

Normalkupplungen an Aluminiumrohren

T 2166

T 2166

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de



Bericht zum Forschungsvorhaben

"Normalkupplungen an Aluminiumrohren"

Berichter: Dr. Völkel
Zimmermann

Auftraggeber: Institut für Bautechnik, Berlin
Az IV 1-5-560/89

Datum des Berichts: 01.08.1989

Auftrag: 25-15286

Textseiten: 11

Beilagen: 15

Das vorliegende Forschungsvorhaben wurde finanziell vom Institut für Bautechnik und dem Bundesverband Gerüstbau unterstützt. Das Versuchsmaterial stellten die Hersteller der untersuchten Kupplungen kostenlos zur Verfügung.

Inhalt

1. Vorwort

1.1 Allgemeines

1.2 Zweck des Forschungsvorhabens

1.3 Versuchsprogramm

2. Durchführung und Ergebnisse der Versuche

2.1 Materialkennwerte

2.2 Versuchseinrichtung

2.3 Versuchsergebnisse

2.4 Auswertung der Versuchsergebnisse

3. Zusammenfassung

4. Literaturverzeichnis

Beilagen 1 bis 15

1. Vorwort

1.1 Allgemeines

Kupplungen, das älteste Verbindungsmittel zum Verbinden von Gerüstrohren, sind seit vielen Jahren im Einsatz. Sie sind heute noch nach den Prüfzeichenverordnungen der Länder prüfzeichenpflichtig. Die Anforderungen an Konstruktion und Prüfung sind in den Bau- und Prüfgrundsätzen /1/ festgelegt. Das Institut für Bautechnik hat bisher für über 50 Kupplungsfabrikate Prüfzeichen erteilt. Die Herstellung der Kupplungen ist zu überwachen /2/. Zulässige Lasten und Anwendungsregeln stehen in DIN 4420 Teil 1 /3/ und DIN 4421 /4/. Ein Teil der Kupplungen ist in DIN EN 74 genormt. Nach einem Beschluß der zuständigen Gremien sollen Kupplungen, die dieser Norm entsprechen, in Zukunft von der Prüfzeichenpflicht befreit werden. Eine Reihe von Forschungsvorhaben /6 - 11/ hat sich mit dem Tragverhalten von Kupplungen befaßt. Die Gründe für dieses weitere Forschungsvorhaben sind im folgenden Abschnitt angegeben.

1.2 Zweck des Forschungsvorhabens

In die Neufassung von DIN 4420 Teil 1 sollen auch Regelungen für die Verwendung von Kupplungen an Aluminiumrohren aufgenommen werden. Zur Absicherung dieser Regelungen sind ergänzende Untersuchungen erforderlich.

In dem Forschungsbericht der BAM aus dem Jahr 1980 /9/ ist zwar bereits die Verwendung von Kupplungen an Aluminiumrohren untersucht worden, dort stand aber die Untersuchung für kleine Anziehungsmomente $M_A = 30 \text{ Nm}$ und $M_A = 40 \text{ Nm}$ im Vordergrund.

Der DIN-NABau-Arbeitsausschuß "Arbeits- und Schutzgerüste, Gerüstbauteile" hat entschieden, daß auch bei der Verwendung von Kupplungen an Aluminiumrohren ein Anziehmoment $M_A = 50 \text{ Nm}$ zu verwenden ist, weil es einem Anwender kaum zugemutet werden kann, von Hand (ohne Momentschlüssel) Kupplungen mit $M_A = 35 \text{ Nm}$ oder $M_A = 50 \text{ Nm}$ anzuziehen, je nach Werkstoff des Rohres. Da eine Extrapolation anhand der Ergebnisse aus dem Forschungsbericht der BAM nicht ohne weiteres möglich ist, sollten im Rahmen dieses Forschungsvorhabens ergänzende Versuche durchgeführt werden.

1.3 Versuchsprogramm

Es sollen je untersuchtem Kupplungstyp 20 Rutschversuche entsprechend den Bau- und Prüfgrundsätzen des IfBT /1/ durchgeführt werden.

Weil von den zunächst für Versuche vorgesehenen 5 Typen von Normalkupplungen

- Castelnuovo BB 48
- Layher BB 71
- Mylaeus BB 9
- Oneglio BB 63
- plettac BB 60

der Typ BB 48 z. Zt. nicht hergestellt wird, der Typ BB 9 nicht mehr geliefert wird, konnten zunächst nur die übrigen 3 Typen untersucht werden. Ergänzend wurde die Keilkupplung van Thiel BB 22 in das Programm aufgenommen.

Die bei den Versuchen eingesetzten Kupplungstypen sind in der Tabelle 1, Beilage 1, aufgeführt und in Bild 1, Beilage 1 dargestellt.

2. Durchführung und Ergebnisse der Versuche

2.1 Materialkennwerte

Von den für die Versuche angelieferten Aluminiumrohren $\varnothing 48,3 \times 4$, AlMgSi1 F28, wurden Abschnitte für Zugversuche abgesägt. Aus den Abschnitten wurden Rohrstreifen-Proben nach DIN 50 140 für Zugversuche herausgearbeitet. Mit den Proben wurden Zugversuche nach DIN 50 145 mit Feindehnungsmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse der Zugversuche sind in Tabelle 2, Beilage 2, aufgeführt.

Einige Rohre hatten mit $R_{p0,2} = 264$ bis 284 N/mm^2 eine relativ hohe Dehngrenze (+ 38 %) und mit $R_m = 287$ bis 308 N/mm^2 eine um 9 % überhöhte Zugfestigkeit gegenüber den Nennwerten nach DIN 1746, Teil 1 ($200/275 \text{ N/mm}^2$), andere Rohre hatten geringere Festigkeitswerte ($197/291 \text{ N/mm}^2$).

In der Tabelle 3, Beilage 3, sind die an Teilen der Kupplungen ermittelten Brinell-Härtewerte und die aus einfachen Zugversuchen an Schraubenbolzen (ohne Muttern) ermittelten Bruchspannungen aufgeführt.

2.2 Versuchseinrichtung

Die Versuche wurden mit einem 100 kN-EPZ weggeregelt in Anlehnung an die BPG des IfBt mit Belastung über das Querrohr (beim Versuch ein Rundstahl $\varnothing 48,3$) durchgeführt. Die Bilder 2 bis 5, Beilagen 3 und 4 zeigen den Versuchsaufbau.

Die Kraft wurde mit einer Kraftmeßdose am Kopf des EPZ gemessen und über den Steuerschrank auf den XY-Schreiber übertragen.

