

FORSCHUNGSBERICHTE  
DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN

Herausgegeben durch das Kultusministerium

Nr. 781

Verein zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten  
in der Werkzeugindustrie e.V., Remscheid

Verformungseinflüsse bei der Feilenherstellung



WESTDEUTSCHER VERLAG / KÖLN UND OPLADEN

**FORSCHUNGSBERICHTE  
DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN**

Herausgegeben durch das Kultusministerium

Nr. 781

Verein zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten  
in der Werkzeugindustrie e.V., Remscheid

**Verformungseinflüsse bei der Feilenherstellung**

Als Manuskript gedruckt



SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN GMBH

1959

ISBN 978-3-663-03869-6      ISBN 978-3-663-05058-2 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-663-05058-2

Teil 1:

U n t e r s u c h u n g   w e s e n t l i c h e r   E i n f l u ß -  
g r ö ß e n   a u f   d e n   F e i l e n v e r z u g

Dr.-Ing. Eginhard Barz

Institut für Werkzeugforschung Remscheid

Teil 2:

D e r   U m f o r m v o r g a n g   b e i m   F e i l e n h a u e n

Prof. Dr.-Ing. Otto Kienzle

Dipl.-Ing. Hans-Joachim Crasemann

Dipl.-Ing. Kurt Haverbeck

Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik  
der Technischen Hochschule Hannover

## V o r w o r t

Dieser Forschungsbericht behandelt Fragen, die sich aus der Arbeit:

"Fertigungs- und Prüfverfahren für Feilen"

aus der Schriftenreihe

"Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums Nordrhein-Westfalen (Nr. 445)

ergeben.

Vorliegende Arbeit über

"Verringerung des Härteverzuges zwecks Ausbildung gleichmäßiger und günstiger Feilenzahnen durch Untersuchung des Verformungseinflusses auf Gefüge und Oberflächenspannung"

wurde vom gleichen Ministerium finanziell gefördert und besteht aus 2 Teilen:

Teil 1 Untersuchung wesentlicher Einflußgrößen  
auf den Feilenverzug

Teil 2 Der Umformvorgang beim Feilenhauen

Teil 1 wurde im Institut für Werkzeugforschung Remscheid, Teil 2 im Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik der Technischen Hochschule Hannover auf Anregung des Instituts für Werkzeugforschung in Verbindung mit Feilenfabriken ausgeführt.

Das Ziel der Arbeit war, die Auswirkung der Wärmebehandlung und des Umformvorganges auf die Ausbildung des Feilenzahnes zu untersuchen. Während Teil 1 vom Institut für Werkzeugforschung vorzugsweise bei einschlägigen Firmen ausgeführt wurde, handelt es sich bei Teil 2 um eine Grundlagenforschung, die unter Leitung von Herrn Prof. Dr.-Ing. O. KIENZLE als Diplomarbeit von Herrn Dipl.-Ing. HAVERBECK ausgeführt und von Herrn Dipl.-Ing. CRASEMANN überarbeitet wurde.

Teil I

Untersuchung wesentlicher Einflußgrößen  
auf den  
Feilenverzug

## G l i e d e r u n g

Vorwort . . . . .	S.	3
1. Einleitung . . . . .	S.	9
2. Voruntersuchungen . . . . .	S.	9
2.1 Untersuchung des Ausgangswerkstoffes . . . . .	S.	9
2.2 Vorbehandlung der Feilenkörper . . . . .	S.	10
3. Verzug der Feilenkörper . . . . .	S.	16
3.1 Härteverzug bei ungehauenen Feilenkörpern Einfluß der Abschreckbadtemperatur und der Taucharten . . . . .	S.	16
3.2 Einfluß des Hauens auf den Verzug des Feilenkörpers Längsdurchbiegung, Verwindung . . . . .	S.	18
3.3 Härteverzug bei gehauenen Feilenkörpern . . . . .	S.	19
4. Einfluß der Glühbehandlung auf den Feilenverzug . . . . .	S.	22
4.1 Allgemeines zur Glühbehandlung . . . . .	S.	22
4.2 Einfluß der Glühbehandlung auf die Längs- durchbiegung . . . . .	S.	23
4.3 Einfluß der Glühbehandlung auf die Zahnform . . . . .	S.	24
5. Zusammenfassung . . . . .	S.	25

