

Mitteilung aus den Kamax-Werken, Osterode

# Anziehdrehmomente für Schraubenverbindungen

Erklärung und Anwendung der Anziehdrehmoment-Tabellen

Von

RUDOLF KELLERMANN und HANS-CHRISTOF KLEIN

Osterode

In zwei früheren Untersuchungen der Verfasser wurden die Voraussetzungen dafür geschaffen, daß jetzt Anziehdrehmoment-Tabellen zusammengestellt werden konnten. Aus ihnen lassen sich unter Berücksichtigung der jeweils vorliegenden Reibungszahl die Anziehdrehmomente von Schrauben ablesen und die Vorspannkkräfte errechnen. Ihre Handhabung wird an Beispielen erläutert.

An den Anfang des Beitrages ist eine allgemeine Betrachtung über die Vorgänge beim Anziehen einer Schraubenverbindung gestellt, und es wird auf die zweckmäßige und übersichtliche Darstellung im  $M_A$ - $P_V$ -Diagramm eingegangen.

Vorabdruck aus Zeitschrift „Werkstattstechnik“, 50. Jahrgang (1960) Heft 4  
Springer-Verlag · Berlin/Göttingen/Heidelberg

# Anziehdrehmomente für Schraubenverbindungen

Von R. KELLERMANN und H.-CH. KLEIN, Osterode

(Mitteilung aus den KAMAX-Werken)

Beim Anziehen einer Schraubenverbindung mit dem Anziehdrehmoment  $M_A$  wird in dieser eine Vorspannkraft  $P_V$  erzeugt, welche die zu verbindenden Teile aufeinanderpreßt. Ihre Größe wird außer von den Schraubenabmessungen und dem angewendeten Anziehdrehmoment noch von den Reibeigenschaften der relativ zueinander bewegten Gleitflächen abhängen. In zwei eingehenden Untersuchungen [1], [2] wurden diese Fragen theoretisch und experimentell so weit geklärt, daß nunmehr Anziehdrehmoment-Tabellen herausgegeben werden können, in denen alle Einflüsse berücksichtigt werden.

Am übersichtlichsten lassen sich diese Verhältnisse an Hand eines vollständigen  $M_A$ - $P_V$ -Diagramms erläutern (Bild 1). Es wird nur durch die Abmessungen der Schraube

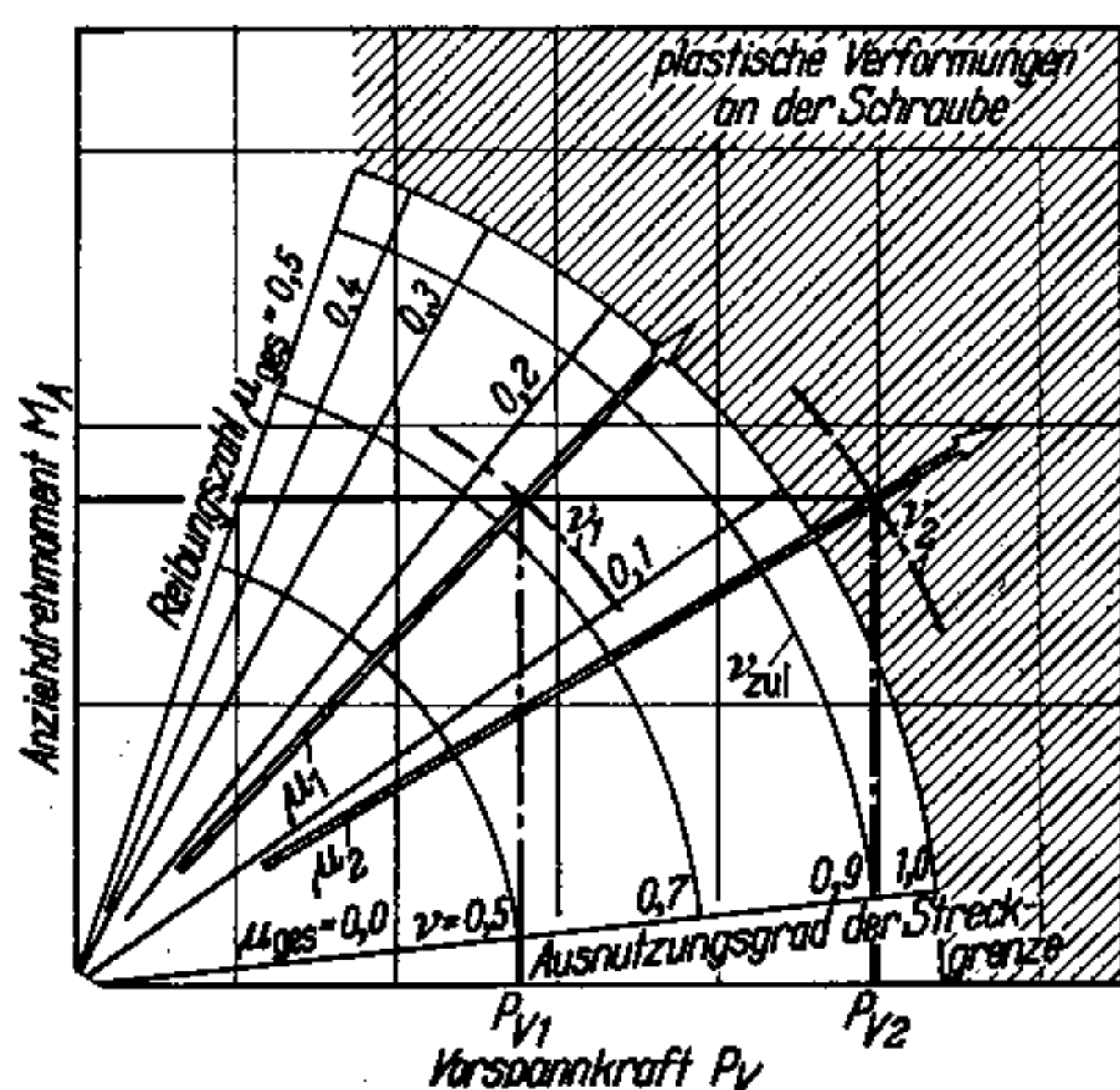


Bild 1. Darstellung des Anziehvorgangs einer Schraubenverbindung im  $M_A$ - $P_V$ -Diagramm.

