

Aus der Abteilung für Materialkunde der  
Königl. Zahnärztl. Hochschule, Malmö,  
Schweden.

**DER DENTUMATT**  
**EINE APPARATUR FÜR DEN DAUERSCHWINGVER-**  
**SUCH UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG**  
**ODONTOLOGISCHER ASPEKTE**

*von*

PAUL LOCKOWANDT

ALVAR SVENSSON, INGENIEUR

**EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG**

”Seit Beginn der Entwicklung des industriellen Maschinenbaues ist es bekannt, dass ein Maschinenteil eine bestimmte Belastung, die es einmal ertragen hat, nicht ohne weiteres beliebig oft aushält, sondern bei häufiger Wiederholung der gleichen Belastung schliesslich brechen kann. Für die Bruchgefahr ist also nicht allein die Höhe der Beanspruchung, sondern auch die Häufigkeit ihrer Wiederholung von entscheidender Bedeutung. Man hat dieses Verhalten der Werkstoffe in einem naheliegenden Vergleich mit dem menschlichen Organismus als Ermüdung bezeichnet und davon Begriffe wie Ermüdungsfestigkeit (*fatigue strength, résistance à la fatigue*), Ermüdungsbruch (*fatigue failure, fracture par fatigue*), usw. abgeleitet. Doch ist dieser Vergleich, so anschaulich er zunächst erscheinen mag, nicht ganz zutreffend. Der menschliche Körper kann sich nach einer Ermüdung durch einen erquickenden Schlaf wieder erholen und ist dann von neuem zur gleichen Arbeit fähig. Die Schäden, die der Werkstoff durch häufig wiederholte Belastungen erfährt, gehen

jedoch tiefer und wären, um im Bilde zu bleiben, eher mit einer krebsartigen Erkrankung vergleichbar, die den Organismus immer weiter schwächt und schliesslich unrettbar zum Tode führt. Man hat es also nicht mit einer Ermüdung sondern mit einer Zerrüttung des Werkstoffgefüges zu tun, durch die sich die mechanischen Eigenschaften im Lauf der wiederholten Beanspruchungen allmählich verschlechtern und schliesslich einen Wert erreichen, der wesentlich niedriger liegt als bei einmaliger Beanspruchung." (Sigwart 1955.)

Auf die sehr umfangreiche (nicht odontologische) Literatur kann in dieser Arbeit nicht eingegangen werden. Obgleich die weitaus meisten zahnärztlichen Konstruktionen für dauernde oder häufig wiederholte schwellende oder wechselnde Beanspruchungen ausgesetzt sind, ist diese Untersuchungsform nur verhältnismässig selten in der Zahnheilkunde zur Anwendung gekommen.

Rehberg (1960) weist auf die Wichtigkeit solcher Versuche hin, er stellt sie doch bis auf weiteres in Frage, da noch keine bestimmten Normen für die genaue Durchführung des Versuches vorliegen, und darum haben seiner Meinung nach die veröffentlichten Ergebnisse nur geringe Beweiskraft, da die einzelnen Berichte differieren. Die Verfasser können diesen Ausführungen Rehbergs beipflichten. Das soll doch nicht daran hindern, einen Weg einerseits für die Konstruktion einer geeigneten Apparatur und andererseits für die Durchführung solcher Versuche zu suchen.

Mit diesem Problem haben sich in der odontologischen Literatur weiter unter anderem folgende Autoren befasst: Johnson & Matthews (1949), Keiner (1950), Uhlig (1951), Spreter v. Kredenstein & Busch (1951), Mühlberg (1953), Wilkinson & Haack (1958), Kraft (1959) und Earnshaw (1961).

Bei der Konstruktion einer Apparatur kann man von zwei Voraussetzungen ausgehen, einmal kann man eine Apparatur konstruieren, die nur für die Durchführung eines bestimmten Versuches gedacht ist. Die Konstruktion einer solchen Apparatur ist im allgemeinen einfach und billig, aber ihr Anwendungsgebiet ist natürlich sehr begrenzt. Zum anderen kann man versuchen eine möglichst universelle Apparatur, die ein weites Anwendungsgebiet umspannt, anzufertigen. Diese Apparaturen sind