Die Verschiebungen Δ_1 an der Meßstelle M1 (s. Bild 5, Beilage 5) wurden mit einem Wegaufnehmer ermittelt, der am Standrohr befestigt war und direkt auf die Schraube über dem Querrohr tastete. An der Meßstelle M2 wurden die Verschiebungen Δ_2 als Mittelwert aus zwei Verschiebungsmessungen bestimmt. Die am Standrohr befestigten Wegaufnehmer tasteten gegen eine T-förmige Platte, die an den Schließbügel der Kupplung angeschraubt war (s. Bilder 4 und 5, Beilage 5).

Die Verschiebungen wurden über einen Verstärker vom XY-Schreiber kontinuierlich registriert.

2.3 Versuchsergebnisse

Vor jedem Versuch wurden die Schrauben der Kupplungen mit einem Drehmomentenschlüssel einheitlich mit $M_A = 50$ Nm vorgespannt. Die Keile der Keilkupplungen wurden vor dem Einbau in die Versuchseinrichtung mit einem 500 g-Hammer bis zum Prellschlag eingeschlagen.

Nach den Versuchen wurden aus den Kraft-Verschiebungs-Linien die Rutschlasten $P_{0,5}$ und die Verformungsgrenzlasten P_5 ermittelt. Die Bilder 6 bis 10, Beilagen 6 bis 10, zeigen beispielhaft einige Kraft-Verschiebungs-Linien von jedem Kupplungstyp.

In den Tabellen 4 bis 7, Beilagen 11 bis 14, sind die Versuchsergebnisse zusammengestellt.

2.4 Auswertung der Versuchsergebnisse

Die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse ergab folgende Rutschlasten $P_{0,5}$ und Verformungsgrenzlasten P_5 für die Normalkupplungen an Aluminiumrohren aus AlMgSi1 F28, $\emptyset 48,3 \times 4$ (mm), bei einem Anziehmoment $M_A = 50$ Nm.

Normal- kupplung:	Layher BB 71 - 88	Oneglio BB 63 - 88	plettac BB 60 - 88
$P_{0,5}^{1)}$ [kN]	16,2	18,4	21,4
$P_5^{1)}$ [kN]	18,2	13,9	18,8
1) Quantilen aus n = 17 bis 20 Einzelwerten je Kupplungstyp; w = 95 %, p = 10 %.			

Die Kupplungen van Thiel B 22 - 88 mit den schmalen Schließbügel ergaben sehr weit streuende Ergebnisse:

	min P kN	max P kN	\bar{P} kN	Anzahl n	$s^{1)}$ kN
$P_{0,5}$	1,7	12,3	4,4	16	3,2
P_5	1,6	10,0	4,7	18	2,9
1) Standardabweichung s					

Die Layher- und Oneglio-Normalkupplungen haben an den Innenflächen der Sattelstücke und der Schließbügel Querrippen, während die pettac-Normalkupplung ebene, jedoch relativ rauhe Innenflächen hat (s. Bild 1, Beilage 1). Mit den großflächig anliegenden plettac-Kupplungen wurden höhere Rutschlasten erreicht als mit den quergerippten Kupplungen.

Die Aluminiumrohre zeigten nach den Versuchen deutliche Rutschspuren der Kupplungen (s. Bild 11, Beilage 15).

Bei den Versuchen $O_{0,3}$, $P_{0,5}$ und $P_{0,6}$ konnte keine Rutschlast $P_{0,5}$ ermittelt werden, da die Sattelstücke der Kupplungen die Rohre infolge des exzentrischen Lastangriffs an der unteren, vorderen Kante eindrückten und dadurch der Schließbügel am Standrohr nur verdreht wurde, ohne nach unten (in Krafrichtung) zu rutschen.

Bei den drei untersuchten Schraubkupplungstypen waren die ermittelten 10 %-Fraktilenwerte $P_{0,5/10} \% > \text{zul } P \cdot 1,5 = 13,5 \text{ kN}$.

Mit den Keilkupplungen B 22 - 88 konnten keine ausreichenden Rutschlasten an Aluminiumrohren erreicht werden. Die Bilder 9 und 10, Beilagen 9 und 10, zeigen Beispiele von Kraft-Ver-schiebungs-Linien. Die Kupplung T 4 wurde nach 2 Versuchen an Aluminiumrohren auch an einem verzinkten Gerüstrohr aus Stahl angesetzt. Bei diesem Versuch wurde eine Rutschlast $P_{0,5} = 8,8 \text{ kN}$ erreicht (s. Bild 10, Beilage 10). Auch diese Rutschlast liegt im Streubereich der Rutschlasten von 1,7 kN bis 12,3 kN mit einem Mittelwert von 4,7 kN (bei einer Standardabweichung von 3,2 kN).

Die schmalen Schließbügel und deren lose Verbindung mit dem "Sattelstück" aus Rundeisen begünstigen das Verkanten der Kupplungen und die aus Rundeisen gebogenen Sattelstücke gleiten auf den Aluminiumrohren infolge der punktförmigen Auflage. Das Bild 12, Beilage 15, zeigt Aluminiumrohre nach den Rutschversuchen mit Keilkupplungen.

Prüf- zei- chen	Art der Kupp- lung*	$M_A = 30 \text{ Nm}$		$M_A = 40 \text{ Nm}$		$M_A = 50 \text{ Nm}$	
		Anzahl der Ver- suche	\bar{P}_R [kN] $P_{R,10} \%$	Anzahl der Ver- suche	\bar{P}_R [kN] $P_{R,10} \%$	Anzahl der Ver- suche	\bar{P}_R [kN] $P_{R,10} \%$
Versuche BAM							
BB 9	S	30	9,52	30	11,19		
			7,10		7,8		
BB 50	S	30	8,94	30	10,52	30	14,48
			6,20		5,70		8,50
BB 1	S	30	9,12	30	11,11		
			6,10		8,60		
BB 35	S	30	18,27	30	20,88		
			11,80		16,50		
Versuche FMPA							
BB 71	S					20	25,10
							16,23
BB 63	S					17	25,45
							18,40
BB 60	S					17	29,38
							21,31
B 22	K					18	4,67
							-
S = Schraubkupplung, K = Keilkupplung							

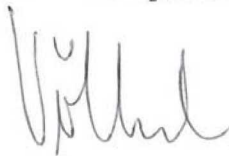
3. Zusammenfassung

Für 4 Typen von Normkupplungen wurden Rutschlasten bei der Verwendung an Aluminiumrohren $\varnothing 48,3 \times 4$, AlMgSi1 F28 entsprechend den Bau- und Prüfgrundsätzen durchgeführt. Die Ergebnisse sind zusammen mit Ergebnissen aus einer früheren Untersuchung der BAM in der Tabelle auf der Seite 9 wiedergegeben.

Wesentliche Fragestellung der Untersuchungen war, ob für Normkupplungen bei der Verwendung an Aluminiumrohren eine zulässige übertragbare Kraft in Längsrichtung von 6 kN vertretbar ist, was bei der bisher üblichen Sicherheit von 1,5 bei Kupplungen, mit einer Aussagewahrscheinlichkeit $w = 95 \%$, eine 10 %-Quantile der Rutschlasten von 9 kN bedingt.