und die Streckgrenze des Schraubenwerkstoffes bestimmt und gestattet, die Zusammenhänge zwischen Anziehdrehmoment, Vorspannkraft, Reibungszahl und Werkstoffanstrengung mit zwei dieser Größen als unabhängigen

Variablen darzustellen. Hierzu sind in  $M_A$ - $P_V$ -Koordinaten zwei Kurvenscharen, eine mit der Gesamtreibungszahl  $\mu_{ges}$  und eine mit  $\nu$ , dem Ausnutzungsgrad der Streckgrenze des Schraubenwerkstoffes, als Parameter enthalten.

Als erstes sei an Hand des  $M_A$ - $P_V$ -Diagramms das Anzieh-Verhalten einer Schraubenverbindung, bei bekannter, unveränderlicher Reibungszahl, besprochen (Bild 1). Entsprechend der Voraussetzung von  $\mu_1 = \text{const.}$  stellt sich der Anziehvorgang auf einer durch den Koordinatenursprung gehenden  $\mu$ -Geraden dar. Die Vorspannkraft ist direkt proportional dem angewendeten Anziehdrehmoment und läßt sich ebenso wie der Ausnutzungsgrad der Streckgrenze direkt ablesen. Bei  $\nu = 1,0$  wird die Streckgrenze des Schraubenwerkstoffes erreicht. Ist sie überschritten, so wird die Schraube plastisch verformt, ist „überzogen“ und damit meist unbrauchbar geworden. Die Kurve  $\nu = 1,0$  begrenzt also den  $M_A$ - $P_V$ -Bereich nach oben. Damit eine Sicherheit gegen ein Überschreiten der Streckgrenze gegeben ist, wird ein zulässiger Ausnutzungsgrad  $\nu_{zul} < 1,0$  festgelegt und der Ermittlung des zulässigen Anziehdreh-