meist kompliziert und verhältnismässig teuer in der Herstellung. Die Frage, was betriebstechnisch vorteilhafter ist, mehrere Apparaturen für verschiedene Spezialuntersuchungen oder eine universelle Apparatur zu konstruieren, ist natürlich schwer zu beantworten. Die Verfasser sind doch der Meinung, dass die universelle Apparatur viele Vorteile bietet, da man z.B. nicht bei jedem neu auftauchenden Problem auch an die Konstruktion einer Versuchsapparatur denken muss. Die einmal hergestellte Apparatur kann dann viele, wohl nicht alle, Aufgaben bemeistern. Die einmalige Anschaffung ist natürlich oft eine grosse Belastung des Haushaltes. Die Verfasser sind sich natürlich voll im Klaren, dass die Entwicklung weitergeht, und dass Umkonstruktionen und vielleicht Neukonstruktionen im Laufe der Zeit vonnöten sein werden.

Der im folgenden beschriebene *Dentumatt* soll also ein weites Anwendungsgebiet umfassen können. Er ist von den Verfassern konstruiert und an der hiesigen Hochschule gebaut, da wir keine für uns geeignete Apparatur im Handel finden konnten.

Da der *Dentumatt* für die Untersuchung aller in Frage kommender zahnärztlicher Materialien (Kunststoffe, Metalle usw.) gedacht war, musste ein Kompromiss, was die Prüffrequenz anbelangt, angestrebt werden. Da ein verhältnismässig grosser Deformationshub für die Kunststoffe erforderlich ist, musste die Prüffrequenz relativ tief gehalten werden. Dies er bietet auch den Vorteil, dass Resonanzen von Maschinenteilen weitmöglichst vermieden werden können. Die Verkürzung der Prüfzeit ist ja meistens der Faktor, der eine hohe Prüffrequenz motiviert. Wir sahen die Prüfzeit als untergeordneten Faktor an.

Die Verfasser stellten folgende Forderungen an den *Dentumatt*:

1. 6 Probestücke sollen gleichzeitig und unabhängig voneinander geprüft werden können,
2. der *Dentumatt* soll sich selbst regeln und Tag und Nacht durchlaufen können,
3. der *Dentumatt* soll dem Probestück eine konstante Kraft (maximal 200 kp) (kraftschlüssig) oder eine konstante Formänderung (formänderungsschlüssig) aufzwingen können,
4. es sollen sowohl Probestücke als auch Konstruktionen und Konstruktionsteile geprüft werden können,

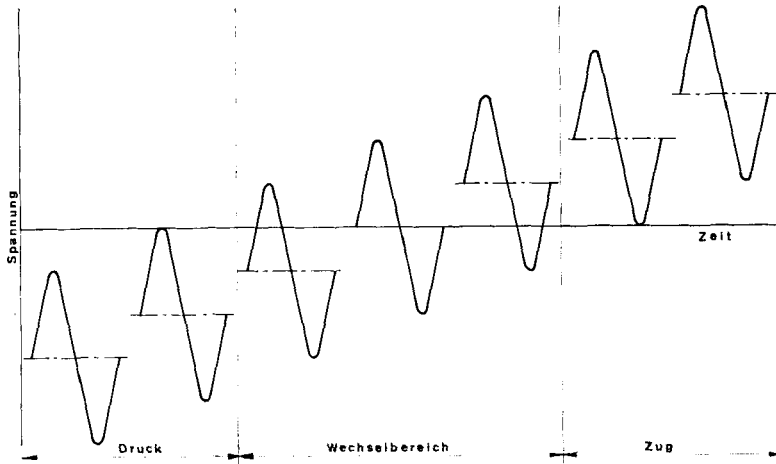


Abb. 1. Im Dentumatt können reine Druck- oder Zugversuche sowie Versuche im Wechselbereich durchgeführt werden.

5. Lastspielfrequenz maximal  $n = 300/\text{min}$ . zwischen die einzelnen Lastspiele sollen Pausen mit variabler Zeitdauer eingeschaltet werden können,
6. bei der kraftschlüssigen Arbeitsweise soll die Formänderung des Probestückes in 0,01 mm gemessen und bei formänderungsschlüssiger Arbeitsweise soll die Spannungsänderung registriert werden können,
7. der Dentumatt soll die Beanspruchungsbereiche nach Abb. 1 decken,
8. die Prüfungen sollen nicht nur bei Raumtemperatur trocken, sondern auch nass (z.B. aqua dest. schwache Säuren usw.) und bei verschiedenen Temperaturen (vorzugsweise  $37^\circ \text{C}$ ) durchgeführt werden können,
9. es wurde ein maximaler Deformationshub von 10 mm gefordert.