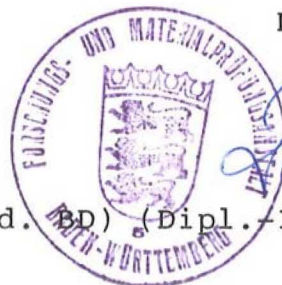
Die Ergebnisse zeigen, daß von den Schraubkupplungen die notwendigen Rutschlasten in jedem Fall erreicht werden, von der geprüften Keilkupplung dagegen nicht.

Der Abteilungsleiter



(Dr.-Ing. G. E. Völkel, Ltd. BD)

Der Bearbeiter



(Dipl.-Ing. W. Zimmermann, BD)

4. Literaturhinweis

- / 1/ Institut für Bautechnik: Kupplungen für Stahlrohrgerüste, Bau- und Prüfgrundsätze zur Prüfzeichenerteilung (Fassung April 1979)
- / 2/ Institut für Bautechnik: Vorläufige Richtlinien für die Gütesicherung bei Kupplungen für Stahlrohrgerüste (Fassung Februar 1975)
- / 3/ DIN 4420 Teil 1 (3.80) - Arbeits- und Schutzgerüste (ausgenommen Leitergerüste); Berechnung und bauliche Durchbildung
- / 4/ DIN 4421 (8.82) - Traggerüste; Berechnung, Konstruktion und Ausführung
- / 5/ DIN EN 74 (12.88) Kupplungen, Zentrierbolzen und Fußplatten für Stahlrohr-Arbeitsgerüste
- / 6/ MPA München/Sell, R: Vergleichende Reihenuntersuchungen über die Tragfähigkeit von Stahlrohr-Gerüstkupplungen. Bericht 1963
- / 7/ Klöppel, K. und Schubert, J.: Nichtlinear wirksame Drehfeder-Kupplungen in Stahlrohrgerüsten. Der Stahlbau 34 (1965), H. 11, S. 321 - 329
- / 8/ BAM/Wegener, P.: Vergleich der Tragkraft von Klemmkupplungen. Forschungsbericht 1976
- / 9/ BAM/Wegener, P.: Ermittlung der Tragfähigkeit von Klemmkupplungen aus Stahl an Gerüstrohren aus Aluminium. Forschungsbericht 1980
- /10/ KTH Stockholm, Institution för byggnadsstatik/
Lars Almkvist u. Bo-Göran Hellers:
Bärförmågan hos Byggnadssällningar av Stålrör Rapport R 31: 1970
- /11/ FMFA/Völkel, G. E. und Zimmermann, W.: Ergänzende Untersuchungen zu Normalkupplungen für Gerüstrohre. Forschungsbericht II.5-14215 vom 02.12.1985

Tabelle 1. Bei den Rutschversuchen eingesetzte Kupplungstypen

1	2	3	4
Bezeichnung	Fabrikat	Prüfzeichen	Schrauben- Bezeichnung
L	Layher-Normalkupplung	PA VIII-BB 71	L (5.6) MV
O	Oneglio-Normalkupplung	PA VIII-BB 63	.. (5.6)
P	plettac-Normalkupplung	PA VIII-BB 60	M 14, 5.6
T	van Thiel-Keilkupplung	PA VIII-B 22	Keil



Bild 1. Normalkupplungen L, O, P, und Keilkupplung T



FMFA

zum Bericht 25-15286

Beilage 2

vom 01.08.1989

Tabelle 2. Ergebnisse der Zugversuche an Proben aus Aluminiumrohren AlMgSi1F28

1	2	3	4	5	6	4	5
Bezeichnung	Abmessungen der Probe			Dehngrenze $R_{p0,2}$ N/mm ²	Zugfestigkeit R_m N/mm ²	Bruchdehnung	
	a	b	S			A_5 %	A_{10} %
	mm	mm	mm ²				
1	16,0	4,03	64,48	264	287	12	9
2	16,0	3,53	56,59	283	306	17	13
3	16,0	3,93	63,04	284	308	17	13
4	10,0	3,90	39,12	195	291	25	21
5	10,0	3,76	37,71	204	293	24	19
6	10,0	4,01	40,22	191	288	23	19



Tabelle 3. Ergebnisse der Brinellhärte-Bestimmung an Kupplungs-
teilen und von Zugversuchen an Schrauben

1	2	3	4
Kupplungsteil	Brinellhärte HB 2,5/187,5 DIN 50 351	Zug- festigkeit ¹⁾ N/mm ²	Bemerkungen
Sattelstück L1	127	406	1)
Schließbügel L2	155	526	
L3	168	566	
Schraube L4	---	589 2)	2)
Sattelstück O1	143	480	
Schließbügel O2	218	736	
O3	154	520	
Schraube O4	---	562 ²⁾	
Sattelstück P1	180	607	
Schließbügel P2	137	462	
P3	156	530	
Schraube P4	---	632 ²⁾	
Sattelstück T1 (Ø 12 mm)	193	652	
Schließbügel T2	182	618	
T3	191	644	
Keil T4	117	394	
1) umgewertet nach DIN 50 150			
2) Mittelwert aus 3 Zugversuchen			