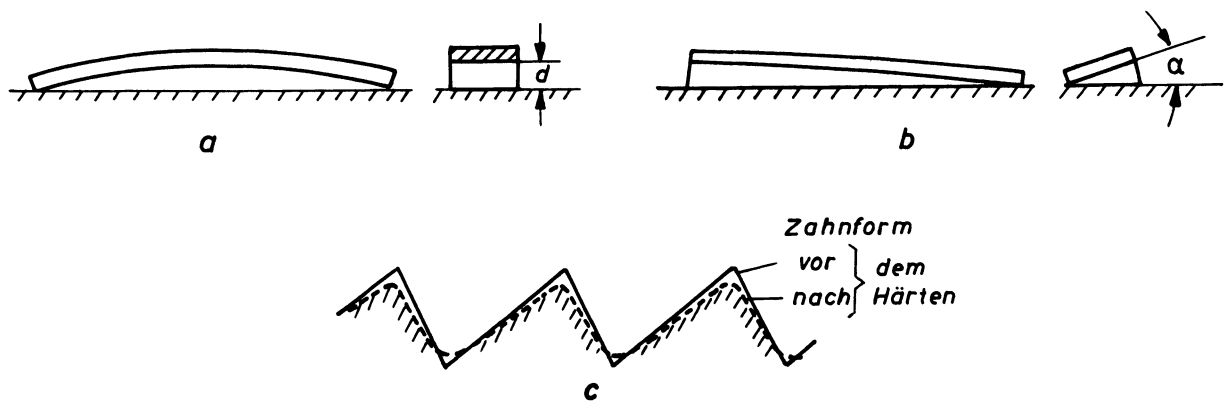
## 1. Einleitung

Der Feilenverzug umfaßt einerseits den Verzug des Feilenkörpers, der als Längsdurchbiegung  $d$  und Verwindung ( $\alpha$ ) in Erscheinung tritt (Abb. 1a und b), andererseits den Verzug der Zahnform (Abb. 1c).

Der Verzug der Feilenkörper, besonders bei ungünstiger, beispielsweise halbrunder Querschnittsform, kann durch das Schmieden, Glühen, Hauen oder Härten hervorgerufen werden und muß erforderlichenfalls durch Richten nach den einzelnen, verzugsverursachenden Arbeitsgängen beseitigt werden. Dagegen kann der Zahnverzug durch einen nachträglichen Arbeitsgang nicht verbessert werden.

Bei den erwähnten mannigfaltigen Einflußgrößen auf den Feilenverzug mußte zunächst einmal festgestellt werden, bei welchem Arbeitsgang der größte Verzug auftritt.

Um dies auszuführen und brauchbare Ergebnisse zu erzielen, war es erforderlich, außer der jeweils zu untersuchenden Einflußgröße, entweder alle anderen auszuschalten (z.B. Fortfall des Schmiedens von Angel und Spitze) oder sie konstant zu halten (z.B. Werkstoffzusammensetzung, Scheuern, Haumaschine, Hauunterlage, Schmiermittel).



A b b i l d u n g 1

Arten des Feilenverzuges

a) Längsdurchbiegung    b) Verwindung    c) Zahnverzug

## 2. Voruntersuchungen

### 2.1 Untersuchung des Ausgangswerkstoffs

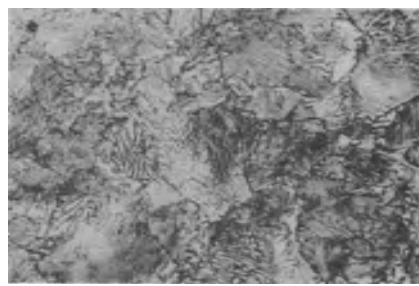
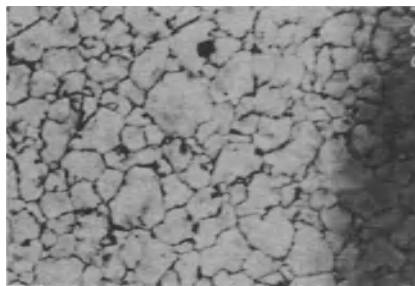
Für die späteren Haversuche wurden ca. 800 kg Feilenstahl, Werkstoff-Nr. 1633 (Stahleisenliste C 130 W 2) beschafft, der vor dem Walzen auf