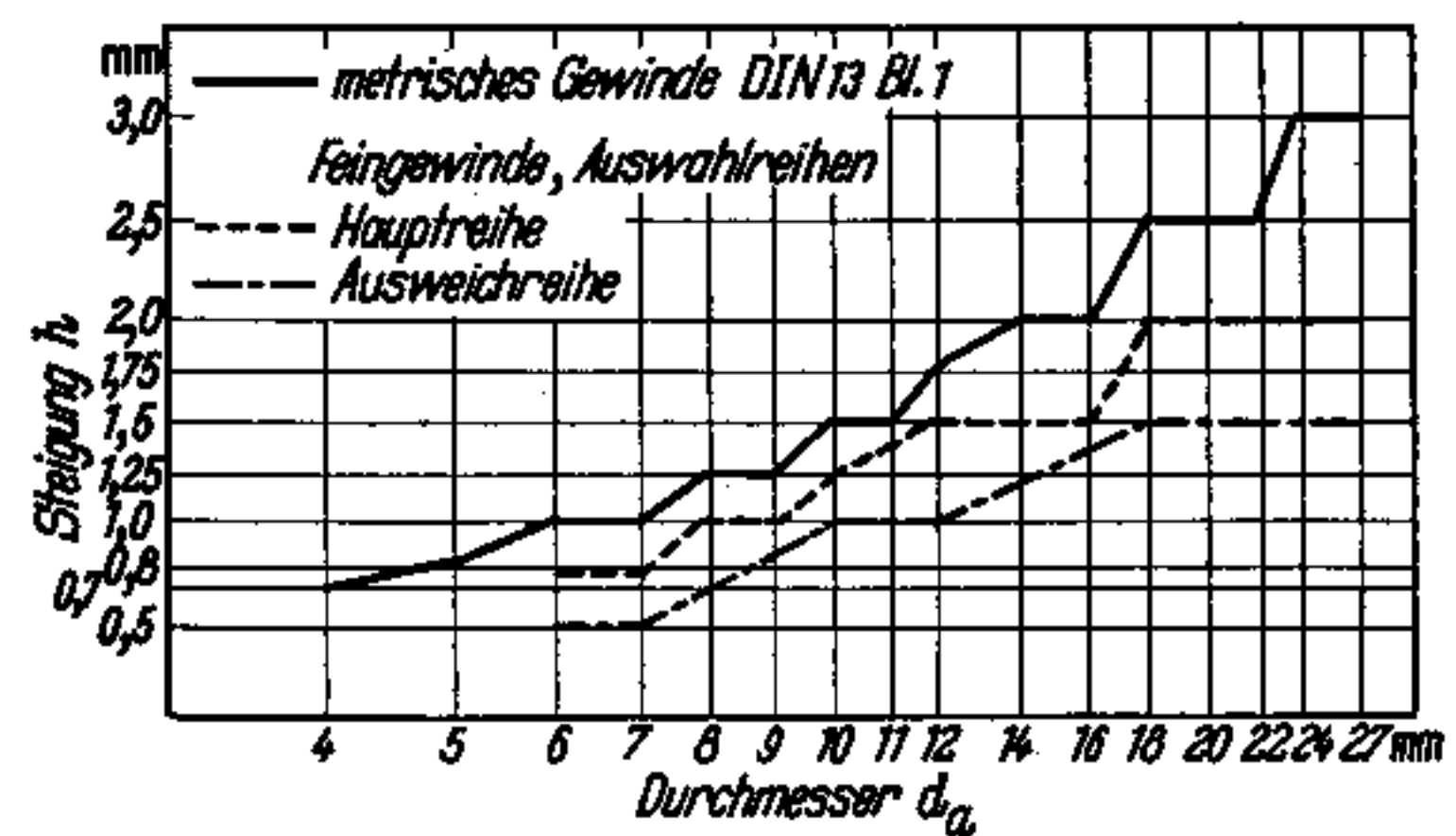
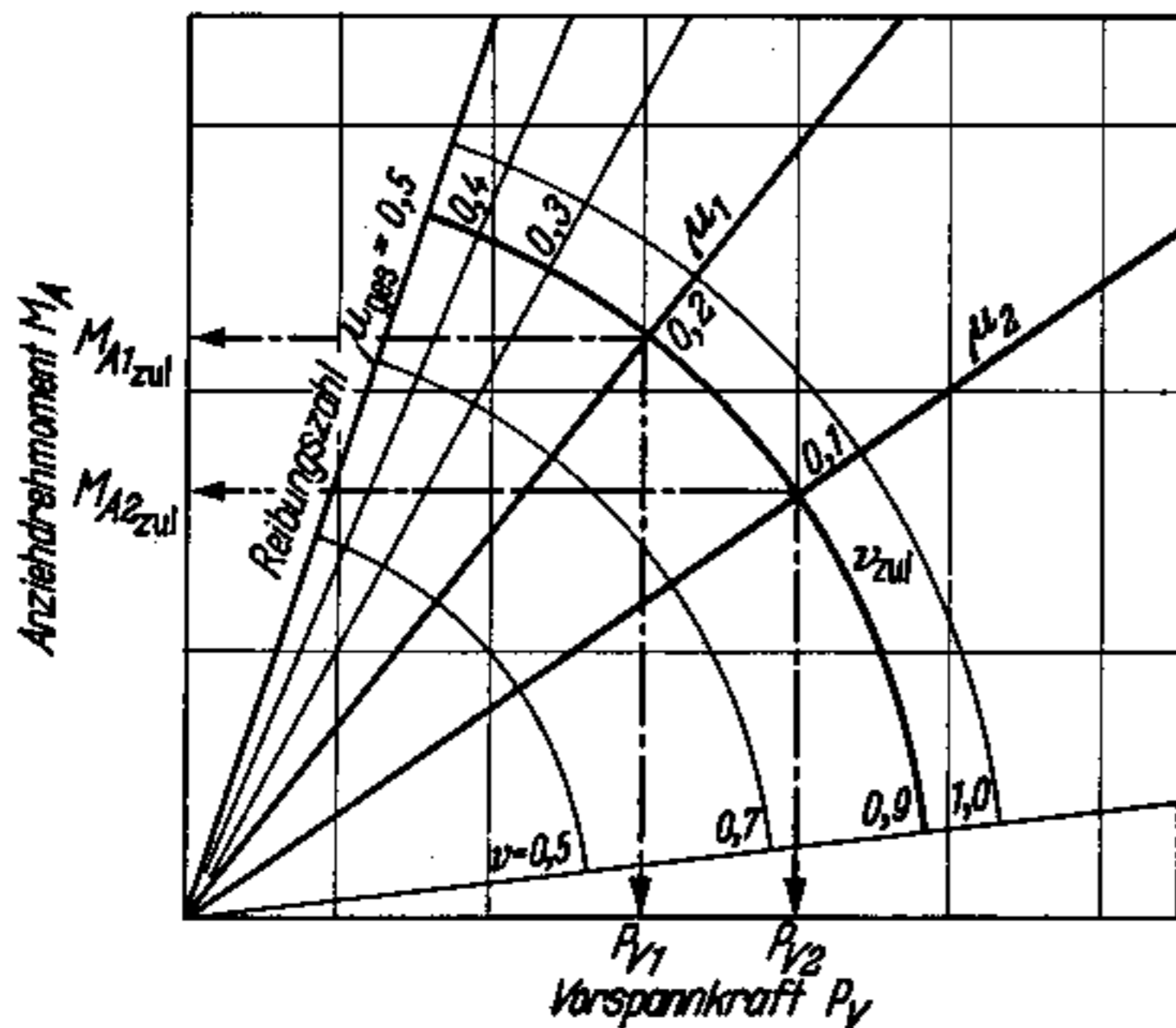


Bild 2. Zur Kraftübertragung geeignete Gewindereihen.

momentes bzw. der zulässigen Vorspannkraft zugrunde gelegt. Für metrische Gewinde nach DIN 13, Blatt 1, gilt  $\nu_{zul} = 0,9$ , für die zur Kraftübertragung geeigneten Auswahlreihen (Bild 2) der metrischen Feingewinde  $\nu_{zul} = 0,7$ .

Werden zwei Schrauben mit voneinander abweichenden Reibbeiwerten  $\mu_1 > \mu_2$  mit dem gleichen Anziehdrehmoment  $M_{A1}$  angezogen, dann erreicht, wie aus *Bild 1* sofort zu erkennen, die Schraube mit der niedrigeren Reibungszahl  $\mu_2$  eine höhere Vorspannkraft. Außerdem wird  $v_2 > v_1$ , d. h. auch die Werkstoffanstrengung ist höher, und die Schraube mit der niedrigeren Reibungszahl wird, falls bereits  $v_1$  nahe an 1,0 liegt, überzogen.