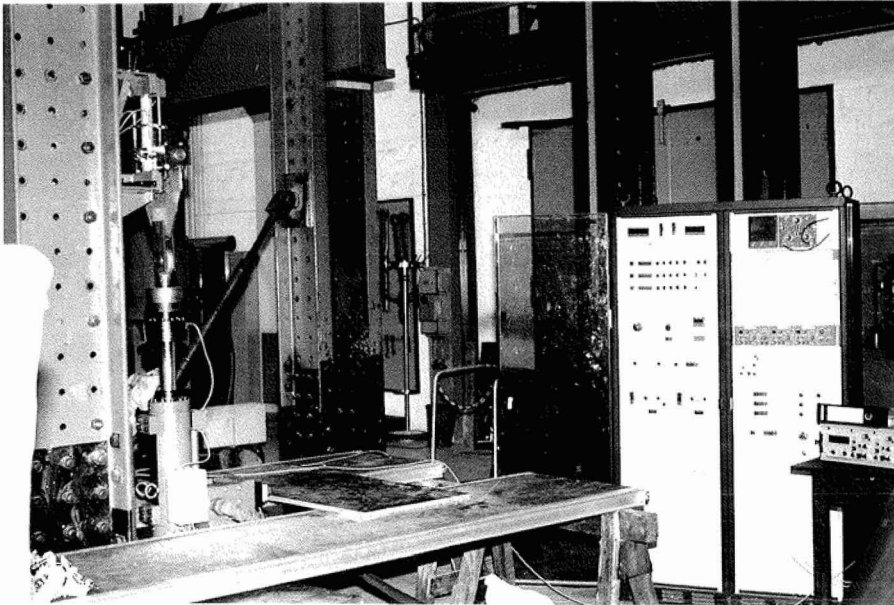


Bild 2. Versuchsaufbau mit regelbarem EPZ, Schaltschrank und Meßverstärker

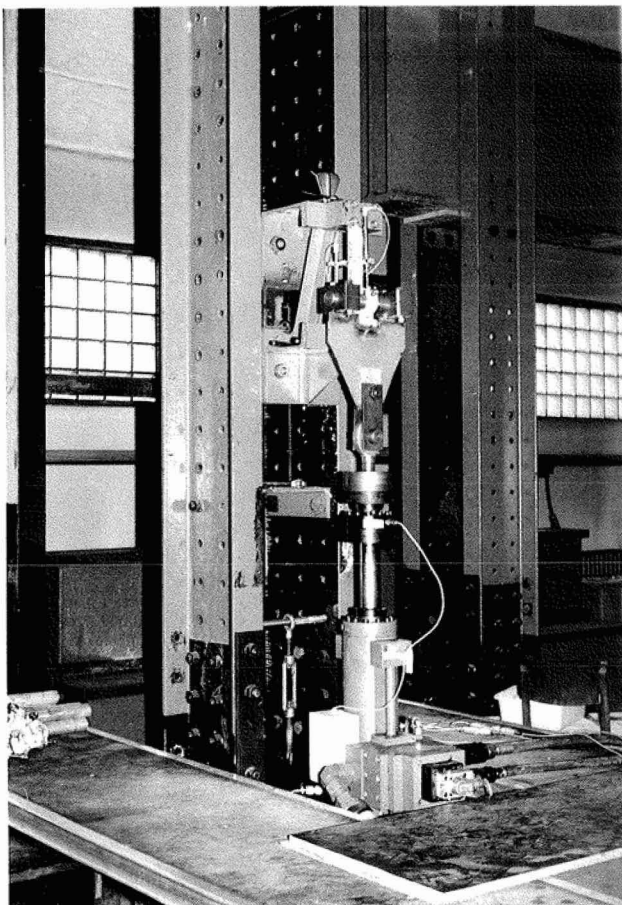
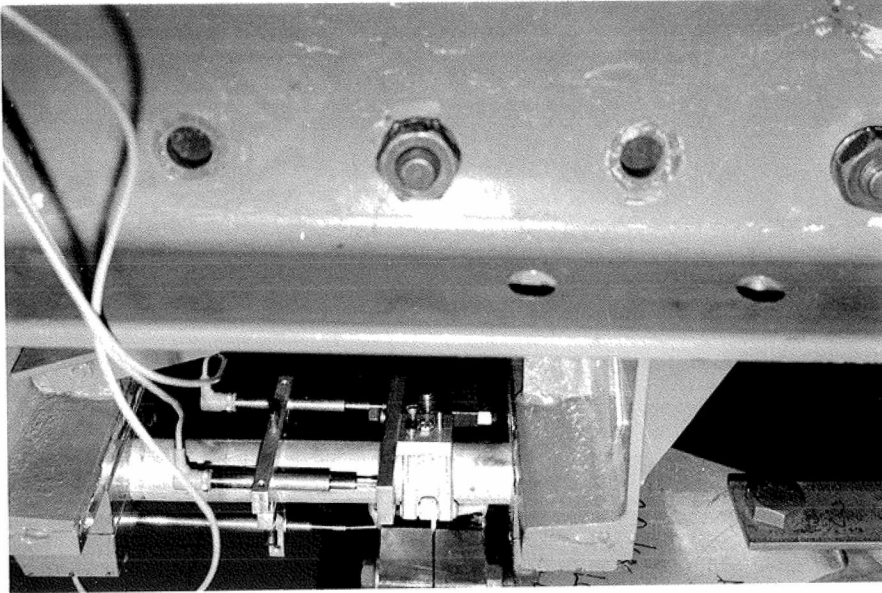


Bild 3.

Kraftübertragung
EPZ-Kupplung



M2 ($\Delta 2$)



M1
($\Delta 1$)

