

Tragverhalten von Kunststoffdübeln

F 1727

F 1727

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen -BMVBW- geförderten Forschungsarbeit. 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.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

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



F O R S C H U N G S V O R H A B E N

B II 5 - 80 0177 - 15

Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und
Städtebau

Tragverhalten von Kunststoffdübeln

von

o. Prof. Dr.-Ing. G. Rehm

Dipl.-Ing. K. Roeder

Der Bundesminister für Wohnungsbau	
<i>Abschluss-Zwischen-Bericht</i>	
<i>zum Forschungs-Vorhaben</i>	
Az. B I 5 - 80 0177 - 15 <i>Dat. 1.4.81</i>	
Sammlung der Fachwissenschaften des Bauraum	Nr. 1727
B I 5	

Stuttgart, März 1981

Inhalt:

1. Allgemeines
 - 1.1 Ziel des Forschungsvorhabens
 - 1.2 Literaturstudium
2. Definition des Dübels
3. Produkte
 - 3.1 Allgemeines
 - 3.2 Abmessungen
 - 3.3 Form
 - 3.4 Schrauben
 - 3.5 Material
4. Abgrenzung des Untersuchungsbereiches
5. Untersuchungen der "Wirklichkeit"
 - 5.1 Bohrlöcher
 - 5.1.1 Herstellung der Bohrlöcher
 - 5.1.2 Bohrlochgeometrie
 - 5.1.3 Rauigkeit der Bohrlochwände
 - 5.2 Anpreßfläche (Kontaktfläche)
 - 5.3 Anpassung
 - 5.4 Formänderung
6. Modellversuche
 - 6.1 Kontaktflächen
 - 6.2 Reibkoeffizient
 - 6.3 Anpreßdruck
 - 6.3.1 Allgemeines
 - 6.3.2 Relaxationsversuche
 - 6.3.3 Relaxation - Auswirkung auf das Tragverhalten
7. Zusammenfassung und Folgerung

1. Allgemeines

1.1 Ziel des Forschungsvorhabens

Der Einbau von Dübeln aus Polymerwerkstoffen (Kunststoffdübel) in Milliardenstückzahl und die Verwendung dieser Dübel in bauaufsichtlich relevanten Bereichen wie z.B. der Befestigung von leichten, vorgehängten Fassaden ließ die Frage nach der Dauerhaftigkeit solcher Konstruktionen aufkommen. 1973 bis 1976 beschäftigte sich damit die Bundesanstalt für Materialprüfung. Sie suchte nach bautechnischen Einflüssen wie Schraubendurchmesser, Form, Sitz und Einschraubtiefe, sowie Wahl der Bohrergröße und Art der Bohrmaschine aber auch die Möglichkeit der Mehrfachverwendung eines Dübels. Im Rahmen des ersten Zulassungsverfahrens wurden durch diese von der BAM* durchgeführten Untersuchungen erkannt, daß für solche Dübel Voraussetzungen geschaffen werden müssen, die einen sicheren gleichartigen Einbau gewährleisten.

Es blieb eine Wissenslücke über das tatsächliche Tragverhalten dieser Dübelart bestehen. Für die erste Zulassung behalf man sich dadurch, daß man Dauerstandversuche ansetzte und das Verhalten über lange Zeit durch Extrapolation ermittelte. Der Anwendungsbereich für den ersten bauaufsichtlich zugelassenen Kunststoffdübel wurde entsprechend eng abgesteckt. Erst das Wissen über den tatsächlichen Tragmechanismus und das Verhalten der Polymerwerkstoffe würde eine gesicherte Aussage über das Langzeitverhalten dieser Dübelart ermöglichen.

Das vorliegende Forschungsvorhaben wurde daher nach der Erteilung der ersten bauaufsichtlichen Zulassung konzipiert.

Es wurde im Wesentlichen in zwei große Abschnitte gegliedert

1. Modellversuche
2. Übertragung auf die Wirklichkeit

Als Modellversuch war vorgesehen, das Verhalten von Kunststoffplatten, die auf Metallplatten mit definierter Rauigkeit aufgedrückt werden, zu untersuchen. Es sollten dabei Erkenntnisse über Haftreibung, Formschluß aber auch über elastische und plastische Verformungsanteile gewonnen werden.

* Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin.

Die maschinentechnische Ausstattung reichte jedoch zum Zeitpunkt des Forschungsbeginns für diese Untersuchungen nicht aus, so daß eine Änderung im Forschungsprogramm in sofern durchgeführt wurde, als zunächst die Wirklichkeit möglichst gut erfaßt werden sollte.

Nach der Durchführung dieser Untersuchungen wurde das Forschungsvorhaben einstweilen abgeschlossen, da die Weiterführung auf der ursprünglichen Basis nicht sinnvoll erschien.

1.2 Literaturstudium

Literatur, die sich direkt auf Dübel aus thermoplastischem Kunststoff bezieht, ist nur wenig vorhanden.

- /1/ Planck, Prof.Dr.-Ing.,BAM, Berlin
"Bautechnische Einflüsse auf die Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln für Fassadenbekleidungen", Bericht Nr. 47, 1977
- /2/ Wagner-Grey, U.:
"Dübel als Verankerungsmittel im Mauerwerk", TU München, 1976
- /3/ Wagner-Grey, U.:
Experimentelle und theoretische Untersuchungen zum Tragverhalten von Spreizdübeln in Beton.
Dissertation TU München, 1976
- /4/ Zulassungsbescheid des Instituts für Bautechnik, Berlin.
Zulassungs-Nr. Z-21.2-9 vom 3. Dezember 1975
- /5/ Bescheid über die Ergänzung des Zulassungsbescheides vom 3. Dezember 1975 mit Datum vom 12. Januar 1976
- /6/ Manleitner, S.:
Zulassungsbedürftige Baustoffe, Bauteile und Bauarten - Stahlbeton, Treppen, Dübel.
Mitteilungen Institut für Bautechnik 2/1976, S. 33-36
- /7/ Ehrenstein, G.W.:
Bauwerksdübel aus Thermoplasten ...
auch zugelassen als tragende Bauelemente.
Verbindungstechnik, Heft 4, April 1976, 8. Jahrg., S. 25-28
- /8/ Roeder, K.:
Verankern mit Dübeln, Deutsche Bauzeitung Heft 1/79, S. 65-74
- /9/ Utescher, Dr.-Ing.:
Beurteilungsgrundlagen für Fassadenverankerungen
TH Karlsruhe, 1976
- /10/ Michael, Dr, D.:
Fortschritte bei Kunststoffen und Kunstharzen, bei Kautschuken, Fasern und Klebstoffen, Teil: Polyamide
Zeitschrift "Kunststoffe" Heft 10/80
- /11/ Technische Merkblätter
Fa. BASF, Ludwigshafen

Die Literaturstellen /1/ bis /9/ stammen aus den "Anfängen" der systematischen Untersuchungen von Dübeln. Dabei werden in /1/ hauptsächlich Einflüsse aufgezeigt, die die Höhe der Bruchlasten beeinflussen - nicht aber Einflüsse, die das Tragverhalten auf lange Zeit bestimmen oder das Tragverhalten in Beton analysieren helfen.

In /1/ bis /3/ sind zwar Ansätze für das Verhalten von Dübeln hinsichtlich einer Langzeitbeanspruchung vorhanden; das Problem wird jedoch nur gestreift und der damalige Wissensstand wiedergegeben.

2. Definition des Dübels

Die im Antrag des Forschungsvorhabens angegebene Bezeichnung "Kunststoffdübel" entspricht dem damaligen Verständnis. Als Kunststoffdübel wurde im allgemeinen ein Produkt bezeichnet, das wie folgt definiert werden kann:

Eine Hülse aus einem Polymerwerkstoff und eine Schraube - meist mit Holzgewinde - bilden die Befestigungseinheit. Eine Hülse kann profiliert - mit Zähnen, Rippen o.ä. versehen oder auch glatt sein. Innen besitzt sie eine Durchgangsbohrung oder auch nur einen konischen Ansatz. Im Bereich der voraussichtlichen Spreizung ist die Hülse meist geschlitzt.

Der Einbau des Dübels erfolgt so, daß die Hülse in ein entsprechendes Bohrloch eingesetzt wird und anschließend eine oder die zugehörige Schraube in die Hülse eingedreht wird. Diese Schraube prägt und schneidet sich ein Gewinde in das Hülsenmaterial und preßt zwangsläufig die Außenkontur oder Hülse an die Bohrlochwand. Über einen dadurch erzeugten Reibschluß evt. Formschluß ist es möglich Kräfte über die Schraube in den umgebenden Ankergrund einzuleiten.

Die Form der Dübelhülse kann zunächst außer Acht gelassen werden.

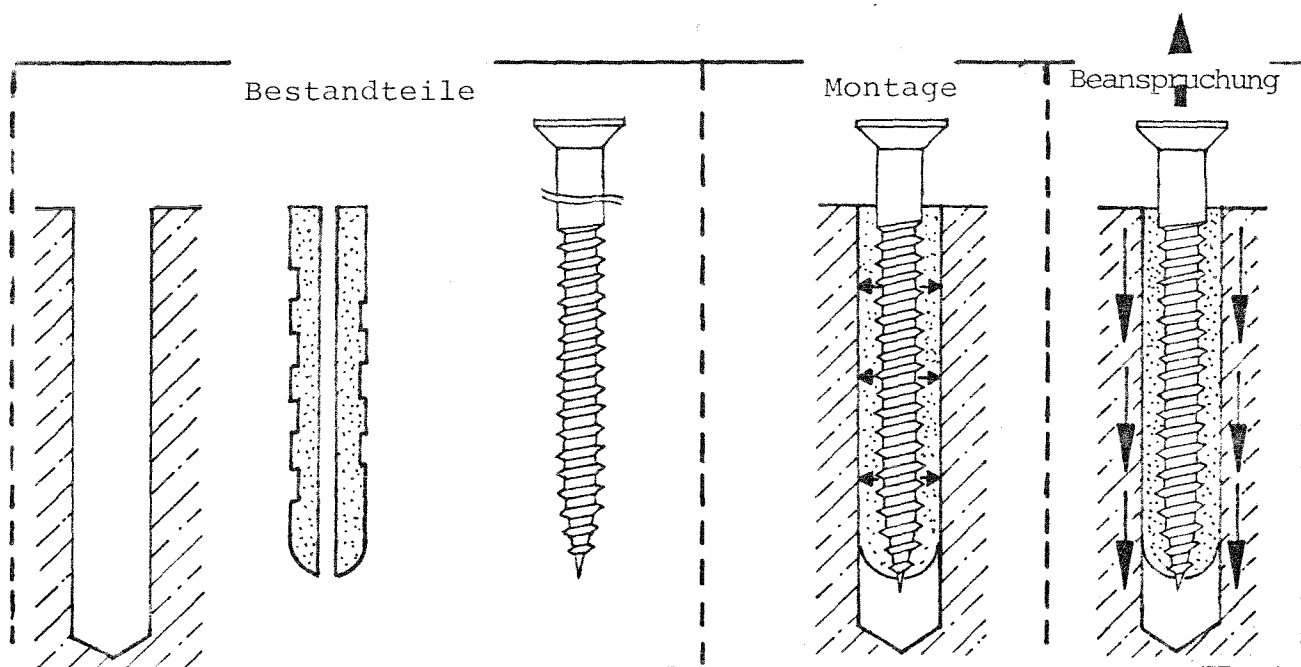


Bild 1: Dübelschema

Diese Definition erscheint deshalb wichtig, da es inzwischen unzählige Produkte aus Polymerwerkstoffen gibt die allgemein betrachtet immer die Funktion eines Dübels haben, aber ganz andere Prinzipien für die Lastübertragung ausnützen.

Erwähnt seien hier nur der Fornschlußdübel von Syba für Gasbeton (Bild 2) oder der Fischer-M-Dübel (Bild 3).

Teil	Benennung	Werkstoff
1	Sechskantschraube DIN 933	Stahl, verzinkt 2.4
2	Mutter DIN 934	Stahl, verzinkt 2.4
3	Verlängerungsteil	Polyamid 6
4	Abschlußring	Stahl, verzinkt 2.4
5	Spezialteil mit Schalen	Polyamid 6
6	Konus	Polyamid 6
7	Unterteilscheibe DIN 125	Stahl, verzinkt 2.4

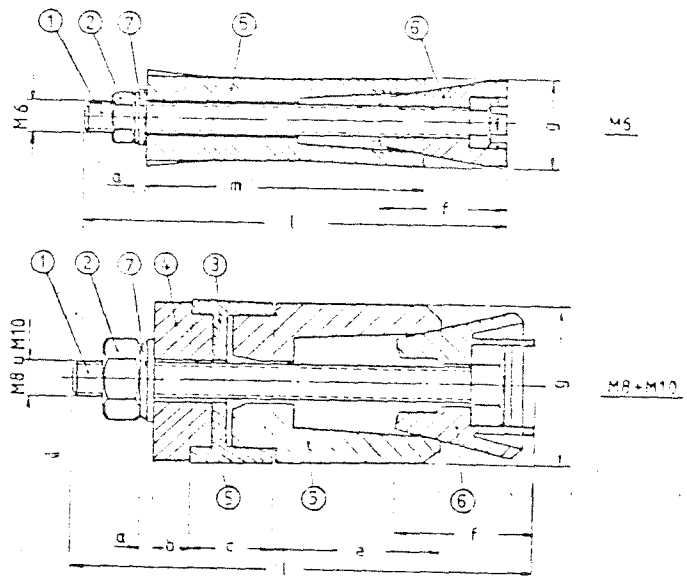


Bild 2:

Syba-Dübel
Werkstoff des Konus und der Schalen: Polyamid 6

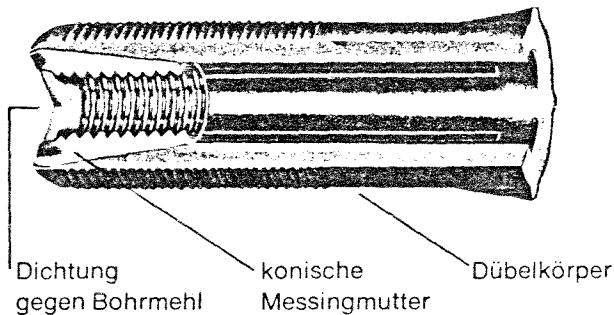
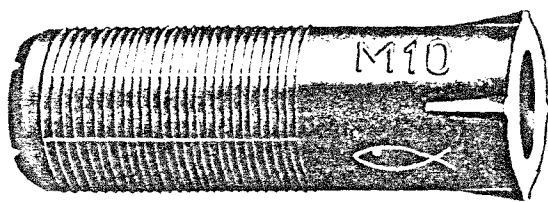


Bild 3:

Fischer-M-Dübel
Werkstoff:
Hülse: glasfaserverstärktes Polyamid 6
Konus: Messing

Eine Sorte sollte noch erwähnt werden, die vom Tragverhalten her dem oben definierten Dübel sehr ähnlich ist; sie wird unter der Bezeichnung Nageldübel, Schlagschraube oder Schlagdübel vertrieben. Der Unterschied zur vorher definierten Dübelart besteht darin, daß die Schraube oder der Schraubnagel nicht eingedreht, sondern eingeschlagen werden. Die Beanspruchung des Hülsenmaterials muß daher beim Einbau anders sein als beim System mit der einzudrehenden Schraube. Für den Endzustand gilt jedoch das oben gesagte:

Die Materialverdrängung erzeugt einen Anpreßdruck - daraus ergibt sich ein Reibschluß / Formschluß an der Bohrlochwand; dieser ermöglicht eine Übertragung der in die Dübelschraube eingeleiteten Kräfte in den Ankergrund.

3. Produkte

3.1 Allgemeines

Um allgemein gültige Aussagen über Dübel der vorgehenden Definition machen zu können mußte zunächst versucht werden, die unterschiedlichen Produkte zu erfassen. Da es weder einen Verband noch sonst eine zentrale Stelle gibt, in der alle Dübelhersteller vertreten sind, wurden folgende Wege beschritten:

- 1) Anschriften über Deutsche Baudokumentation, Heinze-Verlag
- 2) Anschriften über Veröffentlichung
- 3) Zukauf in Fachgeschäften (Handwerkerbedarf)

Es stellte sich heraus, daß viele regional vertriebene Produkte existierten, die im Rahmen dieser Arbeit nicht zu erfassen waren. Die jetzt vorgelegte Produktauswahl ist nach unserer Meinung ein brauchbarer Querschnitt - wenn auch eine Vollständigkeit lange nicht erreicht werden konnte (Bilder 5 bis 18, Seiten 11 bis 24).

3.2 Abmessungen

Als Vergleichsgröße wurden Dübel gewählt, die ein Bohrloch mit dem Nenndurchmesser 10 mm benötigen. Diese Wahl erfolgte deshalb, weil bei allen Versuchen für Anträge auf bauaufsichtliche Zulassungen mit der Dübelgröße 10 (\varnothing 10mm) die ausführlichsten Untersuchungen durchgeführt wurden. Eine Anbindung der innerhalb dieses Forschungsvorhabens gewonnenen Erkenntnisse an die bereits vorhandenen Aussagen im Rahmen von Zulassungsuntersuchungen ist daher möglich.

Tatsächlich werden im Handel Dübel in den Größen 4 mm bis 20 mm (jeweils Außendurchmesser bzw. notwendiger Bohrerdurchmesser) angeboten. Die Einbautiefen dieser Dübel reichen von 20 mm bis 90 mm. Die hier ausgewählten Dübel hatten eine Einbautiefe von 44 bis 60 mm. Es hat hier im Prinzip eine gewisse Normierung begonnen: Im Normalfall beträgt die Länge 50 mm, der empfohlene Schraubendurchmesser wird mit 7 mm angegeben, falls "hohe Beanspruchung" zu erwarten ist.

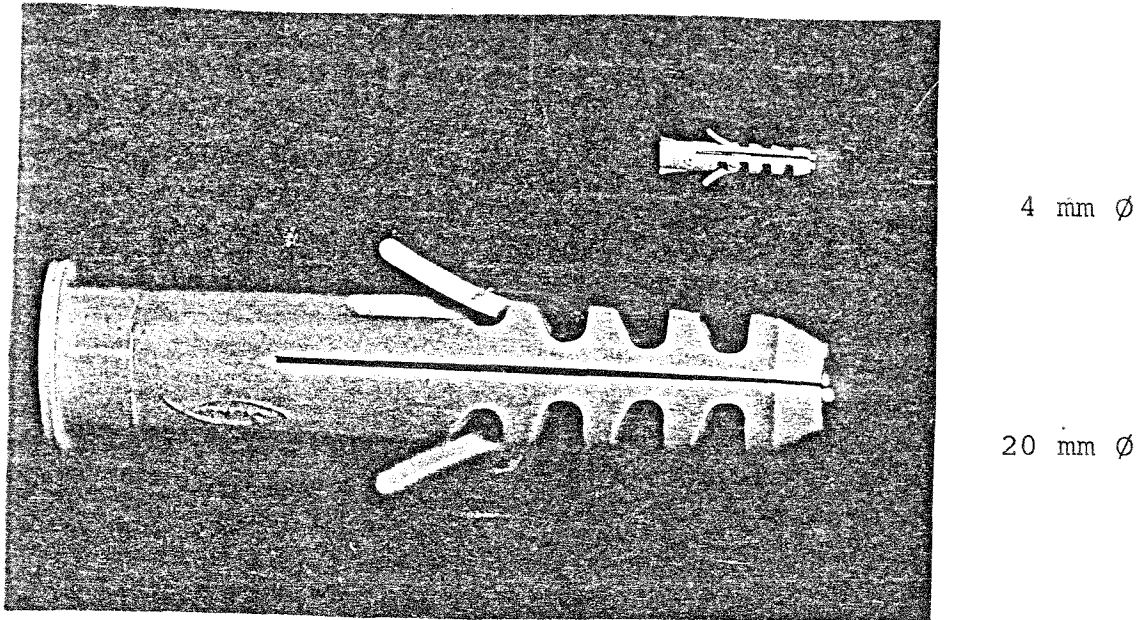


Bild 4: Beispiel maximaler und minimaler Dübelgrößen
Maßstab 1:1

3.3 Form

Wahrscheinlich eine der einfachsten Lösungen ist eine als Schlauch im Extruder gefertigte Hülse (Bild 5, Seite 11). Bedingt durch die Fertigungsart weist sie in der Außenkontur keine Querrippen auf; ebenso kann es im inneren Durchgangsloch keine konischen Verengungen geben. Da die Hülse keine Schlitze besitzt, die das Aufweiten durch die eindringende Holzschraube ermöglichen, wurden Falten in den "Schlauch" eingeplant die das Aufweiten der zylinderähnlichen Dübelhülse zulassen. Eine eigens angebrachte Drehsicherung existiert nicht. Die Dübelhülse klemmt im normalen Bohrloch (bis 10,2 mm) ausreichend fest um eine Schraube eindrehen zu können. Besitzt das Bohrloch einen Durchmesser über 10,2 mm so wird der Dübel vormontiert, d.h. die gewählte Schraube wird vor der eigentlichen Montage in die Dübelhülse geringfügig eingedreht und als Einheit in das Bohrloch eingeschlagen. Das durch die eingedrehte Schraube verdickte Ende klemmt im Bohrloch fest und ermöglicht das weitere Eindrehen der Schraube.

Das Bild 6, Seite 12 zeigt eine Dübelhülse die ebenfalls eine fast glatte zylindrische Außenkontur besitzt, aber die innere Aussparung läuft kegelförmig zu und dient als Schraubenführung. Zur Drehrichtung sind am oberen Ende vier kurze Rippen angebracht, die beim Einschlagen an der Bohrlochwand festklemmen. Die Hülse ist geschlitzt, damit wird eine bevorzugte Spreizrichtung bestimmt.

Die folgenden Bilder lassen den Wunsch erkennen, das Tragverhalten des Dübels oder aber auch das Verhältnis Eindrehkraft zur Tragfähigkeit durch eine bestimmte Formgebung zu optimieren. Einige Dübelhülsen sind mit kleinen Rippen versehen, die als Toleranzbereich für zu große Bohrlöcher bei der Montage dienen können; andere Dübelhülsen haben stark ausgeprägte Rippen und die Wandstärken zwischen diesen Rippen betragen nur noch 25% der Rippenhöhe (Bild 18, Seite 24).

All diese Dübel sind mit irgendwie gearteten Drehsperren versehen: Flügel, schmale Zunge, federnde Rippen.

Die in dieser Art ausgebildeten Dübelhülsen stellen wohl den größten Teil der in der Bundesrepublik verwendeten Kunststoffdübel dar.

Die Bilder 5 bis 18 auf den folgenden Seiten sind so zusammengestellt, daß eine Ordnung von nahezu zylindrischen, über schwach profilierten zu stark gerippten Dübelhülsen erkennbar ist.

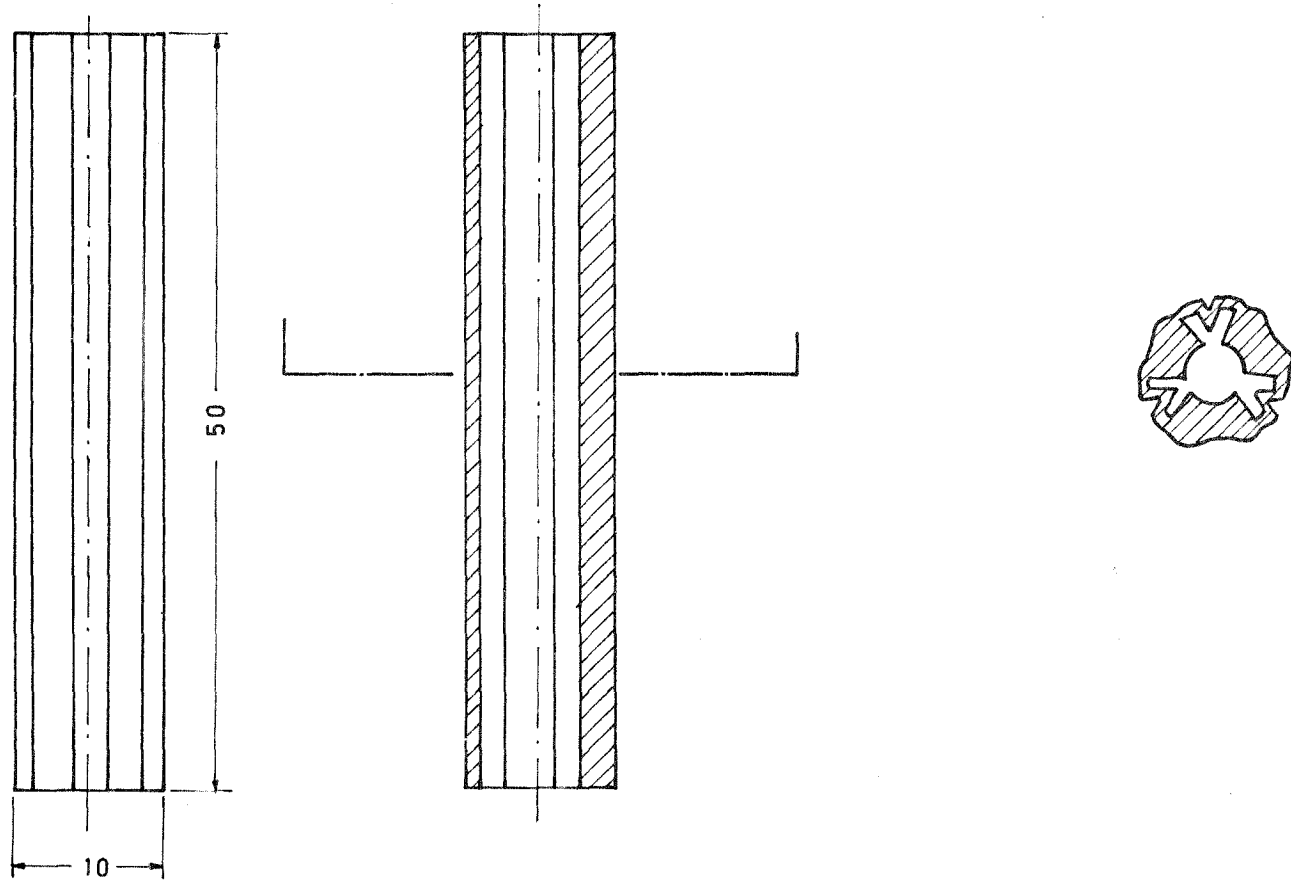
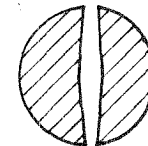
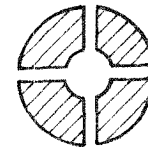
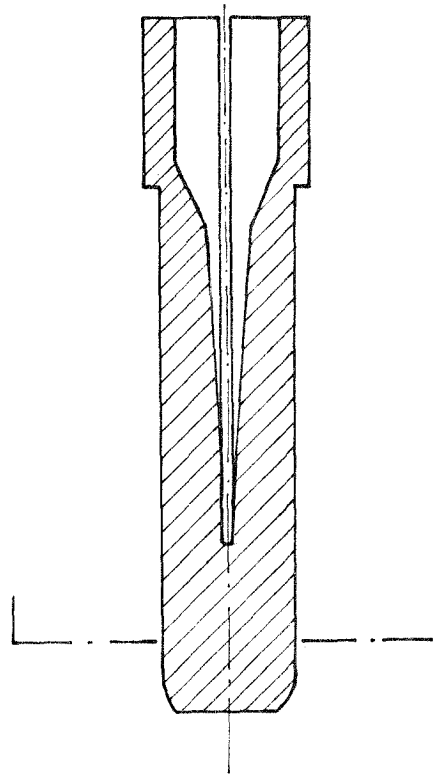
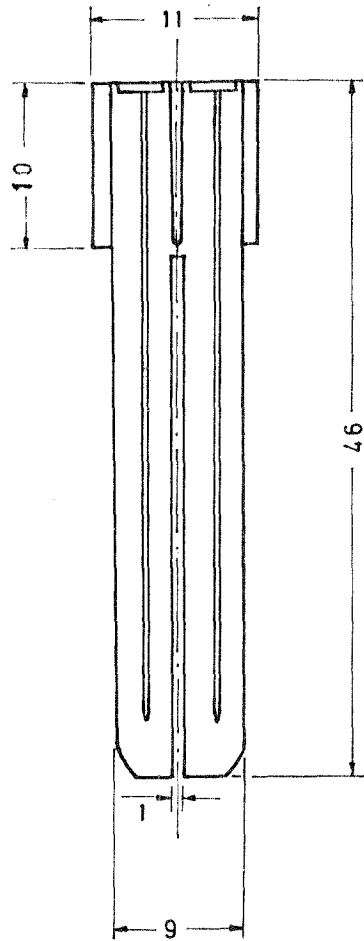


Bild 5: Dübel A
Werkstoff PVC



DÜBEL THORSMAN-PLUGG TP 3

Bild 6: Dübel B
Werkstoff HDPE

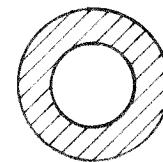
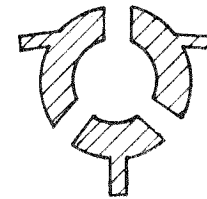
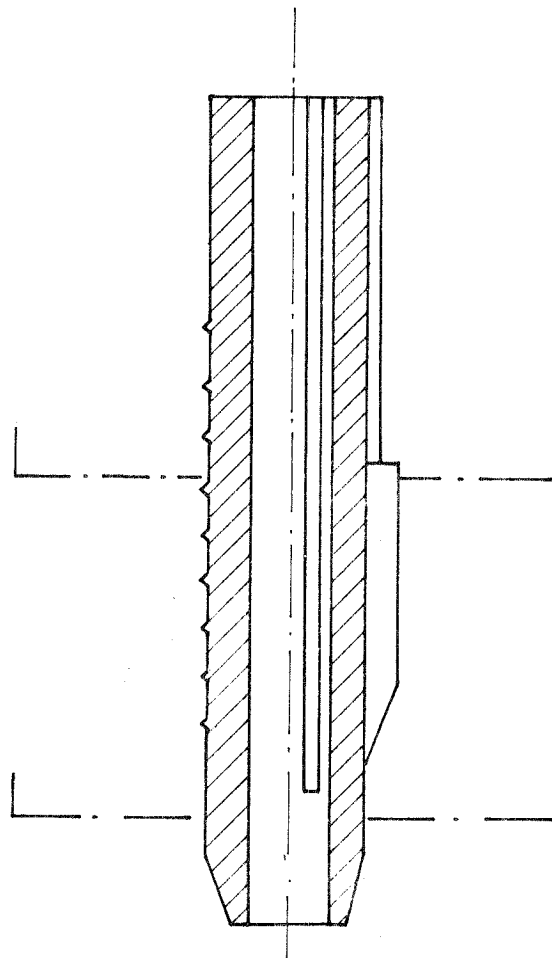
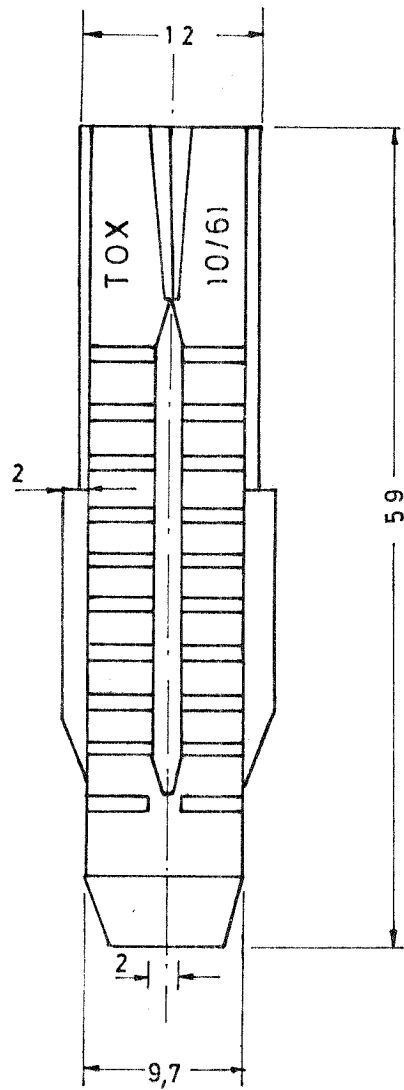


