,361	3,50	3,5	0,361
36	4	0,5	3,67	3,5	0,38
39	4	0,457	3,85	4	
42	4,5	0,52	4,02	4	0,421
45	4,5		4,17	4	
48	5	0,58	4,32	4	
52	5		4,51	4	0,425
56	5,5		4,65	5	
60	5,5		4,88	5	
64	6	0,623	5,06	5	0,425
68	6		5,23	5	
72	6		5,4	5	
76	6		5,57	6	0,429
80	6		5,70	6	
85	6		5,89	6	
90	6	0,43	6,07	6	0,43
100	6		6,42	6	
110	6		6,74	7	
120	6		7,06	7	0,433
130	6		7,32	7	
140	6		7,65	8	
150	6	0,248	7,94	8	0,44
200	6	0,185	9,19	9	
1000	6		20,9	21	0,45

1) nach Gl. (1)

2) nach Gl. (2)

lich um 64 mm herum zu gross sind. Leider hat sich die ISO nicht mit einer vorläufigen Normung bis 33 mm begnügt. Für die grösseren Durchmesser fehlten damals nämlich genügende Erfahrungen und einwandfreie Versuchsergebnisse.

Um das Verhältnis des Durchmessers zur Steigung ( $D/p$ ) näher zu untersuchen, hat die Compagnie de Constructions Mécaniques Procédés Sulzer (CCM) im Jahre 1955 mit Hilfe des Französischen Marinelaboratoriums Versuche zur Bestimmung der Ermüdungsfestigkeit mit Bolzen von 90 mm Durchmesser unternommen. Man wählte den grössten Durchmesser, den die damals zur Verfügung stehenden Versuchsmaschinen — ein Amsler-Pulsometer von 100 t — gestatteten. Untersucht wurden die Steigungen von 4, 6 und 8 mm.  $90 \times 8$  entsprach ungefähr dem normalen Whitworth-Ge-

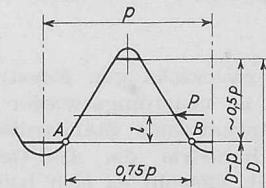
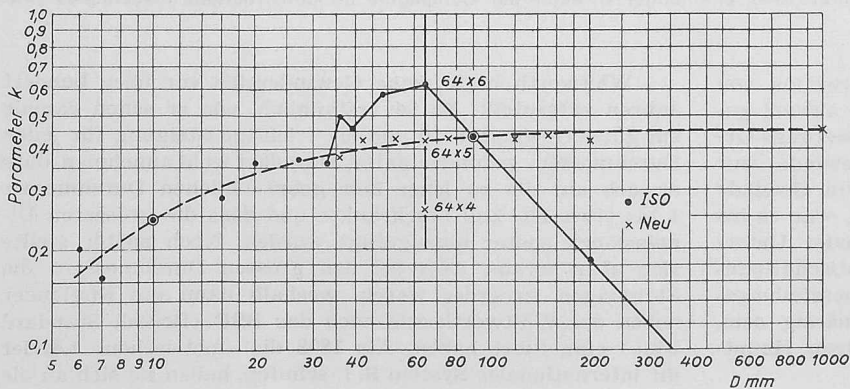


Bild 3. Verlauf des Parameters  $k$  in Abhängigkeit vom Durchmesser

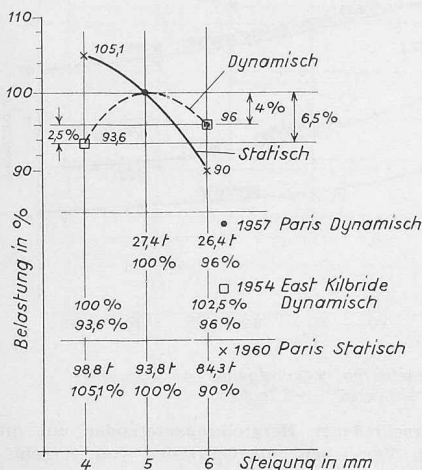


Bild 4 (links), Einfluss der Steigung auf die relative Festigkeit nach Versuchen bei statischer und dynamischer Beanspruchung

