

Maßnahmen zur Verringerung des Lehrenverschleißes

Dipl.-Ing. A. Sommer



ISBN 978-3-662-26961-9
DOI 10.1007/978-3-662-28438-4

ISBN 978-3-662-28438-4 (eBook)

Maßnahmen zur Verringerung des Lehrenverschleißes¹.

Von Techn. Kriegsverwaltungsrat Dipl.-Ing. A. Sommer, Berlin.

Lehrenverschleiß und Lehrenwerkstoff.

Unschlagmäßige Behandlung, Korrosion und natürliche Abnutzung beim Gebrauch können eine Lehre mehr oder weniger schnell unbrauchbar machen (thermische Einflüsse machen eine Lehre höchstens für den Augenblick unbrauchbar, ohne sie jedoch zu zerstören). Dabei ist die natürliche beim Gebrauch durch Reibung entstehende Abnutzung am häufigsten und daher unangenehmsten.

Der Abnutzung durch den Gebrauch kann man durch technologische Versuche nachgehen. Laboratoriumsmäßige Versuche über Werkstoffabnutzung sind schon von den verschiedensten Forschern vorgenommen worden. Dabei war meistens das Ziel, den Verschleiß eines Werkstoffes bei einer längeren Laufdauer², z. B. beim Lauf eines Eisenbahnrades, zu erforschen; solche Verschleißverhältnisse kommen aber gerade bei der Benutzung von Lehren nicht vor. Beispielsweise beim Lauf eines Kolbens in einem Zylinder oder einer Welle in einem Lager erfolgt ein allmähliches Einlaufen, so daß grundsätzlich andere Verschleißbedingungen vorliegen als bei der Lehre; eine Lehre wird bekanntlich immer wieder in neue Werkstücke mit neuen Flächen eingeführt.

Den Bedingungen, die bei der Benutzung einer Lehre vorliegen, haben Nieberding und Sporkert in ihren Untersuchungen ganz besondere Rechnung getragen³; harte Werkstoffe sind zu untersuchen, an der Reibungsstelle dürfen auf keinen Fall große Erwärmungen auftreten, die Untersuchungsdauer ist gering zu halten, ferner muß die Reibfläche immer mit frischen Stellen der Gegenfläche in Berührung kommen. Trotzdem müssen die bei geringer Beanspruchung gewonnenen Werte genau gemessen werden können. Aus diesen Forderungen entstand die Prüf-einrichtung Abb. 1.

Als Prüfstück wird ein 10 mm dicker Stab verwendet, dessen eine Seite einen Kugelabschnitt aufweist. Dieses Prüfstück gleitet auf einer geschliffenen Scheibe aus Stahl, Gußeisen oder einem anderen Werkstoff. Während des ganzen Versuches wird das Prüfstück auf der Bahn einer archimedischen Spirale stetig über die sich drehende Scheibe gezogen, wobei es mit einem bestimmten Gewicht belastet wird. Die Endstellung ist nach 200 Scheibenumdrehungen erreicht.

Nach den gleichen Grundsätzen arbeitete auch das Gerät von Sporkert. An die Stelle der Scheibe tritt hier eine Walze. Auch bei Sporkert war die Hauptforderung, daß stets neue Stellen der Walze von dem Prüfstück bestrichen werden. Je nach dem Abnutzungswiderstand, den der Prüfwerkstoff einer Gleitscheibe entgegengesetzt, ergibt sich nach Nieberding ein Anflächungsdurchmesser am Prüfstück, aus dem sich das Abnutzungsvolumen leicht errechnen läßt (Abb. 2).

Aus diesen Untersuchungen ergab sich: Mit wachsendem Druck steigt die Abnutzung an der Reibstelle in beträchtlichem Maße. Die Abnutzung steigt gradlinig mit wachsendem Reibungsweg. Ein Ansteigen der Abnutzungswerte zeigte sich ferner bei schlechter Politur der Oberfläche. Dagegen ist die größte Oberflächenhärte keineswegs gleichbedeutend mit dem größten Widerstand gegen Abnutzung³. Diese Tatsache wurde auch

durch Untersuchungen auf der Sawinschen Prüfmaschine bestätigt (Abb. 3a und b).

Andererseits haben in vielen Fällen sogenannte feilweiche Flächen eine längere Lebensdauer als härtere. Diese besonders überraschende Tatsache ist in den Fällen festzustellen, in denen ein zäher Lehrenstahl gegen harte und spröde Werkstoffe arbeitet; der Lehrenstahl ist um so widerstandsfähiger, je größer seine Zähigkeit ist.

Solche zähen oder feilweichen Werkstoffe im angelaßenen Zustand halten die Karbide sehr viel besser als spröde, nicht angelaßene Stähle. Außerdem haben sie die Fähigkeit, lose Schleifmittel oder Schmirgel, die in der Praxis immer vorhanden sind, in der Oberfläche fest-

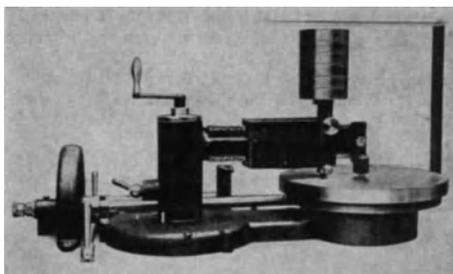


Abb. 1. Abnutungsprüfmaschine nach Nieberding.

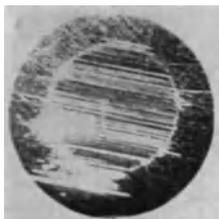


Abb. 2. Anflächung am Prüfstück.

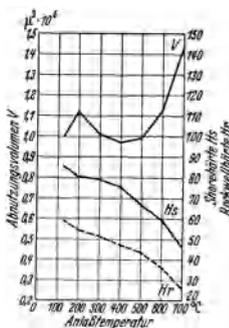


Abb. 3a (rechts). Härte und Abnutzung aus Versuchen von Nieberding.

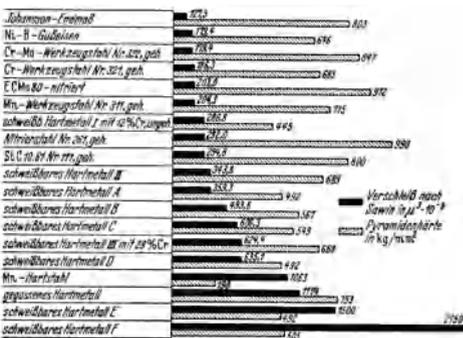


Abb. 3b. Härte und Verschleiß verschiedener Werkstoffe für Lehren. Versuch auf der Sawin-Maschine (v. Weingraber).