Auf weitere Einzelheiten wie Lastspielzähler, automatische Ausschaltung beim Bruch der Probe usw. soll bei der Beschreibung des Dentumatts eingegangen werden.

## BESCHREIBUNG

Eine Apparatur dieser Art kann man in folgende Sektionen einteilen:

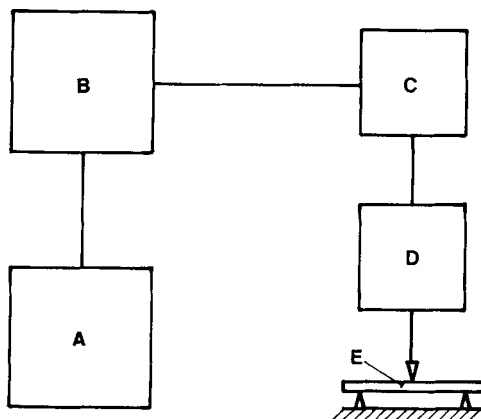


Abb. 2. Systematische Gliederung des Dentumatts.

1. Antrieb (A)
2. Steuerungseinheit (B)
3. Schwingeinheit (C)
4. Registrieranordnungen für die Form- oder Spannungsänderung sowie Lastspielzähler (D)
5. Einspannungseinrichtungen für die Probestücke (E)
6. Sicherheitsanordnungen

### 1. Der Antrieb

Als Antrieb kam ein hydraulisches System zur Anwendung. Eine schematische Skizze ist in Abb. 3 wiedergegeben.

Als Ölbehälter (A) dient ein offenes Metallgefäß mit einem Fassungsvermögen von ungefähr 25 Liter. Die Ölpumpe (B) (Imo, Typ AAD 38-3 N2A), die durch einen Elektromotor (C) getrieben wird, pumpt das Öl (ein thermostatregulierter Kühler hält die Temperatur des Öles konstant) aus der Saugleitung (D) in die Druckleitung (E). Der Motor (C) ist mit einem Schutzrelais (O)

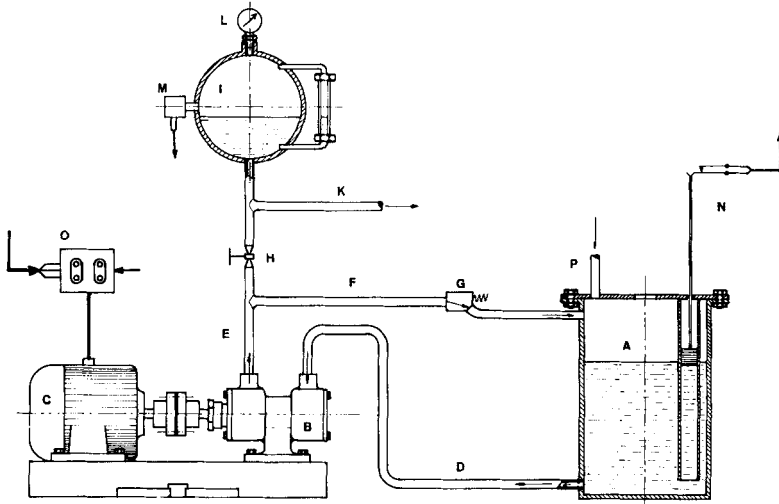


Abb. 3. Antrieb (Erläuterung im Text).

versehen. In der Druckleitung (E) wird das Öl verteilt, teils durch die Überlaufleitung (F) über ein modifiziertes Überlaufventil (G) (Osmund ÖF 1") in den Ölbehälter (A), teils über das Absperrventil (H) in die Druckausgleichkammer (I) und über (K) zu der Steuereinheit (Abb. 4). Mit Hilfe des Überlaufventiles (G) kann der gewünschte Druck in der Druckleitung (E) eingestellt werden. Wird ein geringerer Druck gewünscht, als mit dem Überlaufventil (G) einzustellen geht, kann der Ölzufluss nach (I) und (K) durch das Absperrventil (H) gedrosselt werden. Auf der Druckausgleichkammer (I) sitzt ein Manometer (L). Weiter ist an (I) ein Druckimpulsorgan (M) (Barkdale, Typ C9622-O-H) angebracht, an dem Maximi- und Minimidruckwerte eingestellt werden können. Sollten diese eingestellten Werte aus irgendeinem Grunde über- bzw. unterschritten werden, wird der Strom im Steuerkreis des Schutzrelais (O) unterbrochen, somit wird das ganze System ausser Funktion gesetzt. Mit dem Ölbehälter ist ein Niveauschalter (N) verbunden. Wenn der Ölstand im Ölbehälter sinkt, wird ebenfalls der Steuerkreis im Schutzrelais (O) unterbrochen und das ganze System wird ausser Funktion gesetzt. In der Leitung (P) fliesst das Öl von den Ventilen, Abb. 4, zurück in den Ölbehälter.