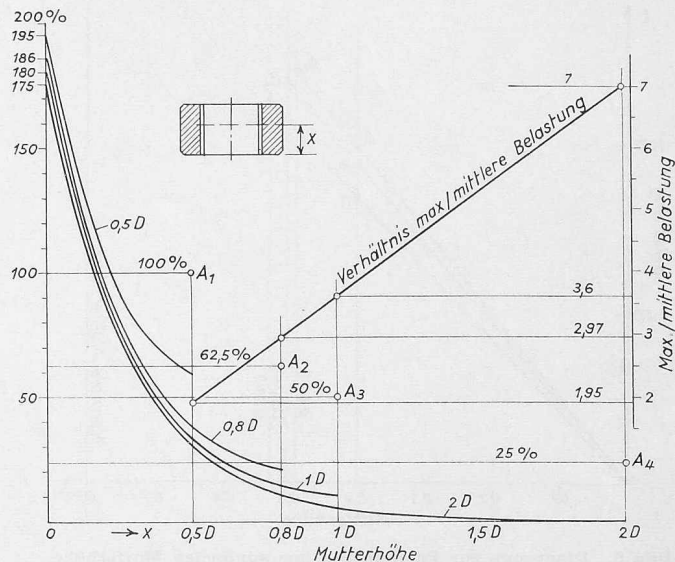


Bild 5. (rechts) Prozentuale Verteilung der Lastübertragung in Abhängigkeit von der Höhe  $x$  bei verschiedenen Mutterhöhen [3]

winde von  $3\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser mit  $3\frac{1}{4}$  Umgängen pro Zoll ( $88,9 \times 7,8$  mm). Dabei zeigte sich, dass die Steigung von 6 mm weitaus das beste Resultat gab.

In den Jahren 1959/60 liess die Association Française de Normalisation offizielle Versuche an Gewindebolzen von 10 mm Durchmesser durchführen, um festzustellen, ob die normale Steigung von 1,5 mm oder diejenige von 1,25 mm vorzuziehen sei. Die Ergebnisse bestätigten eindeutig die Ueberlegenheit der grösseren Steigung (1,5 mm). Trägt man die Steigung in Abhängigkeit vom Durchmesser auf, Bild 2, so sind durch die erwähnten Messungen die beiden Punkte  $90 \times 6$  und  $10 \times 1,5$  bekannt, und es ist nun möglich, für andere Durchmesser  $D$  die zugehörigen Steigungen dadurch zu ermitteln, dass durch die genannten beiden Punkte eine Parabel gelegt wird, deren Axe mit der  $x$ -Axe zusammenfällt. Die Gleichung dieser Parabel lautet:

$$(1) \quad p = \sqrt{(D - 4,8) \cdot 0,4325}$$

Die nach ihr berechneten Steigungen werden nachfolgend als *theoretische Werte* bezeichnet.

Nun liegt aber noch das Ergebnis der offiziellen Versuche vor, welche die Association Technique Maritime Aéronautique im Jahre 1953 an einem Gewinde mit Washington-Profil  $20 \times 2,5$  durchgeführt hatte. Wie aus Bild 2 ersichtlich, liegt der entsprechende Punkt fast genau auf der Parabel (vgl. auch Tabelle 1). Im Hinblick auf dieses Versuchsmaterial darf festgestellt werden, dass die theoretischen Werte nach Gl. (1) für jeden Durchmesser eine optimale Steigung ergeben. Diese Werte sowie die auf- bzw. abgerundeten wirklichen Werte sind in Tabelle 1 den entsprechenden Werten des metrischen ISO-Gewindes gegenübergestellt. In Bild 2 ist der Linienzug ebenfalls eingezeichnet, der dem ISO-Gewinde entspricht.

Wie ersichtlich, weichen die ISO-Steigungen von den theoretischen Werten beträchtlich ab; sie sind im Durchmesserbereich von 33 bis 90 mm zu gross und bei grösseren Durchmessern zu klein. Die Unstimmigkeit tritt noch stärker in Erscheinung, wenn die Verteilung der Beanspruchungen näher betrachtet wird. Wir begnügen uns dabei mit einer einfachen Ueberlegung an Hand der Skizze im seitlichen Teil von Bild 3. Die einzelnen Gewindegänge werden auf Bie-

gung beansprucht. Würde nur der erste Gewindegang an der Kraftübertragung vom Bolzen an die Mutter teilnehmen, so wäre das Widerstandsmoment des gefährlichen Querschnittes  $\Lambda - B$