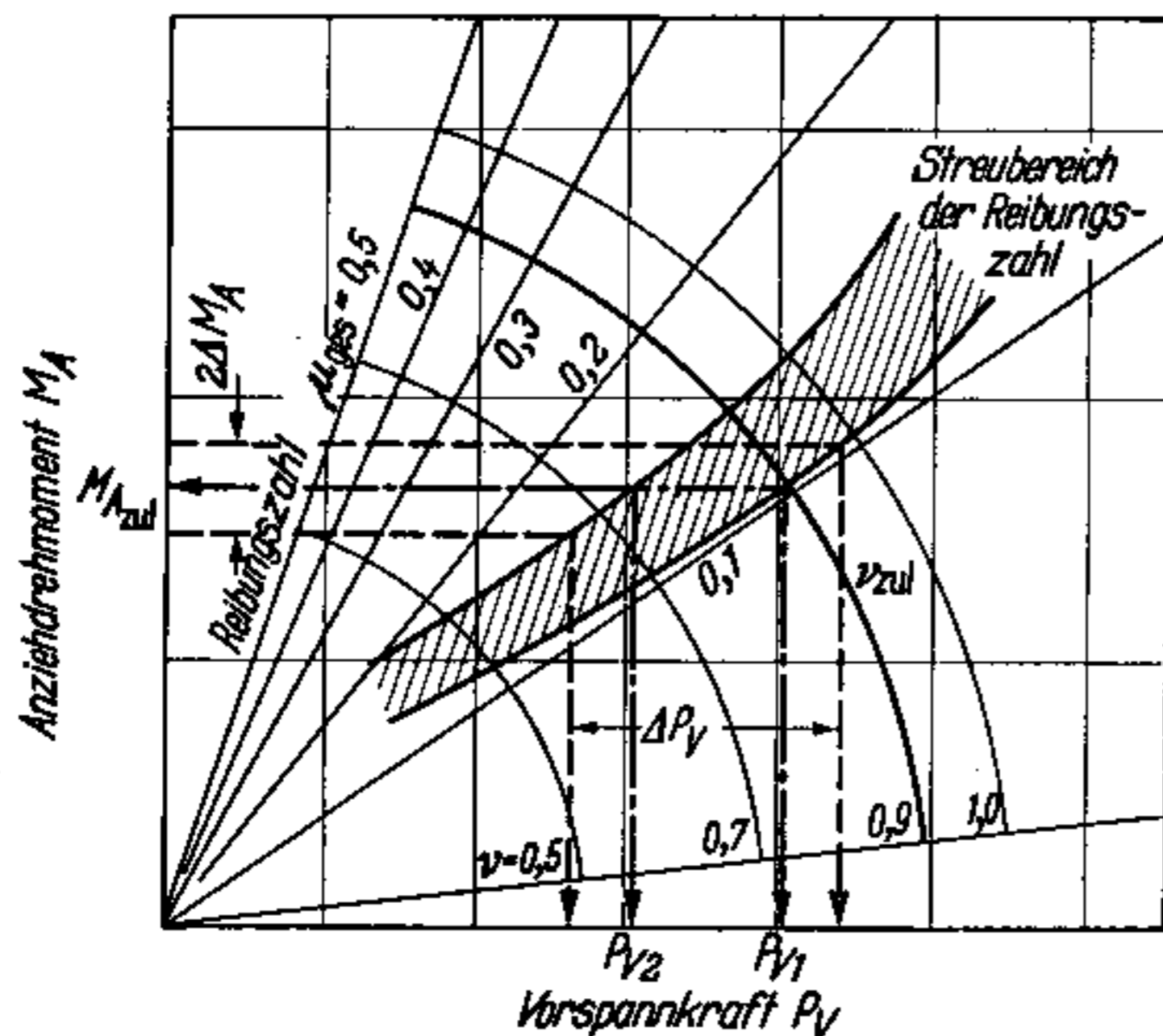
Das zulässige Anziehdrehmoment einer Schraube mit bekannter Reibungszahl  $\mu_1$  ist durch den Schnittpunkt von  $v_{zul}$  und  $\mu_1$  bestimmt (*Bild 3*). Er wird auf die Koordinaten



*Bild 3.* Ermittlung des zulässigen Anziehdrehmoments im  $M_A$ - $P_V$ -Diagramm.

gelotet und ergibt auf der Ordinate  $M_{A\ zul}$  und auf der Abszisse die zugehörige Vorspannkraft. Eine Schraube mit einer niedrigeren Reibungszahl  $\mu_2$  darf, wie aus *Bild 3* sofort zu erkennen ist, nur mit dem kleineren Anziehdrehmoment  $M_{A2\ zul}$  angezogen werden. Das spricht aber keinesfalls gegen eine solche Schraube, da der Nutzeffekt, die erreichbare Vorspannkraft  $P_{V2} > P_{V1}$  ist, ein Gesichtspunkt der oftmals übersehen wird.

In dem hier gesteckten Rahmen sei als letztes wichtiges Beispiel der Anwendung des  $M_A$ - $P_V$ -Diagramms die Ermittlung des zulässigen Anziehdrehmoments für eine Viel-



*Bild 4.* Ermittlung des zulässigen Anziehdrehmoments für Schrauben mit bekanntem Streubereich der Reibungszahlen.

zahl von Schrauben mit bekanntem Streubereich der Reibungszahl behandelt (*Bild 4*). Aus der Überlegung heraus, daß auch beim Anziehen einer großen Anzahl von Schrauben von keiner  $v_{zul}$  überschritten werden darf, muß

der Ermittlung des zulässigen Anziehdrehmomentes der Schnittpunkt von  $v_{zul}$  mit der unteren Begrenzung des Streubereiches der Reibungszahl zugrunde gelegt werden. Seine Projektion auf die Koordinaten ergibt in gleicher Weise, wie beim vorausgegangenen Anwendungsbeispiel  $M_{A\ zul}$  und  $P_{V1}$ , die höchste zu erwartende Vorspannkraft. Die kleinste, im Kollektiv zu erwartende Vorspannkraft  $P_{V2}$  erhält man durch Projizieren des Schnittpunktes von  $M_{A\ zul}$  mit der oberen Begrenzung des Streubereiches der Reibungszahl auf die Abszisse. Da die Grenzen des Streubereiches der Reibungszahl üblicherweise mit 99,73% statistischer Sicherheit errechnet sind, werden also die Vorspannkraften bei fehlerfreiem Anziehen nur in 0,27% der Fälle den Vorspannkraft-Streubereich ( $P_{V1} - P_{V2}$ ) überschreiten. In der Praxis tritt jedoch beim Anziehen eine Abweichung von  $M_A$  um die Meßunsicherheit  $\pm \Delta M_A$  auf, durch die der tatsächliche Vorspannkraft-Streubereich  $\Delta P_V > (P_{V1} - P_{V2})$  wird. In *Bild 4* ist gezeigt, wie  $\Delta P_V$  bei bekannter Meßunsicherheit  $\pm \Delta M_A$  ermittelt wird.