2. *Steuereinheit*

Das Öl kommt also von (K) in Abb. 3 über die Zuflussleitung (K') in Abb. 4 in das Ventilgehäuse (A). Zwei auswechselbare Kolbenschiebertypen (B oder C) sind vorgesehen. Bei Anwendung von Kolben (B) wird in Lage (1) das Öl gleichzeitig in die Ventilausflüsse (D und E) gepresst, weiter in 6 Schwingeneinheiten, (siehe eine Skizze einer solchen Einheit in Abb. 6a). In Lage (2) dieses Kolbens ist die Zuflussleitung (K') geschlossen und das Öl, das vorher die Ausflussleitungen (D und E) passierte, hat nun freien Zurückfluss in die Ölwanne (F) und weiter durch den Breitabfluss (P') in den Ölbehälter (A) über Einlauf (P) in Abb. 3. Bei Anwendung dieses Kolbens (B), Abb. 4, arbeiten die 6 Schwingeneinheiten (Abb. 6a) gleichzeitig und unabhängig voneinander.

Bei Anwendung des Kolbens (C) in Lage (1) wird das Öl in den Ausfluss (E) gepresst, gleichzeitig ist in dieser Lage freier Zurückfluss von Abfluss (D) in die Ölwanne (F) osw. In Lage (2) dieses Kolbens geschieht der beschriebene Vorgang entsprech-

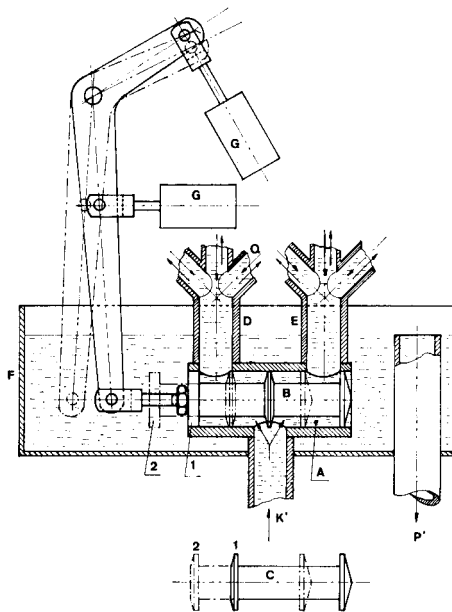


Abb. 4. Steuereinheit (Erläuterung im Text).

end der Lage (1). Bei Anwendung dieses Kolbens (C) werden zwei wechselweise arbeitende Schwingeinheiten zusammengesetzt (siehe Abb. 6 b). Die Kolbenbewegungen werden durch die beiden Gleichstrom-Hochleistungs-Doppelmagneten (G, in Abb. 5 mit G' bezeichnet) (Magnet-Schultz, Typ TGB 7-D) bewirkt.

Ein Impulsorgan, welches in Abb. 5 wiedergegeben ist, sorgt dafür, dass die Kolben folgende Bewegungsformen ausführen können:

- a. ein kontinuierliches Öffnen und Schliessen der Kolben (B oder C) mit verschiedenen Frequenzen,
- b. bei Anwendung des Kolbens (B) kann eine Pause in Lage (2) eingeschaltet werden, wobei die Ausflussleitungen (D und E) drucklos gehalten werden.

Die beiden Doppelmagneten (G') (siehe nun weiter Abb. 5) werden mit einem 24 V Gleichstrom (A und B) gespeist. Die Impulse zu den Doppelmagneten werden durch einen Mikroschalter (C) gesteuert. (Um die Lebenslänge dieses Mikroschalters nicht zu gefährden, musste dieser im Wechselstromkreis liegen). Die Schaltfrequenz dieses Mikroschalters (C) kann durch eine variable Rotationsgeschwindigkeit der Nockenscheibe (D) geändert werden, diese wiederum wird mit Hilfe eines Elektromotors und eines Zahnradgetriebes (E—K) getrieben. Die Schaltfrequenzänderung des Schalters (C) kann mit sehr kleinen Intervallen durch die Wahl geeigneter Zahnräder durchgeführt werden. Die mögliche Frequenzbreite bewirkt eine Lastspielfrequenz von  $n = \text{ca. } 120\text{—}300/\text{min}$ .