¹ Vortrag gehalten auf der Berliner Tagung der AIM am 24. 4. 41.

² Eine gute Übersicht über diese Arbeiten gibt Sawin, Werkzeugmaschine Bd. 44 (1940) Heft 11 S. 225.

³ Vgl. Nieberding, Abnutzung von Metallen unter besonderer Berücksichtigung der Meßflächen von Lehren. Berlin: VDI-Verlag 1930, und Sporkert, Über die Abnutzung von Metallen bei gleitender Reibung. Werkstattstechnik 30 (1936) Heft 10 S. 221.

zubalten. Diese in dem zähen Werkstoff festgehaltenen Körner wirken für diesen selbst abnutzungshindernd, auf den harten Werkstoff dagegen schleifend. Gegenüber weicheren Werkstoffen hat derjenige gehärtete Lehrenstahl den größten Abnutzungswiderstand, der die größte Anzahl Karbide enthält, deren Härte meistens doppelt so hoch ist wie die der Grundmasse.

Man kann also nicht von einer Abnutzungsfestigkeit eines Lehrenwerkstoffes schlechthin sprechen, sondern nur von dem Abnutzungswiderstand eines bestimmten Lehrenwerkstoffes beim Arbeiten gegen einen anderen bestimmten Werkstoff.

Der erhebliche Einfluß des geprüften Werkstoffs zeigt sich bei Leichtmetall, Messing und Bronze, die besonders verschleißfördernde Wirkung haben. Bei diesen Metallen — insbesondere bei Aluminiumlegierungen — lösen sich leicht feinste Teilchen los, oxydieren sofort und bilden dadurch einen Schmirgel aus Aluminiumoxyd.

Ein gegen harte und weiche Werkstoffe in gleicher Weise widerstandsfähiger Stahl muß somit hohe Härte mit hoher Zähigkeit verbinden. Allerdings sind solche Stähle schwierig zu bearbeiten, und die erreichbare Oberflächengüte der Meßflächen genügt nicht. Man wird daher für Meßzeuge bei den schwach legierten Werkzeugstählen bleiben müssen.

Lebensdauer von Lehren.

Leider stehen verhältnismäßig wenig Zahlen über die Lebensdauer von Lehren zur Verfügung. Wo Beobach-

tungen gemacht wurden, wiesen die in der Praxis gewonnenen Zahlen starke Unterschiede auf. Während in einem Fall mit einem Gewindelehrdorn von einer bestimmten Abmessung bis zu 50000 Messungen gemacht wurden, ließen sich mit einem Lehrdorn der gleichen Abmessung nur 500 Messungen durchführen. In der Praxis treten eben so viel unberechenbare Umstände auf, daß man sich bisher vor Beobachtungen der Lebensdauer von Lehren anscheinend etwas gescheut hat. Einige Werte geben **Abb. 4a bis c**; es handelt sich hierbei um Einzelzahlen, keine großzahlmäßigen Beobachtungen. In **Abb. 4a** fällt die hohe Zahl der Prüfungen mit dem ungehärteten Gutgewinde-Lehrdorn $M 10 \times 1$ verchromt auf, ferner die Überlegenheit des Gutgewinde-Lehrdorns $M 25 \times 1,5$ gehärtet mit Schmutznut gegenüber einem gehärteten und verchromten Lehrdorn. Auch bei dem Gewindelehrdorn $M 31 \times 1,5$ zeigt sich bei 40000 Prüfungen der außerordentlich günstige Einfluß der Schmutznut.

Auf die in den verschiedensten Betrieben gestellte Frage, wie es sich mit dem Lehrenverschleiß verhalte, wurde dem Verfasser immer wieder gesagt: „Der Verschleiß ist gar nicht das Wichtigste, sondern der größte Verbrauch entsteht durch vorzeitige Zerstörung der Lehren durch unsachgemäße Handhabung.“ Am stärksten sind hiervon die Gewindelehren betroffen, bei denen die Gewingegänge ausbrechen.

Da die größte Härte mit der größten Verschleißfestigkeit nicht gleichbedeutend ist, sollte das Ausbrechen von Gewingegängen doch einmal zu Versuchen mit weniger stark gehärteten Lehren anregen. Allerdings sind hier nach unten hin Grenzen gesetzt; denn zu weiche Lehren würden andererseits wieder sehr empfindlich gegen Oberflächenbeschädigung durch Stoß werden, wie sie im rauen Werkstattbetrieb unvermeidlich ist.

Toleranzen der Lehren.

Wenn über die Lehrenabnutzung auch augenblicklich wenige zuverlässige zahlenmäßige, z. B. großzahlmäßige Unterlagen aus der Werkstatt zur Verfügung stehen, so wissen wir doch, daß die Abnutzung vorhanden ist, und daß ihr auf jede nur erdenkliche Weise zu begegnen ist. Die Norm sieht daher auch nicht nur Herstellungstoleranzen für die Lehren vor, sondern auch zulässige Abnutzwerte. Bei dem großen Lehrenbedarf, den die letzten Jahre mit sich brachten, hat es sich als notwendig erwiesen, auch hier Erleichterungen zu schaffen. Es ist daher neben den ISA-Toleranzen (die auch in HgN 21111 verankert sind) die Norm HgN 21110 neu herausgegeben worden, die sowohl vergrößerte Herstellungstoleranzen für Gutleht-

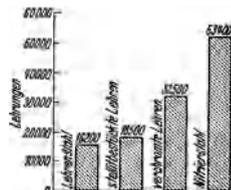
Geleistete Prüfungen bis zum Verschleiß	Lehrenbezeichnung	Herstellungsart der Lehre	Prüfverfahren
23 000	Gutgewinde-Lehrdorn	M 10 x 1 links	gehärtet
50 000	Gutgewinde-Lehrdorn		ungehärtet, verchromt
50 000	Ausschußgewinde-Lehrdorn		gehärtet
30 000	Gutgewinde-Lehrdorn	M 12 x 1 links	gehärtet
50 000	Ausschußgewinde-Lehrdorn		gehärtet
35 000	Gutgewinde-Lehrdorn	M 25 x 1,5	gehärtet und verchromt
50 000	Gutgewinde-Lehrdorn		gehärtet mit Schmutznut
32 000	Gutgewinde-Lehrdorn	M 31 x 1,5	gehärtet
40 000	Gutgewinde-Lehrdorn		gehärtet mit Schmutznut
70 000	Ausschußgewinde-Lehrdorn		gehärtet
33 000	Gutgewinde-Lehrdorn		gehärtet
22 000	Gutgewinde-Lehrdorn	M 50 x 3	gehärtet

Abb. 4a. Lebensdauer von Gewindelehren (Versuche Obering. Wittner).