Bild 7: Dübel C
Werkstoff PA

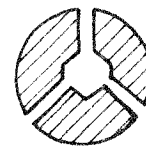
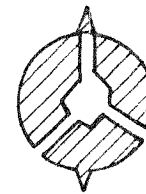
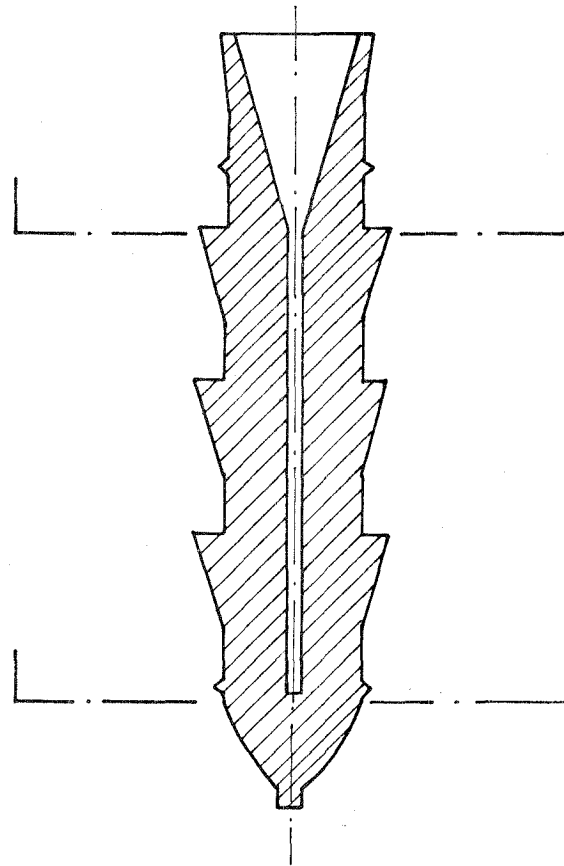
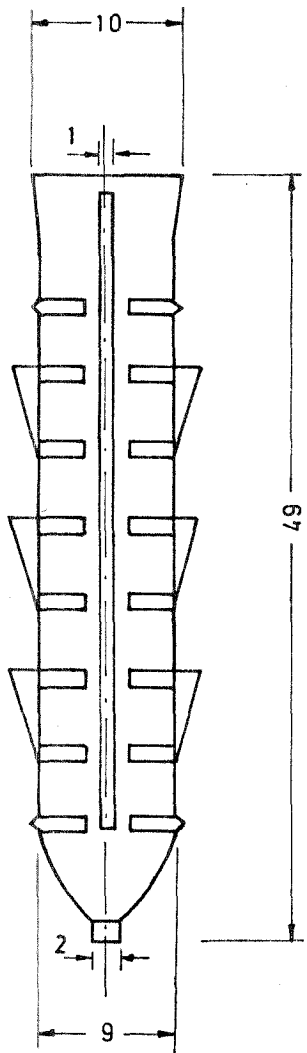


Bild 8: Dübel D
Werkstoff PE

DÜBEL BRÄUNER H 10

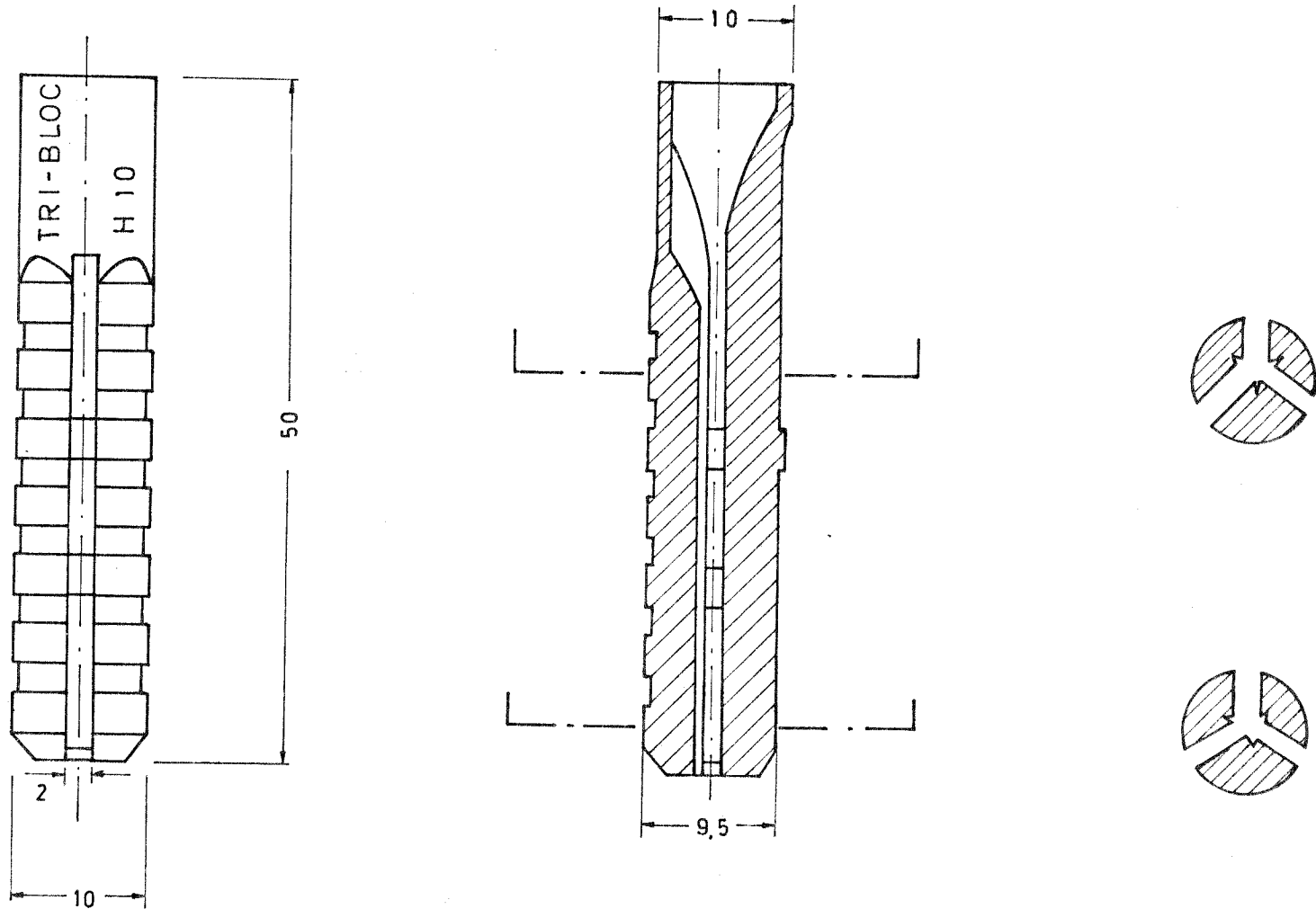


Bild 9: Dübel E
Werkstoff nicht festgestellt

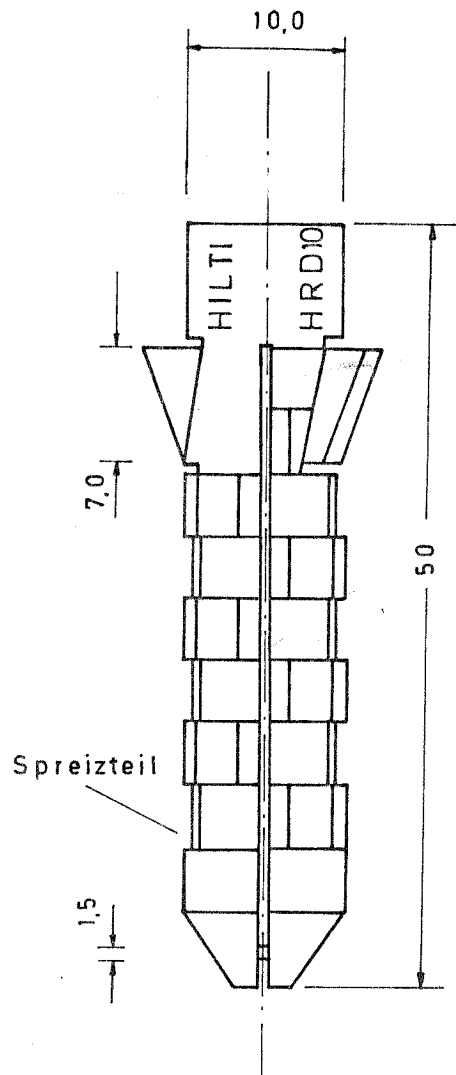
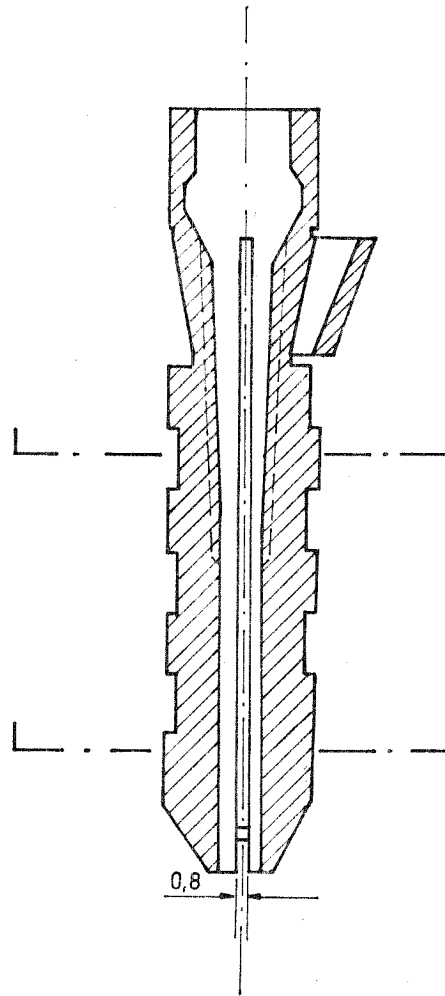


Bild 10: Dübel F
Werkstoff PA



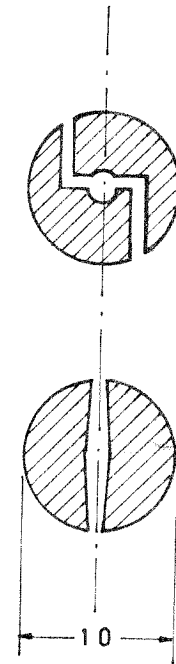
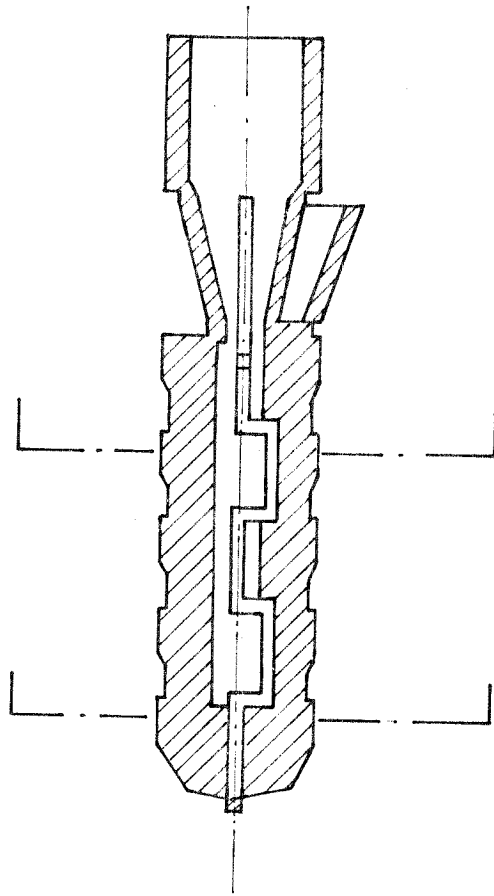
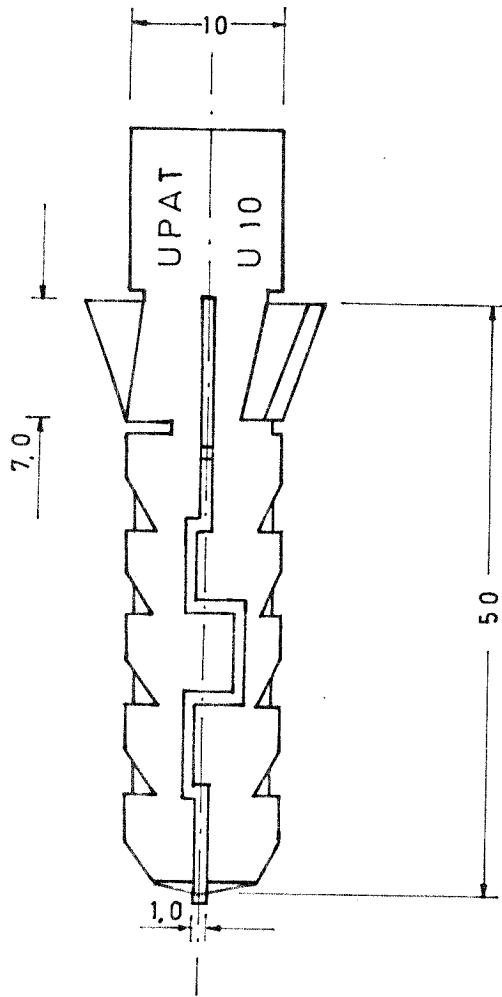


Bild 11: Dübel G
Werkstoff PA

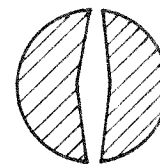
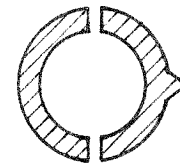
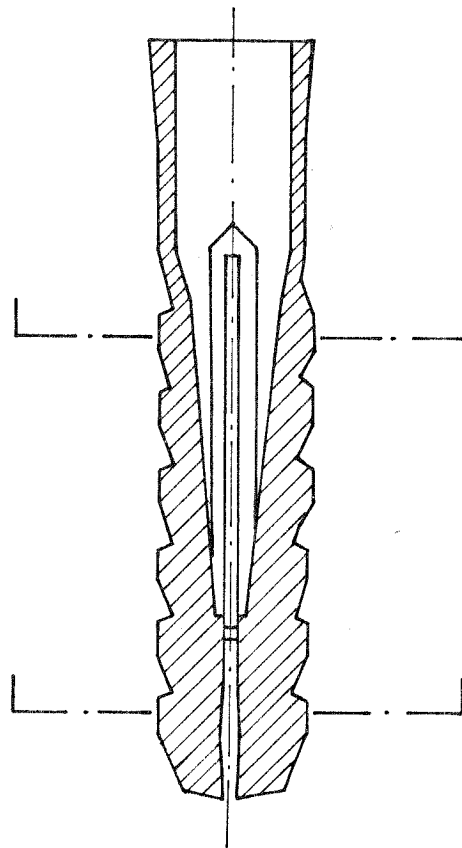
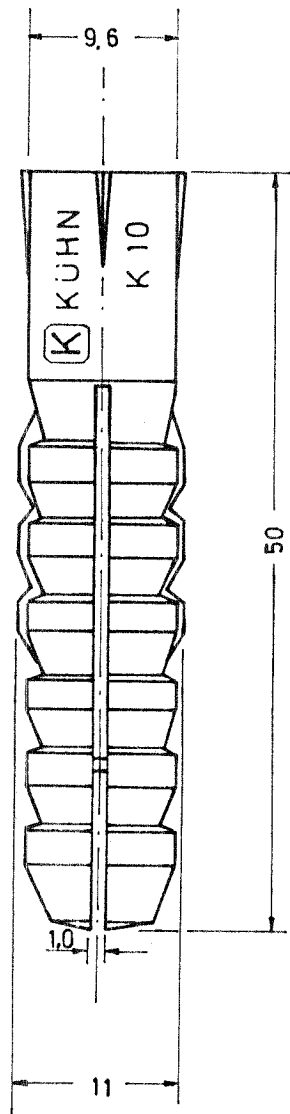


Bild 12: Dübel H
Werkstoff PA

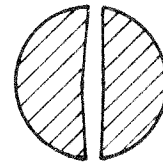
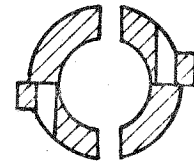
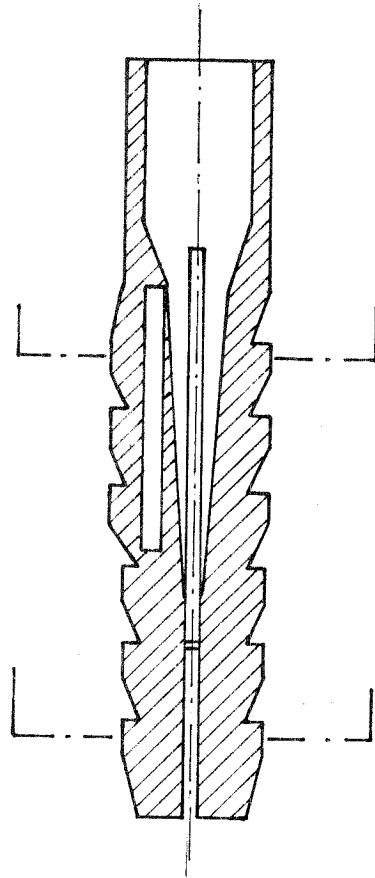
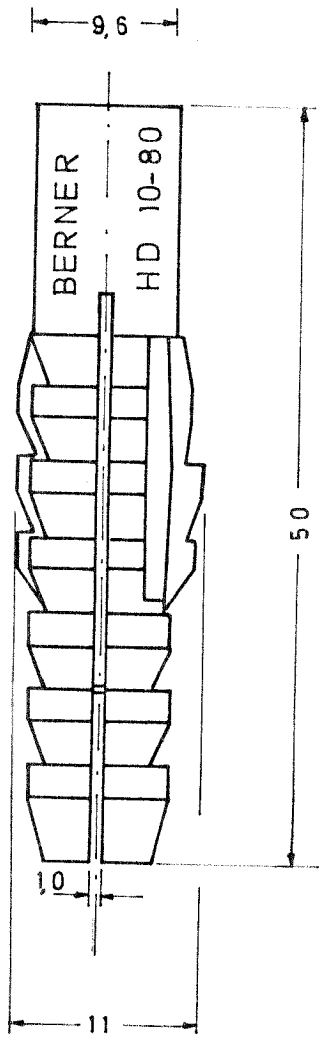
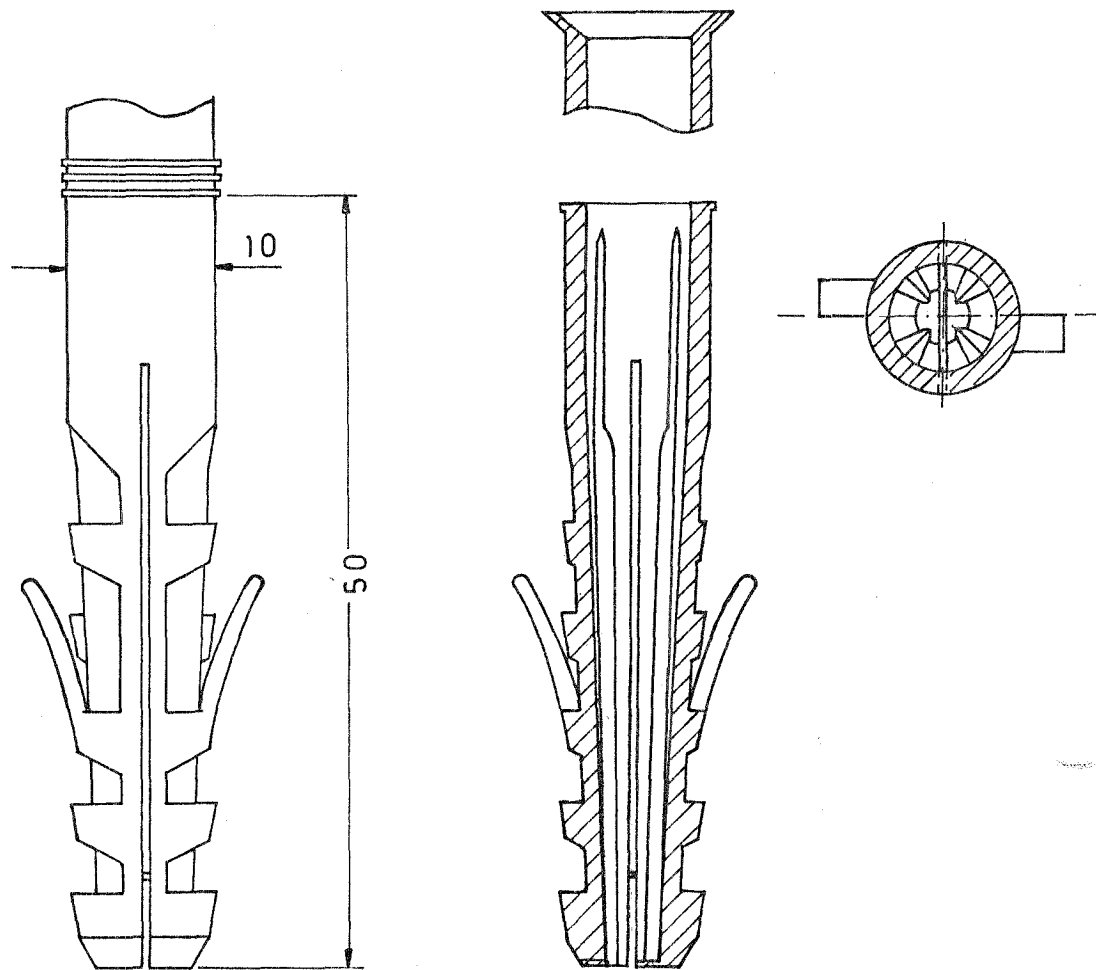
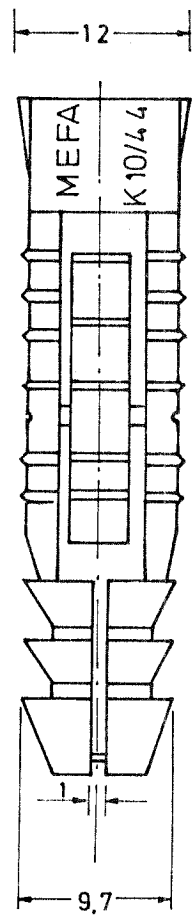


Bild 13: Dübel J
Werkstoff PA



FISCHER S 10 R

Bild 14: Dübel K
Werkstoff PA



77

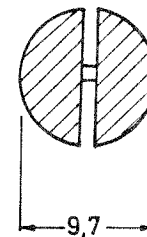
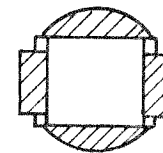
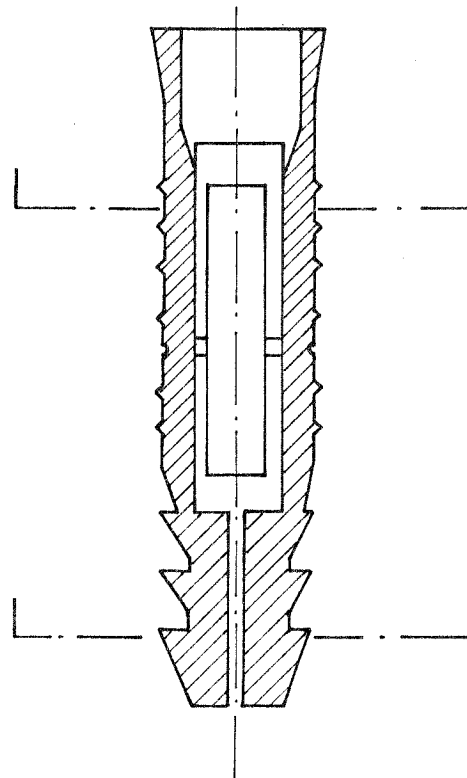


Bild 15: Dübel L
Werkstoff PE

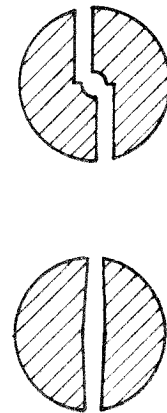
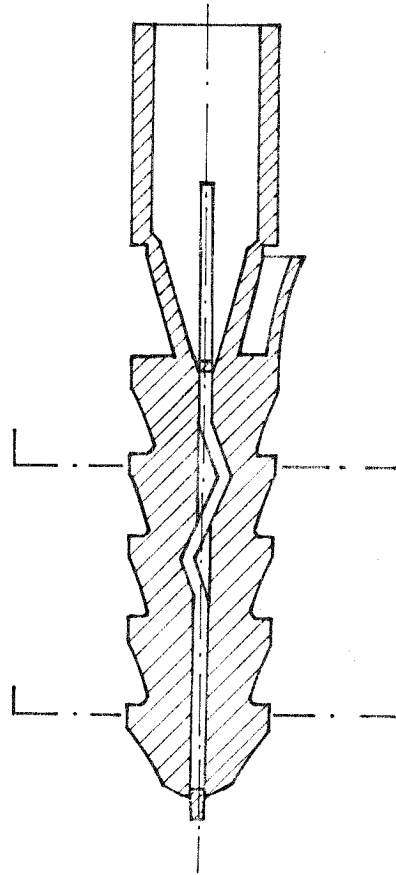
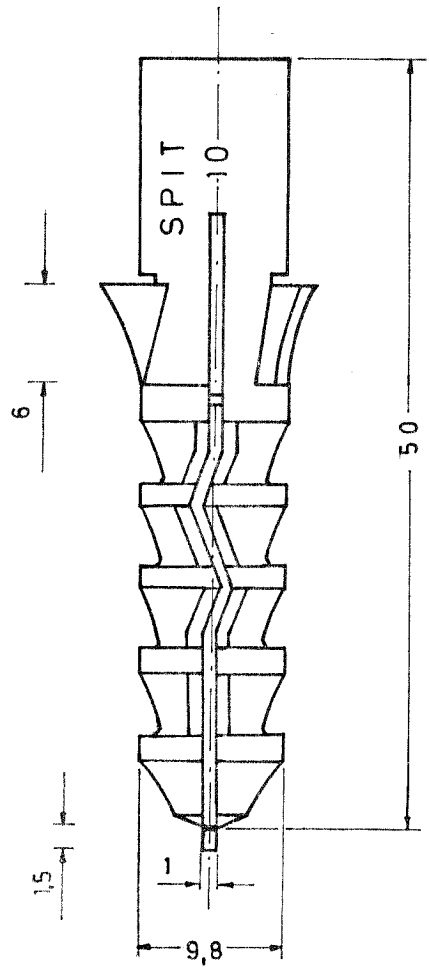


Bild 16: Dübel M
Werkstoff PA

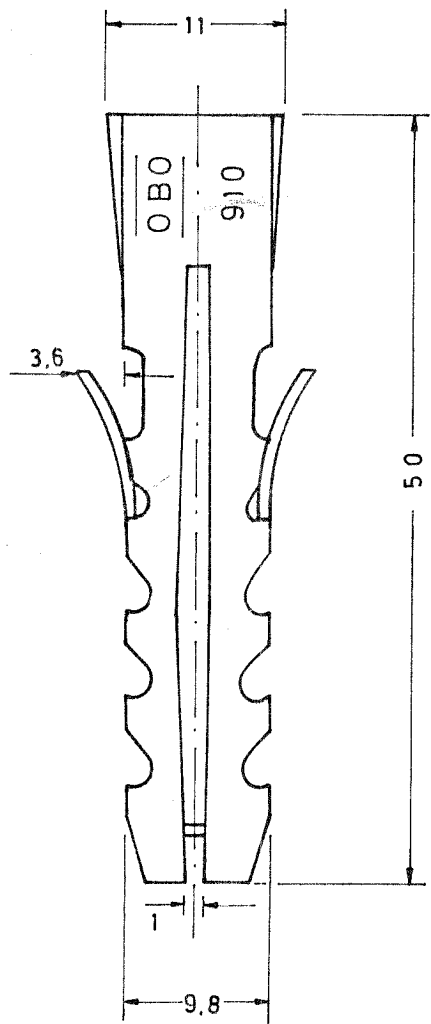
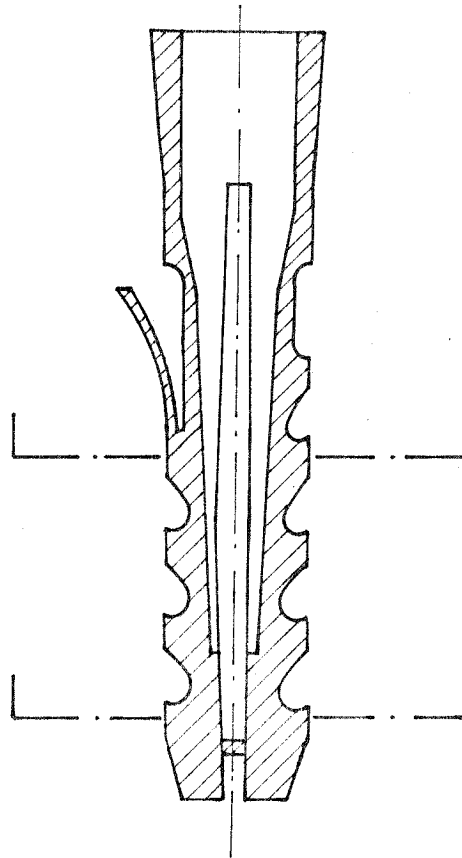


Bild 17: Dübel N
Werkstoff PA



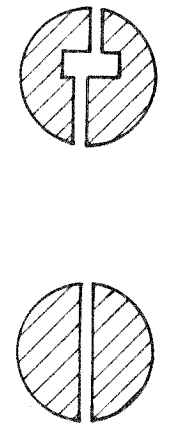
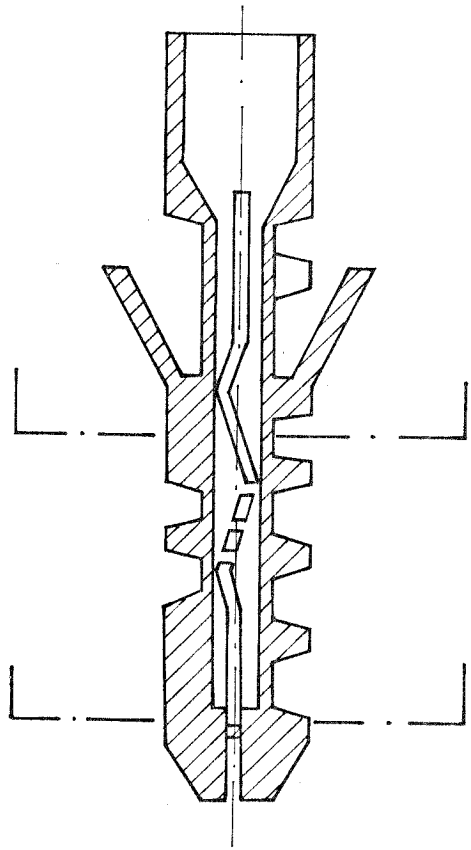
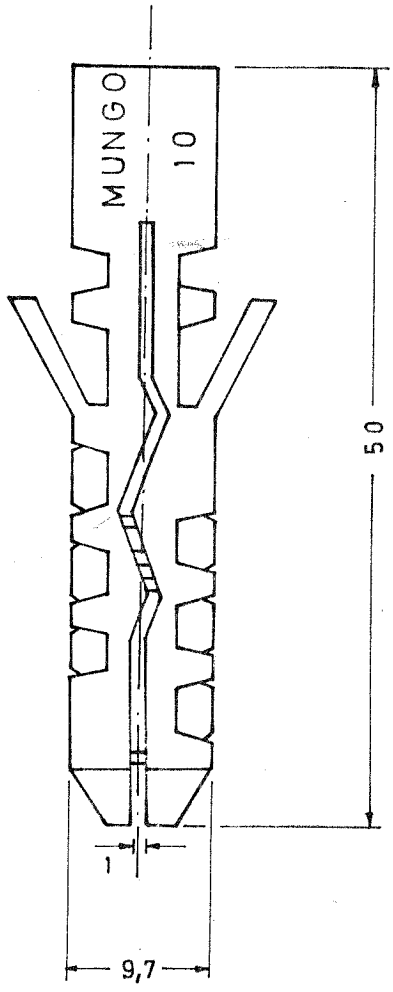


Bild 18: Dübel P
Werkstoff PA

3.4 Schrauben

Für die hier vorgestellten Dübelhülsen werden von den Dübelfirmen z.T. keine Schrauben mitgeliefert. Dies bedeutet, daß frei im Handel käufliche Holzschrauben verwendet werden können. Der Durchmesser wird in den Prospekten in bestimmten Grenzen angegeben. Für die Dübelhülsen der Größe \emptyset 10 sind dies nach Herstellerangaben meistens Holzschrauben der Durchmesser 6 bis 8 mm. Die empfohlene Länge wird so festgelegt:

$$L = \text{Dübellänge} + \text{ca. } 5 \text{ mm} + \text{Anbauteildicke} \\ \text{(Setztiefe)}$$

Die Länge ist dann so gewählt, daß die Spitze der Schraube im allgemeinen über das Ende der Dübelhülse hinausragt. Diese Forderung ist von allen Kunststoffdübelherstellern in annähernd gleicher Form übernommen worden. Die Überlegung dazu ist wohl im Wesen der Holzschraube zu suchen. Nach /1/ sind die Toleranzen dieser Schrauben sehr groß; eine Eigenschaft die bei der oft untergeordneten Verwendung im Holzuntergrund ohne Bedeutung ist - jedoch für diese Art Dübel ist der Außen- und der Kerndurchmesser der Schraube von entscheidender Bedeutung. Durch die oben genannte Einbauvorschrift wird erreicht, daß mindestens der sehr undefinierte Bereich der Schraubenspitze ohne Einfluß auf die Tragkraft ist.