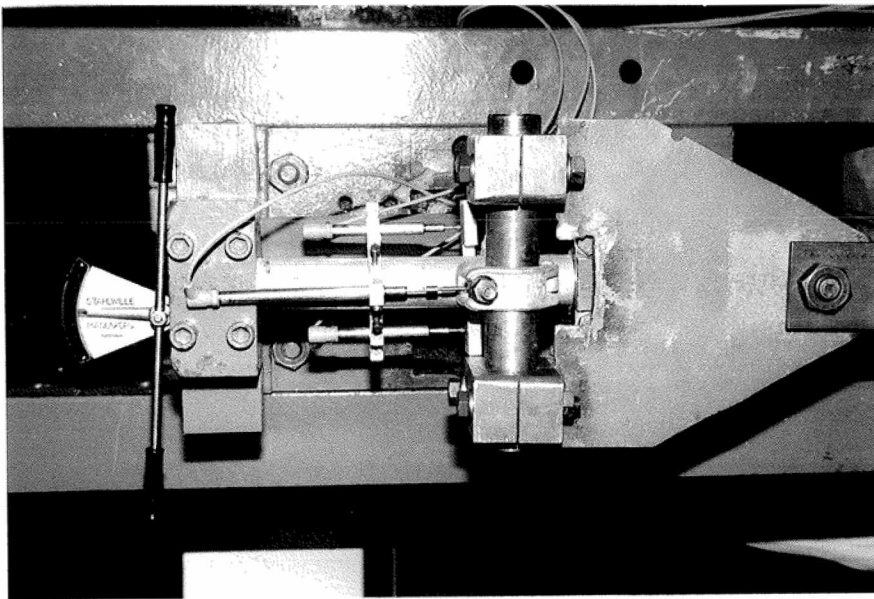


Bild 4. Krafteinleitung in die Kupplung, Wegaufnehmer

Bild 5. Wegaufnehmer für Verschiebungen $\Delta 1$ und $\Delta 2$



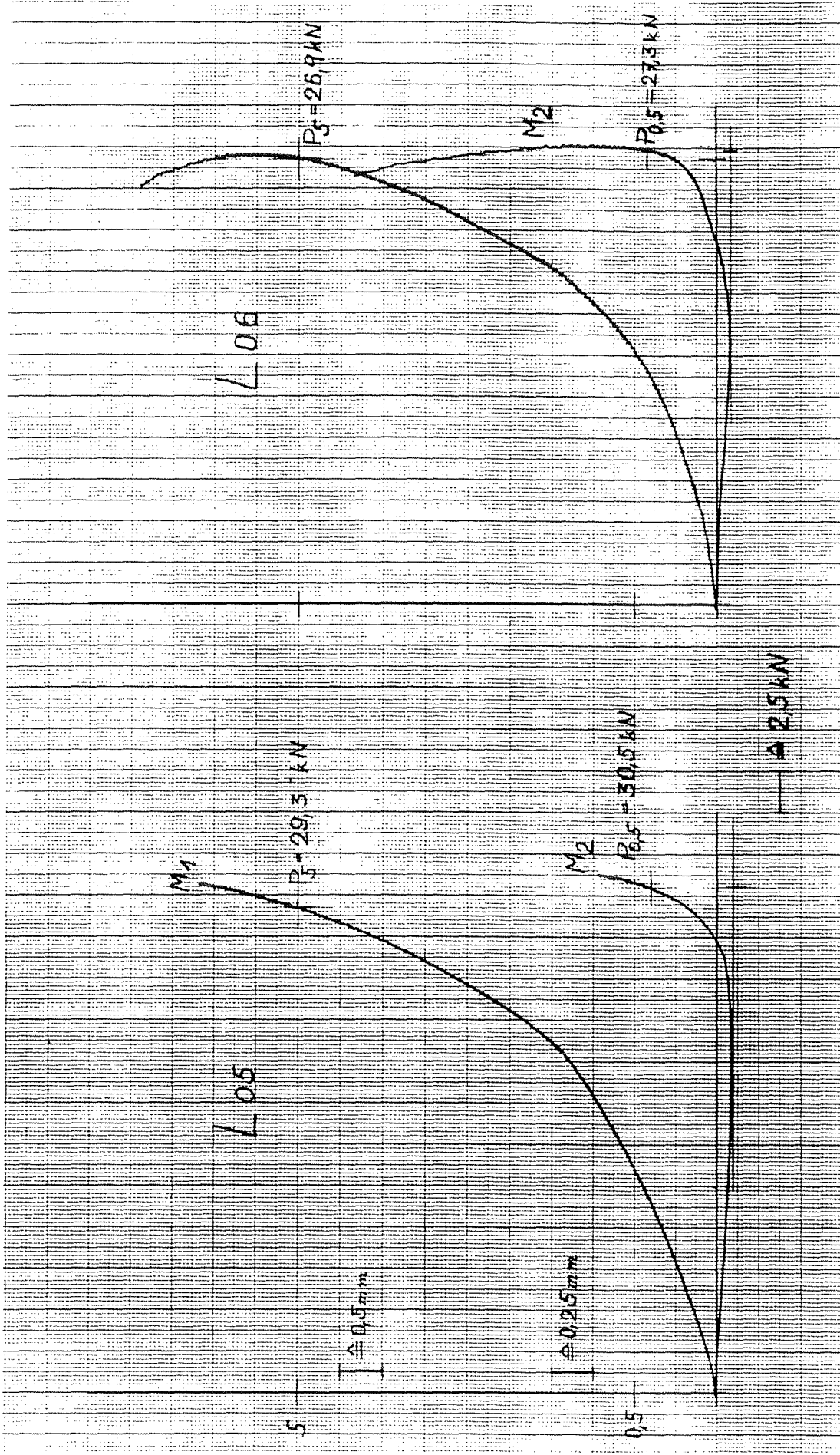
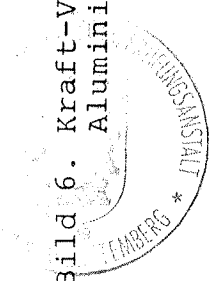


Bild 6. Kraft-Verschiebungs-Linien von Rutschversuchen mit Normalkupplungen PA VIII BB 71 an Aluminium-Rohren ($M_A = 50 \text{ Nm}$)



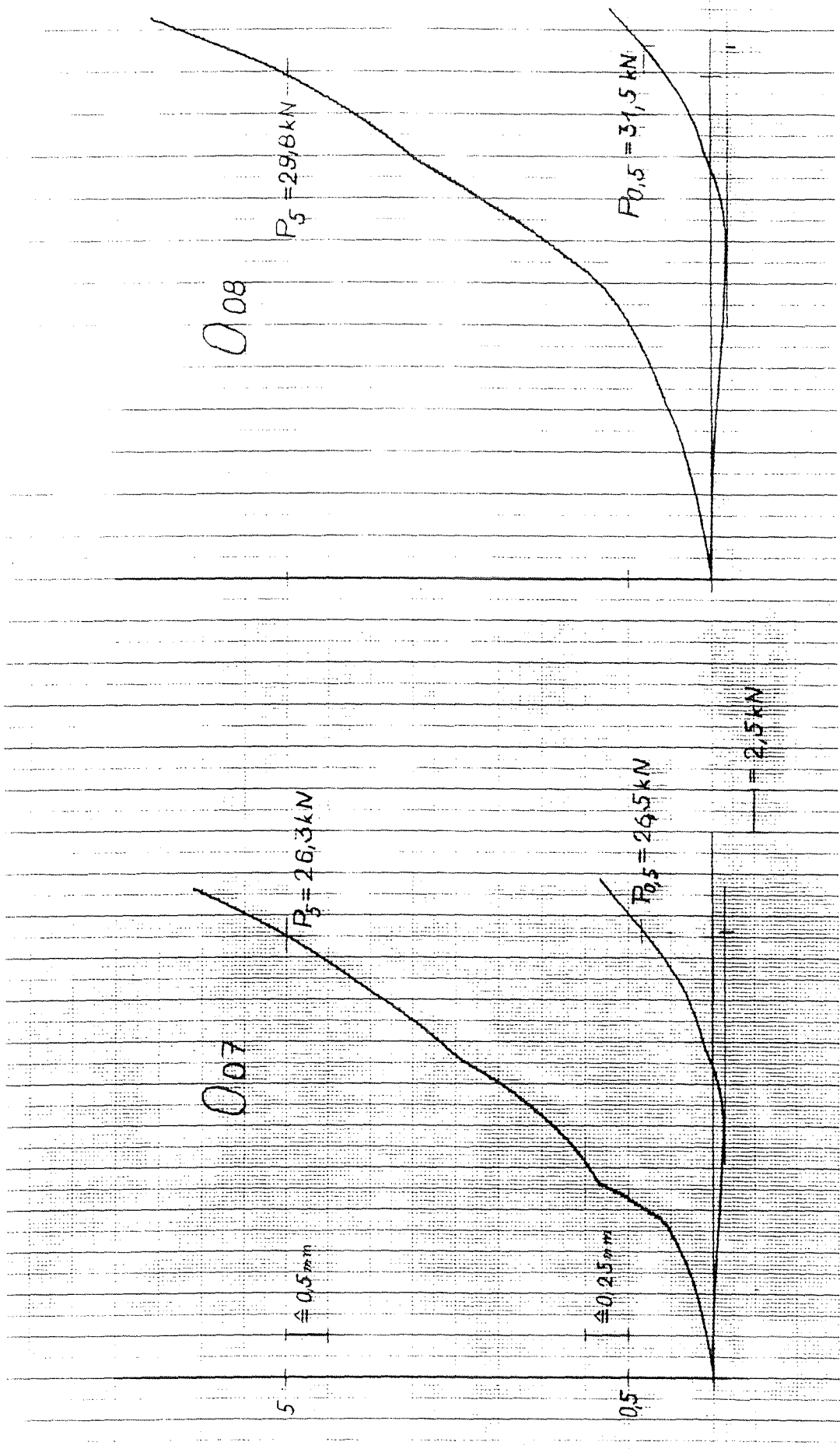


Bild 7. Kraft-Verschiebungs-Linien von Rutschversuchen mit Normalkupplungen PA VIII BB 63 an Aluminiumrohren ($M_A = 50 \text{ Nm}$)