die für die Versuche zweckmäßige, rechteckige Querschnittsform  $20 \times 5 \text{ mm}^2$  widerstandserhitzt wurde und in dieser Arbeit als Sorte F bezeichnet wird.

Das Gefüge von drei aus dieser Menge ausgesuchten Stangenabschnitten wurde in der Versuchsanstalt der Werkzeugindustrie metallographisch untersucht. An allen Proben ergab sich ein gleichartiges Gefüge mit lamellarem Perlit und Sorbit. An den Korngrenzen liegt eine Abscheidung von Zementit vor. Die Korngröße ist als fein zu bezeichnen.

Abbildung 2a gibt das Gefüge bei 500facher Vergrößerung wieder. Zur Kenntlichmachung der Zementitabscheidung und auch der Korngröße erfolgte für die Übersichtsaufnahme der Abbildung 2b eine Ätzung des Zementits (Vergrößerung 200fach). An der Oberfläche dieser Proben lag stellenweise eine Entkohlung von geringem Ausmaße vor; die Tiefe der entkohlten Schicht erreichte Werte, die zwischen 0,03 und 0,14 mm lagen. Eine Entkohlung bis zum untereutektoiden C-Gehalt war in sehr geringem Ausmaß eingetreten.



a) 500 x

b) 200 x

#### A b b i l d u n g 2

Gefüge von Feilenstahl, Werkstoff Nr. 1633

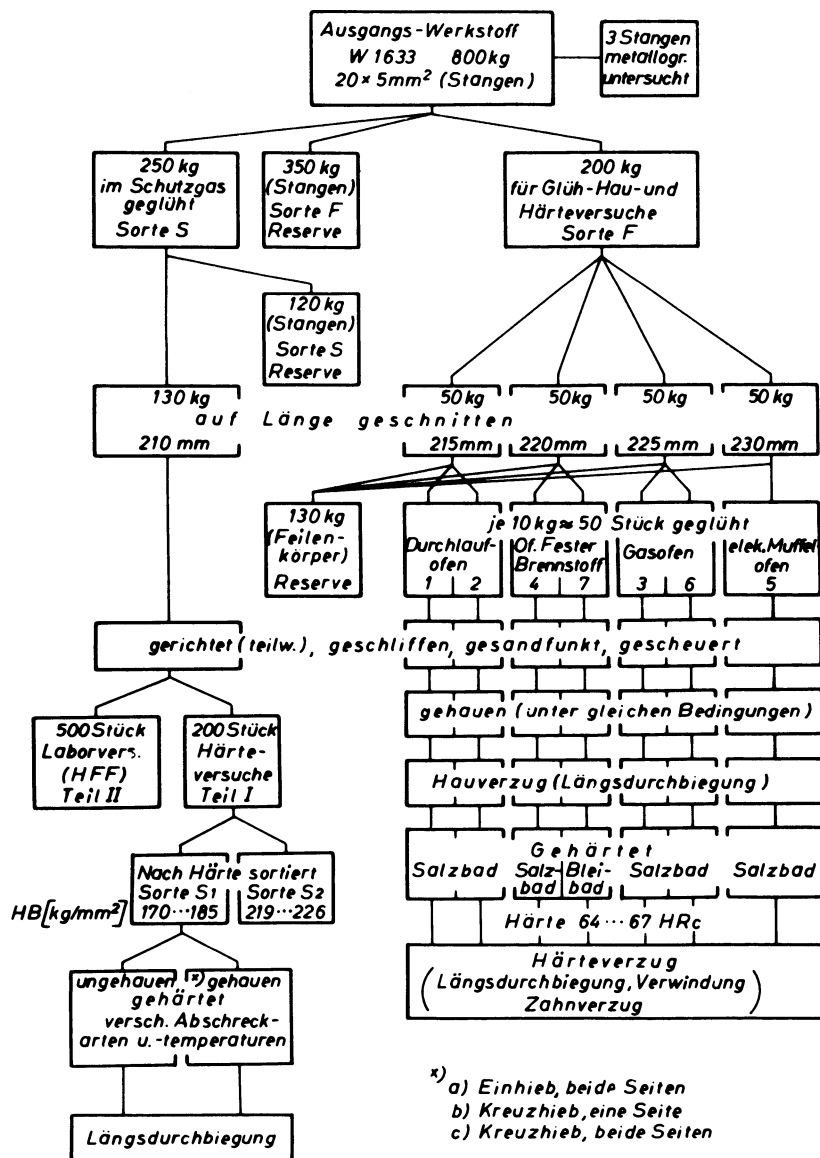
Aufnahmen: Versuchsanstalt der Werkzeugindustrie Remscheid