Bild 19 zeigt, daß selbst 5 mm von der Schraubenspitze entfernt noch erhebliche Unterschiede im Schraubenkerndurchmesser auftreten können.

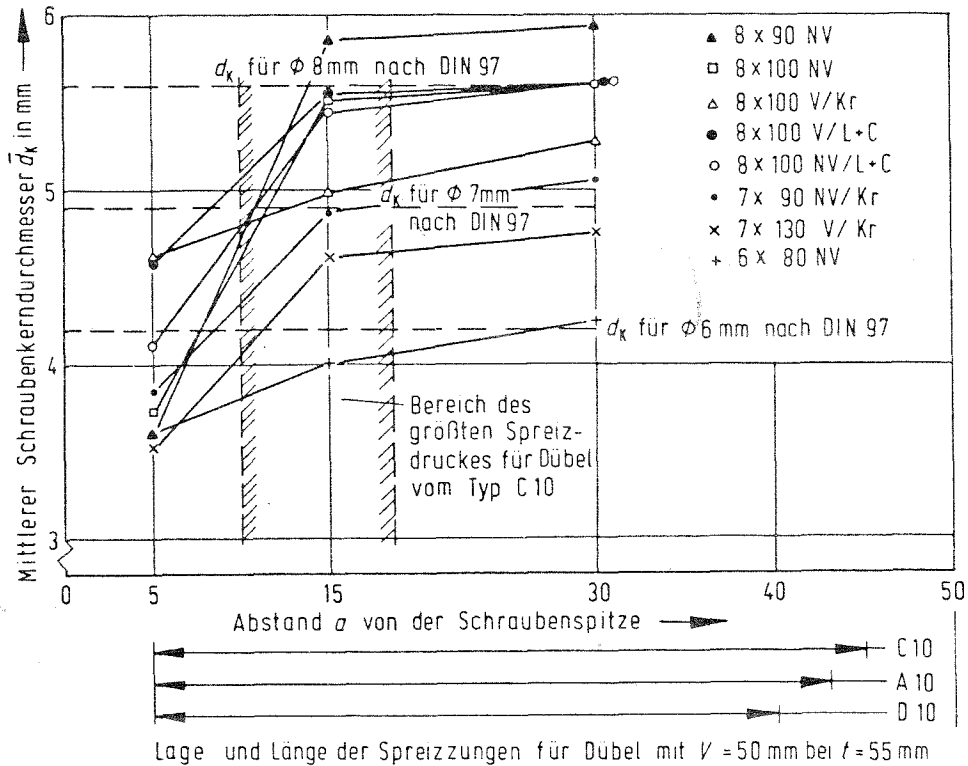


Bild 19: Mittlerer Schraubenkerndurchmesser \bar{d}_K in Abhängigkeit vom Abstand a von der Schraubenspitze aus /1/

3.5 Material

Die chemische Grundstoffindustrie bietet unzählige Variationen von Polymerwerkstoffen an, die für eine Verarbeitung zu Dübelhülsen geeignet erscheinen. Die hier gesammelten Produkte sind aus Polyamid (PA), Polyäthylen (PE) oder Polyvinylchlorid (weich) (PVC) hergestellt; wobei Polyamid den größten Anteil hat. Außerdem wird noch Kunststoffschrott verarbeitet, d.h. Kunststoffabfälle verschiedenster Herkunft und Art werden zu Granulat aufgearbeitet und der Spritzmaschine wieder zugeführt.

Die o.g. Kunststoffe PA, PE, PVC, werden im Normalfall in Form einer "Legierung" angeboten. Speziell bei PA gab es Entwicklungsrichtungen, die zu Mischungen von PA mit anderen Polymeren sowie UV-Stabilisatoren führten.

Die Änderung der Eigenschaften von PA 6 durch Zugabe von Elastomere wird in der Tabelle 1 aus /10/ wiedergegeben.

Tabelle 1: Eigenschaften von PA 6- und PA 66-Legierungen, trocken aus /10/

Eigenschaft	Einheit	Prüfvorschrift	PA 6	PA 66	Legierung aus		
			Standardtyp	Standardtyp	PA 6/PE	PA 66/Elastomeren	PA 6/Elastomeren
Rohdichte	Mg/m ³	DIN 53479	1,14	1,14	1,10	1,09	1,087
Streckspannung	MPa	DIN 53455	85	90	65	50	60
Reißfestigkeit	MPa	DIN 53455	60	90	-	45	45
Reißdehnung	%	DIN 53455	50	40	100	70	100
Zug-E-Modul	MPa	DIN 53457	3200	3400	2650	2100	2100
Grenzbiegespannung	MPa	DIN 53452	120	130	90	75	85
Kerbschlagzähigkeit (+ 23 °C)	kJ/m ²	DIN 53453	3,2	4	9	50	50 bis 60
Izod-Kerbschlagzähigkeit (+ 23 °C, 1/8")	J/m	ASTM D 256	50	-	-	910	1000
Vicat Erweichungstemperatur VST/B	°C	ISO R 180					
		DIN 53460					
		ISO R 306	> 200	> 200	191	-	185 bis 190
Kugeldruckhärte	N/m ²	DIN 53456	130	150	110	90	90
UL-Brennbarkeitstest			V 2	V 2	-	HB	HB

Im Dübelbereich werden zur Zeit hauptsächlich "Legierungen" von PA 6 verwendet.

Die Fa. BASF, Ludwigshafen, bietet dafür z.Zt. zwei Variationen an. Sie werden unter der Produktbezeichnung Ultramid B 3 S und B 3 L geliefert. Alle bisher mit einer Zulassung versehenen Kunststoffdübel werden aus einem dieser beiden Produkte gefertigt. Die mechanischen und thermischen Eigenschaften von B 3 S und B 3 L sind in der Tabelle 2 aus /11/ wiedergegeben.

Tabelle 2: Eigenschaften von Ultramid B 3 L und B 3 S (Richtwerte)
aus /11/

Eigenschaft	Prüfvorschrift ⁵			Dimension	Probekörperzustand	B3L	B3S
	DIN	ISO	ASTM				
I. Mechanische Eigenschaften							
Streckspannung σ_S	53 455	R 527	—	kp/cm ²	trocken ¹ luftfeucht ²	650 400	900 600
Reißdehnung ϵ_R	53 455	R 527	—	%	trocken ¹ luftfeucht ²	100 250	50 150
Elastizitätsmodul (aus dem Zugversuch)	53 457	—	D 634-64T	kp/cm ²	trocken ¹ luftfeucht ²	26 500 12 000	32 000 18 000
Grenzbiegespannung σ_{BB}	53 452	—	D 790-66	kp/cm ²	trocken ¹ luftfeucht ²	1000 400	1300 600
Kerbschlagzähigkeit a_k	53 453	R 179	—	cmkp/cm ²	trocken ¹ luftfeucht ²	12 nicht gebr.	3 nicht gebr.
Schlagzähigkeit $a_n + 23^\circ\text{C}$ $- 40^\circ\text{C}$	53 453	R 179	—	cmkp/cm ²	trocken ¹ trocken ¹	nicht gebr. nicht gebr.	nicht gebr. nicht gebr.
Kugeldruckhärte H_{D10}/H_{C10} H_{C10}/H_{B10}	53 456	—	—	kp/cm ²	trocken ¹ luftfeucht ²	-/1200 -/630	1600/- 700/-
Zeitdehnspannung $\sigma_{1/1000}$ (23/50)	53 444	DR 748	—	kp/cm ²	luftfeucht ²	55	80
Kriechmodul $E_c/1000, \sigma_{200}, 23^\circ\text{C}$	53 444	DR 748	—	kp/cm ²	luftfeucht ²	2500	4400
III. Thermische Eigenschaften							
Wärmeformbeständigkeit bei 18 kp/cm ²	53 461	R 75	D 648-56	°C	trocken ¹	65	97
bei 4,6 kp/cm ²				°C	trocken ¹	190	195
Schmelztemperatur				°C	—	220	220
Temperaturgrenze der Anwendung ³ bis zu einigen Stunden				°C	—	140-160	140-160
bis zu 4 Monaten				°C	—	80-100	80-100
Monate bis Jahre				°C	—	80	80
Längenausdehnungskoeffizient bei 23 °C				10 ⁻⁵ /grad	trocken ¹	6-8,5	7-10
Wärmeleitfähigkeit				kcal/m·h·grad	trocken ¹	0,2	0,2
Spezifische Wärmekapazität				kcal/kg·grad	trocken ¹	0,35	0,4
IV. Verschiedene Daten							
Dichte	—	DR 823	D 1505-63T	g/cm ³	trocken ¹	1,10	1,14
Volumengeschwindigkeit ⁴ bei P = 2,16 kp	53 735	—	D 1238-65T	cm ³ /10 min	—	13	25
bei P = 21,6 kp					—	300	350
Feuchtigkeitsaufnahme im Normalklima 23/50 (Sättigung)				%	—	2,5	2,5-3
Wasseraufnahme bei 23 °C				%	—	9	8,5-10
Brandverhalten nach	—	—	D 635-68	—	trocken ¹	burning by non this test, Brennge- by this schwindig- keit test 0,23 mm/s	burning by this test

4. Abgrenzung des Untersuchungsbereiches

Durch die Vielfalt der Werkstoffe und der Ankergrundarten sind für umfassende Untersuchungen enorme Variationsmöglichkeiten gegeben. Daher wurde für dieses Forschungsvorhaben der zu betrachtende Bereich wie folgt abgegrenzt:

1. Dübelwerkstoffe (Hülse)

Durch die vorhandenen Ergebnisse der Zulassungsversuche war das Verhalten der Dübel aus dem Werkstoff Polyamid bereits bekannt. Da die genauen Produktionszahlen nicht bekannt gegeben werden, war der Anteil der Dübel aus Polyamid am Gesamtumsatz nicht zu ermitteln. Allein aus den Produktionsmengen der größten Hersteller muß aber angenommen werden, daß wenigstens 60% der Kunststoffdübel aus Polyamid hergestellt werden. Es wurden daher für das Forschungsvorhaben Dübel aus dem Werkstoff Polyamid (unverstärkt, ohne Füller, geringe Anteile anderer Polymere) gewählt; nur Tastversuche mit PE und PVC.

2. Schraube

Es wurden Holzschrauben ausgewählt, deren Form über einen großen Bereich der Schraubenlänge zylindrisch ausgebildet ist (Bild 20). Diese Art Schrauben (z.B. Pozi-Schrauben) wird für alle bisher zugelassenen Kunststoffdübel verwendet.

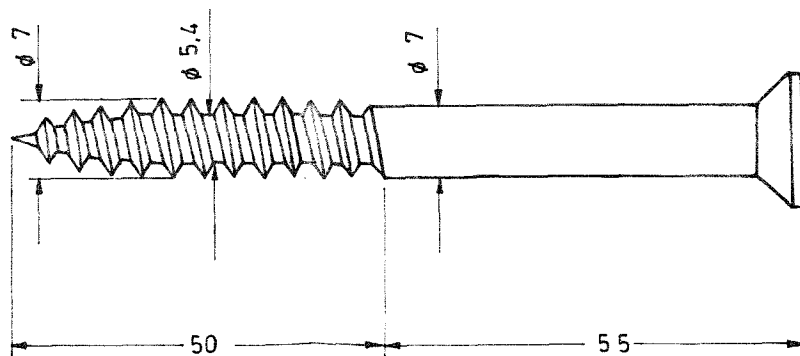


Bild 20: Holzschraube 7 x 105

3. Dübelgröße

Wiederum wegen der Vergleichbarkeit mit den Versuchen für bauaufsichtliche Zulassungen wurde der Nenndurchmesser 10 mm gewählt. Dies entspricht dem Dübelhülsenaußendurchmesser bzw. dem Nenndurchmesser des zu verwendeten Bohrers.

4. Bohrer, Bohrmaschine

Als Bohrmaschine wurden Hammerbohrmaschinen mit den zugehörigen Hammerbohrern gewählt. Die Hammerbohrer hatten Hartmetallschneiden - entsprechend einer vorläufigen Vereinbarung - von 10,1 bis 10,45 mm als größten Schneidendurchmesser.

5. Ankergrund

Unter dem Eindruck der unzähligen Fassadenbekleidungen, abgehängten Decken, Rohrleitungen, die mittels Dübel am Beton befestigt wurden, wurde als erster Schritt der Ankergrund "Normalbeton" gewählt. Er kann folgendermaßen beschrieben werden:

Festigkeitsklasse B15 bis B55

Sieblinie im brauchbaren bis guten Bereich,
keine Ausfallkörnungen.

Korngröße 0/16 oder 0/32 (B 16 bzw. B 32)

Beispiel einer Mischung:

Zusammensetzung des Betons und Frischbetoneigenschaften

Zusammensetzung des Betons						Frischbetoneigenschaften		
Zement Art	Zement Menge (kg/m ³)	Zuschlagsstoffe Menge (kg/m ³)	Zuschlagsstoffe Sieblinie	Wasser Menge (kg/m ³)	W/Z	Rohdichte (kg/dm ³)	Ausbreitmaß (cm)	Verdichtungsmaß
PZ35F	195	1940	~B16	175	0,9	2,27	38	-

Die Würfeldruckfestigkeit nach 28 Tagen lag zwischen 20 und 25 N/mm².

5. Untersuchungen der "Wirklichkeit"

5.1 Bohrlöcher

5.1.1 Herstellung der Bohrlöcher

Die zu beurteilenden Bohrlöcher wurden in Betonwürfeln (Kantenlänge 20 cm) hergestellt, die z.T. vor der Versuchsdurchführung mit einer Betonsäge mittig zertrennt wurden. Die beiden Würfelhälften wurden anschließend wieder zusammengespannt und das Bohrloch hergestellt, dabei wurde die Spitze des Bohrers auf die Fuge aufgesetzt. Die Bohrmaschine wurde von Hand geführt; ein Bohrständler wurde für diese Untersuchungen nicht benützt. Bohrlöcher, die Bestandteil älterer Dauerstandversuche waren, wurden durch Einsägen der Betonwürfel und anschließendes Aufspalten der Restbetonfläche zugänglich gemacht. Dieses Verfahren wurde gewählt, da gleichzeitig der Dübel entnommen werden sollte, ohne daß dieser eine Erwärmung oder Formänderung bzw. Materialveränderung erleidet. Beide Verfahren hatten den Nachteil, daß die vorgegebene Bohrlinie nicht unbedingt in der Schnitt- bzw. Spaltebene des Würfels lag, daraus ergaben sich scheinbare Verjüngungen zur Bohrlinie. Dies wurde bei der Bestimmung der Bohrlochgeometrie berücksichtigt.

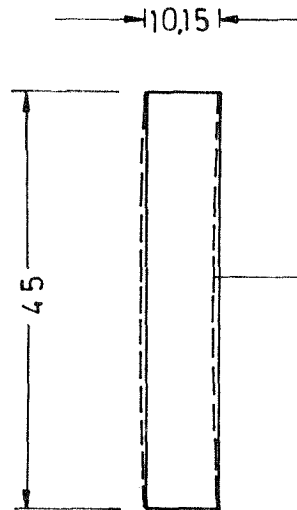
5.1.2 Bohrlochgeometrie

Ermittelt wurde die Abweichung der Mantellinie des tatsächlichen Bohrloches im Vergleich zu dem eines idealisierten Bohrloches, das einen Zylinder mit einer angesetzten Kegelspitze darstellen müßte.

Die Abweichungen von dieser Idealform kommen dadurch zustande, daß der Bohrer eine gewisse Flexibilität besitzt. Diese resultiert aus dem relativ kleinen Querschnitt der Seele im Vergleich zum Nenndurchmesser. Die Flexibilität und die durch das Spiel in der Aufnahme der Bohrmaschine gegebene Bewegungsfreiheit ermöglichen es dem Bohrer bei der Herstellung des Bohrloches besonders harte Zuschlagkörner zu umgehen, falls diese nur mit wenigen Zentimetern in die vorgegebene Bahn des Bohrers hineinragen.

Die Bilder 21 bis 29, Seiten 33 bis 41, zeigen Bohrlöcher, die wie unter Punkt 5.1.1 beschrieben hergestellt wurden; dazu die idealisierten Bohrlochformen und die ermittelte maximale Abweichung, die z.T. bis zu 1,8 mm groß ist.

Abweichungen von der Kreisform wurden nicht ermittelt, da das Verfahren dazu zu aufwendig war und für die Zielsetzung dieses Forschungsvorhabens nicht von großer Bedeutung zu sein schien. Die Hartmetallschneide der Hammerbohrer hatte einen maximalen Durchmesser von 10,2 mm.



Bohrloch 1a

-----Abweichung beim Bohren

Max. Abweichung 0,8 mm

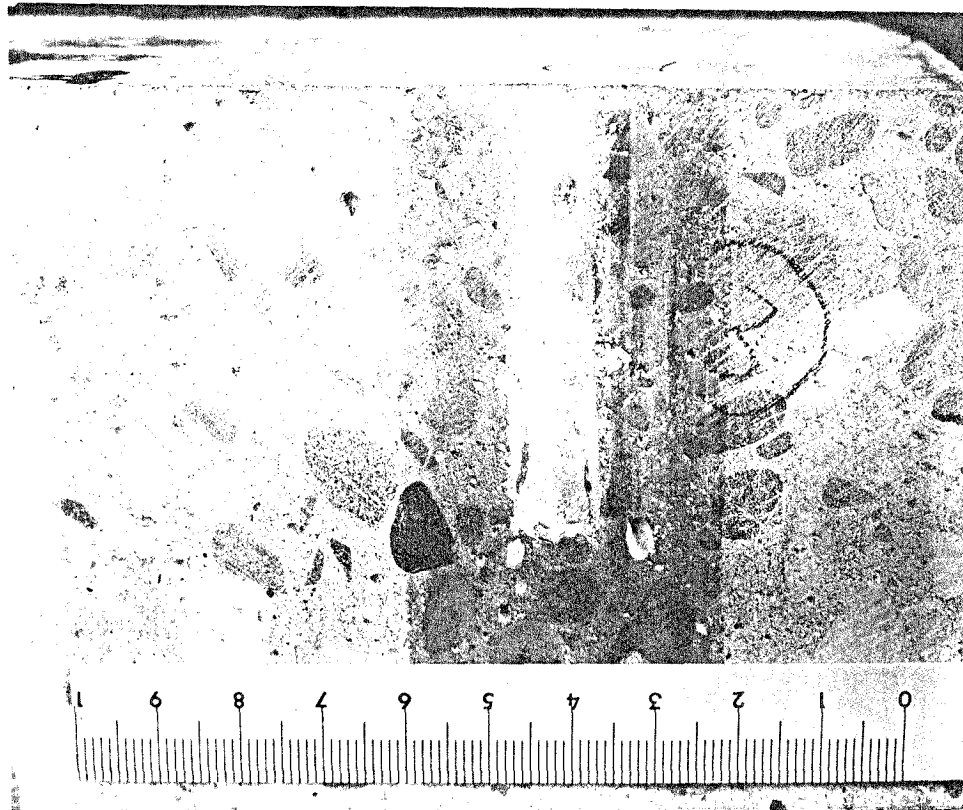
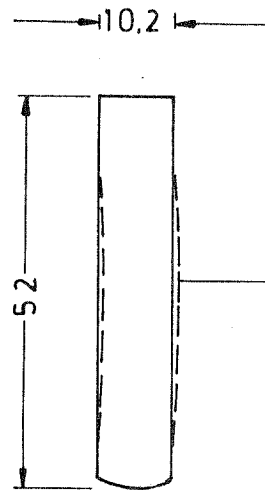


Bild 21: Bohrloch 1a



Bohrloch 1

--- -Abweichung beim Bohren

Max. Abweichung 0,7 mm

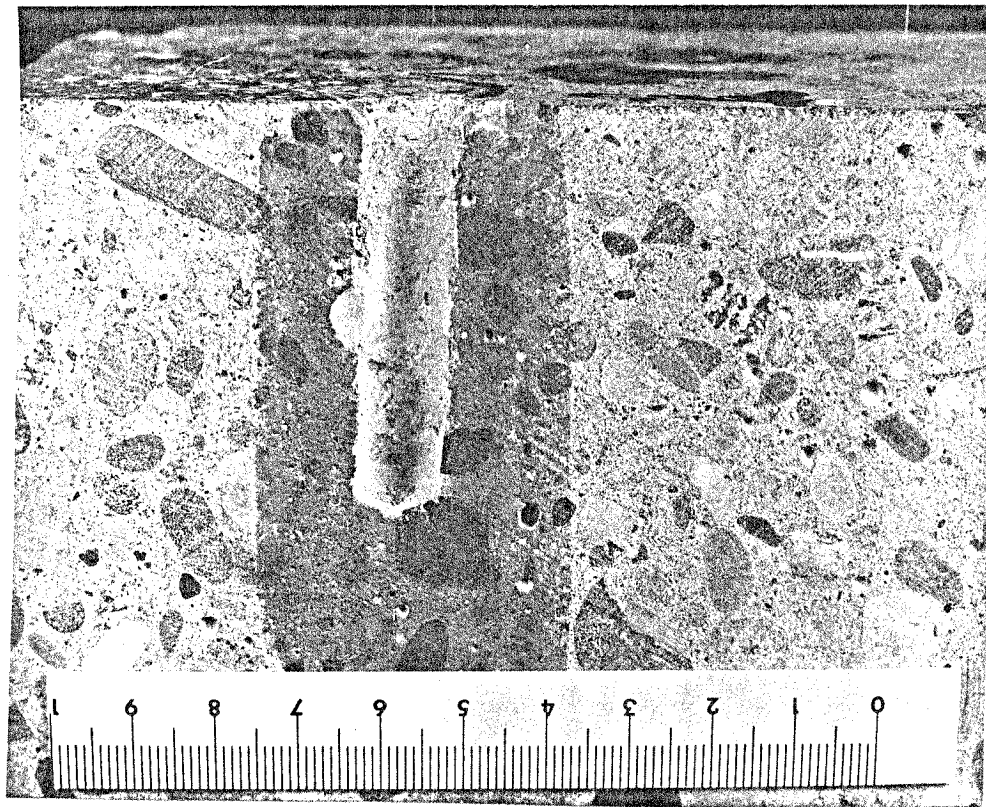
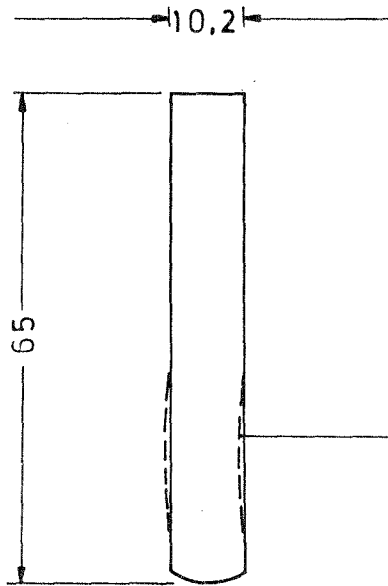


Bild 22: Bohrloch 1



Bohrloch 2a

--- Abweichung beim Bohren

Max. Abweichung

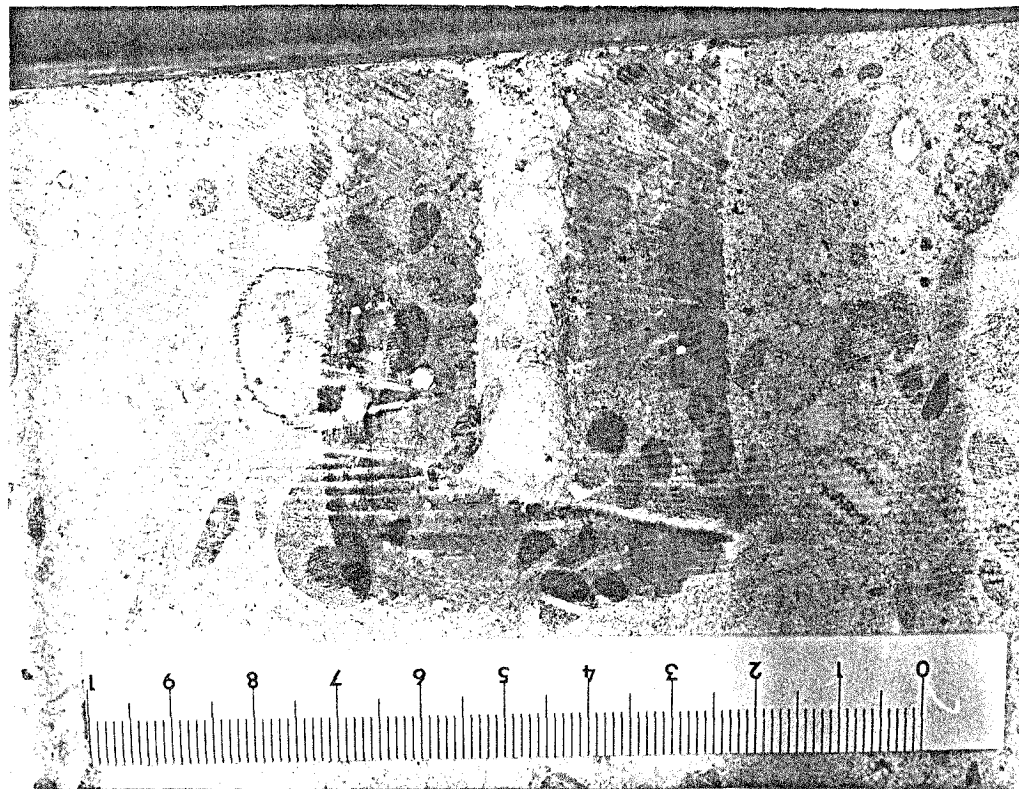
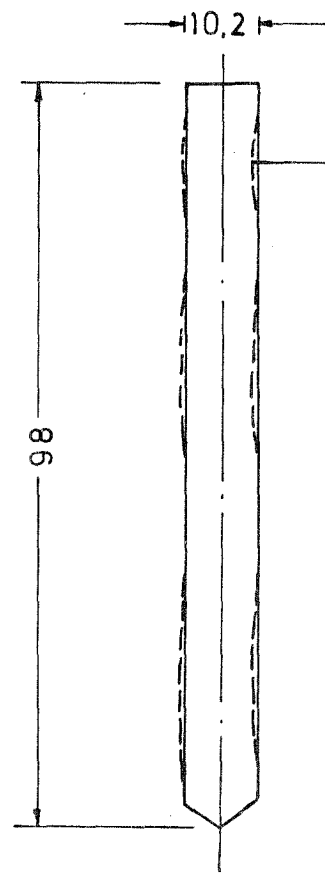


Bild 23: Bohrloch 2a



Bohrloch 3 b

Max. Abweichung 1 mm

----- Abweichung beim Bohren

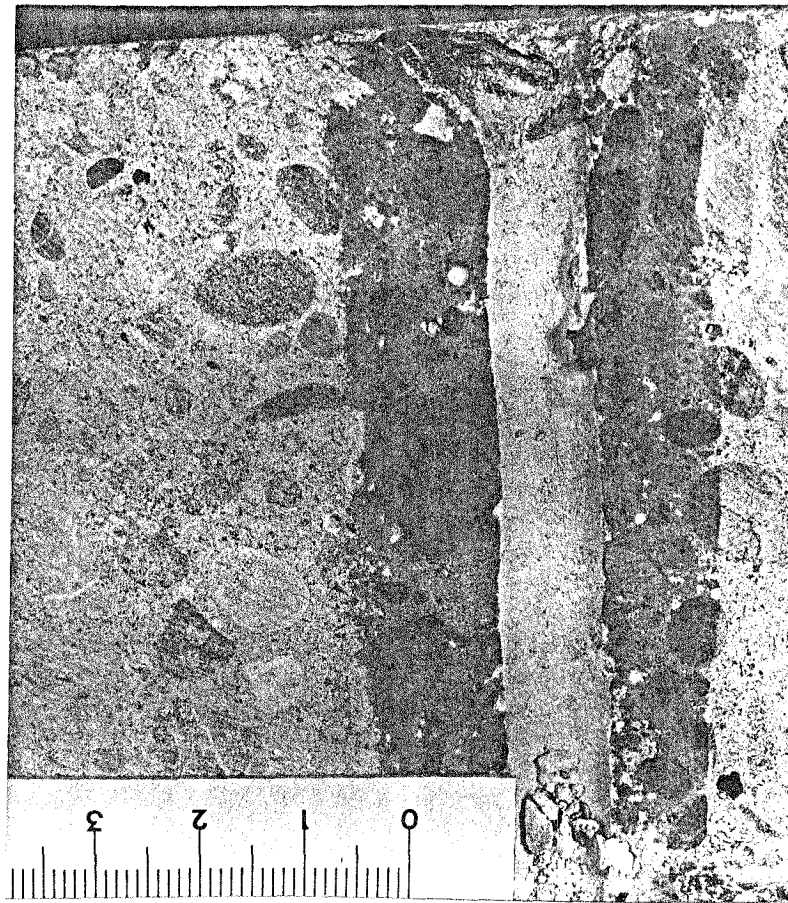
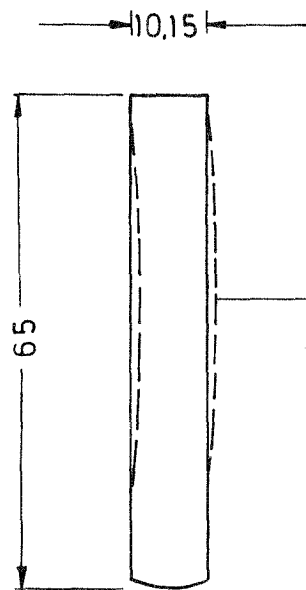