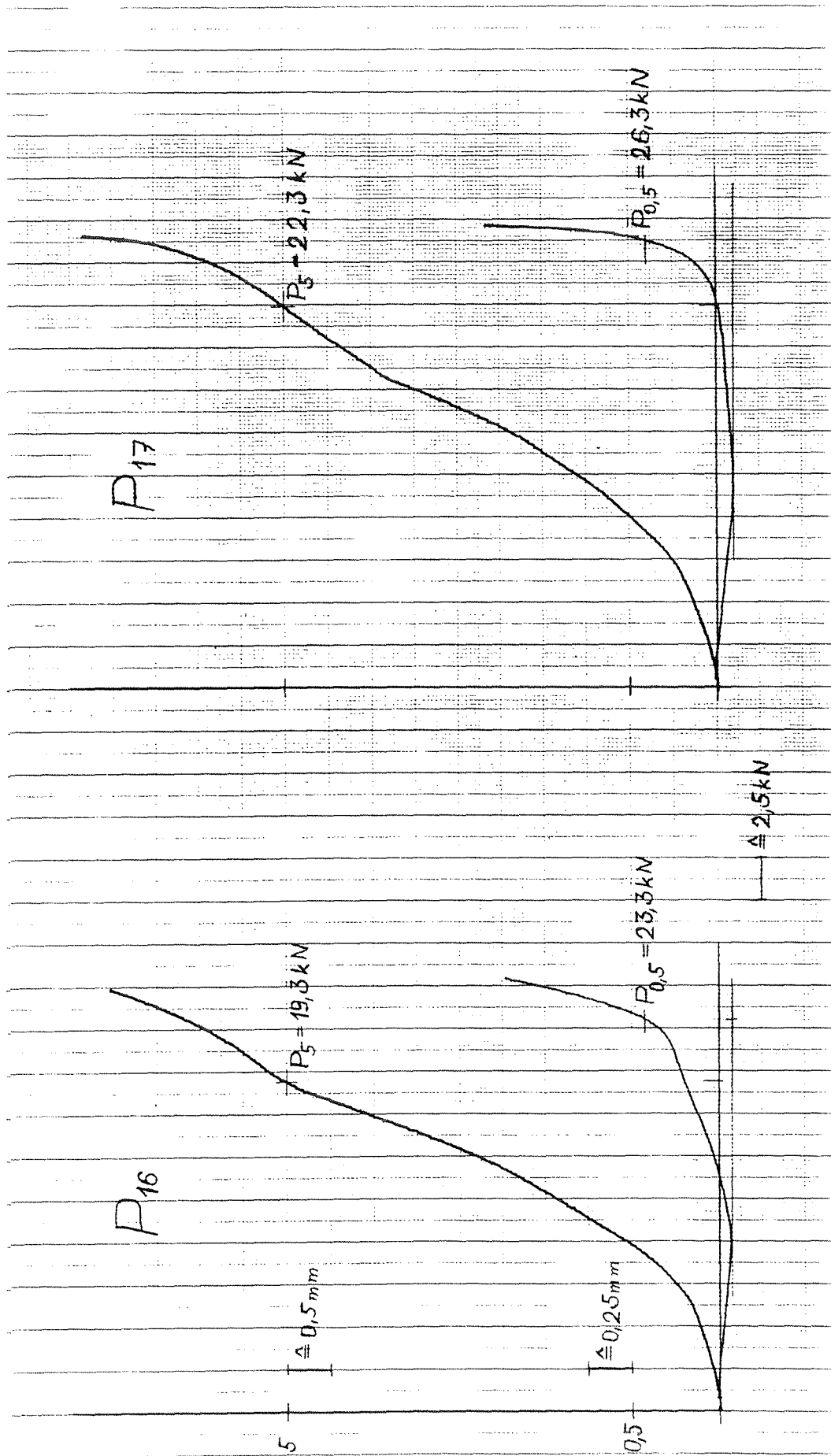
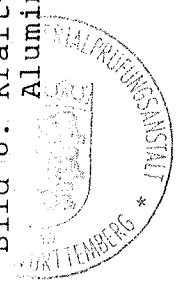


Bild 8. Kraft-Verschiebungs-Linien von Rutschversuchen mit Normalkupplungen PA VIII BB 60 an Aluminiumrohren ($M_A = 50 \text{ Nm}$)