### 2.2 Vorbehandlung der Feilenkörper

Aus Abbildung 3 geht die Aufteilung der Menge des verwendeten Ausgangswerkstoffes (Sorte F) für die verschiedenen Versuche hervor. Von diesem Ausgangswerkstoff wurden etwa 250 kg vorzugsweise für grundlegende Hausversuche in der TH Hannover in Schutzgas geblüht; diese Menge wird im folgenden als "Sorte S" bezeichnet:

Etwa 200 kg "Sorte F" standen für Glüh-, Hau- und Härteversuche in den Betrieben zur Verfügung. Für etwaige Versuchswiederholungen wurden ca.

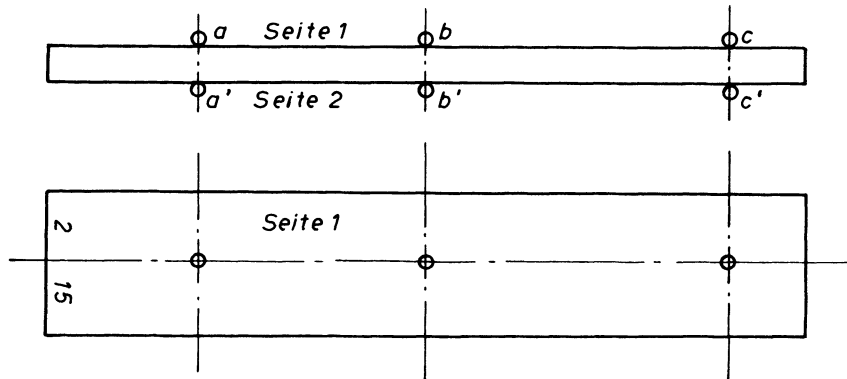
350 kg der "Sorte F" und 120 kg der "Sorte S" in Stangenform zurückgestellt.



**Abbildung 3**  
Ausgangswerkstoff, seine Weiterverarbeitung  
und Verwendung für die Untersuchungen

Von den angelieferten Stangen wurden für die Versuche Feilenkörper in unterschiedlichen Längen zur leichteren Unterscheidung der verschiedenen Glühbehandlungen (s. Tab. 2 und 4) abgeschnitten, und zwar von der "Sorte S" 700 Feilenkörper (ca. 230 kg) 210 mm lang, von der "Sorte F" je 250 Stück (ca. 50 kg) 215; 220; 225 und 230 mm lang.

Außerdem erfolgte die Kennzeichnung der Feilenkörper an einem flachen Ende durch Einschlagen von Zahlen (Abb. 4); die linke Ziffer entspricht der sich durch die verschiedene Glühbehandlung ergebenden Gruppe, die rechten Ziffern sind die laufende Nummer.



A b b i l d u n g 4

Kennzeichnung der Feilenkörper und Härtemeßstellen

Sämtliche Feilenkörper wurden von einer Firma zum Hauen vorbehandelt, d.h., gerichtet, geschliffen, gefunkt und gescheuert. Von beiden Seiten wurden 0,2 mm abgeschliffen, auf der schmalen Kante wurde nur der Zunder beseitigt.