$$W = \frac{1}{6} (0,75p)^2 \cdot (D - p)\pi$$

Für den Kernquerschnitt des Bolzens kann angenähert gesetzt werden

$$F = \frac{\pi}{4} (D - p)^2$$

Aus diesen Ausdrücken ergibt sich das Verhältnis

$$W/F = 0,375 \frac{p^2}{D - p}$$

woraus sich der Parameter

$$(2) \quad k = \frac{p^2}{D - p}$$

als eine charakteristische Grösse aufstellen lässt, die bei sinngemässer Grössenabstufung stetig verlaufen soll. Die gestrichelte Kurve auf Bild 3 zeigt diesen Verlauf für die theoretischen Steigungen nach Gl. (1). Davon weichen die  $k$ -Werte der ISO-Gewinde wie ersichtlich erheblich ab; sie sind für Durchmesser zwischen 36 und 90 mm zu gross, für solche über 100 mm zu klein. Man gleitet also von einem Grobgewinde in ein Feingewinde hinein, wobei die tragenden Flächen immer kleiner werden statt grösser, wie es logischerweise sein müsste. Damit ergeben sich bei grossen Gewinden unzulässig hohe Flächenpressungen. Der ISO ist deshalb ein Gesuch eingereicht worden, es möchte dieser Fehler behoben werden.

Es sei hier noch auf einige weitere Versuche an Gewindebolzen von 64 mm Durchmesser mit verschiedenen Steigungen hingewiesen. J. E. Field [4], Mechanical Engineering Research Laboratory, East Kilbride, fand im Jahre 1954, dass die Ermüdungsfestigkeit bezogen auf den äusseren Durchmesser bei geschliffenen Gewinden von 64 mm Durchmesser und 6 mm Steigung nur um 2,5% grösser sei als bei 4 mm Steigung. Demgegenüber ergaben Ermüdungsversuche, die 1957 in Paris ebenfalls mit geschliffenen Gewinden von 5 und 6 mm Steigung durchgeführt wurden, die in Tabelle 2 angegebenen Bruchbelastungen. Ihnen sind die Ergebnisse von Versuchen mit gerollten Gewinden und ruhender Belastung gegenübergestellt, die 1960 ebenfalls in Paris durchgeführt wurden, wobei Muttern von nur  $0,4D$  Höhe zur Anwendung kamen. Die verhältnismässigen Belastungen dieser drei Versuchsreihen sind in Bild 4 aufgezeichnet, wobei die Belastung bei der Steigung 5 mm zu 100% gewählt wurde. Daraus geht deutlich hervor, dass für statische Belastungen eine Steigung von 4 mm, für dynamische eine solche von 5 mm am günstigsten ist, während sich die Steigung von 6 mm nach ISO für beide Belastungsarten

Tabelle 2

Versuche	Paris 1957	Paris 1960		
Gewinde	geschliffen	gerollt		
Grösse mm	$64 \times 5$   $64 \times 6$	$64 \times 4$	$64 \times 5$	$64 \times 6$
Belastung	dynamisch	statisch		
Grösse t	27,56   26,46	98,8	93,8	84,3

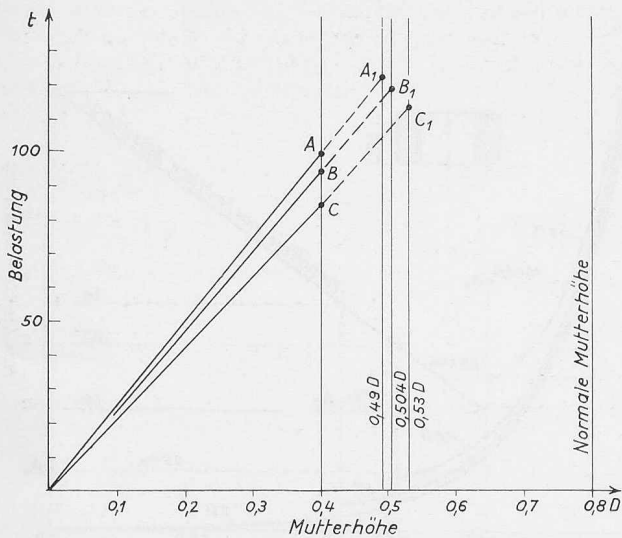


Bild 6. Diagramm zur Bestimmung der minimalen Mutterhöhe

als zu gross erweist. Einwandfreie dynamische Versuche mit gerollten Gewinden liegen noch nicht vor.