Bild 24: Bohrloch 3b



Bohrloch 3c

----Abweichung beim Bohren

Max. Abweichung 1,1 m

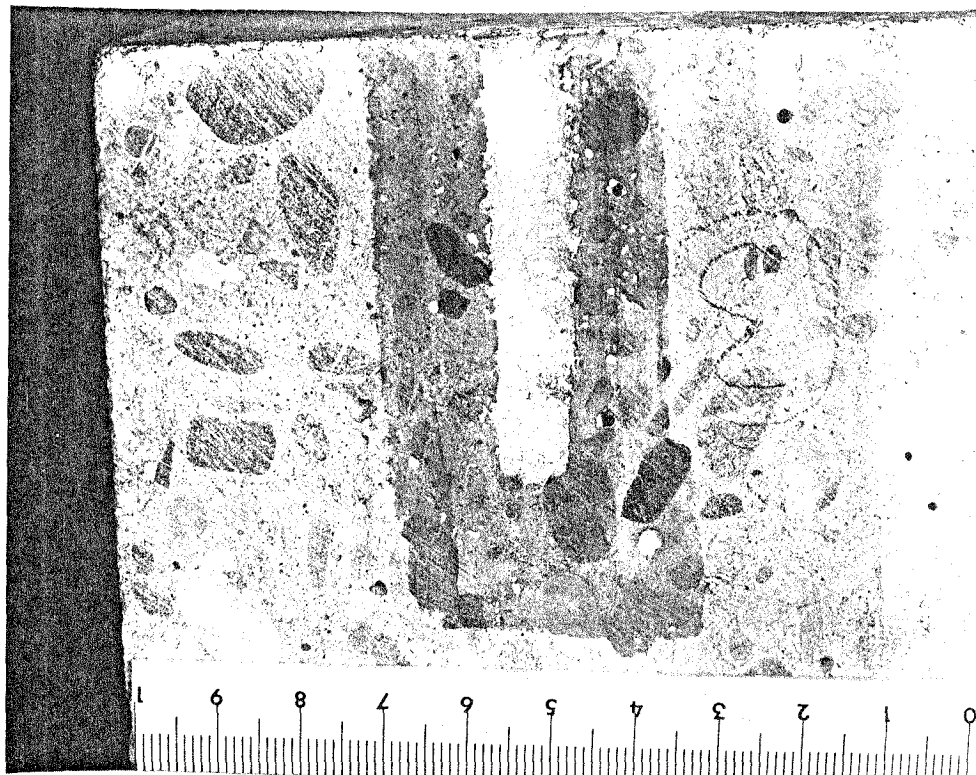
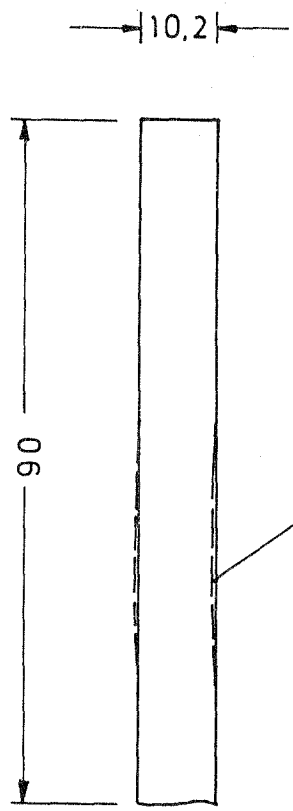


Bild 25: Bohrloch 3c



Bohrloch 4

----- Abweichung beim Bohren
max. Abweichung 0,6 mm

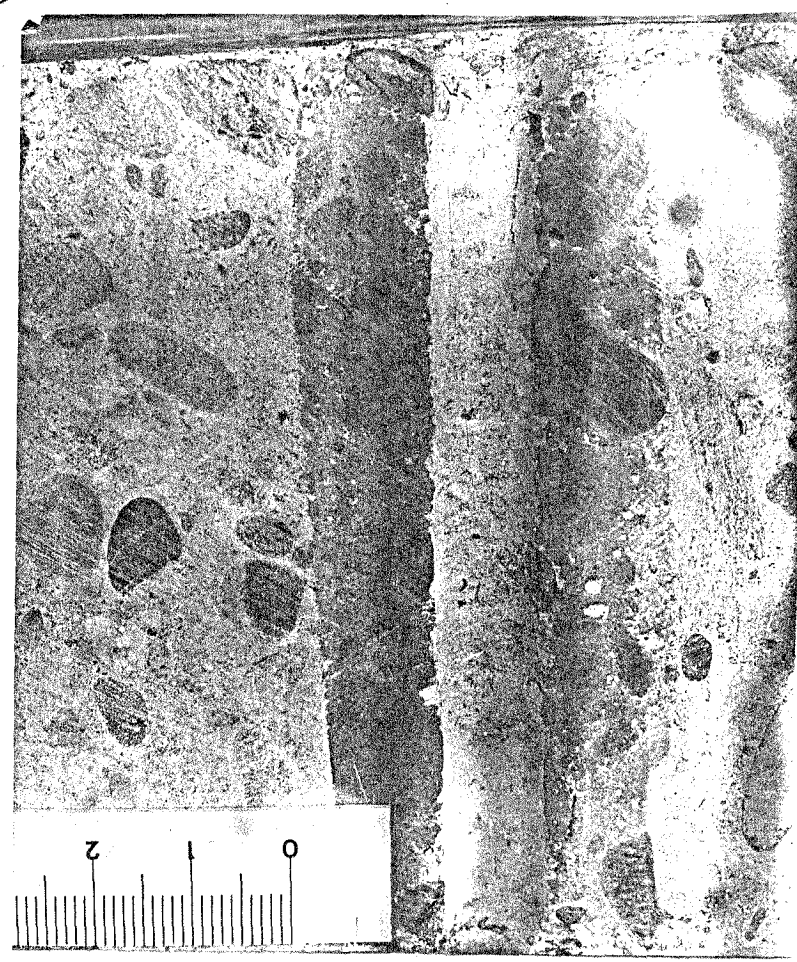


Bild 26: Bohrloch 4

Bohrloch 5

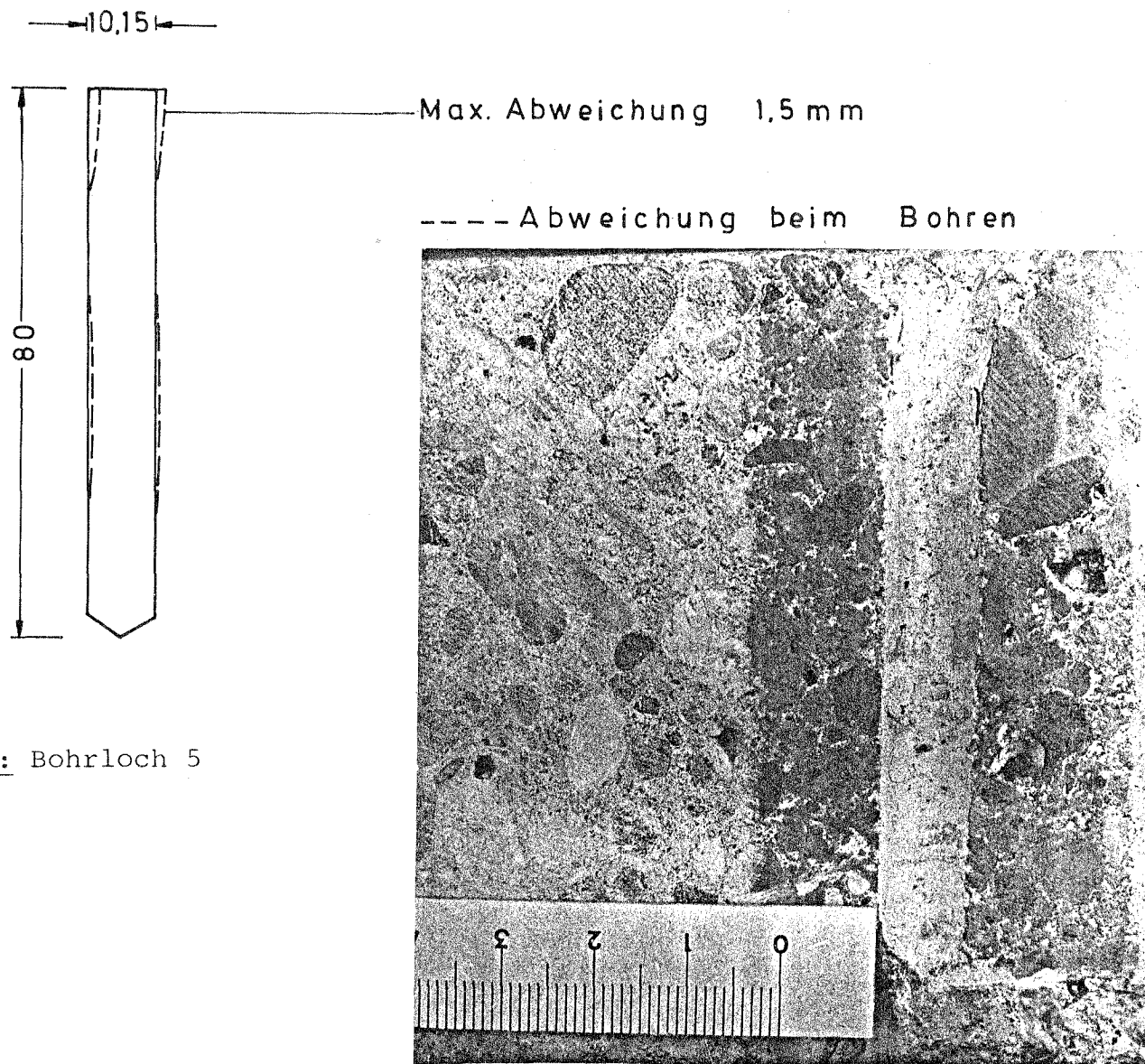
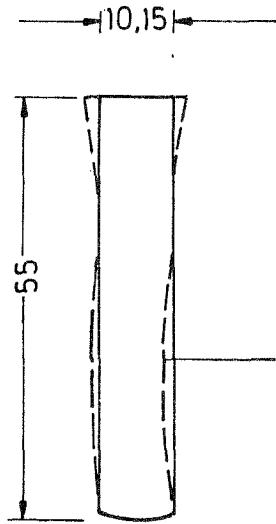


Bild 27: Bohrloch 5



Bohrloch 6

-----Abweichung beim Bohren

Max. Abweichung 1,8 m m

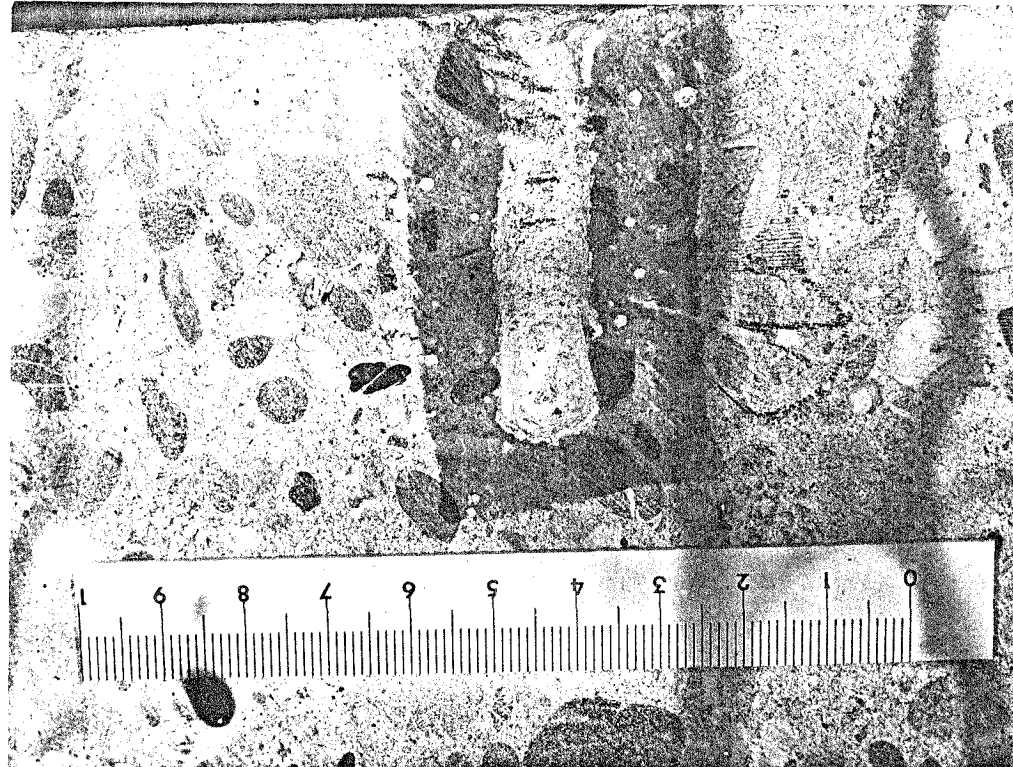


Bild 28: Bohrloch 6

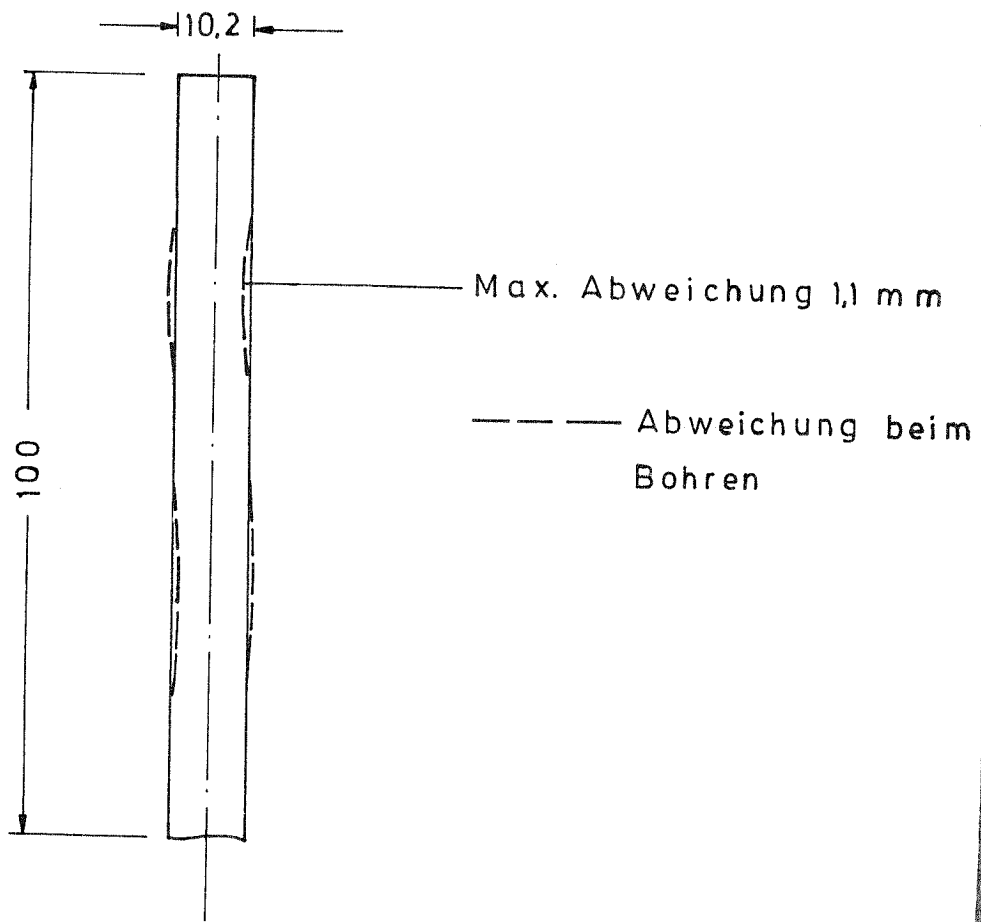
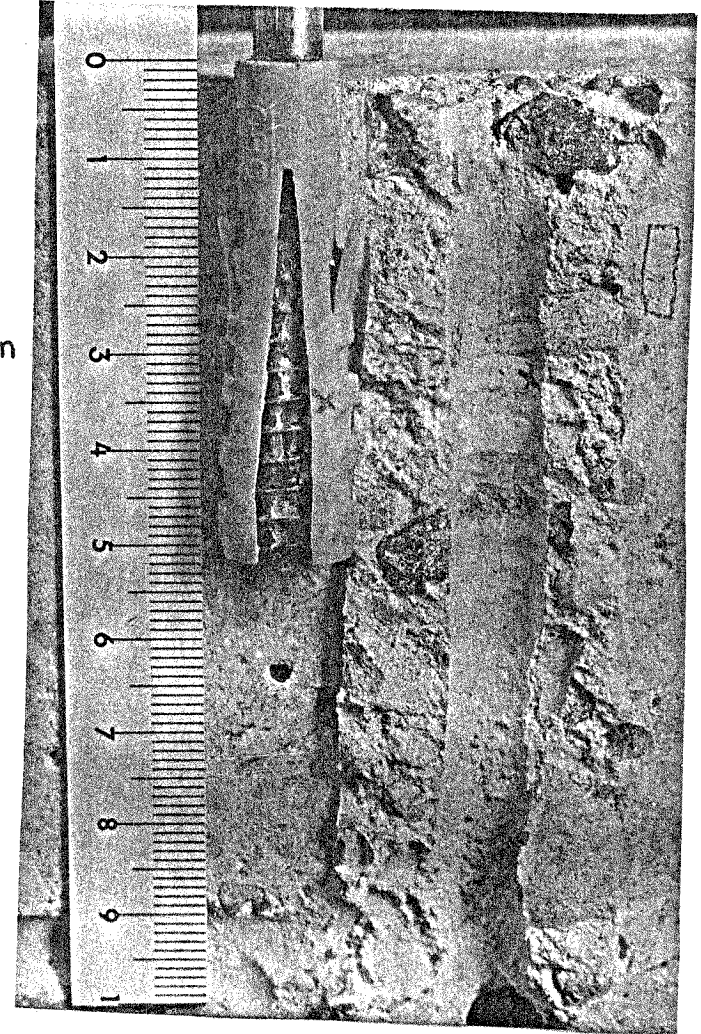


Bild 29: Bohrloch 7



5.1.3 Rauigkeit der Bohrlochwände

Die Rauigkeit der Bohrlochwände wurde mit Hilfe eines Perthometers bestimmt. Dabei war die Oberfläche des Bohrloches nicht gesondert gereinigt worden; d.h. daß Bohrmehl kleiner Korngröße auf der Bohrlochwand haftete bzw. durch den Dübeleinbau in die Bohrlochwand eingedrückt wurde.

Auf Bild 31, Seite 43 ist ein Bohrloch in seiner Gesamtlänge von 50 mm ausgemessen, wobei die obersten zwei Millimeter wegen des Bohreransatzes (Absprengungen) nicht meßbar waren. Es ergab sich auf der gemessenen Linie eine spezifische Rauhtiefe die wie folgt charakterisiert werden kann:

$$R_T = 137 \mu\text{m} \quad R_P = 71,5 \mu\text{m} \quad R_A = 13,8 \mu\text{m} \quad R_{\text{max}} = 178,3 \mu\text{m}$$

Die Bilder 32 bis 35, S.44/47, zeigen Originalaufschriebe von Rauigkeitsmessungen an Bohrlochabschnitten.

Gemessen wurde die Rauigkeit an einer im Prinzip willkürlich gewählten Linie, die sich jedoch durch den Versuchsaufbau zwangsläufig ergab (siehe Skizze).

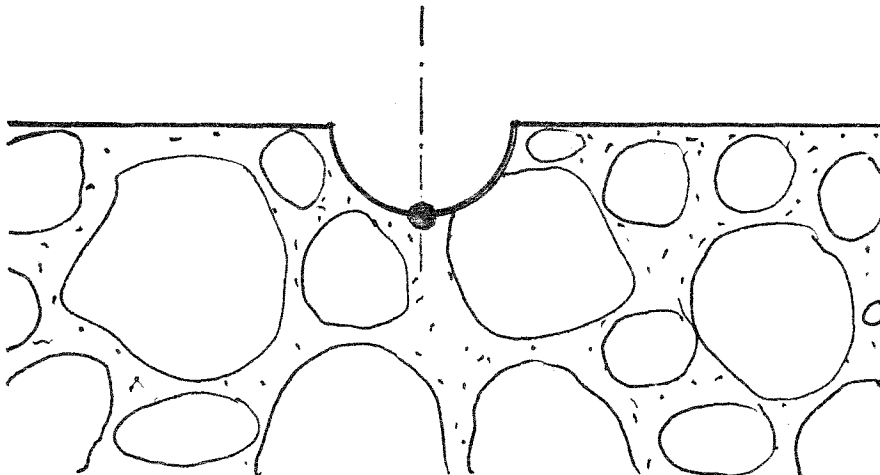


Bild 30: Lage der Meßlinie

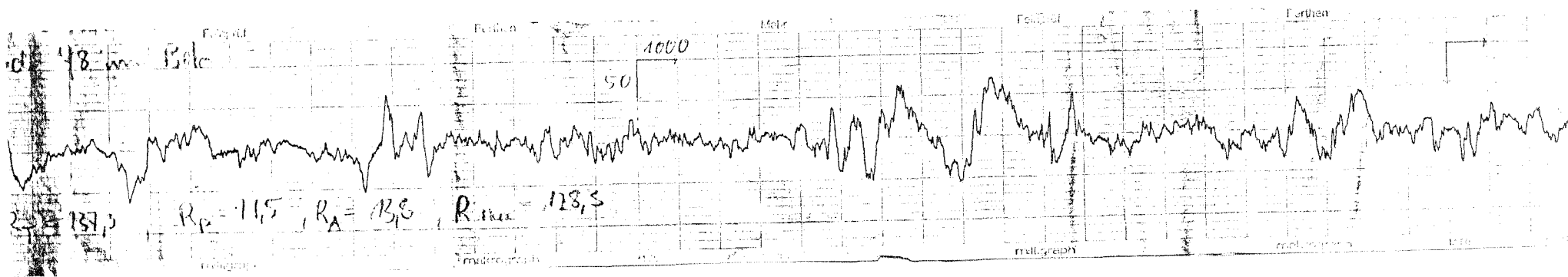


Bild 31: Rauigkeitsmessung Bohrloch 7
Bohrlochlänge 50 mm

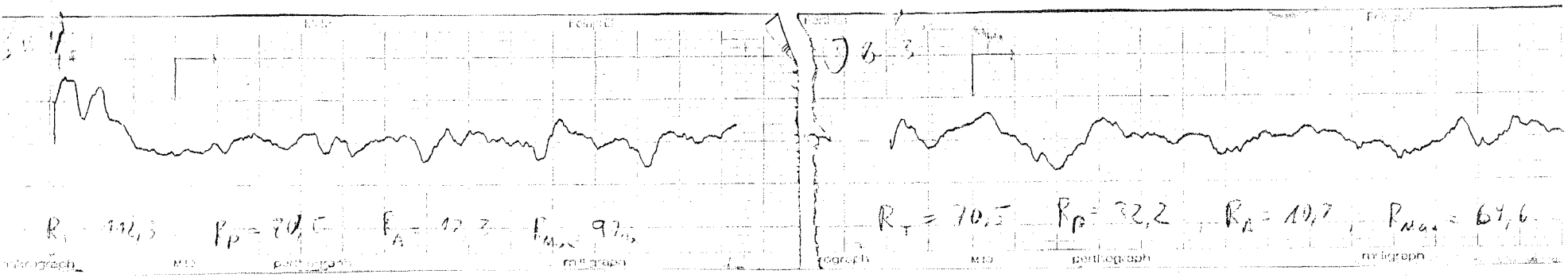
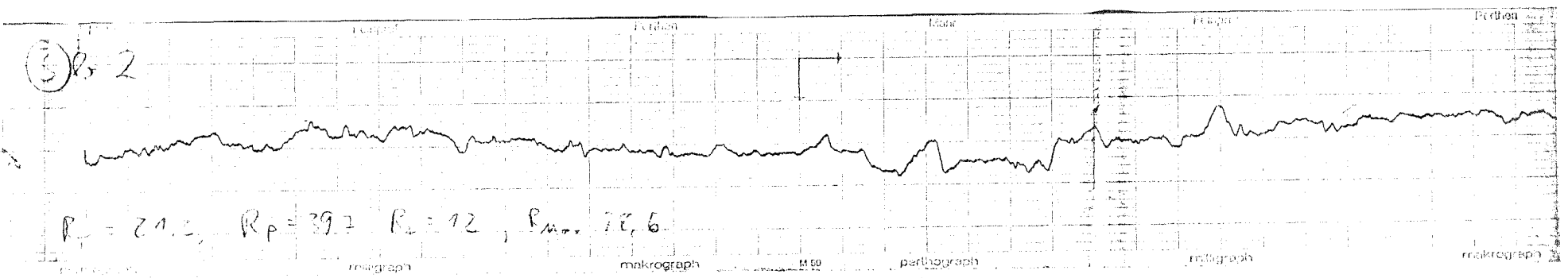
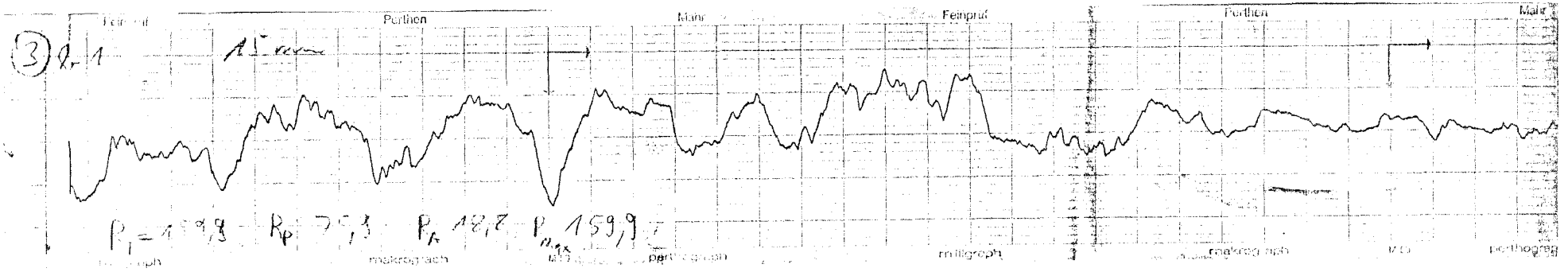


Bild 32: Rauigkeitsmessung Bohrloch 3

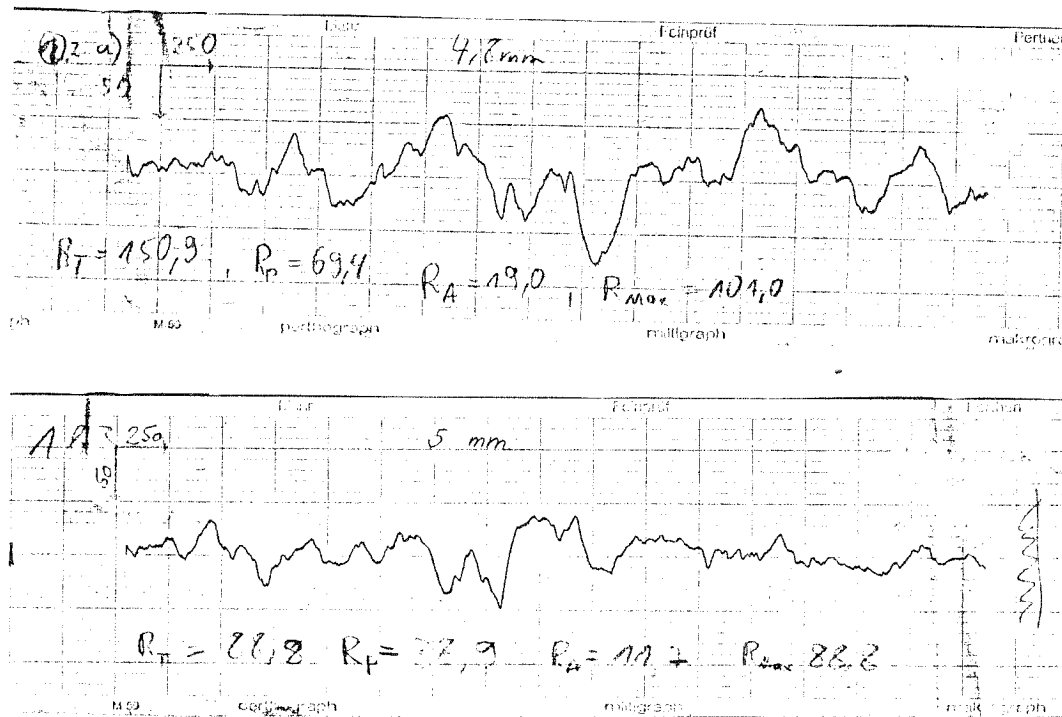


Bild 33: Rauigkeitsmessung Bohrloch 2

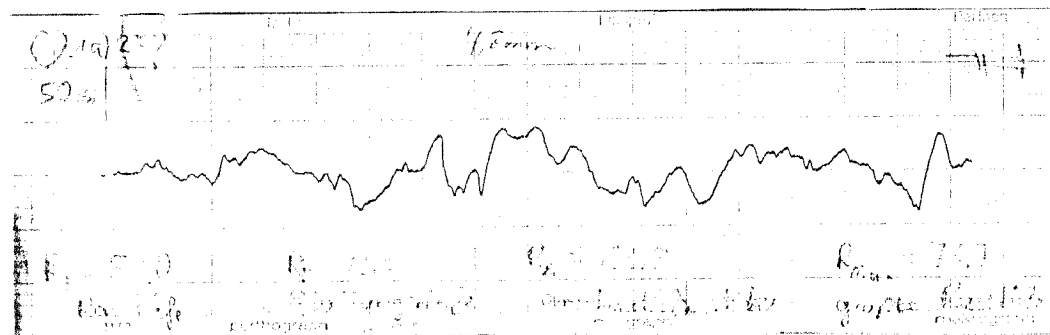
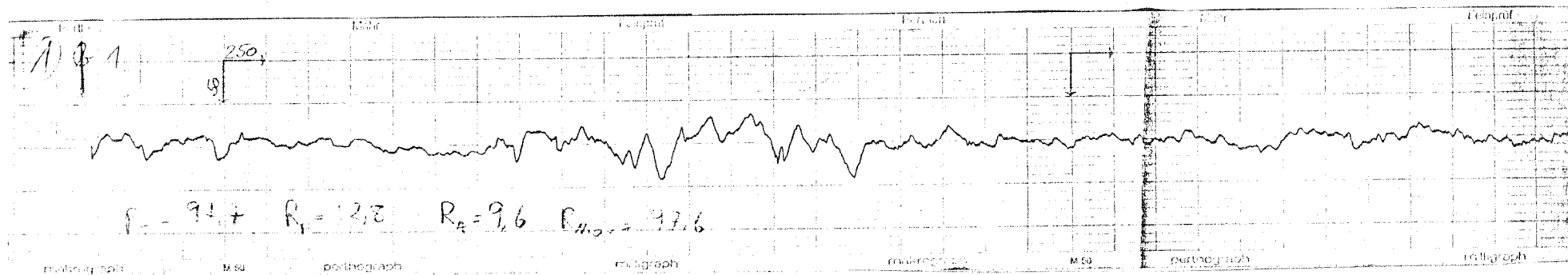
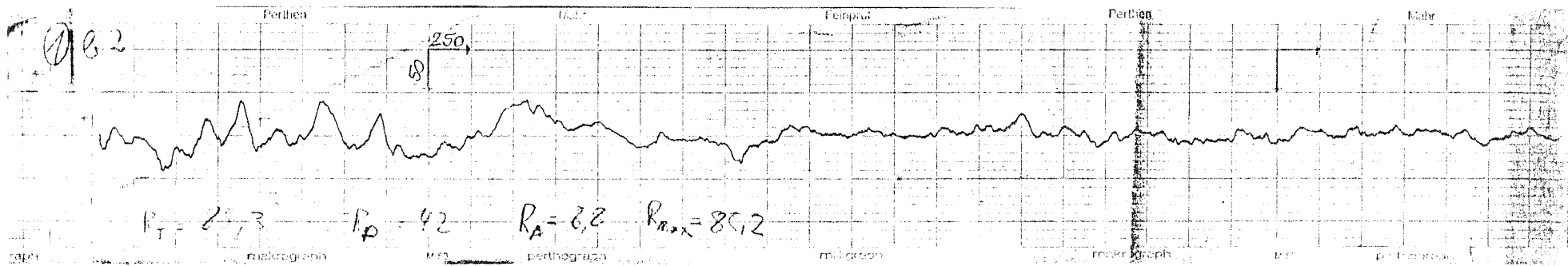


Bild 34: Rauigkeitsmessung Bohrlöcher 1a und 1b

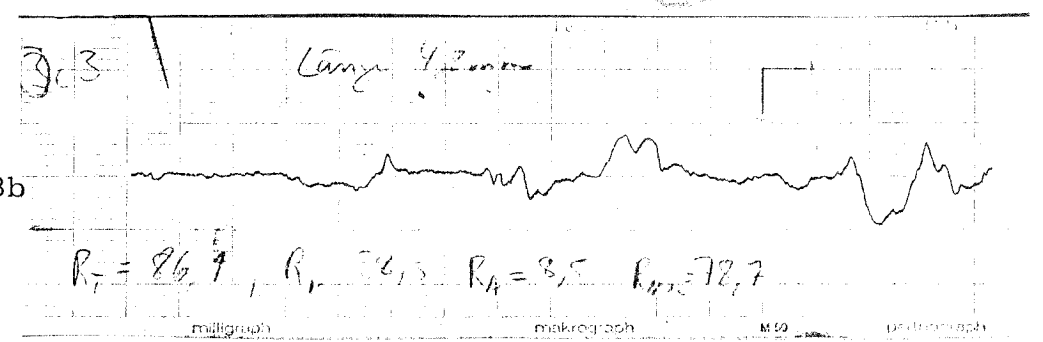
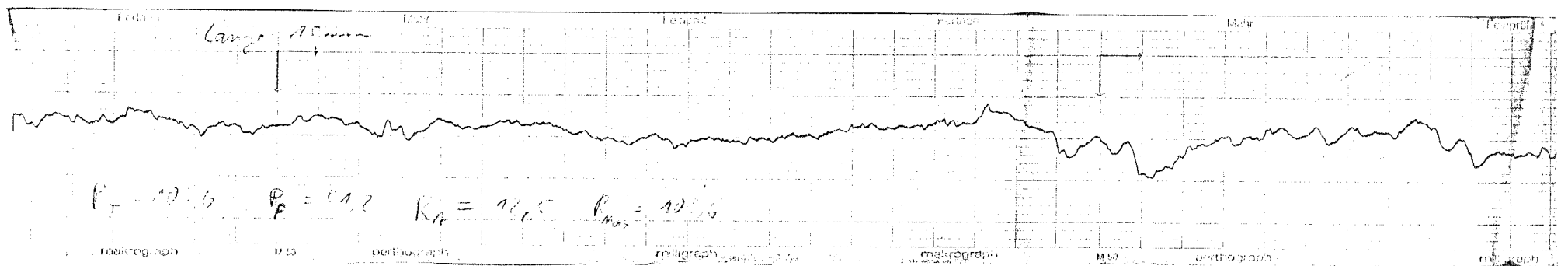
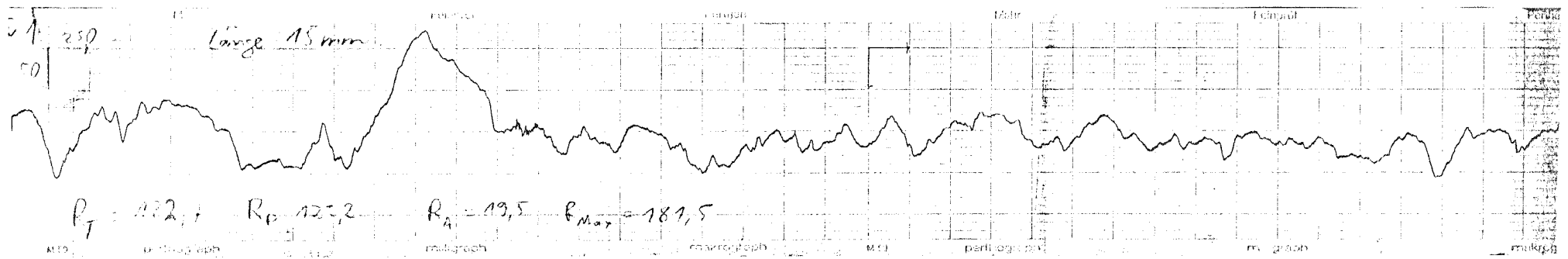


Bild 35: Rauigkeitsmessung Bohrlöcher 3a u. 3b

Tabelle 3:
Ergebnisse der Rauigkeitsmessung

R_T	R_P	R_A	R_{max}
μm			
160	76	19	160
81	40	12	79
112	81	12	98
70	32	11	70
151	70	19	101
89	39	12	89
85	42	9	85
98	53	10	98
82	42	13	74
183	125	20	181
105	51	13	104
87	32	9	79

Einzelne angeschnittene Poren verfälschen die Ergebnisse besonders im Hinblick auf spätere Weiterverwendung: Sie zeigen einen großen Rauigkeitsgrad an - sind aber für das Tragverhalten des Dübels nicht unbedingt ausschlaggebend, da das Zusammentreffen Pore / Dübelkörper nicht zwingend ist. Die Dübelhülse ist in den meisten Fällen mit Rippen versehen und diese werden nur an einem Teil der zur Verfügung stehenden Wandfläche anliegen.