	Abnutzung	Zahl der Prüfungen
Gehärtet, Einsatz	3...4 µ	12 000
Nitriert	3...4 µ	32 000
Hartmetall	1 µ	370 000

Abb. 4b. Abnutzung von Gutlehdornen 12 mm H 8.

Abb. 4c. Durchschnittliche Lebensdauer von Gewindelehren M 50 x 3 aus verschiedenen Werkstoffen (Versuche v. Weingraber).



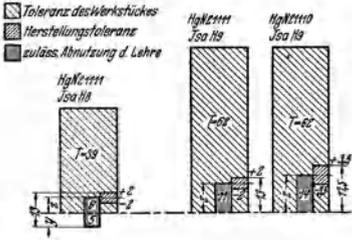


Abb. 5 (links). Herstellungstoleranz und zulässige Abnutzung für Muttergewinde 50 mm H 8 und H 9.

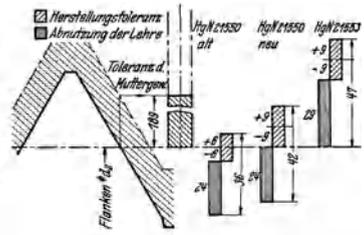


Abb. 6 (rechts). Herstellungstoleranz und zulässige Abnutzung für Gutgewindelehndorne (Metrisches Feingewinde).

dorne wie auch größere zulässige Abnutzungswerte vorsieht (Abb. 5).

Ferner ist hier die Vergrößerung der Herstellungstoleranzen für Gewindelehren für Feingewinde in den neuen Blättern HgN 21 549 und 21 550 zu erwähnen. Darüber hinaus ist kürzlich ein Normblatt HgN 21 553 herausgekommen, das Gewindelehndorne für Metrische Feingewinde mit Einrückung in das Toleranzfeld vorsieht, die als Arbeitslehren dienen sollen (Abb. 6). In der gleichen Weise sind auch in den neuen ISA-Vorschlägen verschiedene Toleranzen für Arbeits- bzw. Abnahmelehren vorgesehen, wobei die Arbeitslehren ebenfalls in das Toleranzfeld eingerückt sind.

Alle diese Maßnahmen gehen somit auf Kosten der Herstellungstoleranz des Werkstückes. Soweit es sich darum handelt, durch Schaffung einer in das Toleranzfeld eingerückten Arbeitslehre Meinungsverschiedenheiten zwischen Werkstatt und Abnahme auszumergen, sind diese Maßnahmen zweifellos zu begrüßen.

In Betrieben mit ausgesprochener Massenfertigung kennt man eigentlich nur einen Grundsatz: Das jeweils zur Verfügung stehende Toleranzfeld voll auszunutzen, nicht nur mit Rücksicht auf die Standzeiten der Werkzeuge, sondern auch mit Rücksicht auf alle Umstände, die einen Fertigungsvorgang beeinflussen: der Werkstoff mit seinen unterschiedlichen Härten, die Toleranzen der Maschinen, Aufbauschneiden bei Schneidvorgängen u. a. m.

Da der Erzeugungsvorgang von einer Unzahl von Einflüssen abhängt, sollte man der Lehre als dem genauesten Hilfsmittel der Erzeugung am wenigsten Zugeständnisse machen. Die Idealehre ist jeweils die Lehre, bei der der y-Wert = 0 ist und bei der auch der notwendige z-Wert möglichst klein gemacht werden kann (Abb. 5), d. h. also: Man will bei der Lehre keine Abnutzung haben und darüber hinaus möglichst noch Hersteller, die keine Herstellungstoleranz brauchen. — Diese Wünsche können in der Zukunft vielleicht einmal verwirklicht werden. Solange aber mit starker Abnutzung zu rechnen ist, ist es jedenfalls zu begrüßen, wenn für die Arbeitslehren in den ISA-Gewindetoleranzen eindeutige Festlegungen getroffen werden, da sonst jeder Lehrenverbraucher dies nach eigenen Erfahrungen tun würde.

Wie groß der Prozentsatz tatsächlich ist, der durch Herstellungstoleranz und zusätzliche Abnutzung im ungünstigsten Fall in Anspruch genommen wird, ist aus Abb. 7 (für ISA H 12) zu ersehen.

Danach werden bei HgN 21 111 durchweg im Mittel etwa 11 % der Werkstücktoleranz beansprucht, während es bei HgN 21 110 durchweg 25 % sind. Es taucht hierbei die Frage auf, ob es notwendig ist, bei großen Durchmessern, etwa über 200 mm, das Toleranzfeld des Werkstückes im gleichen Prozentverhältnis einzuengen, oder anders ausgedrückt, die zulässige Abnutzung im gleichen Verhältnis zu vergrößern.

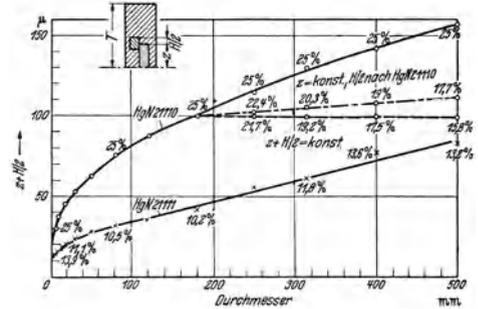


Abb. 7. Verlust an Toleranzfeld durch Herstellungstoleranz und Abnutzung des Gutlehndornes für ISA H 12.

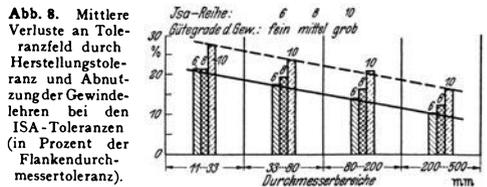


Abb. 8. Mittlere Verluste an Toleranzfeld durch Herstellungstoleranz und Abnutzung der Gewindelehren bei den ISA-Toleranzen (in Prozent der Flankendurchmessertoleranz).