Durch die vorangegangenen Betrachtungen dürfte hinreichend bewiesen sein, daß es sachlich nicht vertretbar ist, für eine Schraubenform und Festigkeitsklasse nur ein Anziehdrehmoment anzugeben. Aus diesem Grund wurde in der *Zahlentafel 1* für verschiedene Schraubenarten der in *Bild 2* dargestellten Gewindereihen in mehreren Güteklassen nach DIN 267 jeweils sechs verschiedene Anziehdrehmomente aufgeführt. Hierbei wurden die der Berechnung zugrunde gelegten Reibungszahlen  $\mu_{ges}$  so gestuft, daß alle an praktisch vorkommenden Schraubenoberflächen möglichen kleinsten Reibungszahlen überdeckt werden. Die Anziehdrehmoment-Tabellen, für die die *Zahlentafel 1* ein Beispiel ist, enthalten auf einem Blatt und für einen Gewinde-Außendurchmesser außer den Drehmomenten die Gewinde- und Schaftabmessungen mit ihren Toleranzen und die Abmessungen der Auflagefläche. Alle angegebenen Anziehdrehmomente gelten uneingeschränkt auch für das Anziehen mit anderen Kopfformen oder Muttern, sofern bei diesen die Summe ( $D_A + D_I$ ) gleich groß ist.

Die Anziehdrehmomente sind nach der Gleichung

$$M_A = P_V [0,161 h + 0,583 \mu_{ges} \cdot d_F + 0,25 \mu_{ges} (D_A + D_I)] \quad (1)$$

berechnet worden.

Der nur von den Gewinde- und Auflageabmessungen bestimmte Klammerausdruck

$$C = 0,161 h + 0,583 \mu_{ges} \cdot d_F + 0,25 \mu_{ges} (D_A + D_I) \quad (2)$$

ist ebenfalls in die Tabellen aufgenommen und gestattet die von dem Anziehdrehmoment erzeugte Vorspannkraft aus

$$P_V = \frac{M_A}{C} \quad (3)$$

zu errechnen.

Für die wichtigsten vorkommenden Schraubenoberflächen und Schmiermittel sind in *Zahlentafel 2* die Reibungszahlen zusammengestellt.

Im folgenden soll an zwei Beispielen gezeigt werden, wie vielseitig die Anziehdrehmoment-Tabellen angewendet werden können.

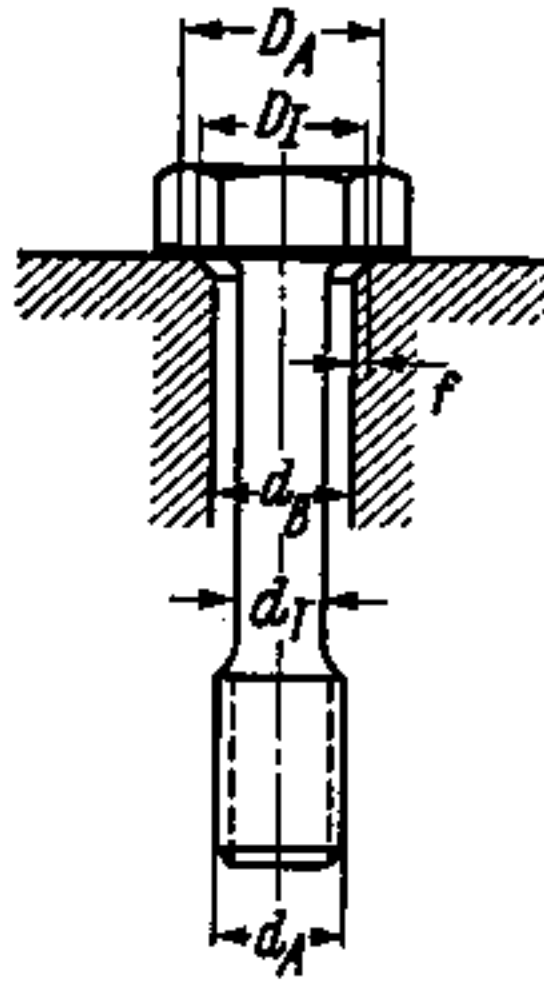
Beispiel 1:

Mit welchem Anziehdrehmoment muß eine galvanisch verzinkte (Schichtdicke  $8\ \mu\text{m}$ ) Sechskantschraube M 10, Güte 8 G, bei metallisch blankem Gehäusegewinde, ohne besondere Schmierung am Schraubenkopf angezogen werden? Um welchen Betrag muß das Anziehdrehmoment herabgesetzt werden, wenn die Verzinkung durch eine  $2\ \mu\text{m}$  dicke Kadmiumauflage ersetzt wird, und um wieviel Prozent ändern sich die maximalen Flächenpressungen in den Trennflächen?

Zahlentafel I. Blatt 6.3.3.17 der Anziehdrehmoment-Tabellen.

Gewinde- und Schaftabmessungen nach DIN 13 Bl. I						Auflageabmessungen			
Gewinde	d <sub>A</sub> mm	d <sub>F</sub> mm	d <sub>K</sub> mm	d <sub>T</sub> mm		D <sub>A</sub> mm	D <sub>I</sub> mm	d <sub>B</sub> mm	f mm
				δ = 1,0	δ = 0,9				
M 10 × 1,5	10,000–9,720	9,026–8,886	8,052–7,872	7,85–7,70	7,25–7,10	15,5	11,0	10,4	0,3
M 10 × 1,25	10,000–9,750	9,188–9,076	8,376–8,236	8,20–8,05	7,55–7,40				
M 10 × 1	10,000–9,776	9,350–9,238	8,700–8,560	8,55–8,40	7,85–7,70				

Anziehdrehmomente für Kopfschrauben (kpm)  
M 10 x 1,5



Für andere Kopfformen mit gleichen D<sub>A</sub> und D<sub>I</sub> gelten die gleichen Anziehdrehmomente.