5.2 Anpreßfläche (Kontaktfläche)

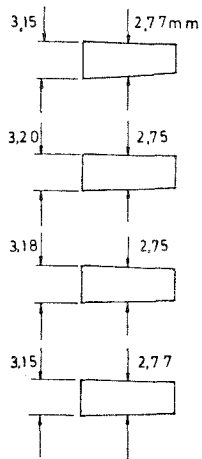
Ein wesentliches Kriterium für das Tragverhalten der Kunststoffdübel ist das Zustandekommen einer Kontaktfläche zwischen Bohrlochwand und Dübelhülse. Die Form dieser Kontaktfläche wird sowohl durch die äußere Dübelkontur als auch durch die Höhe des Anpreßdruckes bestimmt. Ein Anhalt über die Größe und Form der Kontaktflächen konnte man bei einigen Bohrlöchern erhalten:

Das Anpressen der Dübelhülse an die Bohrlochwand drückte Bohrstaub der noch an der Bohrlochwand saß in die Poren des Betons und wurde verdichtet. Es wurde dadurch eine quasi geschlossene glatte Fläche erzeugt. Diese hob sich in Farbe und Aussehen deutlich von der übrigen Bohrlochwandung ab. Leider konnten diese "Abdrücke" nur ungenau ausgemessen werden, da die Begrenzung der Abdruckflächen nur über eine Schattenbildung durch schräg einfallendes Licht zu sehen war. Die Messung erfolgte mit einem Werkzeugmeßmikroskop, das eine digitale Anzeige für Längenmessungen besaß.

Die Dübel waren für diese Versuche in das Bohrloch bei ca. 22°C/50% rel. Luftfeuchte eingebaut worden. Nach einer Standzeit von 20 Tagen - ohne äußere Last - wurde das Aufspalten der Betonwürfel vorgenommen. Die Feuchtigkeit der Dübelhülsen lag während des Versuches zwischen 2 und 3%.

Die Hartmetallschneide der Hammerbohrer hatte einen maximalen Durchmesser von 10,3 mm.

Dübel N

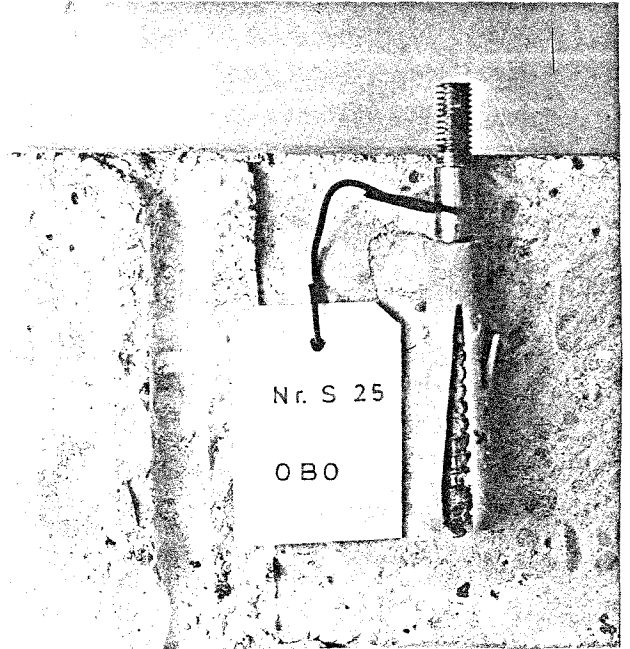
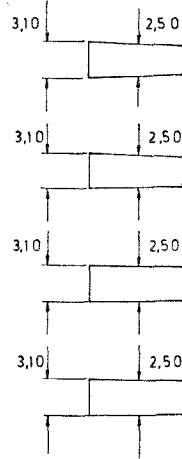


①

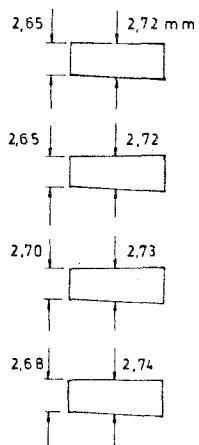
②

③

④



Dübel E

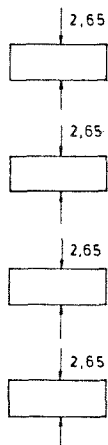


①

②

③

④



Abdruck

Dübel nicht eingebaut

Bild 36: Messung von Kontaktflächen

5.3 Anpassung

Die durch das Eindrehen der Schraube erzeugten Kontaktflächen müssen sich an ihre vorgegebene Umgebung anpassen. Ursprünglich aufgebaute Spitzendrücke, die bereits durch aufliegende Sandkörner entstehen können, werden nach wenigen Minuten oder Stunden abgebaut durch das Kriechen des Kunststoffes. Die im Vergleich zum Beton relativ große Kriechneigung des Kunststoffes gestattet es der Dübelhülse ihre Kontaktfläche an die Oberflächenstruktur der Bohrlochwand anzupassen. Der Nachweis, wie weit diese Anpassung stattfindet, sollte am Modell geführt werden. Zwei Messungen wurden am tatsächlichen Bohrloch durchgeführt. Sie lassen an Dübelhülse und Bohrlochwand ähnliche Rauigkeitsverhältnisse bereits nach wenigen Stunden (48 Std.) Standzeit erkennen. Extreme Vertiefungen werden nicht ausgefüllt; insgesamt erfolgt eine Glättung. Die Genaue Zuordnung ist jedoch wegen der Empfindlichkeit der Messung gegenüber einem geringen Versatz in der Längsachse nicht möglich (Bilder 37 bis 39, S.52 bis 54).

Die Dübel waren wieder wie unter Pkt. 5.2 beschrieben vorbereitet, d.h. die Konditionierung war über längere Zeit bei 22 °C 50% rel. Luftfeuchte erfolgt und während der Versuchsdurchführung waren ebensolche Klimabedingungen.

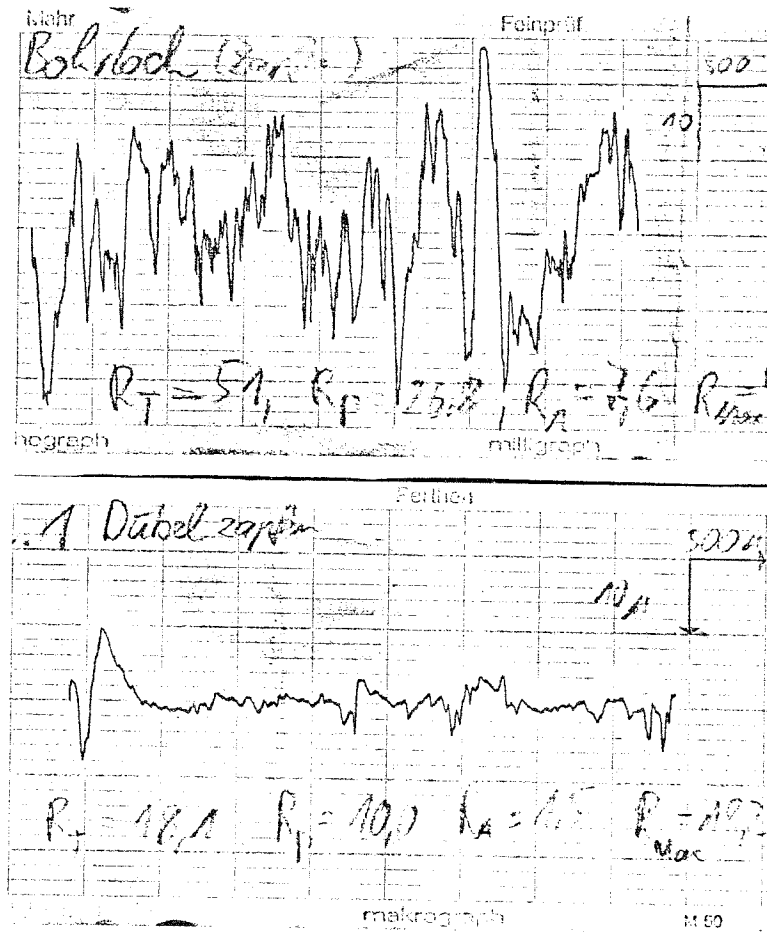


Bild 37: Anpassung einer Dübelrippe an die Bohrloch-
oberfläche
Dübel N Standzeit 1 Tag

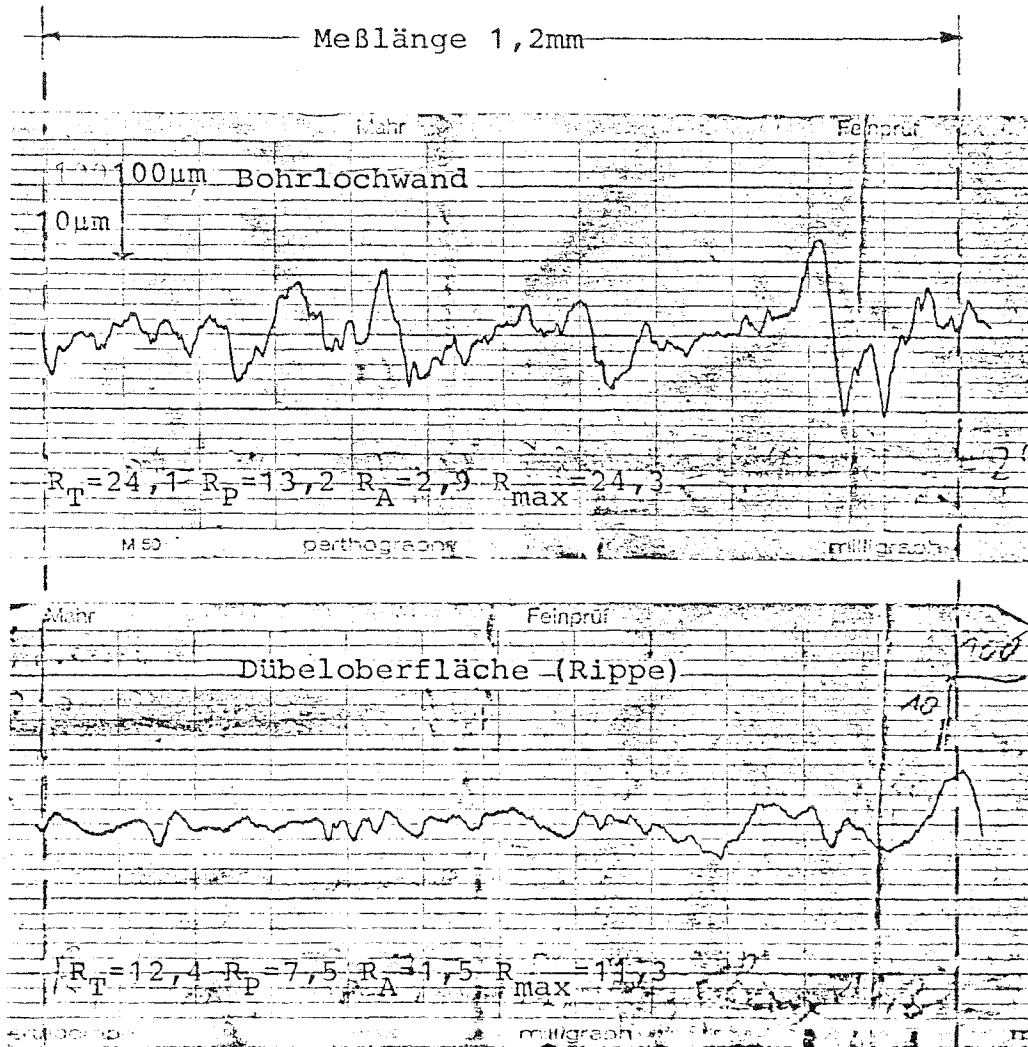


Bild 38: Anpassung einer Dübelrippe an die Bohrlochoberfläche
Dübel K Standzeit 1 Tag

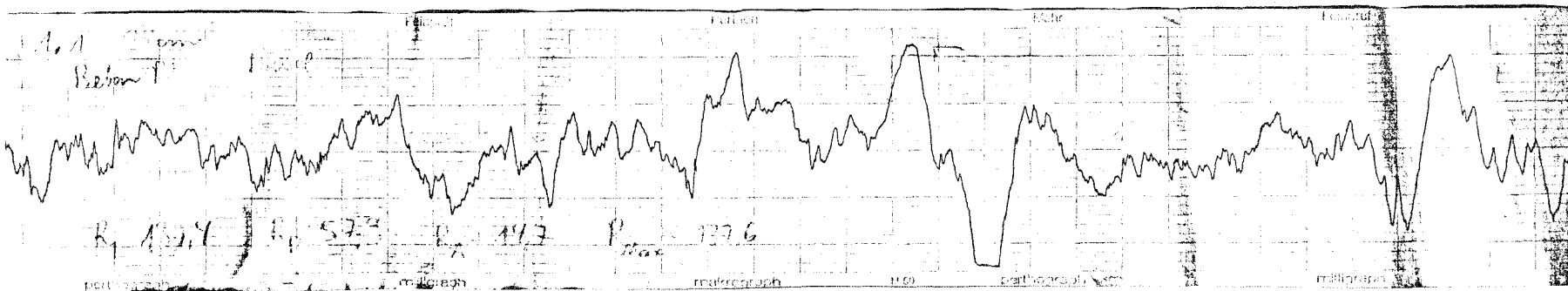
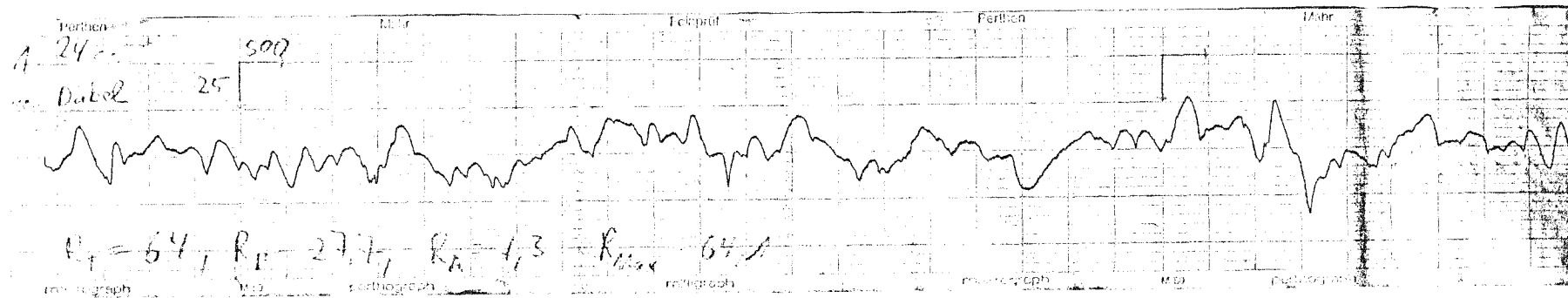


Bild 39: Anpassung einer Dübelrippe an die Bohrlochoberfläche
 Dübel B Standzeit 1 Tag

5.4 Formänderung

Die bisher beschriebenen Formänderungen und Anpassungen der Dübelhülse geschahen immer ohne äußere Lasteinwirkung und resultierten nur aus dem Eigenspannungszustand der durch die Montage der Schraube hervorgerufen wurde.

Äußere Dauerlasten erzeugen eine Verschiebung in Richtung der angreifenden Kraft. Innerhalb der Zulassungsversuche wurden die Verschiebungen nicht analysiert oder zerlegt sondern lediglich als Gesamtverschiebung, wie sie für das anzuschließende Bauteil nur interessant ist, angegeben. Um die Veränderung der äußeren Form der Dübelhülse erkennen zu können, wurden Dauerstandversuche angesetzt (bei 23°C/50% rel. Luftfeuchte). Die axialen Zuglasten betragen das 0,8 bis 0,9fache der Bruchlast.

Nach einer Standzeit von 12 bzw. 16 Monaten wurden die Dübel entlastet. Die Gesamtverschiebung des Schraubenkopfes gegenüber der Betonoberfläche betrug bis zu diesem Zeitpunkt zwischen 0,2 und 0,8 mm. Es wurde nun der Betonkörper gespalten und die Dübel herausgenommen. Die sonst nach einem Dauerstandversuch üblicherweise ermittelte Resttragfähigkeit wurde hier nicht bestimmt, um die Kontaktflächen der Dübelhülse nicht zu verändern.

Die Bilder 40, 41, 42 und 43 zeigen die Veränderung der Dübelaußenkontur. Die Verschiebung der Rippenfläche beträgt maximal etwa 0,5 mm.

Die Hartmetallschneide der Hammerbohrer hatte einen maximalen Durchmesser von 10,4 mm.

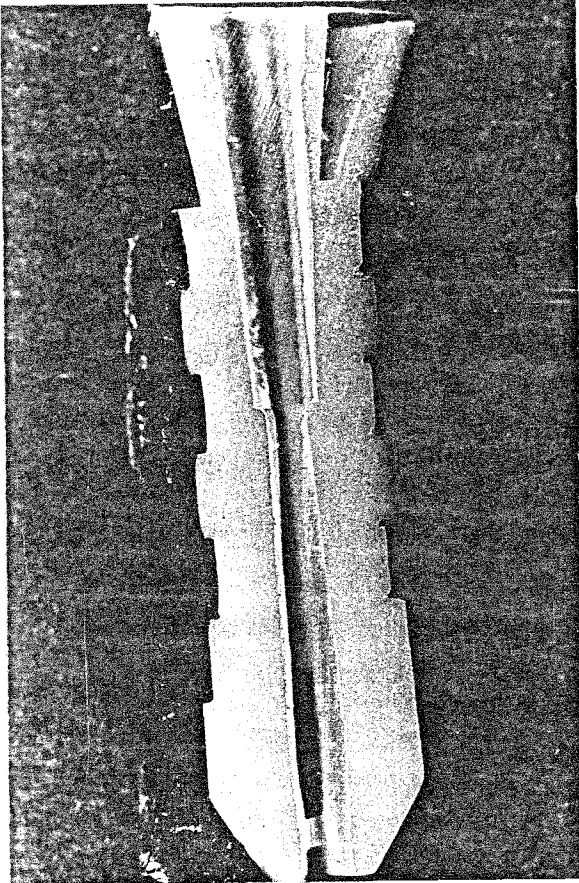


Bild 40

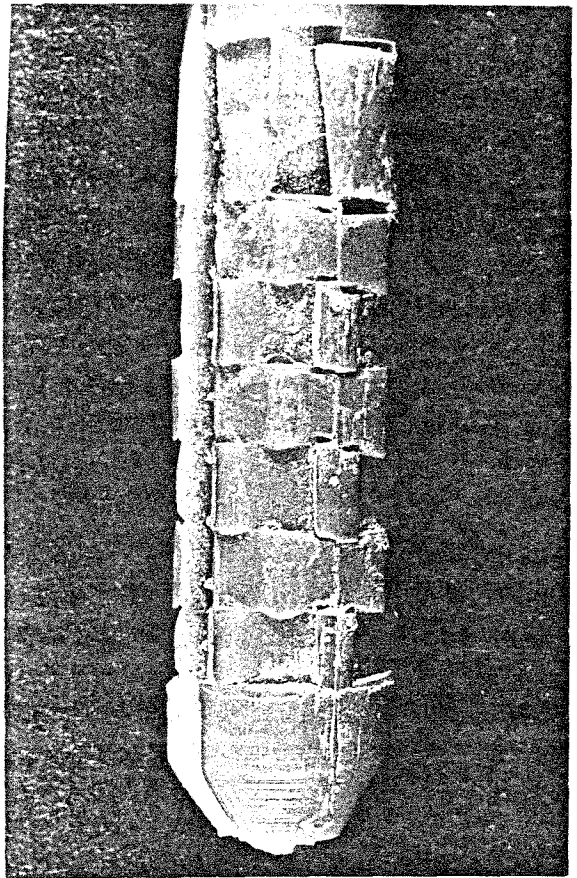


Bild 41

Bild 42

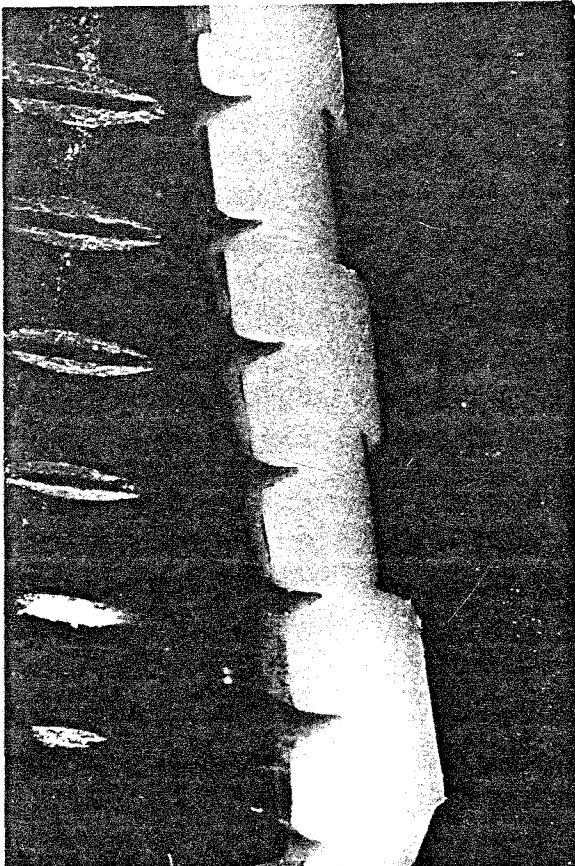


Bild 40: Dübel F Urzustand

Bild 41: Dübel F Ausbau nach
16 Monaten
(Axiale Zugkraft $F=0,9F_u$)

Bild 42: Dübel F Detail

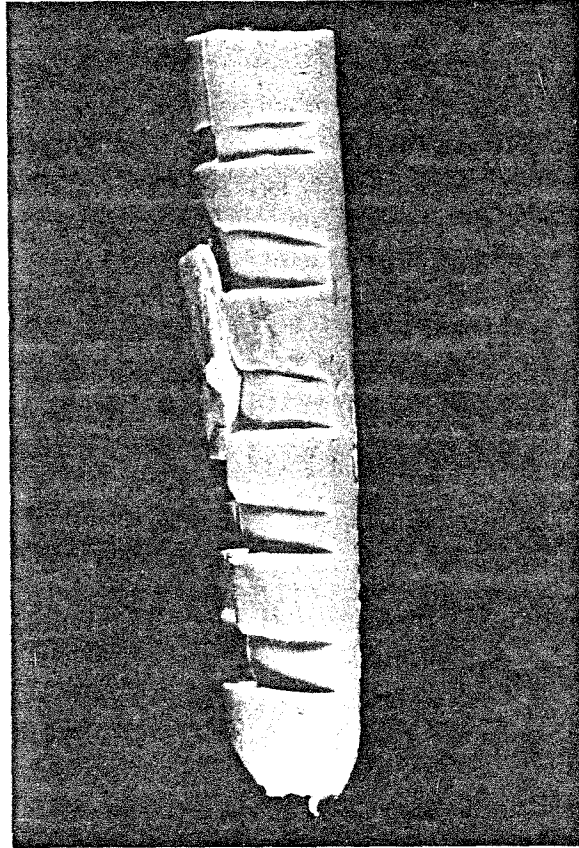


Bild 43: Dübel K Ausbau nach 12 Monaten
(Axiale Zugkraft $F=0,8 F_u$)

6. Modellversuche

6.1 Kontaktflächen

Unter Pkt. 5.2 wurde beschrieben wie versucht wurde die tatsächliche Kontaktfläche zwischen Bohrlochwand und Dübelhülse zu ermitteln. Dies konnte natürlich nur unvollkommen geschehen, da die Abdrücke im Bohrlochstaub nur eine vage Auskunft gaben. Naheliegend war ein durchsichtiges Medium zu finden, das die Kontaktflächen erkennen läßt, ohne daß der Dübel ausgebaut werden muß. Es wurde daher ein Block aus Acrylglas gewählt, der mit entsprechenden Bohrlöchern $\varnothing 10,5$ mm versehen wurde. Die Bohrlöcher wurden ausgerieben, um eine möglichst gute Durchsicht zu erreichen. Der Einbau der Dübel bereitete etwas Schwierigkeiten, da die Wände relativ glatt waren und somit die Drehsperren nicht wirken konnten. Daher wurden die Hülsen mit einer Zange beim Eindrehen der Schraube festgehalten.

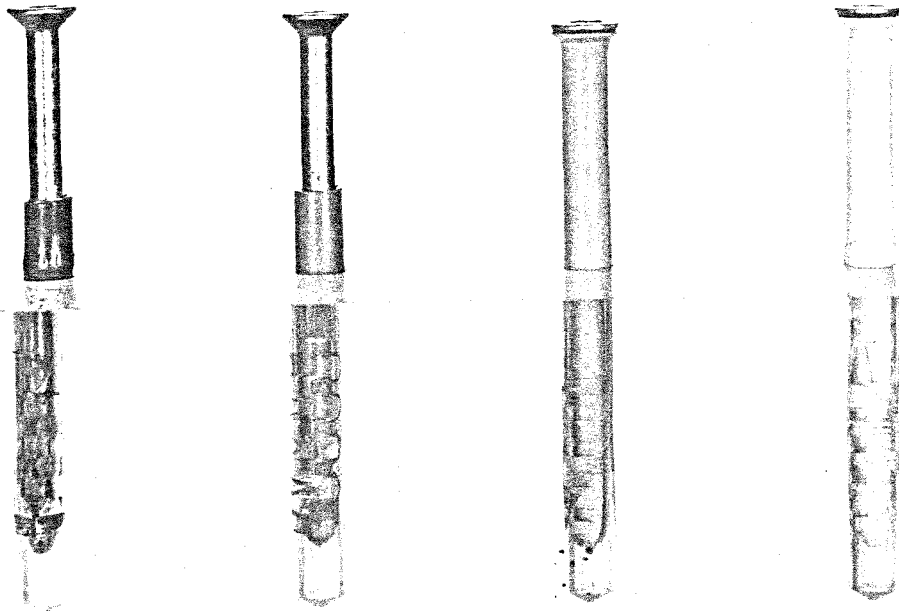
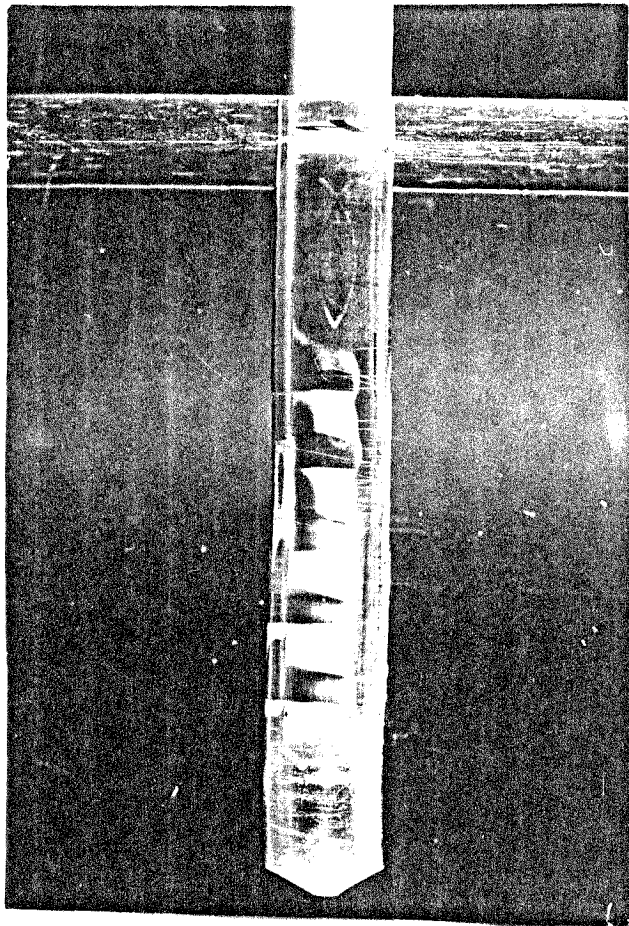


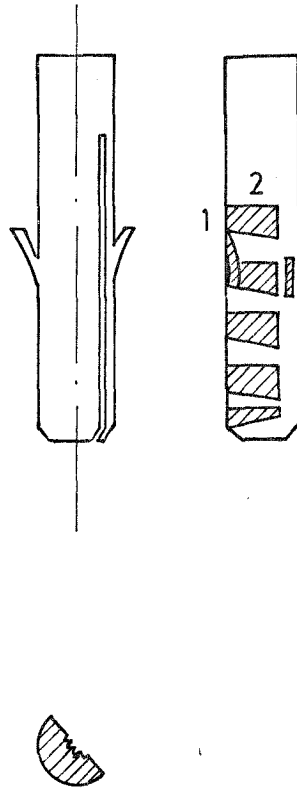
Bild 44: Acrylglasmodell

Das Medium Acrylglas ist insofern problematisch als der E-Modul des Acrylglases von dem des Polyamides nicht wesentlich unterschiedlich ist im Gegensatz zu Polyamid/Beton; jedoch stellt der Acrylglasblock einen nahezu unendlich steifen Körper dar im Vergleich zur dünnen, verformbaren Dübelhülse. Die eingebauten Dübel wurden mit dem Acrylglasblock etwa 60 Tage bei Raumtemperatur (ca. 20°C/50%rel. Luftfeuchte) gelagert und anschließend wurden über eine Fotografie die Kontaktflächen bestimmt. Dabei wurden aus der Fotografie die Höhen, Lage und Form der Kontaktflächen ermittelt, während die Längen über den Bohrlochumfang errechnet wurden.