Erfahrungsgemäß hat das Glühgefüge bzw. die damit zusammenhängende Härte einen Einfluß auf die Zahnform. Nach der Vorbehandlung erfolgte daher die Härteprüfung. Zunächst wurden 2 von 20 ausgewählten Feilenkörpern (Nr. 1 und 2) auf Härte geprüft. Es ergaben sich auf beiden Flachseiten an verschiedenen Stellen a b c und a' b' c' (Abb. 4) Härte- werte, die in den üblichen Grenzen der Genauigkeit schwankten. Daher wurde bei den weiteren Feilenkörpern 3 bis 20 nur die Stelle c auf ihre Härte geprüft. Die Meßergebnisse sind in Tabelle 1 enthalten.

Die Härte der untersuchten 20 Feilenkörper liegt zwischen HB 168 und  $226 \text{ kg/mm}^2$ , die errechnete Festigkeit zwischen 62 und  $82 \text{ kg/mm}^2$ .

Aus der bildlichen Darstellung nachstehender Werte (Abb. 5) geht deutlich hervor, daß die Feilenkörper zwei verschiedenen Härtegruppen zuzuordnen sind. 75 % der Feilenkörper (= 15 Stück) mit einer Härte HB 168 bis  $184 \text{ kg/mm}^2$  und einer Festigkeit von 60 bis  $67 \text{ kg/mm}^2$  sind nach bisherigen Erfahrungen zum Hauen gut geeignet, was später auch durch Versuche bestätigt wird (s. Abschn. 2). 25 % der Feilenkörper (Nr. 1; 4;

17; 19; 20) mit einer Härte HB 220 bis 226 kg/mm<sup>2</sup> und einer Festigkeit von 79 bis 82 kg/mm<sup>2</sup> sind zum Hauen als zu hart zu bezeichnen.

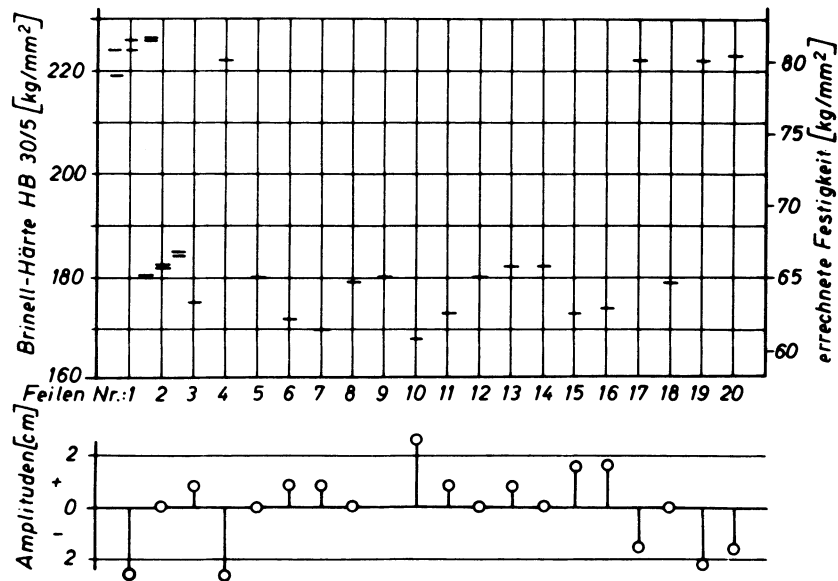
T a b e l l e 1

Härte von schutzgasgeglühten Feilenkörpern Sorte S

lfd. Nr.	Brinell-Härte HB 30/5 [kg/mm <sup>2</sup> ] Seite		errechnete Festigkeit [kg/mm <sup>2</sup> ] Seite		Prüfstelle
	1	2	1	2	
1	219	224	79	81	a bzw. a'
	224	226	81	81	b " b'
	226	226	81	81	c " c'
2	180	180	65	65	a " a'
	182	182	66	66	b " b'
	185	184	67	66	c " c'
3	175	-	63	-	c
4	222	-	80	-	c
5	180	-	65	-	c
6	172	-	62	-	c
7	170	-	61	-	c
8	179	-	64	-	c
9	180	-	65	-	c
10	168	-	60	-	c
11	173	-	62	-	c
12	180	-	65	-	c
13	182	-	66	-	c
14	182	-	66	-	c
15	173	-	62	-	c
16	174	-	63	-	c
17	222	-	80	-	c
18	179	-	64	-	c
19	222	-	80	-	c
20	223	-	80	-	c