Große Durchmesser werden zweifellos nicht in solchen Mengen hergestellt, daß mit sehr starken Lehrenabnutzungen zu rechnen ist. Der Abnutzungsbereich wird also gar nicht ausgenutzt. Andererseits wird die Herstellungstoleranz des Werkstückes ständig eingeengt. Um der Werkstatt zu helfen, sollte man daher von einem bestimmten Durchmesser an die zulässige Abnutzung gleich halten und nicht prozentual wachsen lassen. Dieser in der Praxis vielfach geäußerte Wunsch ist bei der Festlegung der ISA-Gewindetoleranz berücksichtigt worden.

Abb. 8 zeigt die mittleren Verluste am Toleranzfeld in Prozent bei den neuen ISA-Gewindetoleranzen. Bei den größeren Durchmessern wird das Prozentverhältnis kleiner. Entsprechend wäre auch in Zukunft bei Überarbeitung der Toleranzen für glatte Durchmesser zu verfahren.

Verschleißmindernde Maßnahmen.

Einige Beispiele der jüngsten Entwicklung sollen zeigen, wie man den einleitend genannten Erkenntnissen über die verschiedenen Abnutzungseinflüsse gerecht wurde. Wie erwähnt, werden die Abnutzungsvorgänge beschleunigt durch die Länge des Reibungsweges, die Meßkraft, den Stoff, und schließlich ist von Einfluß die Pflege, die die Lehre vor Korrosion und Gewaltanwendung schützt. Daraus ergeben sich folgende Möglichkeiten für verschleißmindernde Maßnahmen (Abb. 9): 1. bauliche, 2. stoffliche, 3. Maßnahmen der Behandlung und Handhabung.

Lebensdauer abhängig von	wird beeinflusst durch	Nutzanwendung	
Abnutzung	Meßkraft	Leichtbau	Bauliche Maßnahmen
	Prüfweg	Kurze Prüfwege z. B. Gewindevollenlehre	
	Härtegefüge der Meßfläche	Hartmetall, Verchromen, Nitrieren	Stoffliche Maßnahmen
	Oberflächen-güte der Meßfläche	Läppen	
Handhabung		Schulung Reinigung Lagerung	Handhabung

Abb. 9. Beeinflussung der Lebensdauer der Lehren.

Bauliche Maßnahmen.

Durch eine Verminderung der angreifenden Kräfte soll ein möglichst geringer Druck auf die Meßflächen ausgeübt werden. Hierbei ist die Herabsetzung des Lehrgewichtes von wesentlichem Einfluß; es wirkt sich physikalisch und physiologisch aus. Wenn ein Lehrdorn beispielsweise in die Bohrung eines Werkstückes, das in einer Bank eingespannt ist, waagrecht hineingeschoben wird, wirkt sich das Lehrgewicht als Meßkraft auf die untere Mantelfläche des Dornes aus. Dieser ungünstige physikalische Einfluß fiele weg, wenn man den Lehrdorn nur durch sein Eigengewicht senkrecht in das auf einer Richtplatte liegende Werkstück hineingleiten lassen würde, wie es eigentlich Vorschrift ist.

Der physiologische Einfluß zwingt ganz besonders dazu, die Lehren möglichst leicht zu gestalten. Da die menschliche Hand nach dem Weberschen Gesetz erst eine Gewichtszunahme von mindestens 3% empfindet, würde bei einer Lehre von 3 kg Gewicht erst ein Mehrgewicht von 90 g von dem Messenden empfunden werden. Die Feinfähigkeit der Hand würde somit bei einem großen Lehrgewicht stark herabgesetzt, und dadurch wird die Lehre mit einem zu großen Aufwand an Kraft gehandhabt, also z. B. in das Werkstück hineingezwängt oder über das Werkstück hinübergedrückt.

Abb. 10 zeigt einen aus Stahlblech⁴ hergestellten Lehrherring (Bauart Prof. Kienzle). Die Meßfläche ist nach einem besonderen Verfahren gezogen und verchromt. Ein Lehrherring für den gleichen Durchmesser aus Stahl in der bisher üblichen Form als Wulstring wiegt 1,5 kg, während der Blechring nur 0,665 kg wiegt. Nach dem gleichen Verfahren sind mit Erfolg auch Lehrdorne hergestellt worden (Abb. 11).

Meßzangen, wie sie als Wanddickenmesser gebraucht werden, wurden bisher aus Bandstahl herausgearbeitet, eine sehr teure und zeitraubende Herstellung (Abb. 12, links). Die Zangen wurden dadurch sehr schwer und führten so zu einer Ermüdung des Prüfers. Hier wurde auf Anregung von Prof. Kienzle eine Ausführung in Blech, gestanz und geprägt, vorgeschlagen (Abb. 12, rechts), wobei die Bauteile vereinheitlicht wurden, so daß Zangen verschiedener Längen aus den gleichen Preßteilen hergestellt werden konnten. Damit waren die Grundlagen für eine Fertigung in größeren Stückzahlen gegeben. Die bisherige Ausführung der Zange wog 2,5 kg, die jetzige Ausführung wiegt 1,2 kg.

⁴ Hersteller: Hindrichs-Auffermann A.G., Wuppertal.

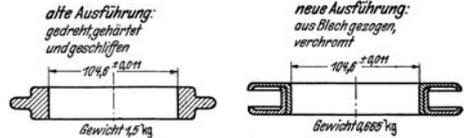
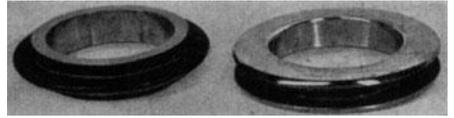
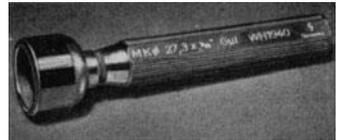


Abb. 10. Leichter Lehrherring aus Stahlblech, Bauart Prof. Kienzle.

Abb. 11. Lehrdorn gezogen, kalibriert und verchromt.



Besonders schwierig wird die Frage der Herabminderung des Gewichtes, sobald die zu prüfenden Durchmesser eine gewisse Größe überschreiten. Eine sehr einfache und zweckmäßige Lösung sind die Gewindelehrdorne⁵ über 200 mm Dmr. (Abb. 13). Der Dorn ist in der Mitte ausgebohrt und ein Leichtmetallgriff mit zwei Schrauben quer zum Ring befestigt. Mit dem Quergriff kann man einen solchen Ring viel besser in das Muttergewinde eindrehen als eine Lehre mit einem stielartigen Griff, selbst dann, wenn er mit einem Knebel versehen ist. Der Hebelarm des stielartigen Griffs macht es unmöglich, bei Gewichten von mehreren Kilogramm noch von einem gewissen Meßgefühl zu sprechen.