Die Pausen in den Arbeitsfrequenzen werden durch die Konstruktion der Nockenscheibe (D) erreicht. Diese Nockenscheibe ist nämlich in der Lage den Mikroschalter (C) eine zeitlang in solcher Stellung zu halten, dass dadurch der Kolben (B), Abb. 4, eine dementsprechende Zeit in Lage (2) gehalten wird und dass somit die Leitungen (D und E) drucklos gehalten werden. Diese Zeiten sind innerhalb gewisser Grenzen variabel.

Das Zahnrad (L) auf der Achsel der Nockenscheibe (D) treibt über Zahnrad (M—O) die Nockenscheibe (P), diese wirkt auf das Relais (Q) ein, welches Impulse zu den Lastspielzählern (S),

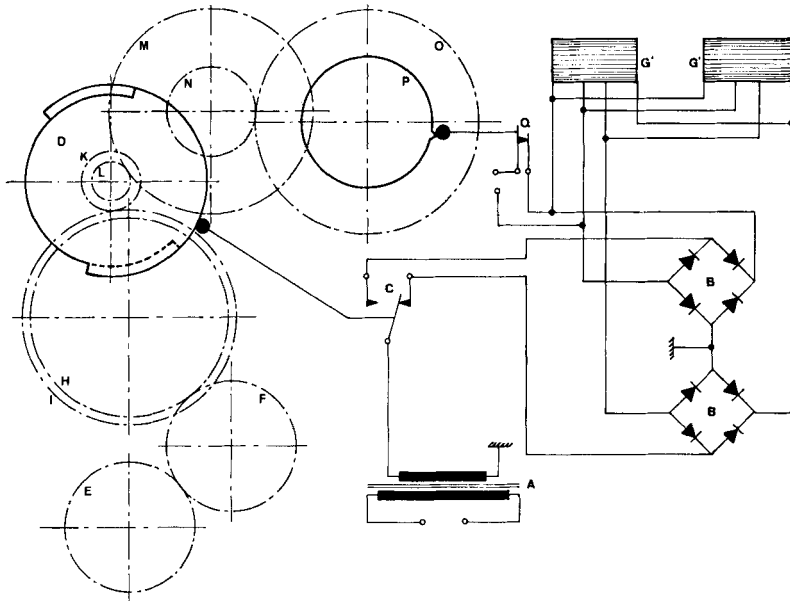


Abb. 5. Impulsorgan (Erläuterung im Text).

Abb. 6 a, gibt. Durch diese Anordnung registrieren die Lastspielzähler jede 20. Umdrehung der Nockenscheibe (D), also jedes 20. Lastspiel des zu untersuchenden Probestückes. Das reicht für die Auswertung eines Versuches aus und zum anderen handelt es sich hier um elektromechanische Lastspielzähler; sollte jede Umdrehung der Nockenscheibe (D) registriert werden, würde die Lebenslänge dieser Zähler sehr herabgesetzt werden.

### 3. Schwingeinheit

Eine Schwingeinheit ist in Abb. 6 a dargestellt. Diese Einheit besteht aus einem Metallzylinder (A), der einem Gummibalg (B) (Spezialherstellung für diesen Zweck durch die Firma: Trelleborgs Gummifabrik AB) umschliesst. Der obere Kragen dieses Gummibalges ist zwischen die Flansche des Zylinders (A) und der Anschlussflansche (C) eingespannt. Der untere Kragen ist zwischen der Druckstempelflansche (D) und einer Scheibe eingespannt. Auf diese Weise bildet der Gummibalg eine geschlossene

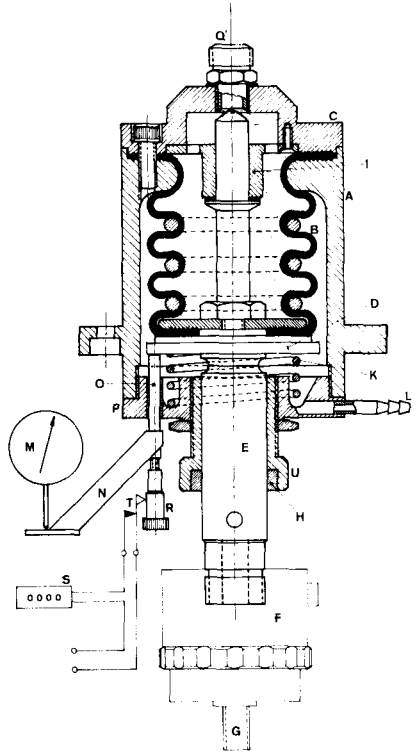


Abb. 6 a. Schwingeinheit (Erläuterung im Text).