Eine Frage, die für die Konstruktion von Gewindeverbindungen sehr wesentlich ist, betrifft die Mutterhöhe. Sie hängt mit der Verteilung der Lastübertragung zwischen Mutter und Bolzen zusammen. Auch hierüber liegen Messergebnisse vor. So hatte bereits 1939 Hétényi [2] durch dreidimensionale photoelastische Versuche gezeigt, dass die Gewindegänge bei den üblichen Mutterkonstruktionen keineswegs gleichmässig belastet sind, sondern dass der unterste im Eingriff befindliche Gewindegang ein Mehrfaches der mittleren Last übernimmt. Sopwith [3] konnte 1948 bei einem Gewinde von 1 Zoll feststellen, dass der oberste Gang bei einer Mutter von 2 Zoll Höhe an der Lastübertragung kaum mehr teilnimmt. Die tatsächliche Belastungsverteilung in Abhängigkeit von der Höhe über der Auflagefläche der Mutter geht für die vier betrachteten Fälle aus den Kurven von Bild 5 hervor. Als Belastungen sind die Verhältniszahlen gegenüber der mittleren Belastung bei  $0,5 D$  ( $= 100\%$ ) aufgezeichnet. Wie ersichtlich, ist der unterste Gang weitaus am meisten belastet. Das Verhältnis der maximalen Belastung (des untersten Ganges) zur mittleren ist im Bild 5 rechts dargestellt; es steigt von rd. 2 bei einer Mutterhöhe von  $0,5 D$  bis auf rd. 7 bei einer solchen von  $2 D$ ; bei  $0,8 D$  beträgt es rd. 3.

Bei der Bestimmung der richtigen Mutterhöhe sind die Ungenauigkeiten der Ausführung zu berücksichtigen, die sich umso stärker bemerkbar machen, je höher die Muttern sind. Es ist deshalb begrüssenswert, dass die früher allgemein übliche Höhe von  $1 D$  von ISO auf  $0,8 D$  verringert worden ist.

Dass man die Mutterhöhe noch weiter verkleinern könnte, geht aus nachfolgender Ueberlegung hervor: Trägt man die bei den Versuchen von Paris 1960 (Tabelle 2) gefundenen Bruchlasten in ein Diagramm ein, dessen Abszisse die Mutterhöhe darstellt (die bei diesen Versuchen  $0,4 D$  betrug), so erhält man die auf Bild 6 eingezeichneten Punkte

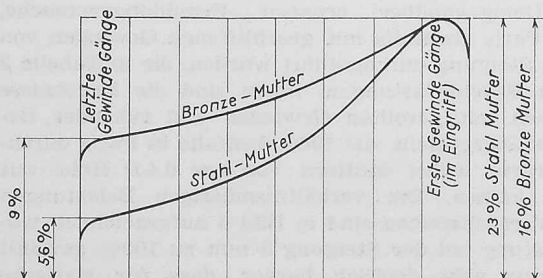


Bild 7. Prozentuale Lastverteilung in Abhängigkeit von der Höhe  $x$  (Bild 5) bei einer Stahl-Mutter und bei einer Bronze-Mutter

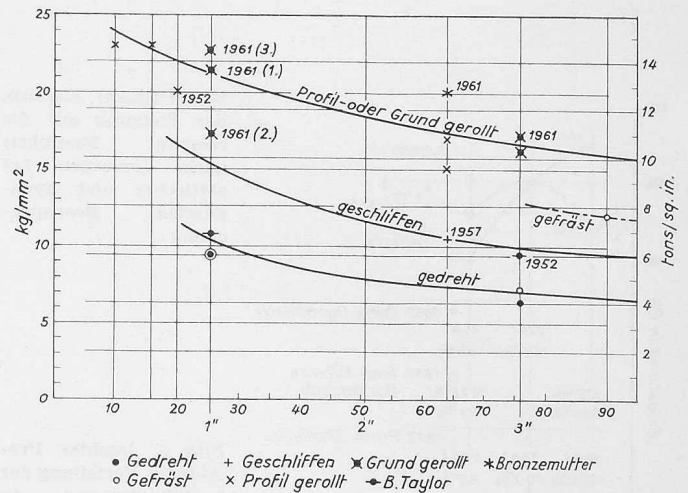


Bild 8. Einfluss verschiedener Herstellungsmethoden auf die Bruchfestigkeit nach Versuchen mit Gewinden von verschiedenen Durchmessern