Abb. 14 zeigt einen Tebo-Lehrdorn⁶, der nach dem gleichen Grundsatz hergestellt ist. Hier ist ein hölzerner Griff auf eine Versteifungsrippe, die im Innern des Dornes stehen gelassen wurde, aufgeklemmt.

Für Rachenlehren, insbesondere Gewinderachenlehren größter Durchmesser, wurde von Bauer & Schaurte auf Vorschlag des Verfassers eine Ausführung mit federnder Abstützung entwickelt (Abb. 15a und b). Die Federkraft ist so bemessen, daß sie den größten Teil des Gewichtes der Lehre aufnimmt, so daß die Lehre mit einer geringen Meßkraft, die dem Unterschied des Gewichtes und der Federkraft entspricht, über das Prüfstück gleiten kann. Die Abstützung gestattet eine Bewegung der Lehre nach allen Richtungen hin.

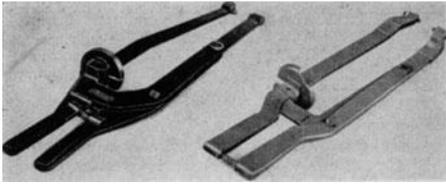
Wenn der Meßkörper nicht selbst wesentlich im Gewicht vermindert werden kann, können Leichtmetall- oder Preßstoffgriffe zur Herabsetzung des Gewichtes beitragen.

Auch hier ist inzwischen die neue Norm über Griffe erschienen. Gerade die Preßstoffgriffe haben sich in letzter Zeit besonders eingeführt, zumal sie auch neben der Gewichtsverringerung noch den Vorzug haben, daß sie die Handwärme von der eigentlichen Lehre abhalten.

Neben dem Gewicht ist der Meßweg der zweite wichtige Umstand, der den Verschleiß ungünstig beeinflusst. Dies zeigt sich am deutlichsten an Lehrdornen, an denen die Einführungsseite der stärksten Abnutzung unterworfen ist. Noch stärker macht sich dies bei Gewindelehrdornen bemerkbar, bei denen der vorderste Gewindegang sehr

⁵ Hersteller: Carl Mahr, Eßlingen a. N.

⁶ Hersteller: Reindl & Nieberding, Berlin SO 36.



aus dem Vollen aus Blech
 Querschnitte
 Gewicht 4,5 kg Gewicht 1,2 kg

Abb. 12. Wanddickenprüfer aus Stahlblech geprägt.



Abb. 13. Gewindelehndorn mit Quergriff.



Abb. 14. Tebo-Lehre mit innen liegendem Quergriff für große Durchmesser.

beträchtliche Wege zurückzulegen hat. Der Reibungsweg, den ein Punkt des ersten Gewindeganges eines Gutgewindelehndornes beim vollen Einschrauben und Wiederherausschrauben zurücklegt, beträgt für einen Gewindelehndorn M 50 x 1,5 je Messung 4,5 m, d. h. bei etwa 20000 Messungen, die ein solcher Dorn aushalten soll, ergibt sich ein Reibungsweg des ersten Gewindeganges von 90 km.

Da die hinteren Gewindegänge oder bei einem glatten Dorn der hintere Teil des Dornes weniger abgenutzt wird, haben seit einiger Zeit namhafte Lehrenhersteller bereits Lehrdorne mit umsteckbaren Meßzapfen geliefert. Es ist daher sehr zu begrüßen, daß vor kurzem diese Ausführung auch in DIN E 913 31/32 festgelegt wurde (Abb. 16).

Die außerordentlichen Reibungswege bei Gewindelehren haben schon frühzeitig zur Entwicklung anderer Lehrenformen geführt. Als besonders erfolgreich ist hier die Grenzgewinderachenlehre zu nennen, die bereits seit dem Jahre 1925 in Deutschland erhältlich ist. Bei dieser Bauart ist nicht nur jede gleitende Reibung vermieden, sondern auch die gleitende Reibung durch eine rollende Reibung ersetzt, da die Gewinderollen drehbar gelagert sind.

Während die Gewinderachenlehre bisher ausschließlich in der üblichen Rachenlehrenform bekannt war, sind

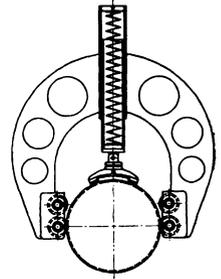
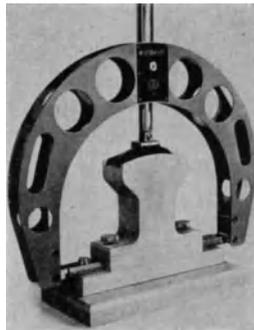


Abb. 15 b. Gewindegrensrachenlehre (Aggra-Lehre) für 500 mm Dnr. mit federnder Abstützung.

Abb. 15 a. Grensrachenlehre und Gewinderachenlehre mit federnder Abstützung. Bauart Dipl.-Ing. Sommer, DRP. a.

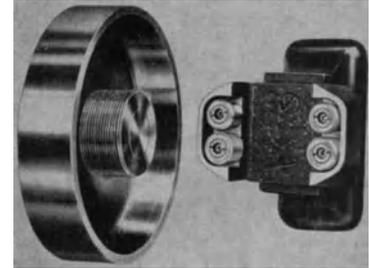
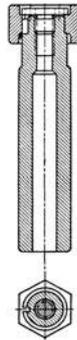


Abb. 16 (links). Umsteckbare Meßkörper nach neuer DIN-E-Norm.

Abb. 17 (rechts). Aggra-Lehre zum Prüfen von vertieft liegenden Gewindezapfen.

gerade in jüngster Zeit von der Firma Bauer & Schaurte neue Formen dieser Lehre entwickelt worden, die man dort ansetzen kann, wo man bisher glaubte, noch mit dem Ring arbeiten zu müssen. Besonders hat sie sich dabei als Sortierlehre bewährt. Es sei hierzu auf die sehr ausführliche Beschreibung der verschiedenen Ausführungen von Gewinderachenlehren in dieser Zeitschrift verwiesen⁶. Eine der Sonderausführungen der Gewinderachenlehre zeigt Abb. 17, eine Gewinderachenlehre zum Prüfen von vertieft liegenden Gewindezapfen (Bauart Prof. Kienzle).