Wegen der unterschiedlichen technologischen Eigenschaften dieser beiden Feilenkörpergruppen und der dadurch bedingten unterschiedlichen Eignung zum Hauen hätten sämtliche Feilenkörper zur Aussortierung nach der Härte stückweise geprüft werden müssen. Um diese langwierige, klassische Härteprüfung zu vermeiden, wurde untersucht, ob gleiche Unterschiede mit einer schneller und zerstörungsfrei arbeitenden, auf

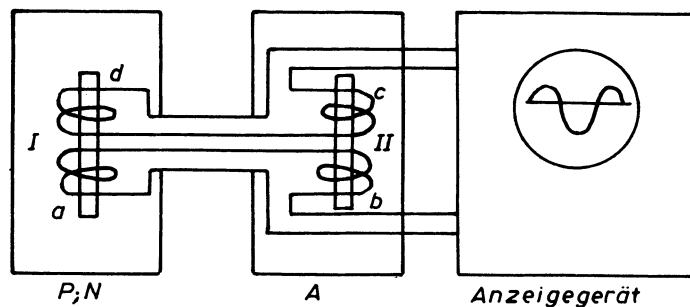
ferromagnetischen Eigenschaften beruhenden Methode erzielt werden konnten.



A b b b i l d u n g 5

Vergleichende Untersuchung von Feilenkörpern  
 oben: Härte und Festigkeit  
 unten: Ergebnisse mit dem Magnatest-Q-Gerät

Hierfür stand das Magnatest-Q-Gerät (Abb. 6) zur Verfügung, dessen Prüfprinzip darauf beruht, daß die ferromagnetischen Eigenschaften des in die Spule I eingelegten Prüflings mit denen eines in Spule II eingeführten Normals, dessen Eigenschaften bekannt sein müssen, verglichen werden.

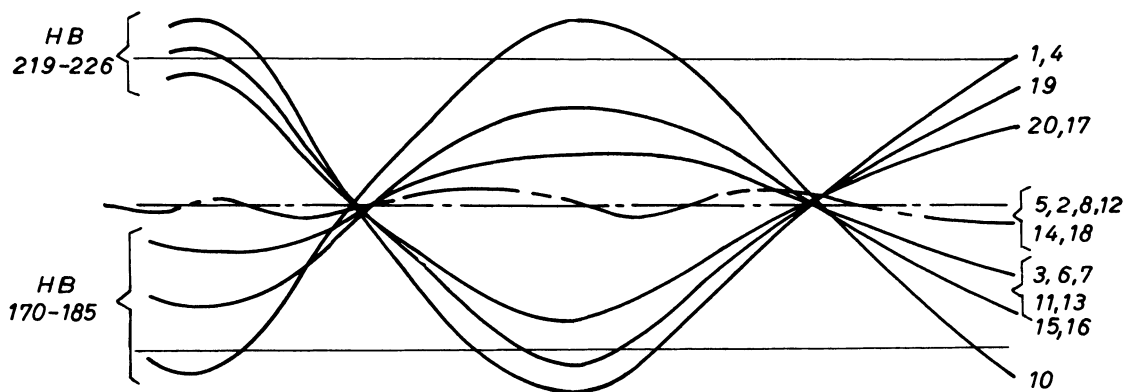


A b b i l d u n g 6

Magnatest-Q-Verfahren (Prinzip)

I u. II Spulen      A Abgleichstück      N Normal      P Prüfling

Auf dem Schirm einer BRAUNschen Röhre entsteht dann ein Kurvenzug, der innerhalb bestimmter, vorher festgelegter und den zulässigen Abweichungen der Härtewerte entsprechenden Grenzen liegen muß. Die zur Untersuchung vorgesehenen Feilenkörper wurden dieser Prüfung unterzogen. Es ergab sich dabei, daß die Kurven auf dem Bildschirm des Magnatest-Q-Gerätes (Abb. 7) ebenfalls zwei Gruppen erkennen lassen, die den auf Grund der Härteprüfung ermittelten Unterschieden entsprechen. Ein Vergleich ist auch möglich, wenn an Stelle der ganzen Kurven nur deren Amplituden ermittelt werden. Sie sind in Abbildung 5 (unten) eingetragen.