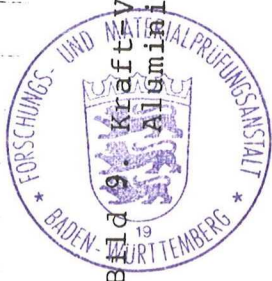
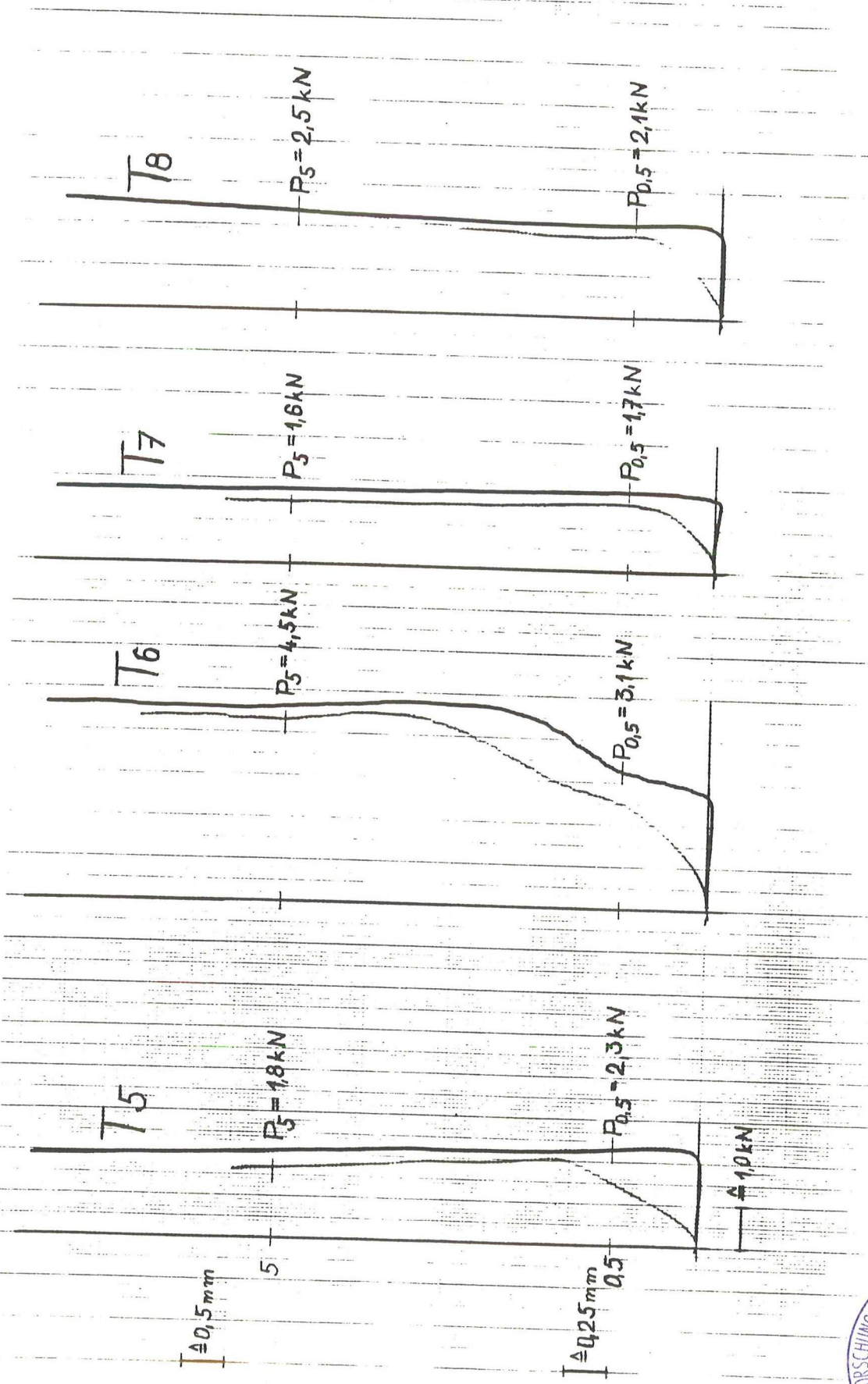


Bild 9. Kraft-Verschiebungs-Linien von Rutschversuchen mit Keilkupplungen PA VIII B 22 an Aluminiumrohren

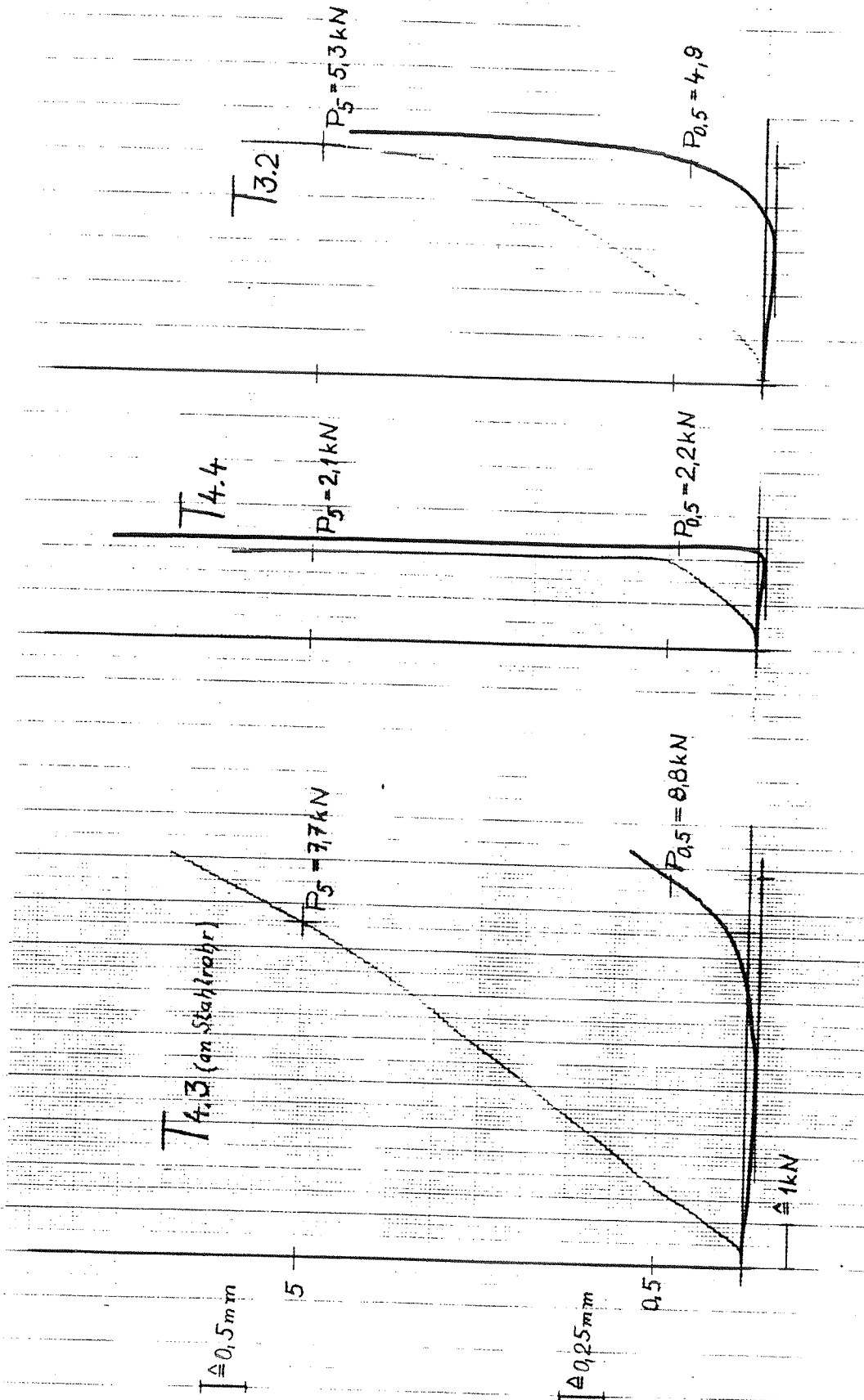


Bild 10. Kraft-Verschiebungs-Linien von Rutschversuchen mit Keilkupplungen an Aluminiumrohren und an einem verzinkten Gerüstrohr aus Stahl