A, B und C und damit die entsprechenden Geraden. Diese werden nun bis zu jener Belastung verlängert, die einer Zugbeanspruchung des Kernquerschnittes von  $45 \text{ kg/mm}^2$  entspricht, was der Zerreissfestigkeit des verwendeten Stahles gleich ist. Wie ersichtlich ergeben sich auf diese Weise Mutterhöhen, die nahe bei  $0,5 D$  liegen. Die genormte Mutterhöhe von  $0,8 D$  bietet somit eine reichliche Sicherheitsmarge.

Bekanntlich liegt die Ursache der ungleichmässigen Lastverteilung darin, dass die auf Druck beanspruchten Teile der Mutter sich zu verkürzen, die auf Zug beanspruchten Teile des Bolzens sich zu verlängern trachten, während doch beide Teile durch das Gewinde miteinander verbunden sind. Der Unterschied in den Deformationen kann nach einem Vorschlag von Jakushev dadurch gemildert werden, dass man für die Mutter einen Baustoff mit kleinerem Elastizitätsmodul wählt. In der Tat haben Versuche aus jüngster Zeit, die noch im Gange sind, mit Muttern aus Bronze ( $E = 11\,600 \text{ kg/mm}^2$ ) und Aluminium und Stahlbolzen schon wesentlich günstigere Ergebnisse gezeigt als Stahlmuttern ( $E = 21\,000 \text{ kg/mm}^2$ ). Bild 7 zeigt schematisch die Belastungsverteilung (in Prozenten der Bruchbelastung) in Abhängigkeit der Höhe  $x$  für eine Bronzemutter und eine Stahlmutter bei dynamischer Belastung. Während die maximale Bruchlast mit der Stahlmutter  $47 \text{ t}$  betrug, stieg sie bei der verwendeten Spezialmutter aus Bronze auf  $68 \text{ t}$ ; in beiden Fällen war die spezifische Bruchbelastung der ersten Gewindegänge der Bolzen gleich gross. Bild 7 lässt sehr deutlich erkennen, dass die Spezialmutter eine viel besser ausgeglichene Belastungsverteilung und daher eine um das 1,45fache höhere Bruchlast aufweist.

Es ist leicht einzusehen, dass das Herstellungsverfahren die Festigkeit der Schraubenverbindung wesentlich beeinflusst. Wichtig ist nicht nur die Genauigkeit, namentlich die Gleichheit der Steigungen von Bolzen- und Muttergewinde, sondern auch die Beschaffenheit der Oberflächen. Bemerkenswert ist die Steigerung der Ermüdungsfestigkeit durch Rollen. Sie stieg beim Gewinde von  $64 \text{ mm}$  Durchmesser und den Steigungen von  $4, 5$  und  $6 \text{ mm}$  von  $10 \text{ kg/mm}^2$  bezogen auf den Kernquerschnitt bei geschliffener Ausführung auf  $15 \text{ kg/mm}^2$  bei gerollt, Bild 8. Dabei ist aber Vorsicht geboten. Die besten Ergebnisse erzielt man mit verhältnismässig raschem und nicht zu langem Rollen. Das Profil darf nicht ganz voll, die Gewindegänge (Aussendurchmesser) also nicht ganz fertig gestellt sein, damit die Form einer Hasenlippe erhalten bleibt. Ein zu langes Rollen könnte zu einer Versprödung des Kerns führen.

#### Schlussfolgerungen

Als bereits erreichte Fortschritte sind zu nennen:

1. Grosse Ausrundung im Gewindegrund durch Uebernahme des UN- bzw. ISO-Profiles. Dieses ist für die Herstellung günstig und ergibt höhere Dauerfestigkeit.