Die Bilder 45, 46, 47 und 48 auf den folgenden Seiten zeigen die Kontaktflächen und auf den beiliegenden Tabellen sind die Rechenannahmen zur Flächenbestimmung wiedergegeben.

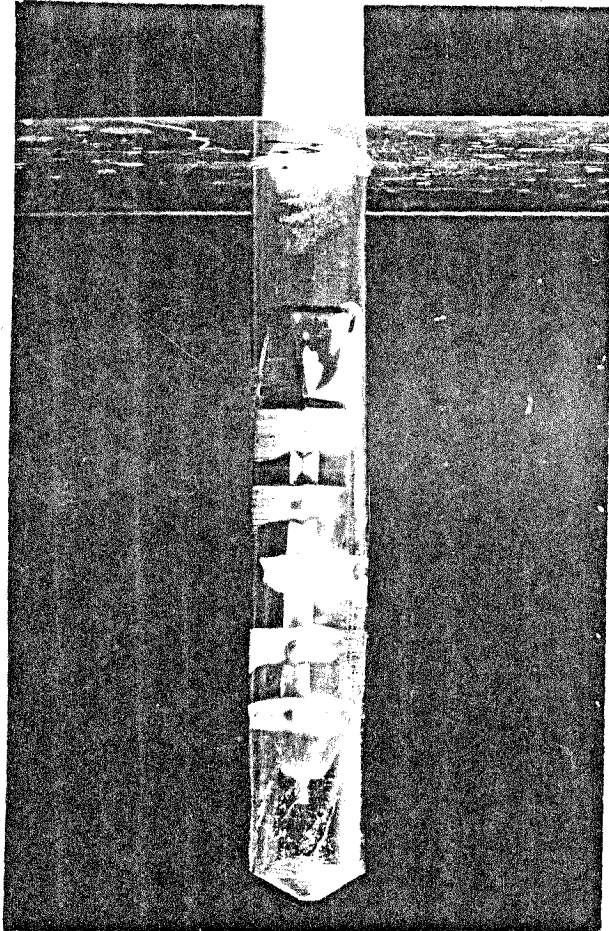


FISCHER S 10R 100

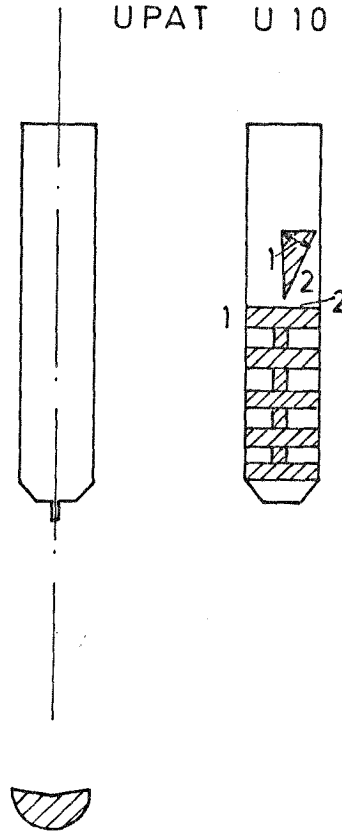


1	2	mm ²
$\frac{3,5+4,3}{2}$	x 5,2 x 2	= 40,56
$\frac{3,5+4,3}{2}$	x 5,2	= 20,28
6	x 2,5	= 15
4,2	x 2	= 8,40
$\frac{3,5+4,3}{2}$	x 5,2 x 2	= 40,56
$\frac{3,7+4,5}{2}$	x 5,2 x 2	= 42,46
3,6	x $\frac{5,2}{2}$ x 2	= 18,32
		175,58 x 2
		mm ² 351,16

Bild 45: Kontaktflächen Dübel K

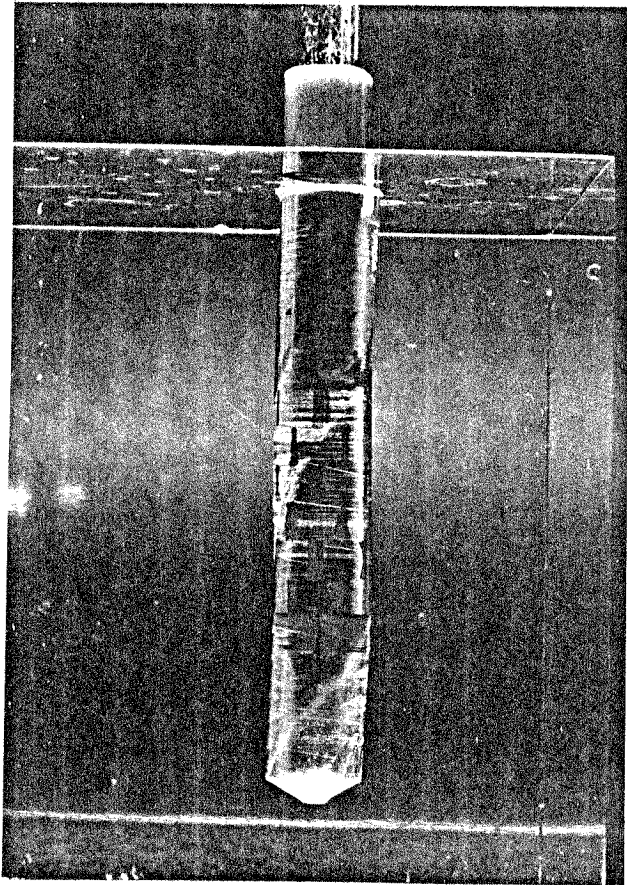


UPAT U 10

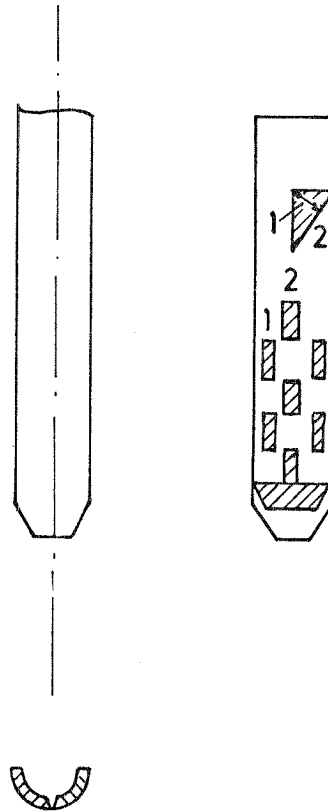


1	2	mm ²
$\frac{5,2}{2}$	$\times 8,5$	$= 22,1$
2,5	$\times 13$	$= 32,5$
2,6	$\times 2$	$= 5,2$
2,5	$\times 13$	$= 32,5$
2,6	$\times 2$	$= 5,2$
2,5	$\times 13$	$= 32,5$
2,6	$\times 2$	$= 5,2$
2,5	$\times 13$	$= 32,5$
		$205,4 \times 2$
		mm ² 410,8

Bild 46: Kontaktflächen Dübel G

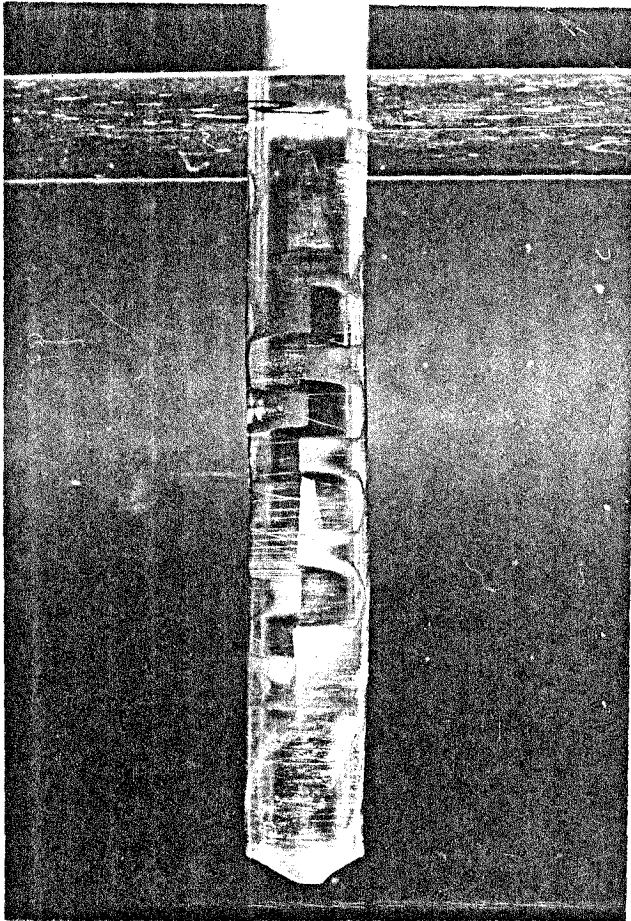


HILTI HRD 10

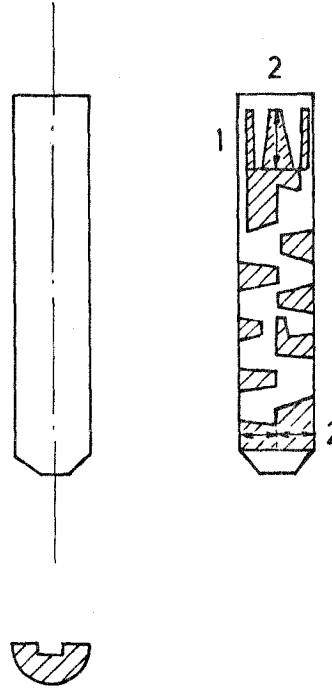


1	2	mm ²
$\frac{5,2}{2}$	x 9	= 23,4
4	x 2,3	= 9,2
4	x 1,5x2	= 12
4	x 2,3	= 9,2
4	x 1,5x2	= 12
4	x 2,3	= 9,2
4,9	x $\frac{16+8}{2}$	= 58,8
		2 x 133,8
		mm ² 267,6

Bild 47: Kontaktflächen Dübel F



MUNGO BR 10 / 120



1	2	mm ²
8,5	$x \frac{2,2+4}{2}$	= 26,35
1,5	$x 8,5 \times 2$	= 25,50
$\frac{7+8,2}{2}$	$x 5,5$	= 41,80
$\frac{3+3,5}{2}$	$x 6$	= 19,50
$\frac{2,5+4}{2}$	$x 5,5$	= 27,50
$\frac{4+2,5}{2}$	$x 5,5$	= 27,50
$\frac{2,5+4}{2}$	$x 5,5$	= 27,50
$\frac{4+3}{2}$	$x 3$	= 10,50
$\frac{4+2,5}{2}$	$x 5,5$	= 27,50
4	$x \frac{1,1+2}{2}$	= 6,40
$\frac{4+2,5}{2}$	$x 5,5$	= 27,50
$\frac{4,5+4}{2}$	$x 5,5$	= 24,75
$\frac{6+3,5}{2}$	$x 4$	= 19,00
2 x		311,30
mm ²		622,60

Bild 48: Kontaktflächen Dübel P

6.2 Reibkoeffizient

Zu Beginn der Untersuchungen für Zulassungsverfahren war bereits der Gedanke gekommen ein Verfahren zu entwickeln, um den Reibbeiwert für die Grenzfläche Bohrlochwand/Polyamid zu bestimmen. Die Fa. BASF führte daher im Rahmen der Zulassungsversuche Experimente zur Bestimmung des Reibbeiwertes durch.

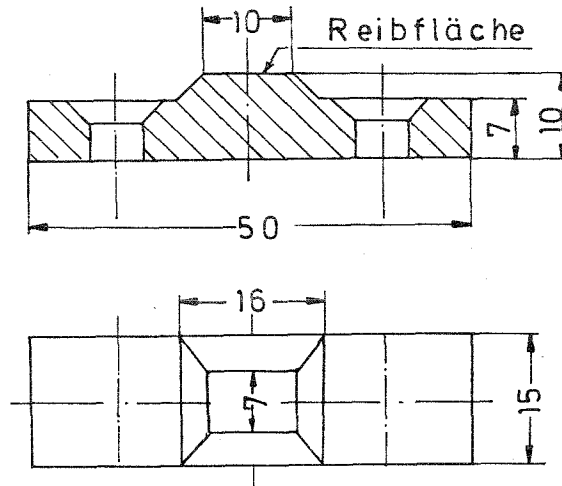


Bild 49: Prüfkörperform für Reibversuche

Die Prüfkörper (Bild 49) wurden spangebend aus Normstäben (15x20x120mm) hergestellt und auf zwei Metallträgerplatten (Bild 50) aufgeschraubt. Die Belastung wurde über eine Spindel-
presse aufgebracht. Das Prüfelement bestand aus einem Betonquader, der beidseitig von je drei Metallträgerplatten (Bild 51) getragen wurde. Der dadurch eingespannte Betonkörper konnte mittels einer Ziehvorrichtung bewegt werden. Über einen geeichten Meßring wurde der Haftwiderstand bzw. der Reibwiderstand gemessen und daraus der Haft- bzw. Reibbeiwert errechnet.

Die Beiwerte wurden in Abhängigkeit von der Belastung und der Oberflächenbeschaffenheit bestimmt.

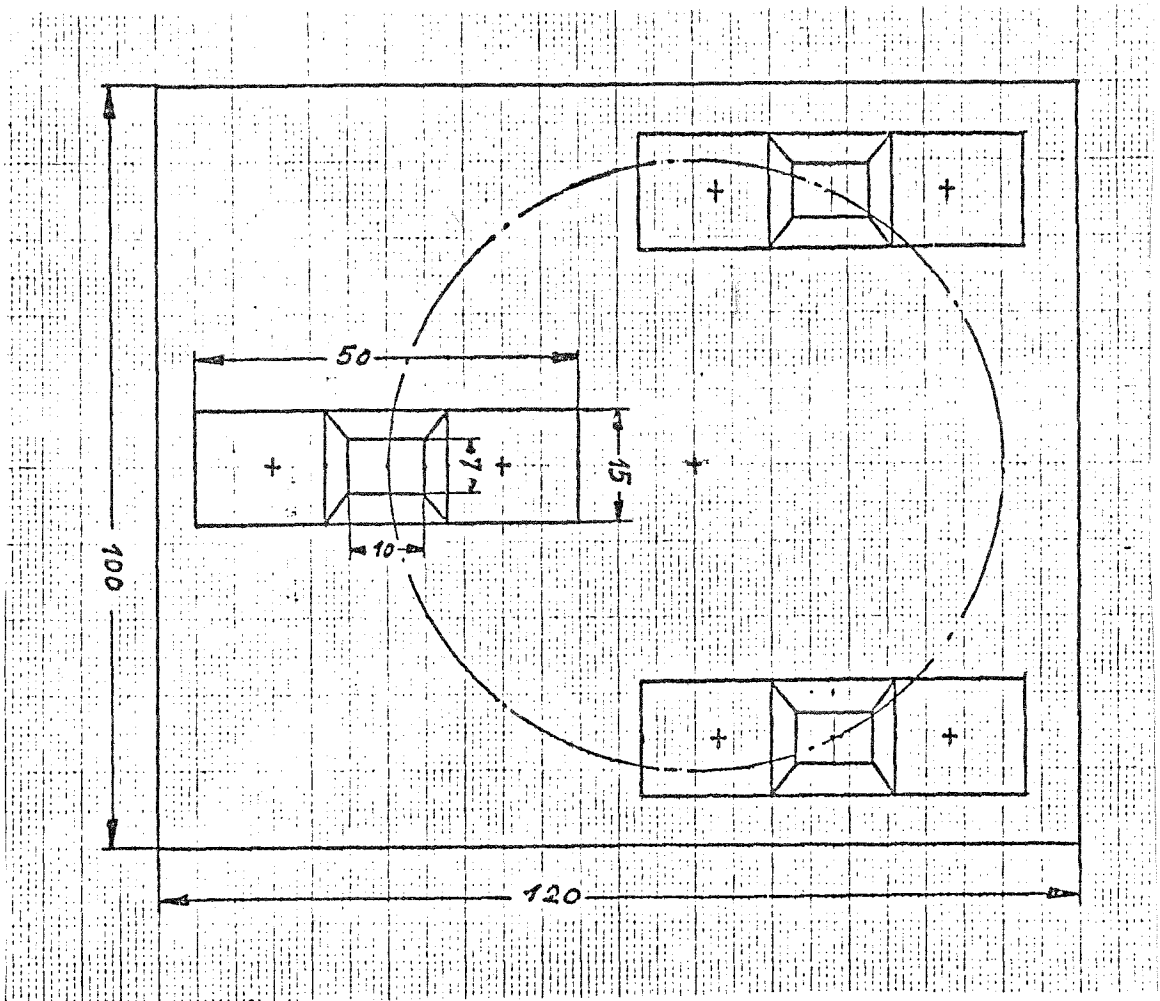


Bild 50: Anordnung der Prüfkörper auf der Metallträgerplatte

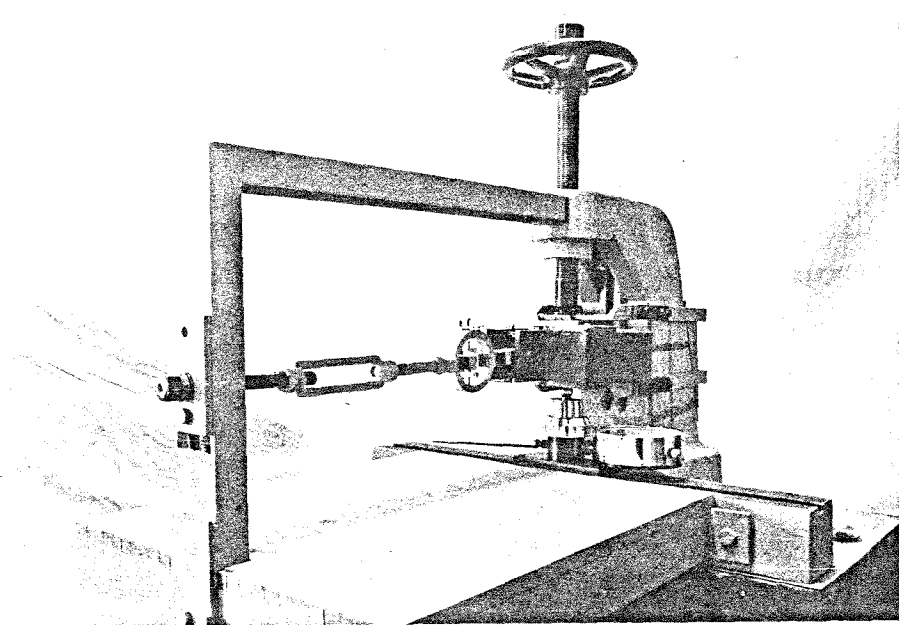


Bild 51: Versuchseinrichtung zur Messung des Haftreibwertes

Es wurden zwei Oberflächenarten gewählt:

Glatte Oberfläche: Die Kontaktfläche wurde mit einer Trennscheibe bearbeitet (Körnung 16 Härte C).

Die Oberflächenrauigkeit lag zwischen

$$R_t = 60 \mu\text{m} \quad R_a = 5 \mu\text{m} \quad \text{und}$$

$$R_t = 1 \mu\text{m} \quad R_a = 1,6 \mu\text{m}$$

Es waren Poren bis zu 1,0 mm ϕ vorhanden.

Rauhe Oberfläche: Die vorher beschriebene glatte Oberfläche wurde mit Sand, Körnung 0,3 mm bestreut.

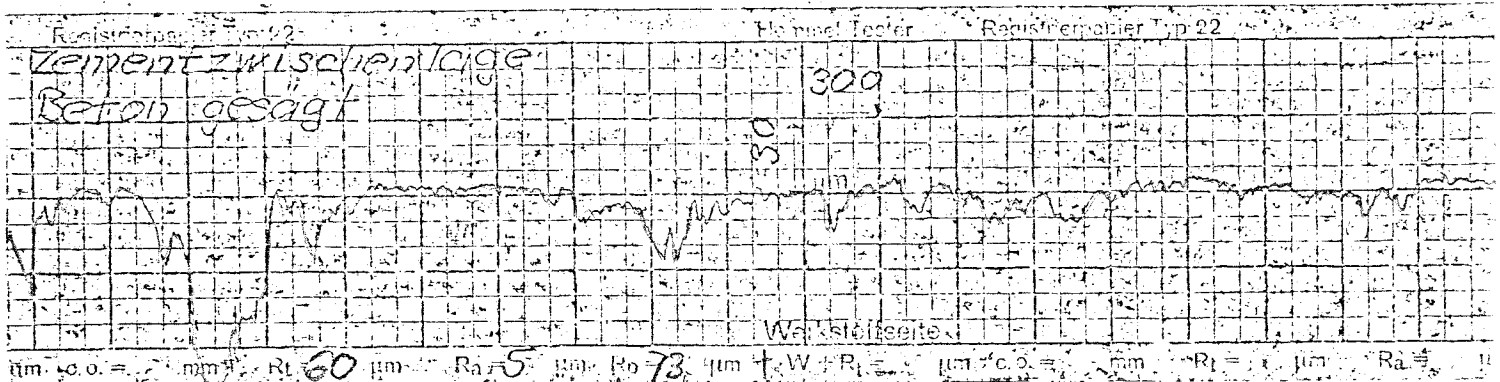
Der gewählte Beton hatte ein Zuschlagskorn von 0/16 mm und eine Betondruckfestigkeit $\beta_w = 38 \text{ N/mm}^2$.

Die Untersuchungen wurden bei Normalklima 23°C/50 % rel. Luftfeuchte durchgeführt.

Die gewählte Sandbelegung der Oberfläche entspricht in etwa den Bohrmehl und Bohrstaubresten, welche bei Verwendung von Hammerbohrern im Bohrloch verbleiben. 70% des Bohrstaubes liegt zwischen 0,1 und 0,3 mm Korngröße.

Die erzielten Ergebnisse sind auf den Seiten 67-69 zusammengestellt. Es zeigt sich ein Ansteigen des Haftbeiwertes mit der Belastungsdauer und ein Abfall mit der Belastungshöhe. Die Größenordnung des Reibbeiwertes kann mit etwa 0,4 μ angegeben werden.

Der zusätzlich bestimmte Gleitbeiwert ist für die weiteren Betrachtungen nicht maßgebend mag aber als Vergleichsmaßstab zu bereits ermittelten Gleitbeiwerten dienen wie z.B. Metall/Polyamid oder Polyamid/Polyamid.



Poren bis zu 1 mm ϕ

Bild 52: Rauigkeitsmessung an der Kontaktfläche (Reibungsversuche)

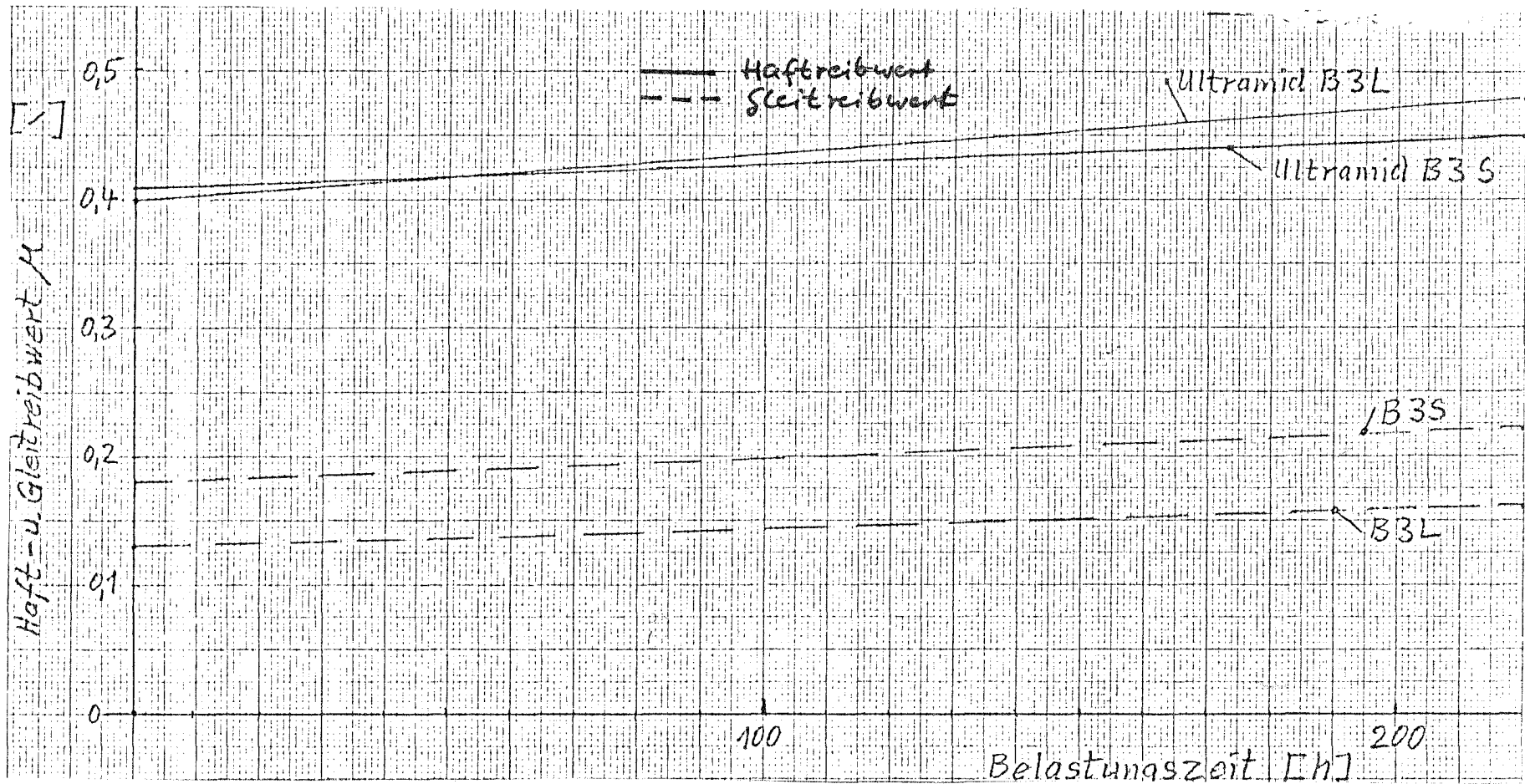


Bild 53: Haft- u. Gleitreibwert in Abhängigkeit von der Belastungsdauer
 Belastung: $P = 50 \text{ N/mm}^2$
 Betonoberfläche: glatt, mit Trennscheibe (Körnung 16, Härte C)
 bearbeitet. Mit Sand bestreut (Körnung 0,3)

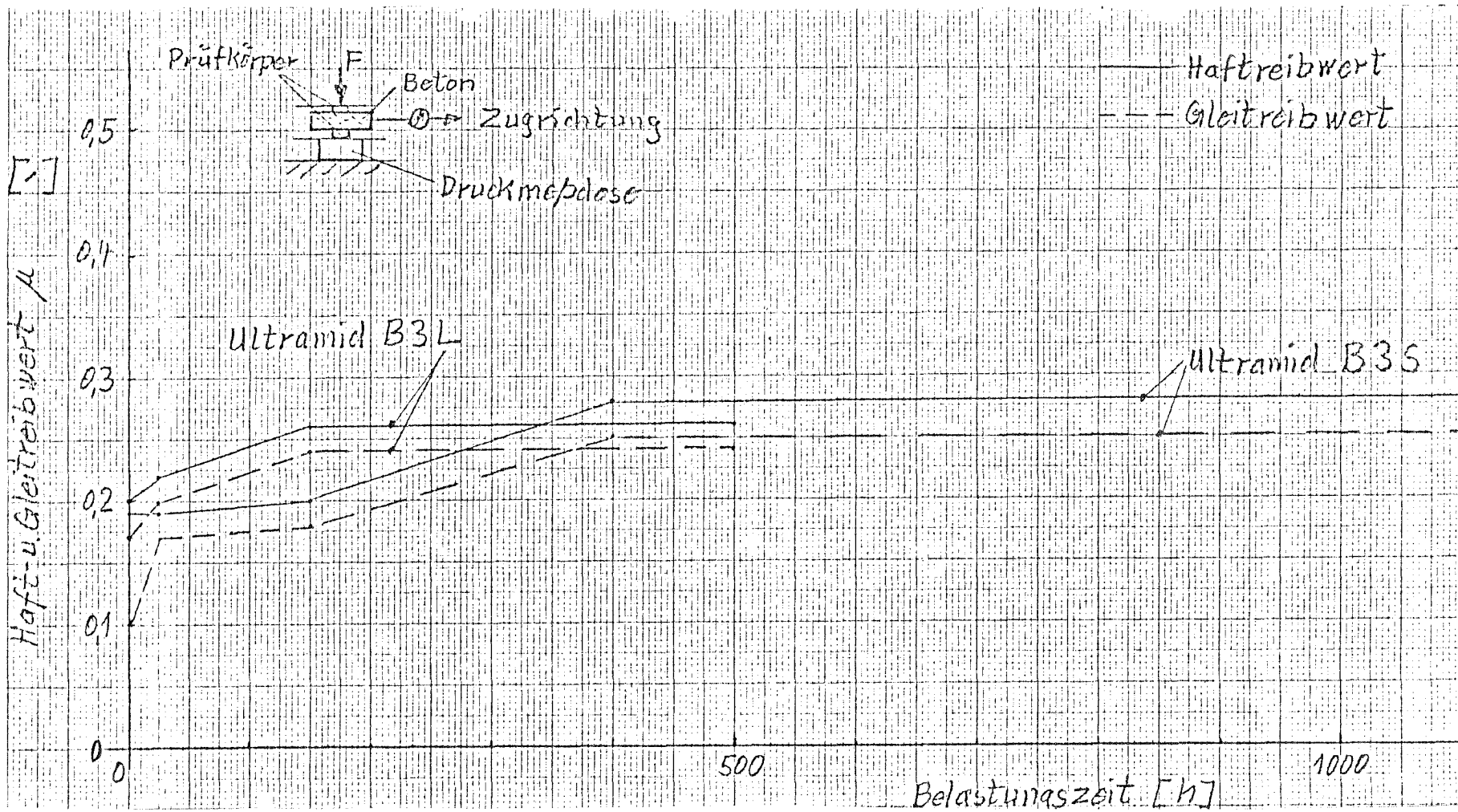


Bild 54: Haft- u. Gleitreibwert in Abhängigkeit von der Belastungsdauer
 Belastung: $P = 143 \text{ N/mm}^2$
 Betonoberfläche: glatt, mit Trennscheibe (Körnung 16 Härte C) bearbeitet



Bild 55: Haft- u. Gleitreibwert in Abhängigkeit von der Belastung
 Betonoberfläche: glatt, mit Trennscheibe (Körnung 16, Härte C)
 bearbeitet mit Sand bestreut (Körnung 0,3)

6.3 Anpreßdruck

6.3.1 Allgemeines

Das System "Reibschluß" erfordert zwangsläufig Kenntnisse über den tatsächlich vorhandenen und über längere Zeit benützbaren Anpreßdruck. Dies war der Grundgedanke des Forschungsvorhabens. Die maschinentechnische Ausstattung reichte jedoch wider Erwarten in ihrer Konstanz über lange Zeit und in ihrer Auflösungsge- nauigkeit nicht aus, um die gewünschten zuverlässigen Aussagen zu erhalten. Inzwischen sind die entsprechend notwendigen steuer- technischen und meßtechnischen Voraussetzungen geschaffen worden und es konnten erste Versuche gefahren werden. Dabei wich man zu- nächst vom ursprünglichen Konzept ab, das lediglich die Pressung von Polyamidplatten vorsah.