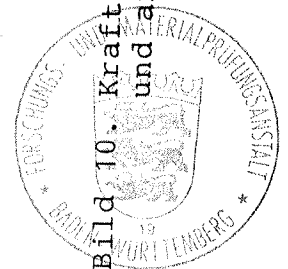


Tabelle 4. Zusammenstellung der Ergebnisse der Rutschversuche an Aluminiumrohren mit Layher-Normalkupplungen
PA VIII-BB 71

1	2	3	4
Versuch Nr.	Rutschlast $P_{0,5}$ kN	Verformungs- grenzlast P_5 kN	Bemerkungen
L 01	18,2	18,6	
02	24,5	24,1	
03	19,8	19,3	
04	22,5	21,8	
05	30,5	29,3	
06	27,3	26,9	
07	23,2	23,0	
08	25,5	26,0	
09	22,6	22,3	
10	29,0	28,8	
11	18,5	20,5	
12	21,8	24,3	
13	23,3	25,5	
14	21,5	23,8	
15	31,0	27,5	
16	34,8	30,0	
17	31,3	27,8	
18	22,5	22,0	
19	29,5	29,5	
20	24,4	24,4	
Mittel- wert	25,10	24,77	n = 20
s	4,60	3,43	k = 1,926
10 % Quantile	16,23	18,16	



Tabelle 5. Zusammenstellung der Ergebnisse der Rutschversuche an Aluminiumrohren mit Oneglio-Normalkupplungen
PA VIII-BB 63

1	2	3	4
Versuch Nr.	Rutschlast $P_{0,5}$ kN	Verformungs- grenzlast P_5 kN	Bemerkungen
O 01	18,2	17,4	verkantet, Rohr eingedrückt
02	28,0	19,0	
03	-	19,8	
04	26,5	24,3	
05	25,3	25,3	
06	27,0	22,8	
07	26,5	26,3	
08	31,5	29,8	
09	25,2	23,3	
10	21,3	16,8	
11	31,8	19,3	
12	28,3	20,0	
13	25,3	18,5	
14	20,5	18,0	
15	22,8	22,3	
16	24,6	25,0	
17	25,0	16,5	
18	25,0	19,0	
19	-	-	
20	-	-	
Mittelwert	25,45	21,3	
s	3,52	3,75	
10 % Quantile	18,40	13,9	
k	2,002	1,974	



Tabelle 6. Zusammenstellung der Ergebnisse der Rutschversuche an Aluminiumrohren mit plettac-Normalkupplungen PA VIII-BB 60

1	2	3	4
Versuch Nr.	Rutschlast $P_{0,5}$ kN	Verformungs- grenzlast P_5 kN	Bemerkungen
P 01	33,5	24,0	verkantet, Rohre ein- gedrückt
02	34,3	23,3	
03	22,5	28,0	
04	33,0	24,8	
05	-	24,1	
06	-	26,8	
07	33,5	21,8	
08	28,3	24,3	
09	30,8	19,5	
10	26,5	22,8	
11	33,8	23,0	
12	24,8	20,8	
13	29,8	23,0	
14	26,5	27,0	
15	29,0	23,0	
16	23,3	19,3	
17	26,3	22,3	
18	28,8	21,8	
19	34,8	23,0	
Mittel- wert	29,38	23,29	
s	3,995	2,30	
10 % Quantile	21,35	18,80	
k	2,002	1,949	



Tabelle 7. Zusammenstellung der Ergebnisse der Rutschversuche an Aluminiumrohren mit van Thiel-Keilkupplungen PA VIII-B 22

1	2	3	4
Versuch Nr.	Rutschlast $P_{0,5}$ kN	Verformungsgrenzlast P_5 kN	Bemerkungen
T 01 02 03 04	- 2,5 12,3 5,0	8,3 2,0 10,0 6,1	verkantet, Rohr eingedrückt, 1)
05 06 07 08 09 10 11 12 13	2,3 3,1 1,7 2,1 4,6 2,8 - 3,8 2,4	1,8 4,5 1,6 2,5 4,5 3,3 10,0 3,8 2,4	05 - 13: bereits einmal vorher in einem Versuch mit dem anderen Schließbügel eingesetzt verkantet, Rohr eingedrückt
14 15 16 17 18 19 20	2,3 8,1 9,7 2,2 4,9 - -	1,8 5,3 9,3 2,1 5,3 - -	T 2.2 in den Versuchen 2.3 Nr. 2, 3 und 4 4.2 bereits ≥ 1 x 4.4 eingesetzte 3.2 Kupplungen
Mittelwert	4,36	4,70	
s	3,20	2,94	
10 % Quantile	-	-	
1) ungebrauchte Kupplungen an neuen Alu-Rohren			





Bild 11. Rohre mit Rutschspuren nach den Versuchen mit Normalkupplungen

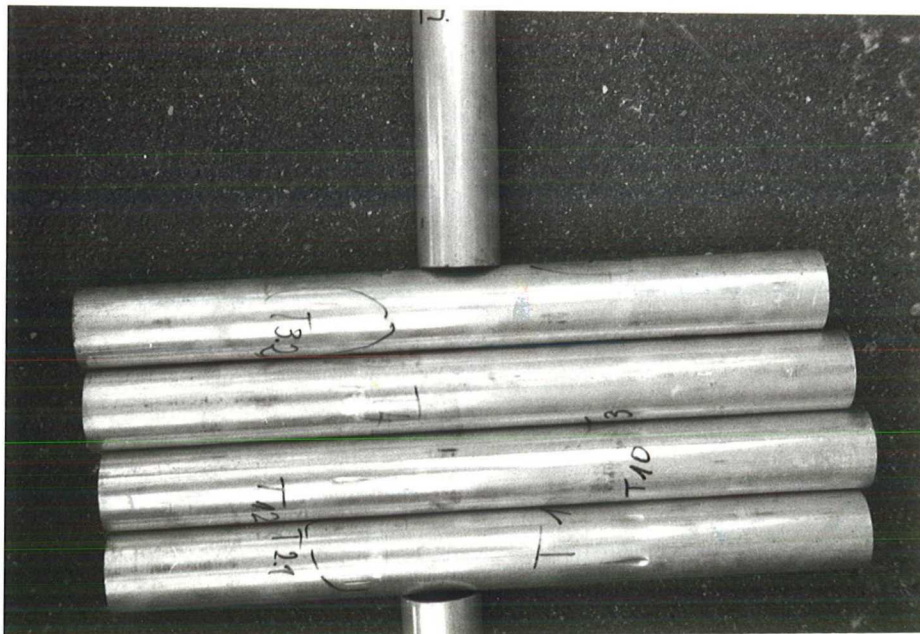


Bild 12. Rohre mit Rutschspuren der Keilkupplungen nach den Versuchen