Selbstverständlich fehlt es nicht an Bemühungen, auch in neugewinde auf die gleiche verschleißfreie und schnelle Weise zu prüfen. Eine neue, viel Erfolg versprechende

⁶ W. Kordt: Wirtschaftliche Gewindeprüfung in der Mengenfertigung. Werkstattstechnik 34 (1940) Heft 15 S. 245.

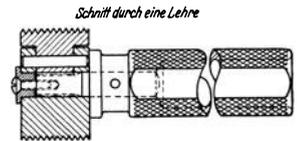
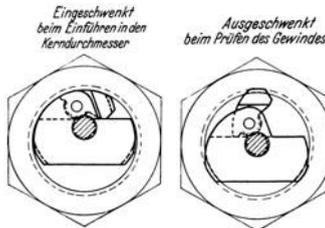
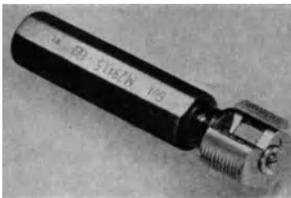


Abb. 18 a und b. Gewindeklapplehre für Innengewinde.

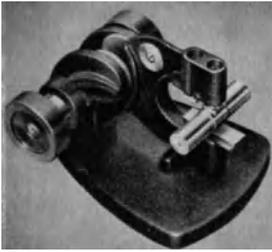


Abb. 19a und b. Verstellbare Grenzachsenlehre (Bauart Reindl & Nieberding).

Bauart ist in allerjüngster Zeit entwickelt worden⁷, die Abb. 18a und b zeigt. Der Gewindelehrdorn hat ein umklappbares Gewindegsegment, das durch eine am verlängerten drehbaren Griff sitzende Verzahnung in Prüfstellung gebracht wird. Die Lehre wird also wie ein glatter Lehrdorn bei umgelegtem Gewindegsegment eingeführt. Bei Beginn der Rechtsdrehung des Griffes richtet sich zunächst das Gewindegsegment bis zu einem Anschlag auf; dann beginnt die Drehung des Dornes im Muttergewinde, wenn das Gewinde weit genug ist. Ist das Gewinde zu eng, so klemmt das Gewindegsegment den Dorn fest. Bereits an einem Gewinde, das nur um 10 µm eng war, trat dieses Festklemmen auf. Bei leichter Linksdrehung des Griffes legt sich das Gewindegsegment wieder um, und der Dorn kann ohne Schwierigkeit aus dem Muttergewinde in Längsrichtung herausgezogen werden, wie ein glatter Dorn.

Die verstellbare Rachenlehre (Abb. 19a und b) hat den Vorzug, daß eine etwaige Abnutzung bis zu einem gewissen Grad durch Nachstellen ausgeglichen werden kann. Außerdem lassen sich die Einsätze auf sehr einfache Weise nacharbeiten. Diese Rachenlehre hat u. a. auch eine Vorführung, die das Einführen des Prüflings wesentlich erleichtert. Das Festklemmen der Rachenlehre in einem Ständer bedeutet eine weitere Erleichterung des Prüfvorgangs.

Auch eine Bestückung mit Hartmetall sowie die Verchromung läßt sich bei den Einsätzen einer verstellbaren Rachenlehre sehr viel günstiger und damit wirtschaftlicher durchführen als an einer festen Rachenlehre.

Verunreinigungen aller Art sind ein großer Feind der Lehren, da sie zum schnellen Verschleiß der Lehre wesentlich beitragen, abgesehen davon, daß Schmutz und Staub die Prüfgenaugigkeit beeinflussen. Deswegen versieht man Gewindelehrdorne in jüngster Zeit in steigendem Maße mit Schmutznuten. Am besten bewährt haben sich hierbei Schmutznuten mit einer um 5° zur Radialen geneigten Stirnfläche. Die Kanten der Schmutznut dürfen nicht schneidend wirken. Ferner soll die Schmutznut über die ganze Zapfenlänge gehen, damit der aus den Gewindegängen „herausgeschraubte“ Schmutz auch tatsächlich nach beiden Seiten abfließen kann.

Neuerdings tritt auch die Frage der Einführung von Lehrdornen mit Vorführzapfen sehr stark in den Vordergrund; z. B. sind von Dreyhaupt sehr sorgfältige Untersuchungen über die zweckmäßigste Form des Vorführansatzes veröffentlicht worden⁸.

Der U. V.-Dorn (Umsteckbar-Vorführung) ist ein anderes gutes Beispiel dafür, daß mit der nötigen Liebe zur Sache auch die scheinbar einfachste Lehre noch verbessert und verfeinert werden kann⁹.

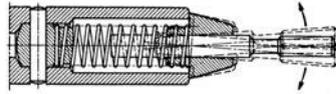


Abb. 20. Lehrengriff mit federnder Aufnahme für Lehrdorne unter 3 mm Dmr.

Lehrdorne kleinster Durchmesser sollten nach Möglichkeit federn, da diese kleinen Dorne sehr leicht abbrechen. Eine Neuausführung (Abb. 20; von Wittvert entwickelt, DRP. a.) zeichnet sich dadurch aus, daß Meßzapfen mit dem genormten Kegel in den neuartig federnden Griff eingesetzt werden können. Bisher war es üblich, Meßzapfen an einer frei aus dem Griff herausstehenden Feder anzulöten.

Stoffliche Maßnahmen.

Zu den stofflichen Maßnahmen, den Verschleiß der Lehren herabzumindern, gehört als erste die richtige Härtung. Wie wiederholt erwähnt wurde, ist die Härte bei Stählen, die gehärtet werden müssen, kein Maßstab für die Widerstandsfähigkeit des Werkstoffes gegen Abnutzung. Die richtige Härte ist deshalb nicht allein mit Härteprüfgeräten, sondern gleichzeitig auch metallographisch zu prüfen; denn alle Untersuchungen über den Verschleiß haben gezeigt, daß ein ganz bestimmter Gefügebau bei geeigneter Härte von ausschlaggebendem Einfluß für die Verschleißfestigkeit ist.