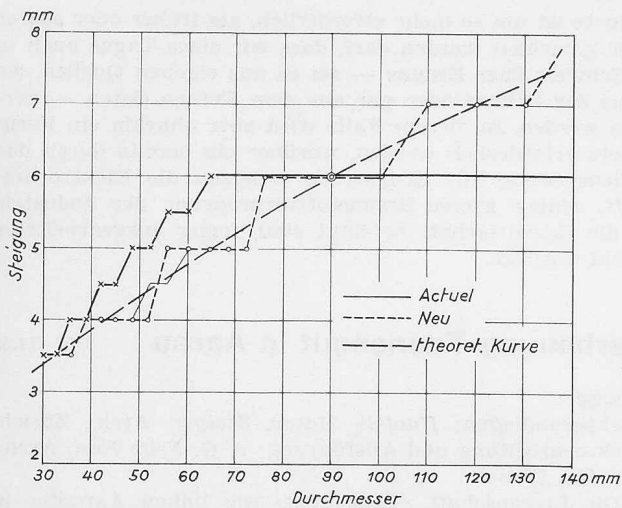


Bild 9. Steigung in Abhängigkeit vom Durchmesser beim ISO-Gewinde und nach neuem Vorschlag

2. Verringerung der Mutterhöhe von  $1 D$  auf  $0,8 D$ ; sie ist in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht vorteilhaft. Der Lösung harren noch folgende Aufgaben:

1. Die eindeutige Normalisierung der Steigungen: es bestehen: 1 1,25 1,5 2 2,5 3 3,5 4 mm; verdoppelt erzielt man 2 2,5 3 4 5 6 7 8 mm, wobei 5 und 7 ausfallen.

Wohl kommen in der S.L.- wie in der ISO-Reihe die Steigungen 4,5, 5 und 5,5 mm vor, sie sind aber willkürlich an bestimmte Durchmesser gebunden. Nähere Betrachtungen zeigen nun, dass 4,5 und 5,5 nicht unbedingt notwendig sind, dagegen aber 5 ganz unerlässlich.

## Die neue Entwicklung der schweizerischen Gasindustrie

Ueber dieses Thema gab in der Delegiertenversammlung des Verbandes Schweizerischer Gaswerke am 27. Juni d. J. der Verbandsdirektor, Dr. W. Meyer, Zürich, den folgenden Ueberblick:

Im Vergleich zur übrigen industriellen Entwicklung ist die Gasindustrie eindeutig zurückgeblieben; sie hat ihre Produktion nur ganz unwesentlich steigern können. Die Gasindustrie stand jahrelang auf der Schattenseite der schweizerischen Energiewirtschaft — bedingt einerseits durch die Konkurrenzierung durch die Elektrizität und andererseits durch die allmähliche Verdrängung des Kokes durch das Heizöl. Nun scheinen sich heute aber doch ganz neue Aspekte in der schweizerischen Energiewirtschaft abzuzeichnen. Die Möglichkeiten des weiteren Ausbaues der schweizerischen Wasserkraft sollen im Jahre 1975 erschöpft sein, und im Erdgas wird uns möglicherweise ein neuer, leistungsfähiger und in der praktischen Anwendung unübertroffener Energieträger zur Verfügung stehen. Im übrigen muss ganz allgemein mit einem weiteren Ansteigen des Energiebedarfes gerechnet werden. Schon jetzt wird als massgebende Meinung in der schweizerischen Energiewirtschaft vertreten, dass die unerfreuliche Konkurrenzierung Elektrowirtschaft/Gas der Vergangenheit angehört und dass es im Gegenteil der vereinten Anstrengungen der gesamten Energiewirtschaft bedarf, wenn es gelingen soll, den zukünftigen Energiebedarf sicherzustellen, bis einmal die Atom-Energie in die Lücke springen kann.

Alle diese Gesichtspunkte haben zu einer grundlegenden Aenderung der Beurteilung des Energieträgers Gas geführt. Es ist ausserordentlich erfreulich, dass bereits die Gaswerke Moudon, Wohlen, Pruntrut, Herisau, Winterthur und Neuenburg mit viel Mut und Pioniergeist voranmarschiert sind und neue Anlagen bzw. Spitzendeckungsanlagen auf der Basis Leichtbenzin, Flüssiggas oder Heizöl erstellt haben. Diese neuen Anlagen bringen zweifellos grosse Vorteile; sie bleiben aber trotzdem auf der Stufe der Ortswirtschaft stehen. Wenn aber auf einem Gebiet eine Konzentration erforderlich ist,

2. Die richtige Verteilung der normalisierten Steigungen auf die normalisierten Durchmesser mit Wahrung des optimalen Verhältnisses Durchmesser zur Steigung  $D/p$ , das heisst nach Bild 9. Dies bedingt also die Umstellung der Serie ISO zwischen 36 und 72 und oberhalb 100 mm Durchmesser.