Reibungs- zahl  μ <sub>ges</sub>	Schraubengüteklasse nach DIN 267							C kpm/Mp
	5 D	5 S	6 G	6 S	8 G	10 K	12 K	
Starrschraube mit Schaftdurchmesser d <sub>T</sub> ≥ 1,05 · d <sub>K</sub>								
0,07	1,28	1,8	2,5	2,2	2,9	4,1	4,9	1,073
0,10	1,6	2,2	3,0	2,7	3,6	5,1	6,1	1,429
0,13	1,8	2,6	3,5	3,1	4,2	5,8	7,0	1,787
0,14	1,9	2,7	3,6	3,2	4,3	6,1	7,3	1,904
0,15	1,9	2,8	3,8	3,3	4,5	6,3	7,5	2,023
0,16	2,0	2,9	3,9	3,4	4,6	6,5	7,8	2,143
Dehnschraube mit Schaftdurchmesser d <sub>T</sub> = 0,9 · d <sub>K</sub>								
0,07	0,92	1,32	1,8	1,6	2,1	3,0	3,5	1,073
0,10	1,14	1,6	2,2	1,9	2,6	3,7	4,4	1,429
0,13	1,32	1,9	2,5	2,3	3,0	4,3	5,1	1,787
0,14	1,38	2,0	2,6	2,3	3,1	4,4	5,3	1,904
0,15	1,42	2,0	2,7	2,4	3,2	4,6	5,5	2,023
0,16	1,48	2,1	2,8	2,5	3,4	4,7	5,7	2,143
Dehnschraube mit Schaftdurchmesser d <sub>T</sub> = 1,0 · d <sub>K</sub>								
0,07	1,00	1,44	1,9	1,7	2,3	3,2	3,9	1,073
0,10	1,38	2,0	2,6	2,3	3,1	4,4	5,3	1,429
0,13	1,6	2,3	3,1	2,7	3,6	5,1	6,1	1,787
0,14	1,6	2,4	3,2	2,8	3,8	5,3	6,4	1,904
0,15	1,7	2,4	3,3	2,9	3,9	5,5	6,6	2,023
0,16	1,8	2,5	3,4	3,0	4,0	5,7	6,8	2,143

Anziehdrehmomente für Kopfschrauben (kpm)  
M 10 x 1,25

M 10 x 1

Reibungs- zahl  μ <sub>ges</sub>	Schraubengüteklasse nach DIN 267							C kpm/Mp	Schraubengüteklasse nach DIN 267							C kpm/Mp
	5 D	5 S	6 G	6 S	8 G	10 K	12 K		5 D	5 S	6 G	6 S	8 G	10 K	12 K	
Starrschraube mit Schaftdurchmesser d <sub>T</sub> ≥ 1,05 · d <sub>K</sub>																
0,07	1,06	1,5	2,0	1,8	2,4	3,4	4,1	1,040	1,10	1,6	2,1	1,9	2,5	3,6	4,3	1,006
0,10	1,32	1,9	2,6	2,3	3,0	4,3	5,1	1,398	1,42	2,0	2,7	2,4	3,2	4,6	5,5	1,368
0,13	1,6	2,2	3,0	2,4	3,5	5,0	6,0	1,758	1,7	2,4	3,2	2,9	3,8	5,4	6,5	1,730
0,14	1,6	2,3	3,1	2,8	3,7	5,2	6,2	1,877	1,7	2,5	3,4	3,0	4,0	5,6	6,7	1,851
0,15	1,7	2,4	3,2	2,9	3,8	5,4	6,5	1,997	1,8	2,6	3,5	3,1	4,2	5,9	7,0	1,972
0,16	1,7	2,5	3,4	3,0	4,0	5,6	6,7	2,116	1,9	2,7	3,6	3,2	4,3	6,1	7,3	2,093
Dehnschraube mit Schaftdurchmesser d <sub>T</sub> = 0,9 · d <sub>K</sub>																
0,07	0,78	1,10	1,48	1,32	1,8	2,5	3,0	1,040	0,82	1,18	1,6	1,42	1,9	2,6	3,2	1,006
0,10	1,00	1,38	1,9	1,7	2,2	3,1	3,7	1,398	1,06	1,5	2,0	1,8	2,4	3,4	4,1	1,368
0,13	1,14	1,6	2,2	1,9	2,6	3,6	4,4	1,758	1,24	1,8	2,4	2,1	2,8	4,0	4,8	1,730
0,14	1,18	1,7	2,3	2,0	2,7	3,8	4,6	1,877	1,30	1,8	2,5	2,2	3,0	4,2	5,0	1,851
0,15	1,22	1,7	2,4	2,1	2,8	3,9	4,7	1,997	1,36	1,9	2,6	2,3	3,1	4,3	5,2	1,972
0,16	1,26	1,8	2,4	2,2	2,9	4,1	4,9	2,116	1,4	2,0	2,7	2,4	3,2	4,5	5,4	2,093
Dehnschraube mit Schaftdurchmesser d <sub>T</sub> = 1,0 · d <sub>K</sub>																
0,07	0,94	1,34	1,8	1,6	2,1	3,0	3,6	1,040	1,02	1,46	2,0	1,7	2,3	3,3	3,9	1,006
0,10	1,20	1,7	2,3	2,0	2,7	3,8	4,6	1,398	1,32	1,9	2,5	2,3	3,0	4,2	5,1	1,368
0,13	1,40	2,0	2,7	2,4	3,2	4,5	5,4	1,758	1,6	2,2	3,0	2,7	3,5	5,0	6,1	1,730
0,14	1,46	2,1	2,8	2,5	3,3	4,7	5,7	1,877	1,6	2,3	3,2	2,8	3,8	5,3	6,4	1,851
0,15	1,5	2,2	2,9	2,6	3,4	4,9	5,9	1,997	1,7	2,4	3,3	2,9	3,9	5,5	6,6	1,972
0,16	1,6	2,2	3,0	2,7	3,6	5,1	6,1	2,116	1,8	2,5	3,4	3,0	4,1	5,7	6,9	2,093