A b b i l d u n g 7  
Magnatest-Kurven von Feilenkörpern  
verschiedener Härte HB 30/5 [kg/mm<sup>2</sup>]

Wie ersichtlich, ergaben sich eindeutige Zusammenhänge; so z.B. liegen die Amplituden der härteren Feilenkörper Nr. 1; 4; 17; 19; 20 (Härte HB 30/5 220 bis 226, Festigkeit 79 bis 82 kg/mm<sup>2</sup>) im Magnatest-Q-Gerät bei ca. -2 cm, die der übrigen Feilenkörper (Härte HB 168 bis 184, Festigkeit 60 bis 67 kg/mm<sup>2</sup>) zwischen 0 und +2,5 cm.

Auffällig ist, daß der weichste Feilenkörper Nr. 10 (Festigkeit unter 61 kg/mm<sup>2</sup>) auch im Magnatest-Q-Gerät als Außenseiter erkennbar ist.

Somit konnten die Feilenkörper mit dem Magnatest-Q-Gerät sortiert werden. Es waren also von den im Schutzgas geblühten Feilenkörpern zwei Gruppen zu unterscheiden, die vorzugsweise für Hauversuche verwendet wurden.

T a b e l l e 2

Gruppe	Härte HB 30/5 [kg/mm <sup>2</sup> ]	errechnete Festigkeit [kg/mm <sup>2</sup> ]	Kennzeichen
S 1	170 bis 185	60 bis 67	1
S 2	219 bis 226	79 bis 82	2

### 3. Verzug der Feilenkörper

#### 3.1 Härteverzug bei ungehauenen Feilenkörpern

##### Einfluß der Abschreckbadtemperatur und der Taucharten

Um zu eindeutigen Ergebnissen zu kommen, wurde, wie erwähnt, eine Reihe von Einflußgrößen ausgeschaltet bzw. konstant gehalten.

Es erschien zweckmäßig, zunächst den Einfluß des Härtens auf die Längsdurchbiegung bei ungehauenen, in gleicher Weise glühbehandelten Feilenkörpern zu untersuchen. Hierfür standen 39 Feilenkörper Nr. 2 bis 40 von dem in Schutzgas geglühten Feilenstahl Sorte S<sub>2</sub> zur Verfügung.

Die Erwärmung wurde im gleichen Salzbadofen bei einer Temperatur von 780° C vorgenommen. Das Abschrecken erfolgte nach verschiedenen Methoden in konzentrierter Kochsalzlösung mit einem spezifischen Gewicht von ca. 1,2 bei Temperaturen von 30° C (Feilenkörper Nr. 2 bis 20) bzw. 70° C (Feilenkörper Nr. 21 bis 40).

Tabelle 3 enthält Angaben über 4 Taucharten A bis D.