3. Die einwandfreie Herstellung eines guten Muttergewindes. Für das Schraubengewinde ist das Problem durch das Rollverfahren gelöst. Merkmal ist die möglichst glatte Oberfläche der Gewindeflanken.

4. Die Wahl eines besser geeigneten Baustoffes für die Muttern. Vorerst sind reichere Erfahrungen wünschbar über die Eignung von Materialien hinsichtlich Festigkeit, Elastizität, Reibung, Gleiteigenschaften und Korrosion gegenüber Stahl.

5. Die Klärung der Frage betreffend das Aufstellen eines Rohrgewindesystems mit ISO-Profil.

### Literaturverzeichnis

- [1] L. Martinaglia: Schraubenverbindungen, «Schweiz. Bauzeitung» Bd. 119 (7. u. 14. März 1942), Nr. 10 u. 11, S. 107 u. 122.
- [2] M. Hetényi: The fundamentals of Three-dimensional Photoelasticity. «Journal of Applied Mechanics Trans ASME, Vol. 60, Dec. 1938.
- [3] D. C. Sopwith: The distribution of load in screw threads. «Proc. Institute Mech. Eng.» V. 159, 1948.
- [4] J. E. Field: Fatigue strength of screw threads, effect of specimen size and hardness of nut material. «The Engineer» 198 (1954), 23rd July, pp. 123—124.
- [5] H. Ernst: Contribution à la recherche de l'unification des Filetages. «Revue Générale de Mécanique», Aout 1955.
- [6] R. Cook and Mc Climont: The influence of Screw Forming Methods on the Fatigue Strengths of Large Bolts. «Transaction Institute of Marine Engineers», Vol. 73, No. 12, December 1961.

dann zweifellos in der Energiewirtschaft. Allen unsern Ueberlegungen voran muss das Postulat der Wirtschaftlichkeit gestellt werden, um so mehr, als es bekanntlich mit der Rendite der schweizerischen Gaswerke nicht sehr gut bestellt ist. Sie sind allerdings in erster Linie öffentliche Versorgungsunternehmungen, und daher ist der Gaspreis weitgehend politisch beeinflusst. Schliesslich muss aber die Energie Gas auf dem freien Energiemarkt abgesetzt werden, und nur durch die Anpassung an die Marktbedürfnisse kann der Anteil des Gases am gesamten Energiebedarf der Schweiz gesteigert werden.

Vom Standpunkt der Herstellung aus ist das Gas ein Massenprodukt. Man verlangt — wie in allen Industriezweigen ähnlicher Art — eine minimale Werkgrösse, um nach heutigen Begriffen überhaupt wirtschaftlich arbeiten zu können. Nun haben sich die Verhältnisse in dieser Hinsicht in den letzten Jahrzehnten stark verschoben. Was in früheren Zeiten noch gut und wirtschaftlich war, braucht heute nicht mehr rational zu sein, weil sich inzwischen grundlegende Veränderungen in der Kostenstruktur ergeben haben. Es sei lediglich erinnert an den Lohnfaktor, welcher bei der traditionellen Gasgewinnung auf Basis Kohle ein bedeutendes Kostenelement darstellt, ebenso an die Soziallasten usw. Ein grösseres Gaswerk, das eine ganze Region mit Gas versorgt, kann wesentlich günstiger arbeiten als ein kleineres Ortsgaswerk, und es besitzt überdies die Möglichkeit, gleichzeitig oder alternativ verschiedene Rohstoffe zur Gaserzeugung heranziehen zu können, was vom Standpunkt der Sicherheit der Versorgung aus einen ganz wesentlichen Vorteil bedeutet. Neben den Wirtschaftlichkeitserwägungen muss aber auch der Frage der Sicherstellung der Versorgung volle Aufmerksamkeit geschenkt werden. Wenn man weiss, wie wenig es auf dem Sektor flüssige Brenn- und Treibstoffe gelegentlich braucht, um infolge einer an sich geringfügigen Störung in der Zufuhr bereits eine prekäre Situation herbeizuführen, dann würde es vom Standpunkt der Landesversorgung aus zweifellos eine Verschlechterung bedeuten, wenn die ganze