Aus *Zahlentafel 2* lassen sich unter  $\nu = 0,9$  die den angegebenen Oberflächenbehandlungen und der Schmierung entsprechenden Reibungszahlen entnehmen:

Diesen Werten liegt, da eine Schraube mit metrischem Gewinde nach DIN 13, Blatt 1, vorliegt, ein  $\nu = 0,9$  zugrunde. Für  $\nu = 0,7$  und  $\nu = 1,0$  können die  $P_V$ - und damit

*Zahlentafel 2.* Gesamtreibungszahlen für Schraubenoberflächen nach KELLERMANN-KLEIN [1].

Oberflächenzustand der		Ausnutzungsgrad der Streckgrenze des Schraubenwerkstoffes					
		$\nu = 0,7$			$\nu = 0,9$		
Schraube	Mutter	$\mu_{ges}$ bei Schmierzustand			$\mu_{ges}$ bei Schmierzustand		
		ungeschm. <sup>1</sup>	geölt <sup>2</sup>	MoS <sub>2</sub> -Paste <sup>3</sup>	ungeschm. <sup>1</sup>	geölt <sup>2</sup>	MoS <sub>2</sub> -Paste <sup>3</sup>
ohne Nachbehandlung phosphatiert (Zinkphosphat) phosphatiert geschwärzt galv. verzinkt 2 $\mu$ m galv. verzinkt 8 $\mu$ m galv. verzinkt 15 $\mu$ m galv. verkadm. 2 $\mu$ m galv. verkadm. 7 $\mu$ m	ohne Nachbehandlung	0,15...0,20	0,14...0,155	0,105...0,115	0,15...0,18	0,137...0,153	0,10...0,11
		0,15...0,20	0,14...0,155	0,10...0,115	0,143...0,21	0,14...0,15	0,095...0,105
		0,16...0,235	0,16...0,24	0,15...0,22	0,16...0,22	0,16...0,23	0,15...0,20
		0,13...0,19	0,13...0,18	0,10...0,11	0,13...0,18	0,13...0,17	0,095...0,105
		0,14...0,19	0,16...0,21	0,095...0,115	0,14...0,18	0,15...0,20	0,095...0,115
		0,18...0,35			0,17...0,32		
		0,095...0,125	0,098...0,115	0,08...0,09	0,095...0,115	0,09...0,11	0,08...0,09
galv. verzinkt 3 $\mu$ m galv. verzinkt 8 $\mu$ m galv. verzinkt 15 $\mu$ m	galvanisch verzinkt 5 $\mu$ m	0,135...0,17	0,115...0,165	0,075...0,10	0,13...0,16	0,115...0,14	0,075...0,10
		0,13...0,18	0,14...0,20	0,10...0,15	0,12...0,17	0,14...0,19	0,10...0,14
		0,12...0,20	0,14...0,33		0,115...0,20	0,14...0,35	
galv. verkadm. 2 $\mu$ m galv. verkadm. 7 $\mu$ m	galvanisch verkadm. 6 $\mu$ m		0,09...0,125	0,076...0,09		0,09...0,115	0,076...0,09
		0,088...0,13	0,125...0,16	0,09...0,10	0,085...0,12	0,11...0,15	0,087...0,10

<sup>1</sup> Ohne besondere Schmierung, jedoch nicht entfettet.

<sup>2</sup> Gleitöl mit HD-Zusätzen bis max 2% und 31 ± 1°E bei 50°C.

<sup>3</sup> MoS<sub>2</sub>-Pulver in Gleitöl <sup>2)</sup> aufgeschlemmt.

Mit  $\mu_{ges} = 0,14...0,18$  und  $\mu_{ges} = 0,095...0,115$  erhält man aus *Zahlentafel 1* für die

galvanisch verzinkte Schraube  $M_A = 4,3$  kpm,  

$$C = 1,904 \frac{\text{kpm}}{\text{Mp}}$$

galvanisch verkadm. Schraube  $M_A = 3,6$  kpm,  

$$C = 1,429 \frac{\text{kpm}}{\text{Mp}}$$

Die verkadm. Schraube muß also mit einem um 0,7 kpm niedrigeren Moment angezogen werden als die verzinkte Schraube. — Mit  $C$  errechnen sich die maximalen Vorspannkraft für die

galvanisch verzinkte Schraube zu

$$P_V = \frac{4,3}{1,904} \cdot 10^3 = 2260 \text{ kp}$$

galvanisch verkadm. Schraube zu

$$P_V = \frac{3,6}{1,429} \cdot 10^3 = 2520 \text{ kp}$$

Da die Flächenpressung proportional der Vorspannkraft ansteigt, ist ihre prozentuale Steigerung gleich der der Flächenpressung. Also  $\Delta p/p = \Delta P_V/P_V = 260/2260 = 0,115$ , d.h. die maximale Flächenpressung in den Teil-fugen ist bei verkadm. Schrauben um 11,5% größer als bei verzinkten Schrauben.