Kammer, welche über (Q') mit (Q) in Abb. 4 verbunden ist. Durch den Öldruck erhält der Druckstempel (E) eine Bewegungsenergie und wird nach unten gedrückt (z.B. in Lage (1) des Kolbens (B) in Abb. 4. Die Feder (K) führt danach den Druckstempel (E) in die Ausgangslage zurück (z.B. in Lage (2) des Kolbens (B) in Abb. 4. Um unkontrollierbare Schubkräfte zu vermeiden, ist eine rein axiale Bewegung des Druckstempels (E) notwendig. Dies geschieht mit Hilfe von zwei Radiallagern, (H und I), die im Verhältnis zur Lage des Probestückes relativ weit voneinander liegen. — Im Wechselbereich, Abb. 1, werden zwei Schwingeinheiten zusammengeschaltet, Abb. 6 b. Diese arbeiten nun wechselweise, hierbei muss der Kolben (C), Abb. 4, angewandt werden. Diese Verbindung geschieht mit einem Hebelarm (A), Abb. 6 b, der drehbar auf der Achse (B) gelagert ist. Diese Achse ist an

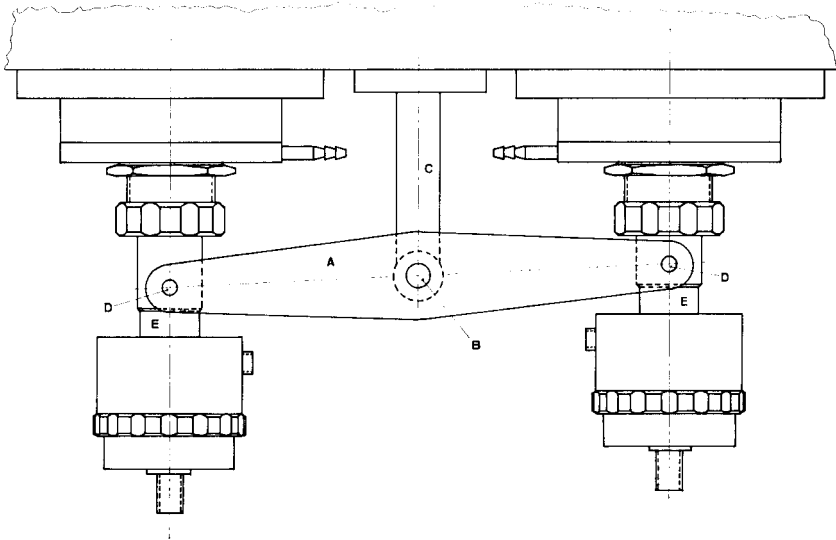


Abb. 6 b. 2 zusammengekoppelte Schwingeinheiten (Erläuterung im Text).

der Stütze (C) befestigt. Die Achszapfen (D), welche an den Druckstempeln (E) befestigt sind, sind in den Hebelarmen gelagert. Das Spiel in diesen Lagern ist so abgepasst, dass die Druckstempel nicht durch radielle Kräfte von den Hebelarmen ungünstig beeinflusst werden. — (L), Abb. 6 a, ist ein Ausfluss für eine eventuelle Leckage.

#### 4. Einspannungseinrichtung für die Probestücke

Eine Einheit ist in Abb. 7 dargestellt. Diese Skizze zeigt nur eine Versuchsart, nämlich den Biegeversuch, vielfältige Modifikationen zu anderen Versuchsarten sind möglich. Der Biegedorn (A) wird in den Halter (G), Abb. 6 a, befestigt. Die Weglänge des Biegedornes (A) kann variiert werden (siehe nun weiter Abb. 6 a). Die in Bodenteil (P) mit ihrem Gewinde sitzende Stopp-hülse (U) kann in eine gewünschte Lage eingestellt werden und bestimmt die Weglänge des Drucktempels (E) und somit auch des Biegedornes (A), Abb. 7. Die maximale Weglänge des Biegedornes ist 10 mm. Weitere Ausführungen siehe wieder Abb. 7. Die Nase (B) am Biegedorn (A) ist austauschbar. In diesem