Neben der metallographischen Prüfung gibt die Härteprüfung einen wertvollen Anhalt zur Feststellung der Gleichmäßigkeit der erfolgten Härtung. Durch den Härtvorgang werden innere Spannungen hervorgerufen, die sich allmählich auslösen und Verformungen der gehärteten Lehren zur Folge haben, das bekannte Altern. Es ist daher unbedingt notwendig, daß Lehren, die den Anspruch auf eine gewisse Güte erheben, künstlich gealtert werden. Neuerdings wurden dafür Luftstromöfen eingeführt, die mit einem dauernden Wechsel der Temperaturen zwischen 80 und 140° C arbeiten. Die Maßveränderungen sind im Luftstromofen wesentlich größer als beim bisher üblichen Altern in Ölbädern. Da sich bei sonst vorschriftsmäßig gealterten Lehren nach halbjähriger Lagerung noch immer Veränderungen gezeigt haben, ist es nicht unwahrscheinlich, daß die besseren Ergebnisse der Behandlung im Luftstromofen auf seinen starken Temperaturwechsel zurückzuführen sind, wofür die Tatsache der starken Maßänderungen spricht.

Einwandfrei verchromte Flächen bieten einen außerordentlich hohen Widerstand gegen Abnutzung. Es hat sich jedoch gezeigt, daß das Hartverchromen noch nicht allenthalben recht beherrscht wird. Chrom als Legierungsbestandteil des Lehrenwerkstoffes scheint sich ungünstig auszuwirken, da hierdurch allem Anschein nach eine gewisse Passivierung des Werkstoffes gegen die Aufnahme des Chrombelages eintritt. Wenn dann noch in Erwägung gezogen wird, daß die Badzusammensetzung, die Badtemperaturen, die Anodenform und die Zusammensetzung des Anodenwerkstoffes eine Rolle spielen, so bietet sich hier ein dankbares Feld für die Forschung. Daß hier eine gründliche Klärung notwendig ist, geht daraus hervor, daß mit aller Sorgfalt verchromte Lehren häufig ein Abblättern der Chromschicht zeigen.

Es wäre daher zu begrüßen, wenn die Frage der Hartverchromung von Lehren einmal durch systematische wissenschaftliche Untersuchungen bearbeitet würde. — Sicher ist auf jeden Fall, daß auch Teile, die verchromt werden sollen, mit der höchst erreichbaren Politur zu versehen, d. h. ebenfalls zu läppen sind.

Hier werden schon von vornherein vielfach Fehler gemacht. Es herrscht die Vorstellung, daß das Verchromen

⁷ Hersteller: Reindl & Nieberding, Berlin SO 36.

⁸ Werkstattstechnik 34 (1940) Heft 16 S. 261.

⁹ Werkstattstechnik 35 (1941) Heft 15 S. 264.



Abb. 21. Verchromte Fläche (mikroskopische Vergrößerung).

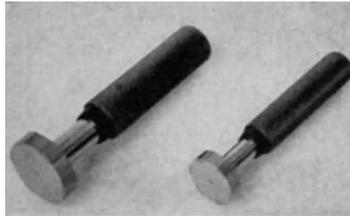


Abb. 22a. Lehdorn mit Hartmetallsegment.

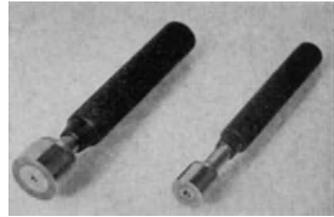


Abb. 22b. Lehdorn mit Hartmetallmantel.

die Unebenheiten einer nicht so fein bearbeiteten Oberfläche zudeckt, wie Schnee die Ackerfrumchen zudeckt; das Gegenteil ist jedoch der Fall! Der Chrombelag baut sich an den Spitzen der Unebenheiten stärker auf, so daß die Unebenheiten noch vergrößert werden. Abb. 21 zeigt die mikroskopische Vergrößerung einer verchromten Fläche, an der die Schleifriefen deutlich sichtbar sind. An den Kämmen hat das Chrom stark aufgetragen, während sich an besonders hervorstehenden Stellen knospenartige Gebilde zeigen.

Hinzu kommt, daß die Güte der Verchromung unter anderem auch von der Stromdichte abhängt, da die spezifische Stromdichte auf der rauhen Fläche viel geringer ist als auf der glatten Fläche.

Sehr erfolgversprechend, jedoch kostspielig, ist die Bestückung der Lehren mit Hartmetall. Selbstverständlich muß man hierbei sparsam mit dem Hartmetall umgehen. Es ist jedenfalls nicht notwendig, die Flächen eines Lehdornes oder einer Rachenlehre in ihrer ganzen Größe mit Hartmetall zu belegen. Es genügen hier Streifen oder sogar nur einzelne Punkte¹⁰ (Abb. 22a und b und 23). Alle Verschleißuntersuchungen jedenfalls haben gezeigt, daß bei hartmetallbestückten Lehren die Abnutzung überhaupt nicht erkennbar war. Es sei hierbei an Abb. 4b erinnert, nach der ein mit Hartmetall bestückter Lehdorn nach 370000 Messungen nur 1 μ Abnutzung gezeigt hat.

Auch Gewindelehren sind in jüngster Zeit aus Hartmetall hergestellt worden. Da es jedoch noch keine Schleifscheibe gibt, die in der Lage wäre, die vorgesinterterten 6, 8 oder 10 Gewindegänge zu schleifen, wurde die Gewindelehre aus zwei Scheiben mit einem dazwischenliegenden zylindrischen Ring zusammengesetzt (Abb. 24); nur die erste Scheibe trägt einen vollen Gewindegang, während die hintere Scheibe nur Gewindegänge aufweist. Gleichzeitig wird bei dieser Ausführung auch Hartmetall eingesetzt, da nur die beiden Gewindegänge aus Hartmetall bestehen, während der dazwischenliegende zylindrische Ring aus gewöhnlichem Stahl besteht. Mit einer derartigen Gewindelehre der Abmessung M 50 \times 3 wurden über 100000 Prüfungen durchgeführt.

Neuerdings hat sich aufschweißbares Hartmetall gut bewährt, das zwar nicht die gleiche hohe Verschleißfestigkeit aufweist wie das Hartmetall, das als Plättchen aufgelötet wird, jedoch ist der Verschleiß solcher aufschweißbaren Hartmetallegerungen mindestens so günstig wie der verchromter Flächen.

Sehr gut hat sich ferner die Nitrierhärtung bewährt. Hier fällt vor allem das spannungserzeugende Abschrecken weg. Da die nitrierte Schicht früher übergangslos auf dem Grundwerkstoff saß und auch im allgemeinen sehr dünn war, fürchtete man bei Nitrierschichten ein Abblättern oder Durchdrücken. In neuester Zeit durchgeführte Ver-



Abb. 23. Grensrachenlehre mit Hartmetallbestückung.