T a b e l l e 3

##### Taucharten beim Abschrecken von Feilenkörpern

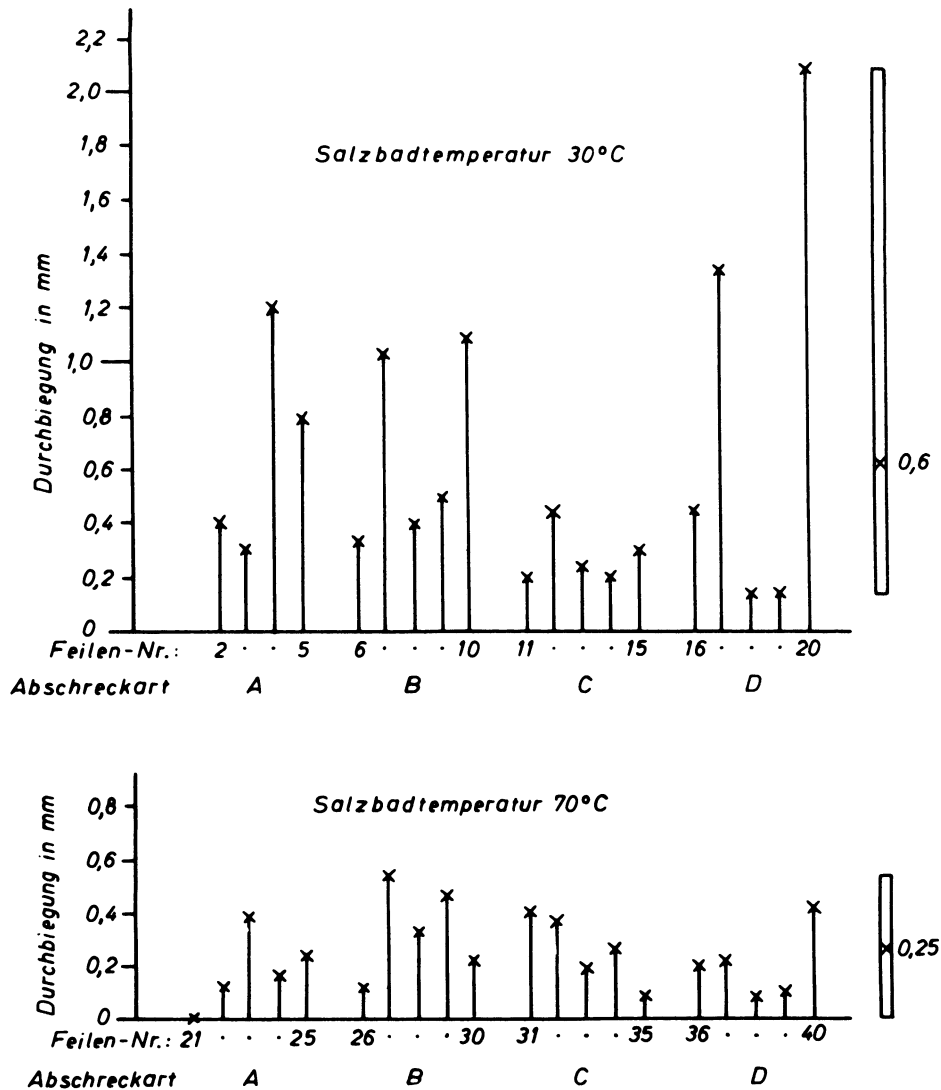
A	senkrecht langsam, dabei 10 cm hin- und herpendeln
B	schräg unter 45° langsam, dabei 10 cm hin- und herpendeln
C	senkrecht spiralig (Spirale ca. 10 cm Ø) langsam
D	senkrecht schnell, dabei 10 cm hin- und herpendeln wie bei Tauchart A

Die einzelnen Taucharten A, B, C, D wurden bei je 5 Feilenkörpern angewandt.

Die Messung der Längsdurchbiegung erfolgte auf einer Tuschieplatte mittels einer Meßuhr, die auf die Mitte der Feile aufgesetzt wurde.

Bei dieser an sich einfachen Meßmethode muß die jeweilige Dicke des Feilenkörpers von dem gemessenen Wert abgezogen werden.

Abbildung 8 enthält die Ergebnisse bei ungehauenen Feilenkörpern, bei denen zur Vereinfachung der Darstellung alle Durchbiegungen positiv aufgetragen wurden.



A b b i l d u n g 8

Längsdurchbiegung von ungehauenen Feilenkörpern nach Salzbadhärtung - (verschiedenartig abgeschreckt)  
rechts: Ergebnis von je 20 Feilenkörpern (Extrem- u. Mittelwerte (x))

Wie ersichtlich, sind die Durchbiegungen bei einer Temperatur des Salzbadetes von 30° C erheblich größer (0,1 bis 2,1 mm; Mittelwert 0,6 mm) als bei einer Badtemperatur von 70°C (0 bis 0,5 mm, Mittelwert 0,25 mm).