Beispiel 2:

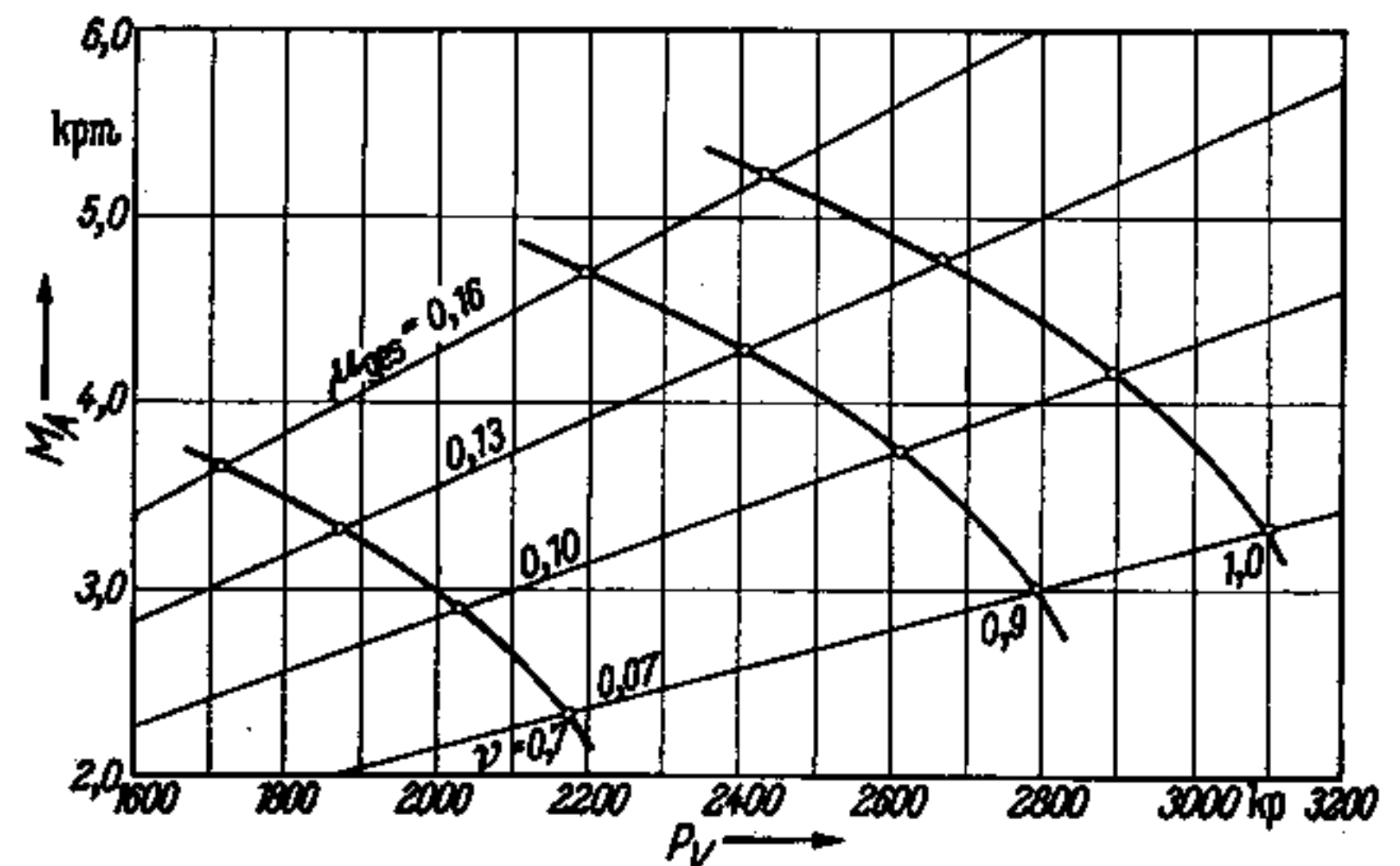
Zur Auswertung von  $M_A$ - $P_V$ -Messungen ist für eine Dehnschraube M 10, Güte 10 K,  $d_T = 0,9$  dk ein Teil- $M_A$ - $P_V$ -Diagramm zu errechnen. Der Ausschnitt soll den Bereich  $\mu = 0,07...0,16$  und  $\nu = 0,7...1,0$  erfassen.

Aus der *Zahlentafel 1* werden für die in Frage kommende Dehnschraube die  $M_A$ - und  $C$ -Werte in Abhängigkeit von der Reibungszahl entnommen. Sie sind einschließlich der gemäß Gleichung (3) berechneten Vorspannkraft in der folgenden *Zahlentafel 3* zusammengefaßt.

*Zahlentafel 3.*  $M_A$  und  $C$  in Abhängigkeit von  $\mu_{ges}$  zum Beispiel 2.

$\mu_{ges}$	$M_A$ kpm	$C$ $\frac{\text{kpm}}{\text{Mp}}$	$P_V$ kp
0,07	3,0	1,073	2790
0,10	3,7	1,429	2590
0,13	4,3	1,787	2410
0,16	4,7	2,143	2190

auch  $M_A$ -Werte direkt proportional umgerechnet werden. Die  $M_A$ -Werte brauchen jedoch nur noch für einen der beiden  $\nu$ -Werte errechnet zu werden, da die  $\mu$ -Strahlen bereits durch zwei Punkte festgelegt sind. Die Ergebnisse dieser



*Bild 5.* Ausschnitt aus  $M_A$ - $P_V$ -Diagramm zum Beispiel 2.

Umrechnung sind in der *Zahlentafel 4* dargestellt, das nach diesen Werten gezeichnete Teil- $M_A$ - $P_V$ -Diagramm zeigt *Bild 5*.

*Zahlentafel 4.* Umrechnung der Werte von  $M_A$  und  $P_V$  für verschiedene  $\nu$ -Werte im Beispiel 2.

$\mu_{ges}$	$\nu = 0,7$		$\nu = 1,0$
	$M_A$ kpm	$P_V$ kp	$P_V$ kp
0,07	2,33	2170	3100
0,10	2,88	2020	2880
0,13	3,35	1880	2680
0,16	3,65	1710	2430

#### Schrifttum

1. KELLERMANN, R., und H.-CH. KLEIN, Untersuchungen über den Einfluß der Reibung auf Vorspannung und Anzugs-moment von Schraubenverbindungen. *Konstruktion 7* (1955), S. 54...68.

2. KELLERMANN, R., und H.-CH. KLEIN, Berücksichtigung des Reibungszustandes bei der Bemessung hochwertiger Schrau-benverbindungen. *Konstruktion 8* (1956), S. 236...244.