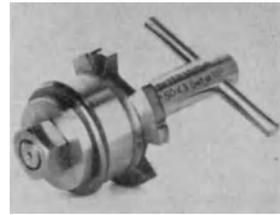


Abb. 24. Gutgewindelehre aus Hartmetallscheiben zusammengesetzt.

suche zeigen jedoch, daß man ohne weiteres eine Nitrierschicht mit einem allmählichen Übergang in den Grundwerkstoff und auch mit einer größeren Tiefe erzeugen kann.

Eine hohe Oberflächengüte ist bei Lehren auf jeden Fall zu fordern, da sie die Abnutzung ganz wesentlich herabsetzt. Einmal wird die Lehre beim Erzeugen der hohen Oberflächengüte durch Lappen justiert; eine weniger gute Meßfläche läßt sich nicht so genau vermessen. Dann wird beim Schleifen unvermeidlich entstehende Weichhaut durch das Lappen entfernt und dadurch auch die Rauigkeit beseitigt, die sonst eine schnellere Abnutzung begünstigt.

Schließlich sei als eine Maßnahme der stofflichen Behandlung, die nicht unwichtig ist, das Entmagnetisieren der Lehren erwähnt. Daß Gewindelehren während des letzten Krieges beispielsweise — um ein Zügiggehen vorzutauschen — vom Hersteller absichtlich magnetisiert wurden, sei als Merkwürdigkeit erwähnt. — Das Entmagnetisieren ist nötig wegen anhaftender kleiner Eisenspäne, die das Einführen der Lehre erschweren und vor allen Dingen zu einem Zerkratzen der Meßflächen beitragen.

Maßnahmen bei der Handhabung und Behandlung von Lehren.

Ebenso wie Metallspäne den Lehrenverschleiß fördern, tut es auch Staub. Nieberding berichtet in seiner Arbeit, wie sich bereits nach den ersten Versuchen mit der Abnutzungs-Prüfmaschine zeigte, daß Staubteilchen, die teils im Raum vorhanden waren und teils als Stein- und Mörtelstaub von der Decke fielen, die Ergebnisse der Versuche fehlerhaft beeinflussten. Es wurde daher die gesamte Versuchseinrichtung staubdicht eingebaut. Man sollte daher Lehren nach Möglichkeit in staubdichten Schränken aufbewahren. Vor der Einlagerung sind Lehren auf jeden Fall gut zu reinigen und nach dem Reinigen einzufetten.

Ferner ist es dringend zu empfehlen, die Lehren in Holzkästen unterzubringen und diese Holzkästen so auszuführen, daß sie mit der Lehre an die Maschine

¹⁰ Hersteller: Carl Mahr, Eßlingen a. N.

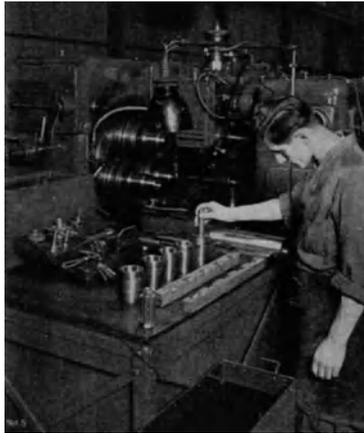
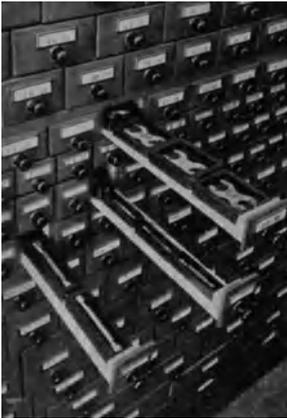


Abb. 25 (links). Lagerung der Lehren in der Ausgabe.

Abb. 26 (Mitte). Lehren am Arbeitsplatz.

Abb. 27 (rechts). Lehrtafel „Hilf mit!“.

wandern (Abb. 25). Am Arbeitsplatz müssen die Lehren sauber und ohne Beschädigung durch Werkzeuge an einem getrennten Platz griffbereit liegen (Abb. 26). Werkstück und Lehre sind stets vor der Prüfung zu reinigen.

Schließlich ist eine gewisse Schmierung sehr zu empfehlen. Wenn die Lehren beispielsweise in einer Mischung von Öl und Petroleum ständig gereinigt werden und auch die Prüfstücke in dem gleichen Bad ausgeschwenkt werden, so bleibt immer genug Schmierflüssigkeit haften, was sich als sehr vorteilhaft erwiesen hat. Untersuchungen in einer großen Schraubenfabrik haben gezeigt, daß sich die Lebensdauer von ständig geschmierten Gewindedornen in der Mutternfertigung auf das 3fache steigern ließ. Auf Grund dieser Erkenntnisse wurde eine selbstschmierende Gewindelehre entwickelt¹¹.

Für Gewindeteile, die stark durch Späne verschmutzt sind, kann unter Umständen auch eine Reinigung mit Hilfe von Preßluft vorteilhaft sein, wofür sich einfache Vor-

richtungen (z. B. aus gebogenem Rohr, das gelocht wird) leicht entwickeln und herstellen lassen.

Daß gleichmäßige Bedingungen beim Prüfen verschleißmindernden Einfluß haben, erscheint fast als selbstverständlich. Die Hand gewöhnt sich an bestimmte Prüfbewegungen und führt diese mit um so größerer Feinfühligkeit durch.

Daß ein Meßzeug kein Werkzeug ist, sollte dem Arbeiter, der mit dem Meßzeug umzugehen hat, ganz besonders vor Augen geführt werden. Wenn man die große Zahl der im Betrieb beschädigten Lehren sieht, kann man sich eine Vorstellung davon machen, wie schwer es für den Kontrolleiter ist, gerade diese Aufgabe zu lösen. Es ist daher dankenswert, daß in letzter Zeit Lehrtafeln vom Amt für Berufserziehung und Betriebsführung herausgebracht worden sind. Abb. 27 gibt eine dieser Lehrtafeln wieder. Auch bei der Arbeitsgemeinschaft für industrielle Meßtechnik liegen weitere Vorarbeiten für derartige Lehrtafeln vor. Die Mitarbeit der Betriebsmänner an der Gestaltung dieser Lehrtafeln wird dankbar begrüßt.

¹¹ Hersteller: Bauer & Schaurte, Bauart Prof. Kienzle.