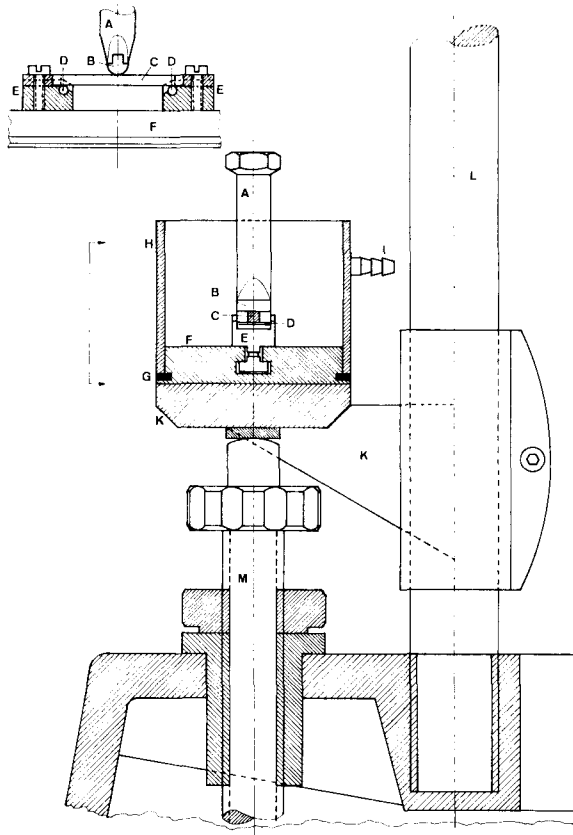


Abb. 7. Einspannungseinrichtung für die Probestücke (Erläuterung im Text).

Falle hat diese Nase ein  $r = 5$  mm entsprechend einer Länge des Probekörpers von 50 mm. An den zylindrischen auflageflächen (D) ist  $r = 2$  mm. Die Auflageböckchen (E) sind in T-Nuten im Auflagetisch (F) befestigt. An den Kanten des Auflagetisches sind Ausfräsungen für eine Gummipackung (G) vorgenommen. Gegen diese Gummipackung kann ein Metallrahmen (H) gepresst werden. So erhält man um den Probekörper herum eine flüssigkeitsdichte Wanne. Diese Wanne ist mit Anschlüssen (I) für den Ein- und Ausfluss von Flüssigkeiten versehen. Die Anschlüsse (I) sind an eine gemeinsame Zirkulations-

pumpe angeschlossen. In dieses System ist eine thermostatregulierte Erwärmungsanordnung eingeschaltet. Der Auflagetisch (F) ist auf einer Konsole (K) befestigt, diese ist in der Höhenlage je nach Versuchsbedingung auf einem Pfeiler (L) verstellbar. Um dieser Konsole gute Stabilität zu geben und genaue Höheneinstellungen vornehmen zu können, ist unter der Konsole (K) genau im Druckpunkt des Biegedornes (A) eine kräftige Stell-schraube (M) angebracht.

### *5. Registrieranordnung für die Form- oder Spannungsänderungen sowie Lastspielzähler*

a. Formänderungen am Probekörper werden durch eine Messuhr (M), Abb. 6 a, (Metron, Typ M2-10-J) auf folgende Weise registriert. Die steigenden Formänderungen des Probekörpers bedingen auch längere Hübe des Druckstempels (E) in Richtung auf den Probekörper. Diese längeren Hübe des Druckstempels (E) werden durch seine Flansche (D) auf den Führungsstift (O) der Anordnung (N) übertragen. Führungsstift (O) ist in der Bodenflansche (P) mit Friktion gelagert. Die Messuhr indiziert also immer die jeweilige maximale Formänderung des Probekörpers unter Last. Permanente Formänderungen nach den jeweiligen Belastungen müssen auf irgend eine andere geeignete Weise bestimmt werden.