Nach den Erkenntnissen aus den ausgebauten Dauerstandversuchen, die zeigten, daß

erstens die Anpassung an das Bohrloch nach kurzer Zeit abgeschlossen ist und
zweitens die Form des Dübels, trotz der beim Eindrehen der Schraube entsprechenden hohen örtlichen Pressungen, von wesentlicher Bedeutung ist
erscheint es notwendig als nächsten Schritt verschiedene Dübelfa- brikate in einwandfrei definierbare Bohrlöcher zu setzen und dort das Verhalten der Dübel zu studieren.

6.3.2 Relaxationsversuche

Die ersten Relaxationsversuche wurden im Rahmen von Zulassungs- verfahren durchgeführt. Dabei benützte man als idealisiertes Bohr- loch zwei Schalen aus Stahl mit einem halbkreisförmigen Querschnitt. Die Wandungen der Schalen hatten eine Dicke von 2 mm. Diese Schalen waren nur so lang, daß von der Spitze der Dübelhülse aus gesehen die ersten beiden Rippen (Dübel K) in dem idealisierten Bohrloch eingebaut werden konnten. Der Bereich der beiden ersten Rippen war der am stärksten beanspruchte Teil des Dübels. Dies ist eine Folge der konisch zulaufenden Innenaussparung der Dübelhülse.

Der Einbau erfolgte auf zwei Arten:

- 1) Die Schraube wurde in die Dübelhülse eingedreht, ohne daß die Dübelhülse im "Bohrloch" steckte. So konnten die beiden Dübelhälften der Verankerungszone ungehindert ausweichen. Die Schraube schnitt sich demzufolge nahezu kein Gewinde in den Kunststoff. Dann wurde der so montierte Dübel zwischen die beiden Halbschalen gelegt und die beiden Schalen so zueinander gefahren, daß das geforderte Bohrloch entstand. Während dieses Vorgangs drückte sich die Schraube in die Dübelhülsenwand. Der Endzustand entspricht nicht genau den tatsächlichen Verhältnissen des normalen Einbaues, da das Gewinde in die Hülse nur eingespreßt wird und das teilweise einschneiden nicht stattfindet. Die Folge ist ein relativ hoher anfänglicher Anpreßdruck an die Bohrlochwand.
- 2) Die Dübelhülse wurde in die bereits als Bohrloch zusammengeführten Halbschalen eingelegt und anschließend eine Schraube eingedreht. Dieses Verfahren entspricht zwar der Wirklichkeit bedingt aber, daß beim Einbau der Schraube die Hülse wegen des geringen Reibwiderstandes gehalten werden muß.

Während der Versuche wurde der minimale Abstand zwischen den beiden Schalen konstant gehalten und die jeweils vorhandene Rückstellkraft über die Maschine gemessen.

Die Ergebnisse sind auf den folgenden Bildern zusammengestellt.

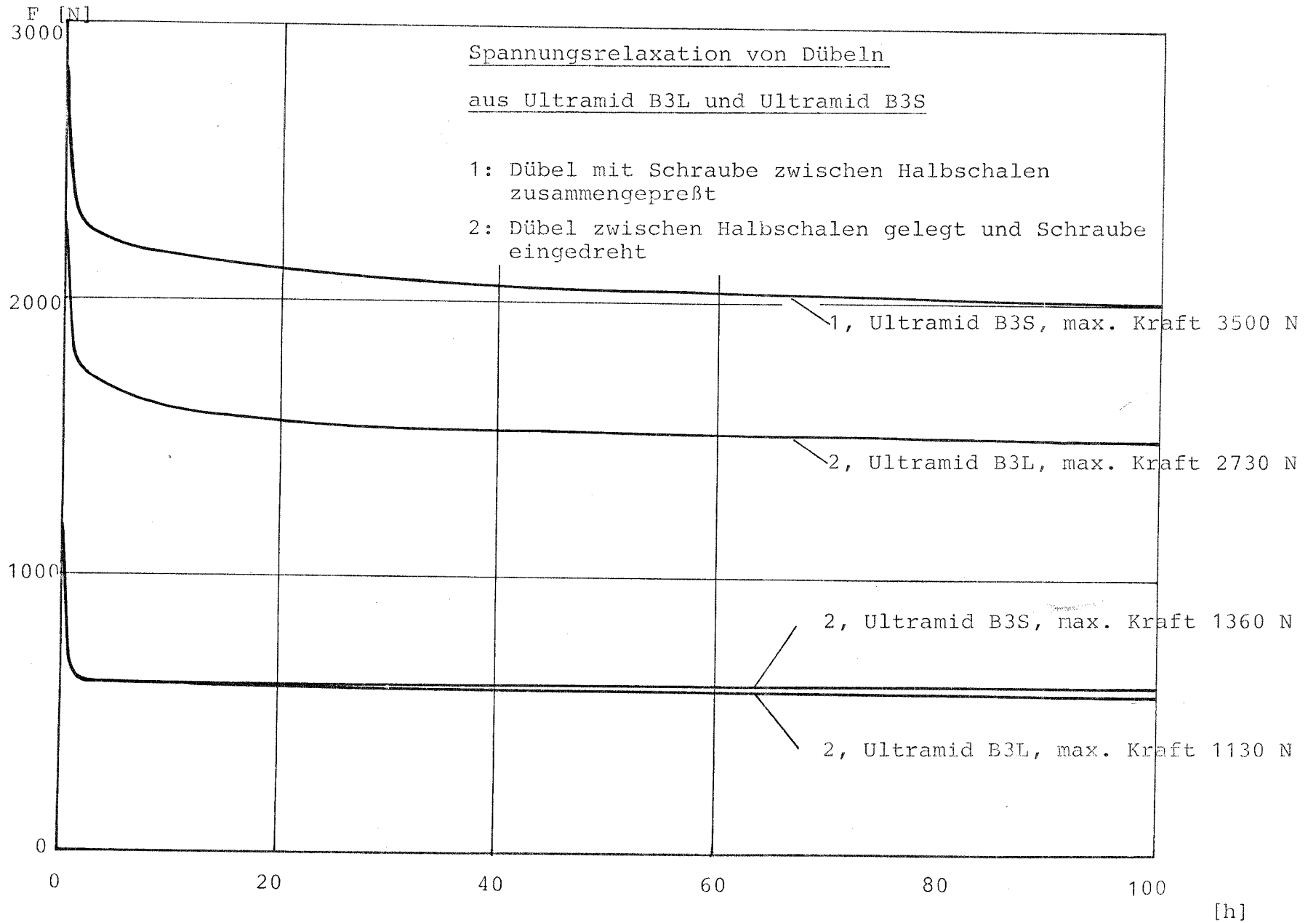


Bild 56: Relaxationsversuch Dübel K Versuchsbeginn

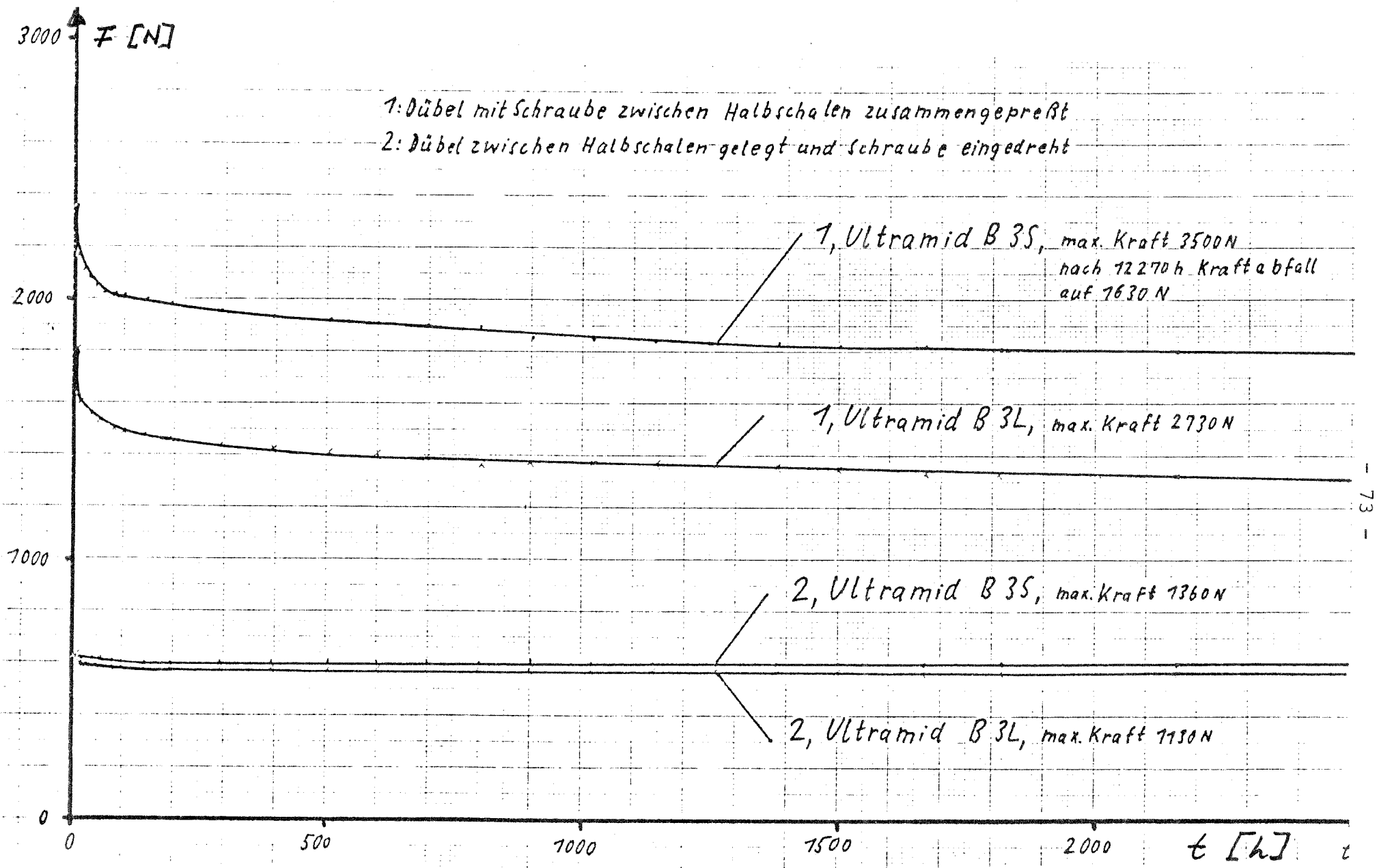


Bild 57: Relaxationsversuch Dübel K, Gesamtversuchsdauer

6.3.3 Relaxation - Auswirkung auf das Tragverhalten

Der Versuchsaufbau hierfür war dem unter 6.3.2 beschriebenen ähnlich. Als Bohrlochumgebung wurden jedoch zwei Stahlplatten mit jeweils 50 mm Stärke gewählt. Die Steifigkeitsverhältnisse entsprachen somit mehr der Wirklichkeit als bei den oben beschriebenen Versuchen. Das Bohrloch hatten einen Durchmesser von 10,5 mm Die Rauigkeit der Bohrlochwand ist aus den Perth-o-meter Aufschrieben ersichtlich. Die Länge des Bohrloches war so gewählt, daß die Dübel mit der vorgeschriebenen Setztiefe von 50 mm eingebaut werden konnten. Die Platten hatten einen Abstand von 0,013 mm, der sich aus geringen Unebenheiten der Plattenoberfläche zwangsläufig ergab. Diese Spaltweite mußte über eine servohydraulisch, weggesteuerte Prüfmaschine konstant gehalten werden.

Die Spreizkraft des Dübels wurde als Rückstellkraft über eine Druckmeßdose gemessen. Der Weg und die Rückstellkraft wurden über einen Linienschreiber in Abhängigkeit von der Zeit kontinuierlich aufgezeichnet. Dabei stellte sich heraus, daß eine Konstanz der Anlagen von etwa 1/1000 mm im Wegbereich gefordert werden mußte, um die tatsächliche Rückstellkraft zu ermitteln. Dies konnte durch die externe Streuung des Weges (Spalt) über einen speziellen induktiven Wegaufnehmer (max. Weg 1,0 mm, Auflösung 1/1000mm) erzielt werden. Das Bild 58 zeigt das Schema des Versuchsaufbaus.

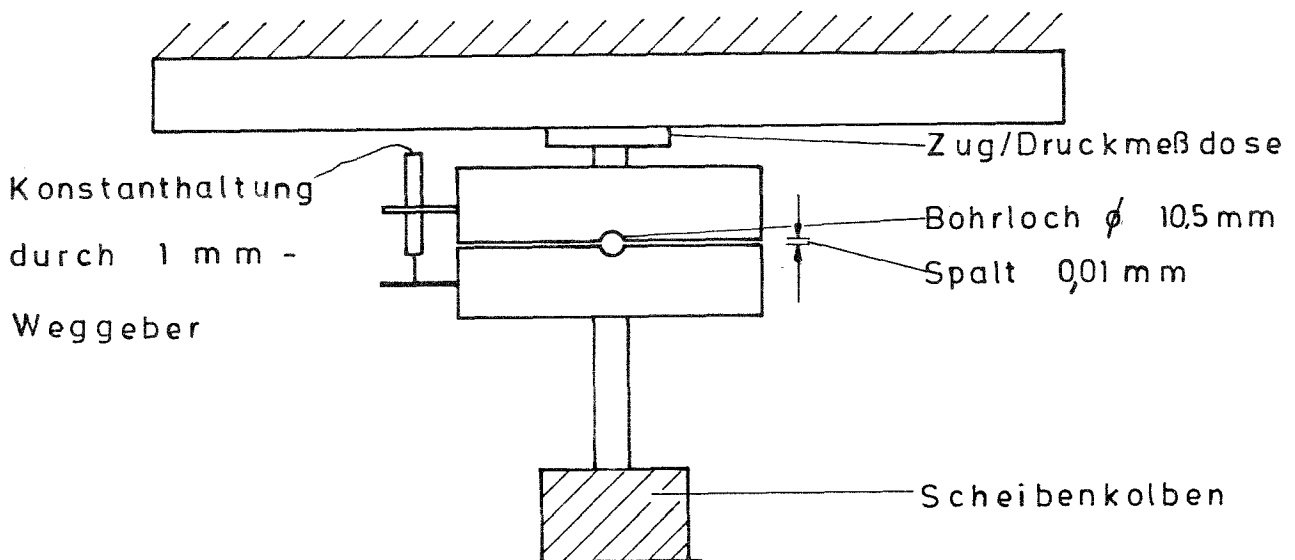


Bild 58: Schema des Versuchsaufbaus zur Bestimmung der Relaxation

Die klimatischen Versuchsbedingungen entsprachen mit 22°C/50% rel. Luftfeuchte in etwa den Bedingungen der anderen hier beschriebenen Versuche. Die Rauigkeit des "Stahl"bohrloches wurde wiederum mit einem Perth-o-meter bestimmt. Nachfolgend sind drei Meßprotokolle abgebildet.

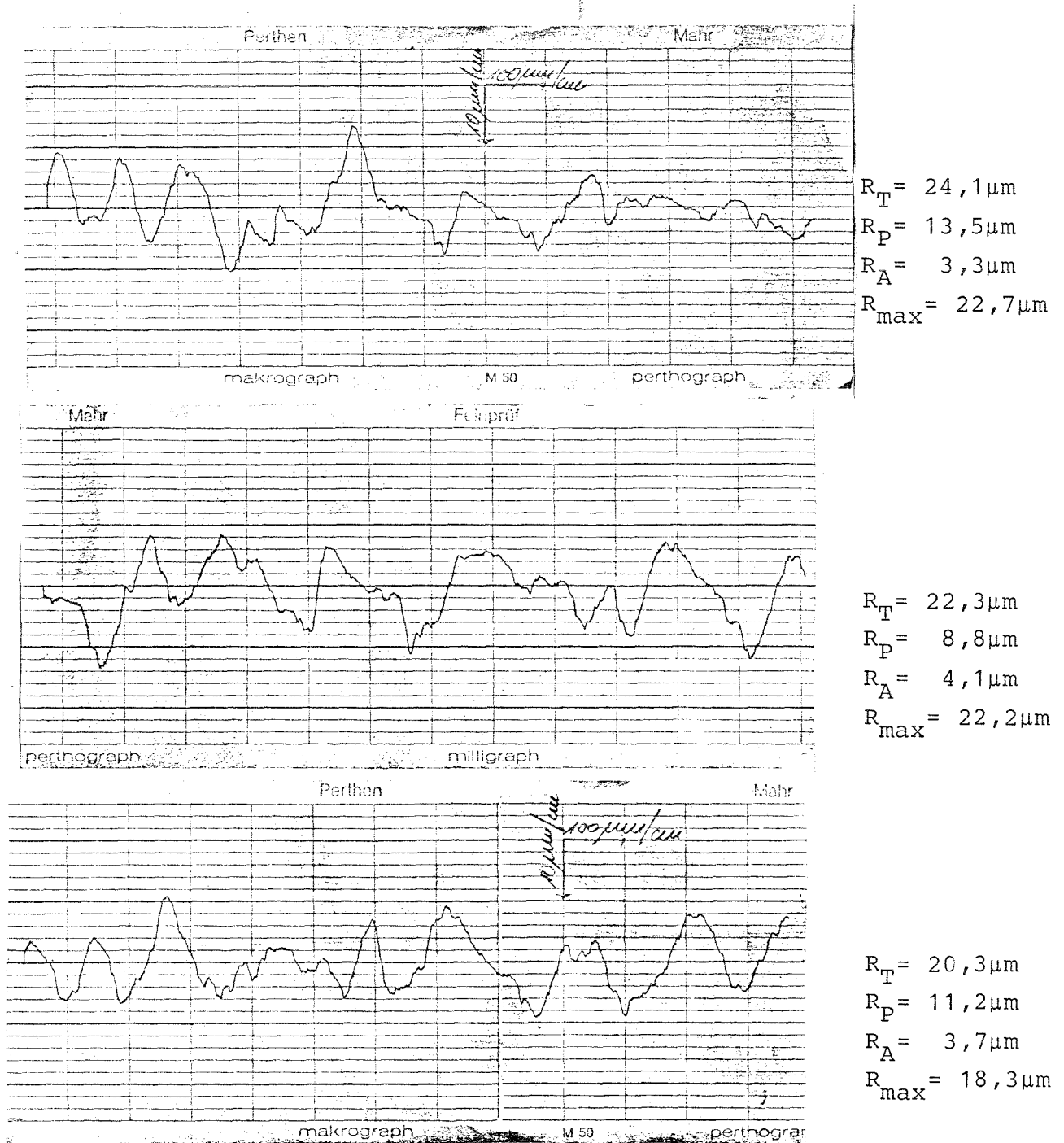


Bild 60: Meßprotokolle der Rauigkeitsmessung am Bohrloch der Stahlform

Der Versuchsablauf hatte den Sinn eine Resttragfähigkeit eines Dübels zu bestimmen, der nach einer gewissen Anpassungszeit eine Abminderung des Anpreßdruckes erfährt, sei es durch lange Standzeit oder durch eine Rißöffnung.

Der Versuchsablauf ist auf Bild 60, Seite 77, schematisch dargestellt.

Folgende Phasen wurden durchfahren:

- 1) Einbau des Dübels in das Bohrloch
(Schlitz der Dübelhülse waagrecht)
- 2) Standzeit, Abbau der Spreizkraft und Anpassung des Dübels an die Unebenheit der Bohrlochwand.
- 3) Künstlicher Abbau der Spreizkraft auf 0,15 kN durch Öffnen des Spaltes und Konstanthaltung der dabei sich ergebenden Spaltweite.
- 4) Standzeit mit geringer Zunahme der Spreizkraft durch eine Rückverformung der Hülse.
- 5) Axialer Zugversuch.

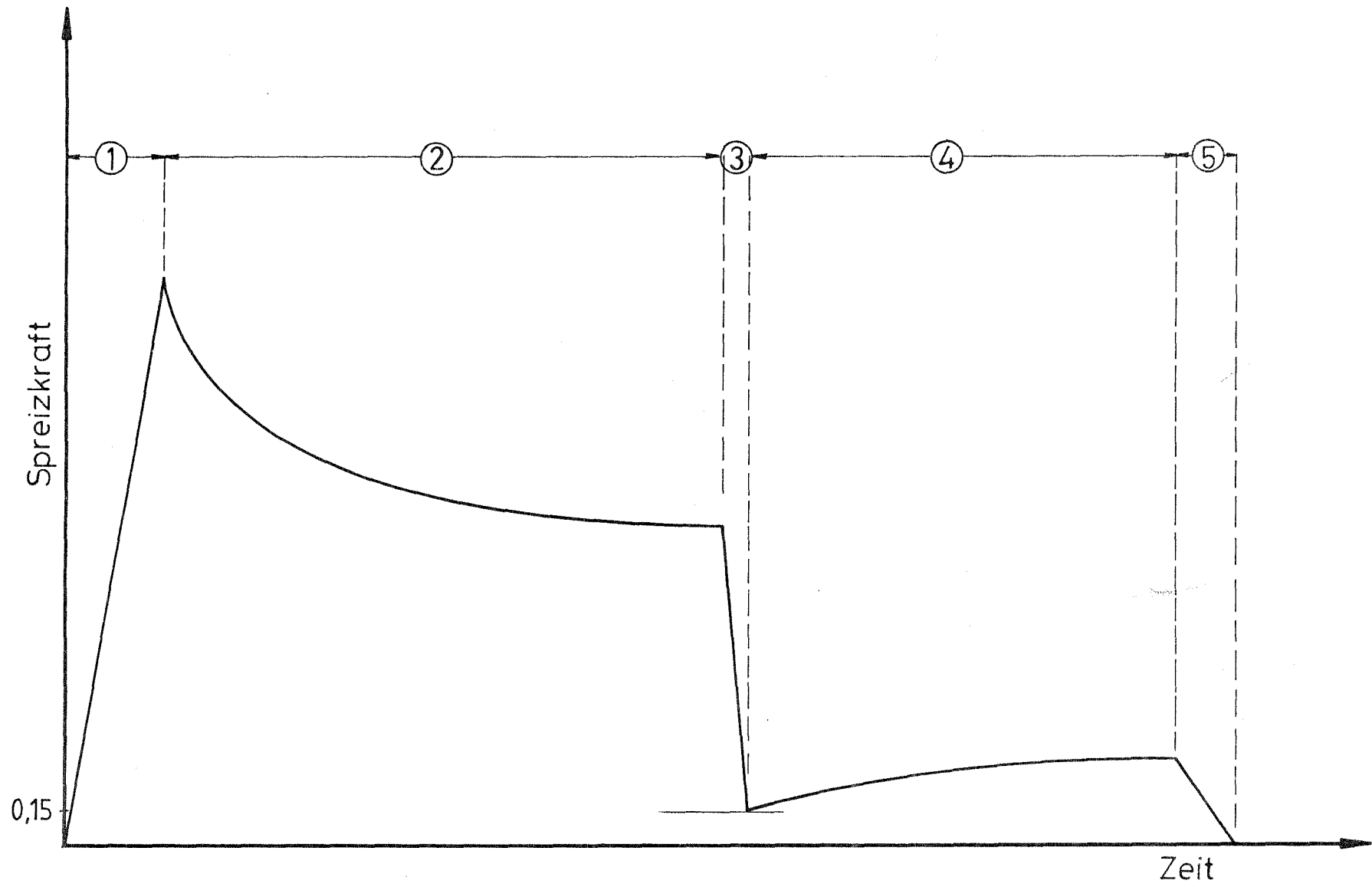


Bild 60: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaues
 Relaxations/Resttragefähigkeitsversuch

Tabelle 4: Relaxationsversuche

Dübel Typ	max.Spreizkraft beim Eindrehen	Spreizkraft nach 3 min.	Standzeit	Spreizkraft n.Standzeit	Öffnung des Bohrloches (Kraft = 0,15kN)	Standzeit	Spreizkraft n.Standzeit	Ausziehkraft
	kN	kN	min.	kN	1/100mm	min.	kN	kN
P	4,2	2,1	3	2,00	-	-	-	-
	3,6	2,3	105	2,30	27,8	20	0,30	0,27
	3,1	1,8	4	1,80	-	-	-	-
	3,4	2,2	6	2,17	-	-	-	-
	3,9	2,2	-	-	-	-	-	-
J	3,7	-	-	-	-	-	-	-
	4,1	2,5	228	2,40	-	-	-	-
F	3,4	2,1	69	2,00	17,5	28	0,74	0,80
	2,9	1,9	990	1,75	14,8	24	0,57	0,46
K	2,1	1,3	84	1,25	21,8	28	0,40	0,36
	2,2	1,4	88	1,30	19,5	53	0,40	0,28
C	1,1	0,8	88	0,80	16,8	53	0,38	0,35
	1,2	1,0	88	0,97	19,8	23	0,35	0,37
L	1,3	0,9	87	0,85	16,9	27	0,38	0,36
B	2,0	1,4	964	1,16	-	-	-	-
	2,3	1,4	4	1,35	26,3	7	0,40	0,32
A	0,8	0,6	6	0,58	3,0	8	0,22	0,26
	0,7	0,4	4	0,35	4,0	4	0,25	0,26
D	1,3	0,8	0	-	18,5	3	0,33	0,24
G	3,5	2,4	7	2,40	-	-	-	-
	4,0	2,7	89	2,55	30,5	23	0,68	0,48

Die maximale axiale Zugkraft im Kurzzeitversuch wurde an vergleichbaren Bohrlöchern in Stahlformen ermittelt. Es wurden dabei "rauhe" Bohrlöcher - diese entsprachen in der Bearbeitung denen des Relaxationsversuches - und "glatte" Bohrlöcher als Verankerungsbereich vorgegeben. Die glatten Bohrlöcher waren dadurch hergestellt worden, daß nach dem normalen Bohrvorgang mit Spiralbohrern die Bohrlöcher noch einmal ausgerieben wurden. Die tatsächliche Rauhgigkeit konnte nachträglich nicht ermittelt werden, da diese Stahlformen nur aus einem Stück und nicht wie die vorher verwendete Stahlform aus zwei exakt bearbeiteten Stücken bestand.

Tabelle 5: Ergebnisse der axialen Zugversuche in Stahlformen

Dübel \varnothing 10 mm, Einbautiefe 50 mm, Klima 22°C/50%rel. Luftf.

	Dübel	Stand Zeit	Bohrloch*) \varnothing	Anzieh- moment	max. Tragfähigkeit	
		min.	mm	Nm	kN	zugeh. Weg 1/10 mm
1	G	5	10,5 R	4	1,8	1
2		10	10,5 R	3	1,3	1
3		60	10,5 R	4	1,6	0
4		5	10,5 G	4	1,5	1
5		40	10,5 G	5	1,9	1
6		40	11,0 G	3	1,5	2
7		30	11,0 G	3	1,3	2
8	F	25	10,5 G	6	2,0	1
9		25	10,5 G	6	1,8	1
10		30	10,5 R	5	1,9	1
11		30	10,5 R	5	1,5	1
12		40	11,0 G	4	1,2	1
13		50	11,0 R	4	1,8	1
14		50	11,0 R	4	1,4	1
15	F	1000	10,5 G	6	2,1	0
16		1000	10,5 R	6	1,7	1
17		1000	11,0 G	3	1,0	1
18		1020	11,0 G	4	1,1	0
19		1020	11,0 R	4	1,5	1
20		1020	11,0 R	4	1,8	1

*) R = normal gebohrt (rauh)
G = zusätzlich bearbeitet (glatt)

7. Zusammenfassung und Folgerung

Die Idee des Forschungsvorhabens "Tragverhalten von Kunststoffdübeln" war über Modellversuche und Beobachtungen an der Wirklichkeit den Tragmechanismus von Kunststoffdübeln zu analysieren um daraus evtl. Rückschlüsse auf das Langzeitverhalten tätigen zu können.

Als Modellversuche waren vorgesehen, das Verhalten von Kunststoffplatten, die auf Metallplatten mit definierter Rauigkeit aufgedrückt werden, zu untersuchen. Es sollten dabei Erkenntnisse über Haftreibung, Formschluß aber auch über elastische und plastische Verformungsanteile gewonnen werden.

Bei Beginn der Bearbeitung des Forschungsvorhabens stellte sich jedoch heraus, daß erstens die maschinentechnische Ausstattung in ihrer Genauigkeit nicht ausreichend war, um zufriedenstellende reproduzierbare Ergebnisse mittels Modellversuche zu liefern und zweitens die "Wirklichkeit" im Rahmen der Zulassungsversuche doch zu wenig systematisch untersucht wurde.

So wurde zunächst ein Produktquerschnitt erstellt. Die gefundenen Formen beginnen bei der einfachen Schlauchform und enden bei stark profilierten Hülsen. Als Werkstoffe wurden Polyvinylchlorid, Polyäthylen und Polyamid gefunden; wobei Polyamid am häufigsten vertreten war.

Um nicht noch einen zusätzlichen Parameter zu erhalten wurde eine Variation der zugehörigen Holzschrauben nicht zugelassen. Es wurde eine Schraubenart vorgegeben, die auch für die Kunststoffdübel mit Zulassungsbescheid verwendet wird. Die Fertigungstoleranzen für diese Schraubenart sind im Vergleich bei sonstigen Holzschrauben klein.

In Kenntnis der enormen Variationsmöglichkeiten durch Werkstoffwahl, Ankergrundart und Dübelgröße wurden für das Forschungsvorhaben Abgrenzungen vorgenommen.

Dübelgröße: \varnothing 10 mm (Bohrer)
Dübelwerkstoff: Polyamid (unverstärkt)
 einschließlich Legierungen
Schrauben: wie oben beschrieben
Ankergrund: Normalbeton
Bohrgerät: Hammerbohrer

Die ersten Untersuchungen wurden den Bohrlöchern gewidmet. Die Rauigkeit der Bohrlochwände wurde ermittelt und die Abweichung des Bohrloches von der Zylinderform festgestellt. Die Bohrlochachsen waren S - oder C - förmig und hatten Abweichungen von einer gedachten idealen geraden Zylinderachse bis zu 1,8 mm.

Die weiteren Untersuchungen galten der Größe und Art der Kontaktflächen zwischen Dübelhülse und Bohrlochwand. Sie wurden einmal durch vorhandene Abdrücke im Bohrstaub der Bohrlochwand bestimmt und zum anderen wurde über Rauigkeitsmessungen der Bohrlochwand und der entsprechenden Hülsenfläche (Kontaktfläche) die Anpassung untersucht. Diese Anpassung ist offensichtlich nach wenigen Stunden bereits zum größten Teil abgeschlossen. Tiefe Poren in der Bohrlochwand werden nicht durch Kunststoffmaterial ausgefüllt. Es findet eine Glättung (50%) gegenüber der Rauigkeit der Bohrlochwand statt. Diese Versuche wurden ohne äußere Zugkraft am Dübel durchgeführt. Ältere Dauerstandversuche zeigen, daß eine Verformung der Rippen in Richtung der angreifenden Zugkraft bei längerer Standzeit (im Versuch > 1 Jahr) und sehr hoher Beanspruchung ($0,9 \max F$) möglich ist.

Die Ermittlung der Kontaktflächen über Druckstellen an der Bohrlochwand waren nicht befriedigend. So wurde als weiterer Weg die Bestimmung der Kontaktflächen über ein durchsichtiges Medium (Acrylglas) durchgeführt.

Auch hier zeigte sich, daß die ursprünglich vorgegebene Form der Rippen im wesentlichen erhalten blieb.

Die Messung eines Reibbeiwertes Beton/Polyamid wurde aus früheren Zulassungsversuchen übernommen, ebenso wie die ersten Relaxationsversuche zur Bestimmung des Anpreßdruckes. Die dazu erforderlichen

Bohrlöcher waren Halbschalen aus Stahl; für die weiteren Versuche waren es zwei exakt bearbeitete Stahlplatten mit einer Bohrung.

Diese Relaxationsversuche wurden für einige Produkte weitergeführt, wobei ein aufwendiger Versuchsablauf gewählt wurde, der eine Minderung des Anpreßdruckes durch eine Vergrößerung des Bohrloches (Öffnung eines Spaltes) ermöglichte. Außerdem wurden Resttragfähigkeiten in diesen "Modellbohrlöchern" nach dem Relaxationsversuch bestimmt. Diese Resttragfähigkeiten lagen zwischen 20 und 50% der Tragfähigkeit beim Kurzzeitversuch in solchen Bohrlöchern.

Die erzielten Ergebnisse konnten im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nicht mehr in eine theoretische Betrachtung des Tragverhaltens von Kunststoffdübeln eingearbeitet werden. Dies soll innerhalb einer wissenschaftlichen Arbeit vor allem unter Einbeziehung der Kenntnisse des Werkstoffverhaltens, sowie noch nicht ausgewerteter Langzeitversuche geschehen.

zu Be. Nr. 1737

Autorenfortdrucke aus der Zeitschrift »Kunststoffe im Bau« · 17. Jahrgang 1982 · Carl Hanser Verlag, München 86

Alle Rechte, auch die des Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe dieses Sonderdrucks und der Übersetzung, behält sich der Verlag vor

6. Zusammenfassung und Folgerung

Innerhalb eines Forschungsvorhabens wurde versucht Teilaspekte des Tragmechanismus bei Dübeln aus Polymerwerkstoffen zu klären. Besonderer Augenmerk wurde dabei auf den Grenzbereich Dübelhülse – Bohrlochwand gerichtet.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, daß diese Dübelart in ihrem Langzeitverhalten durchaus erfaßbar ist und ihre Brauchbarkeit über größere Zeiträume nachgewiesen werden kann. Der als sehr kritisch für das Funktionieren dieser Dübelart angesehene Abbau der Spreizkräfte findet zwar statt, es scheinen aber dafür Grenzwerte zu existieren, die nicht unterschritten werden. Eine Anpassung der Hülsoberfläche an die Unebenheiten der Bohrlochwand geht mit diesem Vorgang einher.

Die Untersuchungen zeigen auch, daß sichere Aussagen über das Tragverhalten dieser Befestigungsmittel nur dann ge-

macht werden können, wenn eine gleichmäßige, sorgfältige Montage vorliegt und Dübelhülse mit Schraube als Befestigungseinheit zur Verfügung stehen. Daher behalten die bestehenden bauaufsichtlichen Zulassungsbescheide für Dübel aus Polymerwerkstoffen nur Befestigungseinheiten mit Montagekontrolle; der Anwendungsbereich ist im bauaufsichtlichen Sinne zur Zeit auf Fassadenbefestigungen und Konstruktionen ähnlicher Beanspruchungsart beschränkt. Dies ist im Zusammenhang mit der geringen Erfahrung über das Verhalten von Kunststoffdübeln unter dauernder axialer Zugbeanspruchung zum Zeitpunkt der Zulassungsberatung zu sehen.

Die im Forschungsvorhaben erzielten Ergebnisse werden zur Zeit vom Verfasser innerhalb einer wissenschaftlichen Arbeit – vor allem unter Einbeziehung der Kenntnisse des Werkstoffverhaltens und Ergebnisse neuerer Langzeitversuche – für eine umfassende Betrachtung über das Tragverhalten,

die Anwendbarkeit und Sicherheit von Kunststoffdübeln ausgewertet.

Literatur

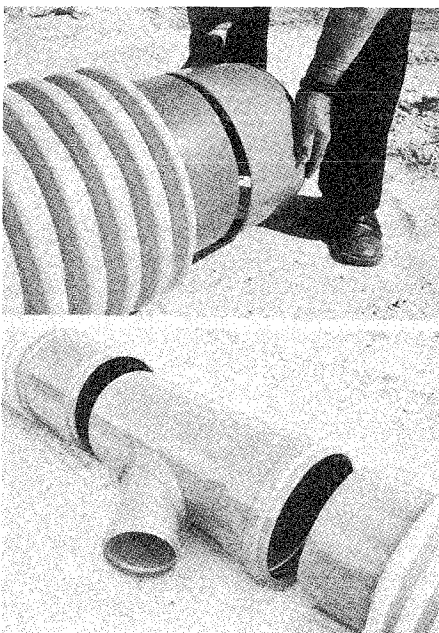
1. G. Rehm, K. Roeder: Tragverhalten von Kunststoffdübeln. Forschungsbericht FMPA Baden-Württemberg 1981, BM Bau
2. Bauaufsichtliche Zulassungsbescheide für (Kunststoff)-Dübel mit zugehörigen Spezialschrauben zur Befestigung von Fassadenbekleidungen. Erste Zulassung dieser Art Dez. 1973. Institut für Bautechnik, Berlin

Der Autor dieses Beitrags:

Dipl. Ing. Klaus Roeder ist Leiter des Referates Befestigungstechnik an der Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Baden-Württemberg (Otto-Graf-Institut), Pfaffenwaldring 4, 7000 Stuttgart 80 (Vaihingen) (1279)

Neues PVC-Kanalrohr-System

Das »Jumbo«-Kanalrohr mit Innen-Durchmesser von 300 Millimetern (DN 300) besteht aus einem glatten Innenrohr und einem profilierten Außenrohr. Innen- und Au-



Verbindung der »Jumbo«-Rohre mit Überschiebemuffen und Einsatz von Verbindungsstücken.

ßenrohr werden getrennt hergestellt, bei der Konfektionierung ineinandergeschoben und fixiert. Auf die Enden des Innenrohres werden Distanzstücke aufgeklebt, welche die Kombination mit genormten Formteilen – Abzweiger, Schachtanschlußstücke – ermöglichen. Die Verbindung der Rohre untereinander erfolgt mit Überschiebmuffen. Das Kanalrohr wird zur Ableitung von Abwässern in Industrie und Haushalten eingesetzt, ferner als Regen- und Oberflächen-Abwasserkanal sowie zur Be- und Entlüftung bei Tiefgaragen oder im Tunnelbau. Die Vorteile des »Jumbo«-Kanalrohres liegen nach Herstellerangaben in der Funktionstrennung von Lastabtrag über das gewellte Außenrohr und hydraulischer Ableitfähigkeit über das Innenrohr. Das Institut für Bautechnik, Berlin, bescheinigte dieser Innovation die höchste Ringsteifigkeits-Klasse 6. Dieser Wert legt das Verhältnis Systemsteifigkeit Rohr/Boden fest. Erdverlegte Oltmanns-Kanalrohre aus verformungsfähigen Kunststoffen sind in der Lage, gleiche Belastungen aufzunehmen wie starre Rohrleitungen.

Bislang erlangten Kunststoff-Rohre in öffentlichen Kanalnetzen noch nicht die Bedeutung, die Experten anfänglich erwarteten. Der Grund liegt in den hohen Anforderungen an die Dauerbelastung. Hier können Schäden durch Ausbeulungen entstehen. Um diese auszuschließen, mußten größere

Wanddicken eingesetzt werden, die jedoch eine erhebliche Gewichts- und Kostenzunahme bewirkten. Die Wellenform des Außenrohres wurde vom Institut für Kunststoffverarbeitung der TH Aachen optimiert und so ausgelegt, daß sie maximale Druckbelastungen aus Überdeckung und Verkehrslasten aufnehmen kann. Darüber hinaus schützt das Wellrohr das Innenrohr vor etwaigen Beschädigungen.

Der Einsatz des neuen »Jumbo«-Rohres stellt sich nach Voraussage des Herstellers »wirtschaftlicher und damit kostengünstiger dar«. Queranschlüsse seien problemlos an jeder Stelle – auch nachträglich – anzubringen. Die Rohre unterliegen einer ständigen werkseigenen sowie regelmäßigen Prüfung einer amtlichen Materialprüfanstalt.

Ohne Innenrohr kann das Wellrohr schließlich auch als »Jumboflexrohr« bezogen werden – als Sammlerleitung bei Dränsystemen, Verrohrung und Vorflutgräben, landwirtschaftlichen Überwegungen, Regenwasserleitungen sowie zur Be- und Entlüftung von Tiefgaragen, Tunneln und Ställen. Die Verbindung der Rohre erfolgt mit patentierten Klappmuffen. Trotz hoher Ringsteifigkeit können die Wellrohre in der Landwirtschaft maschinell mit Fräskettenmaschinen verlegt werden. (3632)

Oltmann Ziegel und Kunststoffe GmbH, 2905 Jeddeloh/ Oldbg.

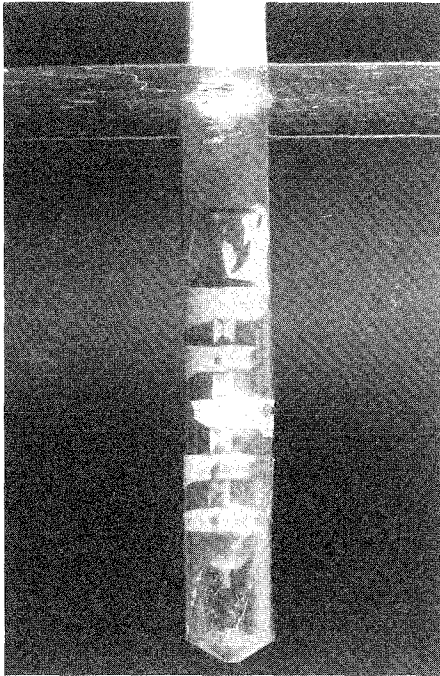


Bild 6. Kontaktflächen »Ankergrund« Acrylglas. Bohrlochdurchmesser: 10,5 mm. Standzeit: ca. 60 Tage, ohne äußere Last

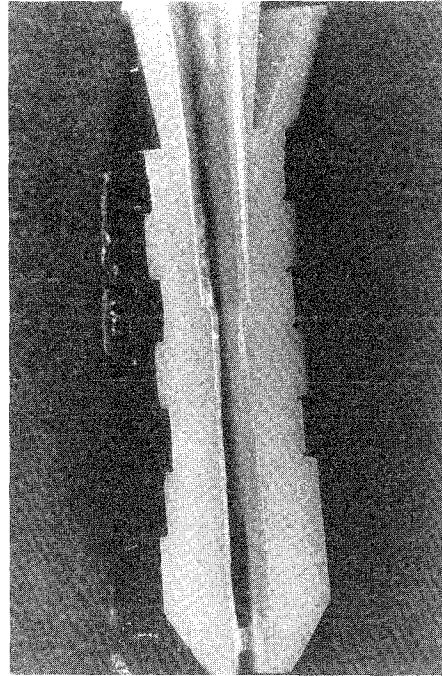


Bild 9. Urzustand

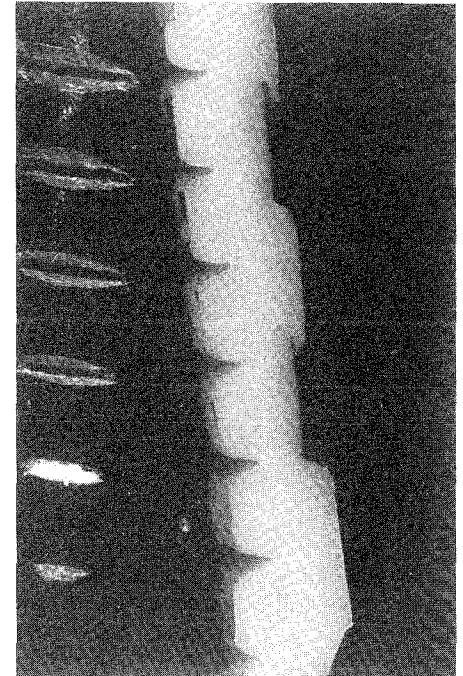


Bild 10. Zustand nach einer Beanspruchungszeit von 16 Monaten mit einer axialen Zugkraft von $Z \approx 0,9 F_u$. Detailaufnahme

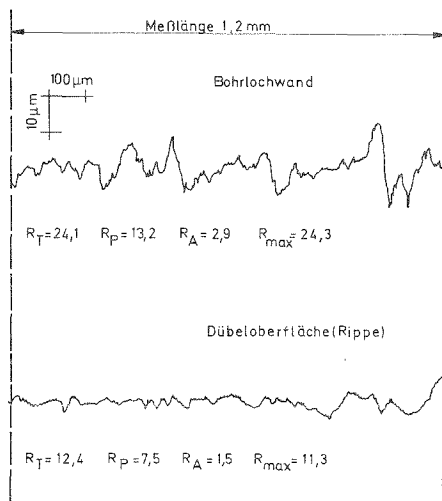
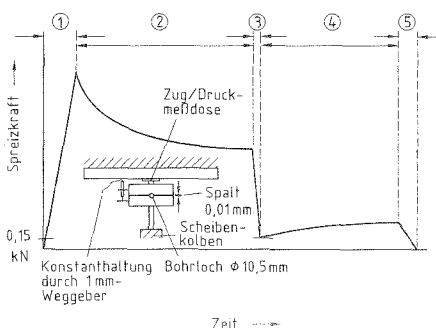


Bild 7. Anpassung der Dübeloberfläche (Querrippe) an die Bohrlochoberfläche. Standzeit 24 h, Werkstoff der Dübelhülse Polyamid 6 (Produktbezeichnung Ultramid B3S; Fa. BASF)



die im Ankergrund »Acrylglas« eingebaut wurden, gewonnen werden. Diese Untersuchungen erwiesen sich aber insofern als problematisch, als sich der E-Modul des Acrylglases von dem des eingesetzten Polyamides nicht wesentlich unterscheidet – im Gegensatz zu Polyamid/Beton. Die Ergebnisse wurden nicht veröffentlicht. Nach dem Erreichen des stabilen Zustandes im Stahlbohrloch wurde bei den Experimenten innerhalb des Forschungsvorhabens, durch Aufweitung des Bohrloches – Rißsimulation durch Öffnen des Spaltes zwischen den Halbschalen – die vorhandene Anpreßkraft bis auf 150 N abgemindert. Die zusätzliche Spaltöffnung betrug dabei maximal 0,3 mm. Es kam zu einer »Erholungsphase« des Dübels, so daß nach einer Standzeit von etwa 30 Minuten Spreizdrucke bis zu 750 N neu abgebaut wurden. Anschließend wurde die Resttragfähigkeit dieser Dübel bestimmt; sie lag zwischen 20

und 50% der maximalen Tragfähigkeit bei normalen Kurzzeitversuchen in solchen Bohrlochern.

Die bisher beschriebenen Formänderungen und Anpassungen der Dübelhülse geschahen immer ohne äußere Lasteinwirkung und resultierten nur aus dem Eigenspannungszustand, der durch die Montage der Schraube hervorgerufen wurde.

Äußere Dauerlasten erzeugen eine Verschiebung in Richtung der angreifenden Kraft. Innerhalb der Zulassungsversuche wurden diese Verschiebungen nicht analysiert oder zerlegt sondern lediglich als Gesamtverschiebung, wie sie für das anzuschließende Bauteil nur interessant ist, angegeben. Um die Veränderung der äußeren Form der Dübelhülse erkennen zu können, wurden Dauerstandversuche angesetzt (bei 23° C/50% rel. Luftfeuchte). Die axialen Zuglasten betragen das 0,8 bis 0,9fache der Bruchlast. Nach einer Standzeit von 12 bzw. 16 Monaten wurden die Dübel entlastet. Die Gesamtverschiebung des Schraubenkopfes lag zwischen 0,2 und 0,8 mm. Es wurde nun der Betonkörper gespalten und die Dübel herausgenommen. Die sonst nach einem Dauerstandversuch üblicherweise ermittelte Resttragfähigkeit wurde hier nicht bestimmt, um die Kontaktflächen der Dübelhülse nicht zu verändern. Es läßt sich eine Verschiebung der äußeren Rippenfläche im Vergleich zum Urzustand erkennen (Bilder 9 und 10).

Bild 8. Schematische Darstellung des Ablaufes der Relaxationsversuche

- 1 Einbau des Dübels in das Bohrloch (Schlitz der Dübelhülse waagrecht)
- 2 Standzeit, Abbau der Spreizkraft und Anpassung des Dübels an die Unebenheit der Bohrlochwand.
- 3 Künstlicher Abbau der Spreizkraft auf 0,15 kN durch Öffnen des Spaltes und Konstanthaltung der dabei sich ergebenden Spaltweite.
- 4 Standzeit mit geringer Zunahme der Spreizkraft durch eine Rückverformung der Hülse.
- 5 Axialer Zugversuch.

Als Vergleichsgröße für den Produktquerschnitt wurden Dübel mit dem Nenndurchmesser 10 mm gewählt, da im Zuge von Zulassungsverfahren mit dieser Dübelgröße die ausführlichsten Untersuchungen durchgeführt wurden. Allerdings wurden bisher nur Kunststoffdübel mit Schaft (Aufnahme der gesamten Schraube) zugelassen [2]. Dies geschah aus Überlegungen die die Montagesicherheit (richtige Schraubenlänge, ausreichende Eindrehtiefe) und die Kontrollmöglichkeit betrafen. Für die Analyse des Tragverhaltens ist das nicht von Bedeutung; daher wurden auch Dübelhülsen untersucht, die nur aus dem Verankerungsteil bestanden.

Die gefundenen Formen beginnen bei glatten Röhren und enden bei stark profilierten Hülsen (Bild 3). Die wahrscheinlich einfachste Lösung stellen Abschnitte eines im Extruder gefertigten Schlauches dar (Bild 3, A). Als Werkstoffe konnten Polyvinylchlorid, Polyäthylen und Polyamid gefunden werden.

4. Einschränkungen für das Forschungsvorhaben

In Kenntnis der enormen Variationsmöglichkeiten durch Werkstoffwahl, Ankergrundart, Dübelgröße, Schraubenart und Schraubenlänge, Bohrerart wurden für das Forschungsvorhaben folgende Abgrenzungen vorgenommen:

Dübelgröße (Außendurchmesser der Hülse): 10 mm

Dübelwerkstoff: Polyamid 6 unverstärkt, verschiedene »Legierungen«; Konditioniert bei 23° C/50% rel. Luftfeuchte

Bohrgerät: Hammerbohrmaschine mit Hammerbohrer Schneidenbreite 10,2 mm
Ankergrund: Normalbeton; Festigkeitsklasse B15 bis B55, Sieblinie im brauchbaren bis guten Bereich, Korngröße 0/16 oder 0/32 (B16/B32)

Schraube: Spezielle Holzschraube mit nahezu zylindrischem Kern. Die Eindrehtiefe in die Dübelhülse wurde so gewählt, daß die Schraubenspitze das Hülsenende rechnerisch um 5 mm durchdringt (Bild 4)

5. Untersuchungen und Ergebnisse

5.1 Bohrlöcher

Die Gestalt der Bohrlöcher weicht von der des idealisierten Bohrloches – Zylinder mit angesetzter Kegelspitze – z. T. ganz erheblich ab. Dies resultiert aus einer gewissen Flexibilität des Bohrers und dem Spiel in der Aufnahme der Bohrmaschine. Die daraus sich ergebende Bewegungsfreiheit ermöglicht es dem Bohrer harte Zuschlagkörner, die geringfügig in die vorgegebene Bahn des Bohrers hineinragen, zu umgehen. Die tatsächlichen Bohrlochachsen sind C- oder S-förmig und haben von einer idealen geraden

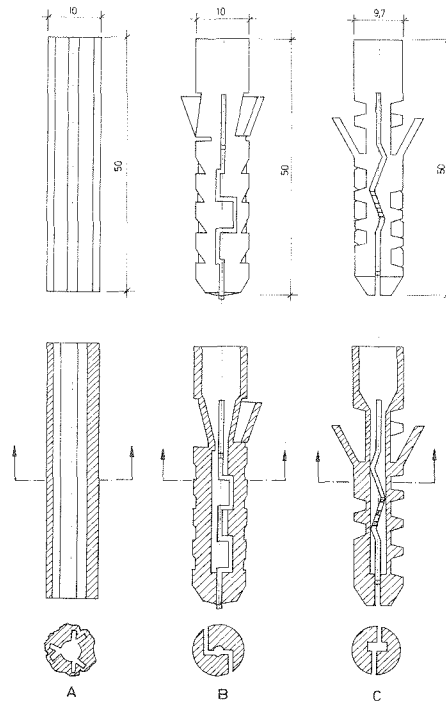


Bild 3. Formen von Dübelhülsen (Auswahl). Geringe Profilierung – starke Profilierung

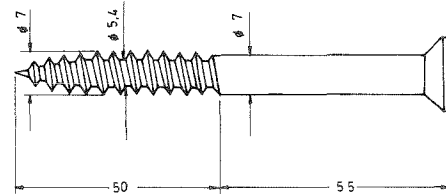


Bild 4. Spezialholzschraube 7 x 105. Eindrehtiefe bei den Untersuchungen 55 mm. (Entspricht der Empfehlung der meisten Dübelhersteller)

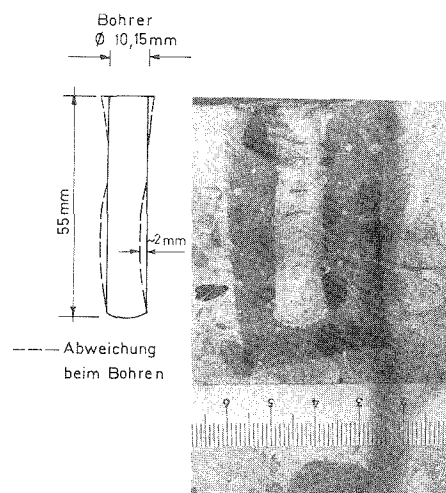


Bild 5. Bohrlochgeometrie. Erstellung des Bohrloches mit einem Hammerbohrer Ø 10 mm (Hartmetallschneiden Ø 10,15 mm) Beton B 25

den Zylinderachse bis zu 2 mm Abweichung (Bild 5).

Unter der Annahme, daß Reibkräfte die Kraftübertragung darstellen, kommt der Rauigkeit der Bohrlochwand ganz entscheidende Bedeutung zu. Auf einer willkürlich festgelegten Linie längs einer Bohrung im Beton ergaben sich folgende charakteristische Rauigkeitswerte für die Gesamtlänge eines Bohrloches: $R_T = 137 \mu$; $R_A = 13,8 \mu$; $R_p = 71,5 \mu$; $\max R = 178,3 \mu$

5.2 Kontaktflächen

Die weiteren Untersuchungen galten der Größe und Art der Kontaktflächen zwischen Dübelhülse und Bohrlochwand. Die Größe wurde einmal durch vorhandene Abdrücke im Bohrstaub bestimmt und zum anderen wurde die Ermittlung der Kontaktflächen durch Einbau der Dübel in ein durchsichtiges Medium (Acrylglas) durchgeführt (Bild 6). In beiden Fällen zeigte es sich, daß die ursprünglich vorgegebene Form der Rippen im wesentlichen erhalten bleibt solange keine äußere Last an der Schraube angreift.

Rauigkeitsmessungen an der Bohrlochwand und der zugehörigen Hülsenfläche (Kontaktfläche) lassen erkennen, daß die mögliche Anpassung der Kunststofffläche an die Betonfläche offensichtlich nach wenigen Stunden zum größten Teil abgeschlossen ist. Tiefe Poren in der Bohrlochwand werden nicht durch Kunststoffmaterial ausgefüllt. Es findet eine Glättung (50%) gegenüber der Rauigkeit der Bohrlochwand statt (Bild 7).

5.3 Zeiteinfluß

Es liegt die Vermutung nahe, daß der durch den Montagevorgang erzeugte Anpreßdruck im Laufe der Zeit abgebaut wird; dazu wurden Relaxationsversuche durchgeführt (Bild 8).

In einem idealen Bohrloch, das in eine Stahlform eingearbeitet war, wurde nach der Montage des Dübels der Anpreßdruck als Rückstellkraft im Kraftfluß Dübel – Prüfmaschine in Abhängigkeit von der Zeit gemessen.

Die beim Eindrehen der Schraube erzeugte maximale Spreizkraft – je nach Dübelart von 0,8 bis 4 kN – wird bereits nach wenigen Minuten bis zu 50% abgebaut. Der weitere Abbau des Spreizdruckes, der maximal zusätzlich 5% vom Ausgangswert beträgt, ist nach wenigen Stunden nahezu abgeschlossen.

Es scheint sich ein innerer Spannungszustand einzustellen, der keine weitere Verminderung des Spreizdruckes zur Folge hat.

Ähnliche Erkenntnisse konnten durch spannungsoptische Untersuchungen an Dübeln,

Tragverhalten von Kunststoffdübeln

Dipl.-Ing. K. Roeder

1. Einleitung

Die Verwendung von Dübeln aus Polymerwerkstoffen (Kunststoffdübel) in Milliardenstückzahl mußte zwangsläufig zur Folge haben, daß auch Schäden im Zusammenhang mit diesem Produkt auftraten. Spektakulär waren dabei Abstürze leichter, hängender Unterdecken – gewöhnlich als abgehängte Decken bezeichnet. Überprüfungen ergaben, daß in solchen Fällen meist grobe Montagefehler vorlagen; die Ursachen dafür können darin gesehen werden, daß man durch Mißachtung bestimmter Werksvorgaben eine höhere Stundenleistung erzielen konnte; in Unkenntnis der Sachlage hielt aber der Ersteller der abgehängten Decke – trotz bewußten Ausführungsmangels – die Sicherheit gegenüber Versagen für ausreichend. Er meinte dies beurteilen zu können, da die angehängten Lasten (Deckeneigengewicht zum Teil nur 15 kg/m²) nur einen Bruchteil der in Prospekten angegebenen maximal erzielbaren Tragfähigkeiten betrogen. Typisch für die Schäden war, daß sie erst nach relativ langer Gebrauchsdauer (mehrere Jahre) auftraten. Die Ursache dafür konnte in dem Zusammentreffen von für diese Dübelart ungünstigen äußeren Bedingungen gesehen werden oder aber in einem für Polymerwerkstoffe typischen Verhalten unter ständiger Beanspruchung.

Das Vordringen dieser Dübelart in weitere bauaufsichtlich relevante Bereiche, wie die Befestigung von leichten, vorgehängten Fassaden, ließ die Frage nach der Brauchbarkeit und Dauerhaftigkeit solcher Befestigungsmittel aufkommen. Um darüber eine Aussage machen zu können, mußte zunächst das Wissen über den tatsächlichen Tragmechanismus vorhanden sein. Dazu wurde ein Forschungsvorhaben [1] durchgeführt, das vom Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau mitfinanziert wurde.

2. Definition des Dübels

Die im Forschungsvorhaben angegebene Bezeichnung »Kunststoffdübel« entspricht dem allgemeinen Sprachgebrauch. Als Kunststoffdübel wird im allgemeinen ein Produkt bezeichnet, das wie folgt definiert werden kann:

Eine Hülse aus einem Polymerwerkstoff und eine Schraube – meist mit Holzgewinde – bilden die Befestigungseinheit. Die Hülse kann außen profiliert – mit

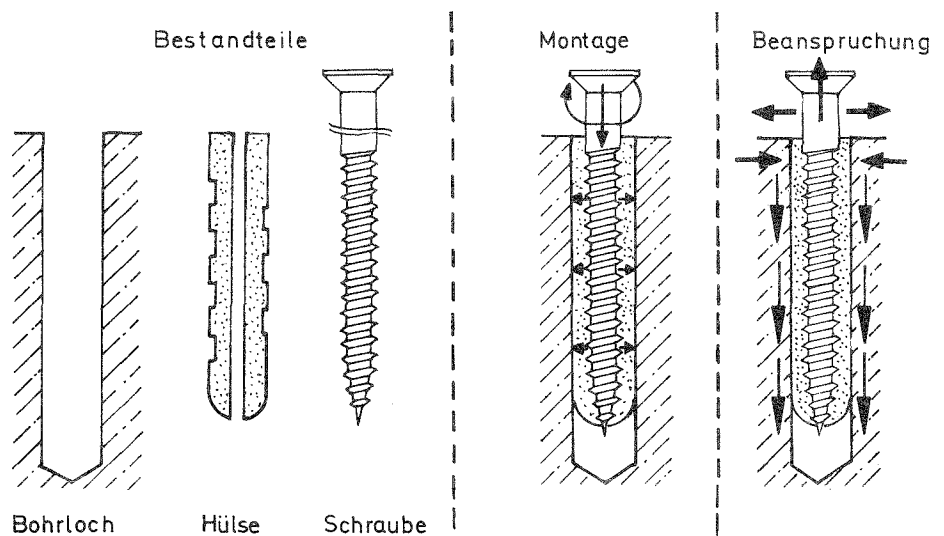


Bild 1. Prinzip des Kunststoffdübels

Zähnen, Rippen o.ä. versehen – oder auch glatt sein. Innen besitzt sie eine Durchgangsbohrung oder auch nur einen konischen Ansatz. Im Bereich der voraussichtlichen Spreizung ist die Hülse meist geschlitzt oder aufweitbar. Der Einbau des Dübels erfolgt so, daß die Hülse in ein entsprechendes Bohrloch eingesetzt und anschließend eine zugehörige Schraube in die Hülse eingedreht wird. Diese Schraube prägt und schneidet sich ein Gewinde in das Hülsenmaterial und preßt gleichzeitig die Hülse an die Bohrlochwand. Über einen dadurch erzeugten Reibschluß evtl. Formschluß ist es möglich, über die Schraube unter Zwischenschaltung des Polymerwerkstoffes äußere Kräfte in den umgebenden Ankergrund einzuleiten (Bild 1).

Eine Sorte sollte noch erwähnt werden, die vom Tragverhalten her dem oben definierten Dübel sehr ähnlich ist; sie wird unter der Bezeichnung Nageldübel, Schlagschraube oder Schlagdübel vertrieben. Der Unterschied zur vorher definierten Dübelart besteht darin, daß die Schraube, der Schraubnagel oder Draht nicht eingedreht, sondern eingeschlagen wird. Die Beanspruchung des Hülsenmaterials muß daher beim Einbau anders sein als beim System mit der einzudrehenden Schraube. Für den Endzustand gilt jedoch das oben Gesagte:

Die Materialverdrängung erzeugt einen Anpreßdruck – daraus ergibt sich ein Reibschluß/Formschluß an der Bohr-

lochwand; dieser ermöglicht eine Übertragung der eingeleiteten Kräfte in den Ankergrund. Allerdings muß beim Einschlagen von glatten Stiften die Kraftübertragung über die Kunststoffhülse erfolgen.

3. Produkte

Im Handel werden Kunststoffdübel in den Nenngrößen 4 mm bis 20 mm angeboten (Bild 2). Die Nenngröße entspricht dem jeweiligen Außendurchmesser der Dübelhülsen bzw. dem notwendigen Bohremmendurchmesser. Die Einbautiefen reichen von 20 bis 90 mm. Eine gewisse Normierung hat hier bereits stattgefunden.

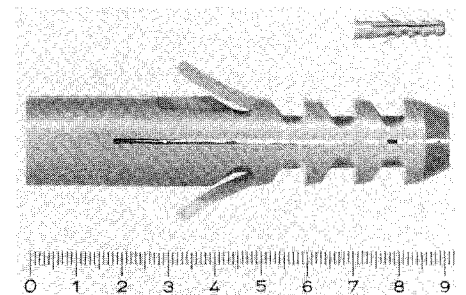


Bild 2. Beispiel maximaler und minimaler Dübelhülsegrößen. Außen(Nenn)durchmesser 4 mm u. 20 mm. Die Dübelhülselänge entspricht bei dieser Ausführungsart der notwendigen Einbautiefe in dem tragenden Ankergrund