b. Spannungsänderungen im Probestück werden auf folgende Weise, wie in Abb. 8 dargestellt, bestimmt. Für die Kraftmessung werden von den Verfassern spezialkonstruierte induktive Membrandynamometer verwandt (Abb. 8). (Der Sitz einer solchen Kraftmessdose (F) geht aus Abb. 6 a hervor). In dieser Konstruktion wurde als Messorgan ein Differentialtransformator (A) (Schaevitz, Typ Serie M 040 M—L) angewandt, der mit seinen Kontaktanordnungen in den oberen Teil (D) des Membrandynamometers eingebaut ist. Die Membran (B) ist für die verschiedenen Kraftgebiete austauschbar. Sie hat einen Ansatz (C), welcher gegen den oberen Teil (D) eingespannt ist. Wird diese Membran (B) für Kraffteinwirkungen in axialer Richtung ausgesetzt, kommt eine elastische Deformation dieser Membran zustande. Mit dieser Deformation folgt eine Lageänderung des Kernes im Differentialtransformator. Diese Lageänderung bewirkt

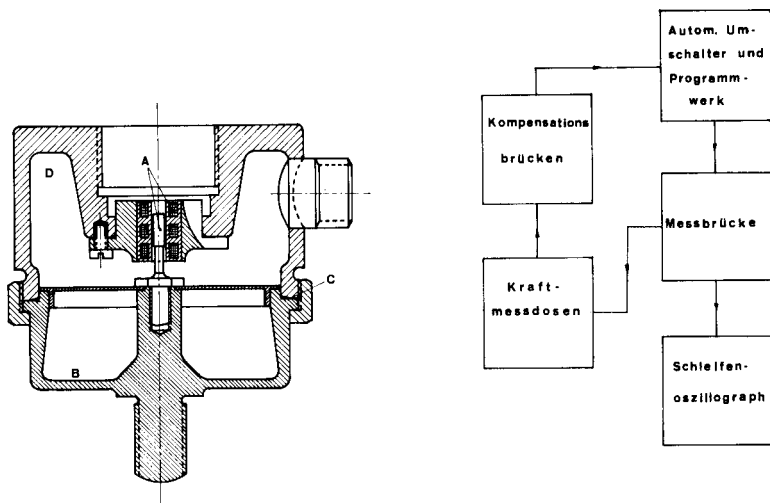


Abb. 8. Registriereanordnung für die Spannungsänderungen  
(Erläuterung im Text).

eine Spannungsdifferenz in den Sekundärspulen des Differentialtransformators. Diese Spannungsdifferenz, die in einer bestimmten Relation zur einwirkenden Kraft steht, muss registriert und mit bekannten Kräften geeicht werden. Rechts in Abb. 8 ist ein Blockschema dieser Registrieranordnung gezeigt. In diesem Blockschema befindet sich eine Messbrücke (Phillips, Typ PT 1200). Diese hat die Aufgabe, teils die Primärspulen der Differentialtransformatoren zu speisen, teils die Spannungen der Sekundärspulen aufzunehmen, zu verstärken und gleichzurichten. Die eigentliche Registrierung geschieht auf einem Schleifenoszillographen (Honeywell, Typ 906T Visicorder). Die Anschlüsse der Sekundärspulen der Differentialtransformatoren zur Messbrücke gehen via Kompensationsbrücken. In diesen wird die Abgleichung der Sekundärspannungen, wenn die Kraftmessdosen unbelastet sind, vorgenommen. Weil der Dentumatt mit 6 Kraftmessdosen, nämlich eine für jedes Probestück, ausgerüstet ist und die Messbrücke nicht mehrere Impulse gleichzeitig aufnehmen kann, ist zwischen die Kompensationsbrücken und die Messbrücke ein automatischer Umschalter (Phillips, Typ PT 1220 und PT 1221) eingebaut. Der

automatische Umschalter hat also die Aufgabe die 6 Kraftmessdosen in bestimmter Folge nacheinander zur Messbrücke einzuschalten. Auf grund eines zu grossen Papierverbrauches bei dem hier angewandten Schleifenoszillographen während kontinuierlicher Beanspruchung, wurde die Registrieranordnung mit einem Programmwerk versehen. Dieses kann mit wählbaren Zeitintervallen Impulse zu dem automatischen Umschalter geben. Wenn dieser einen Impuls erhält, wird eine Schaltfolge gestartet.

c. Die Lastspielzähler, Abb. 6 a. Der Führungsstift (O) hat an seinem unteren Ende eine Stellhülse (R), welche mit einem Ansatz versehen ist, der den Mikroschalter (T) betätigt. Dieser unterbricht den Strom zu dem in Frage kommenden Lastspielzähler (S), wenn das Probestück bricht oder bei wählbarer maximaler Deformation des Probestückes.

Zusammenfassend soll noch einmal kurz beschrieben werden, wie die eingangs gestellten Forderungen erfüllt wurden:

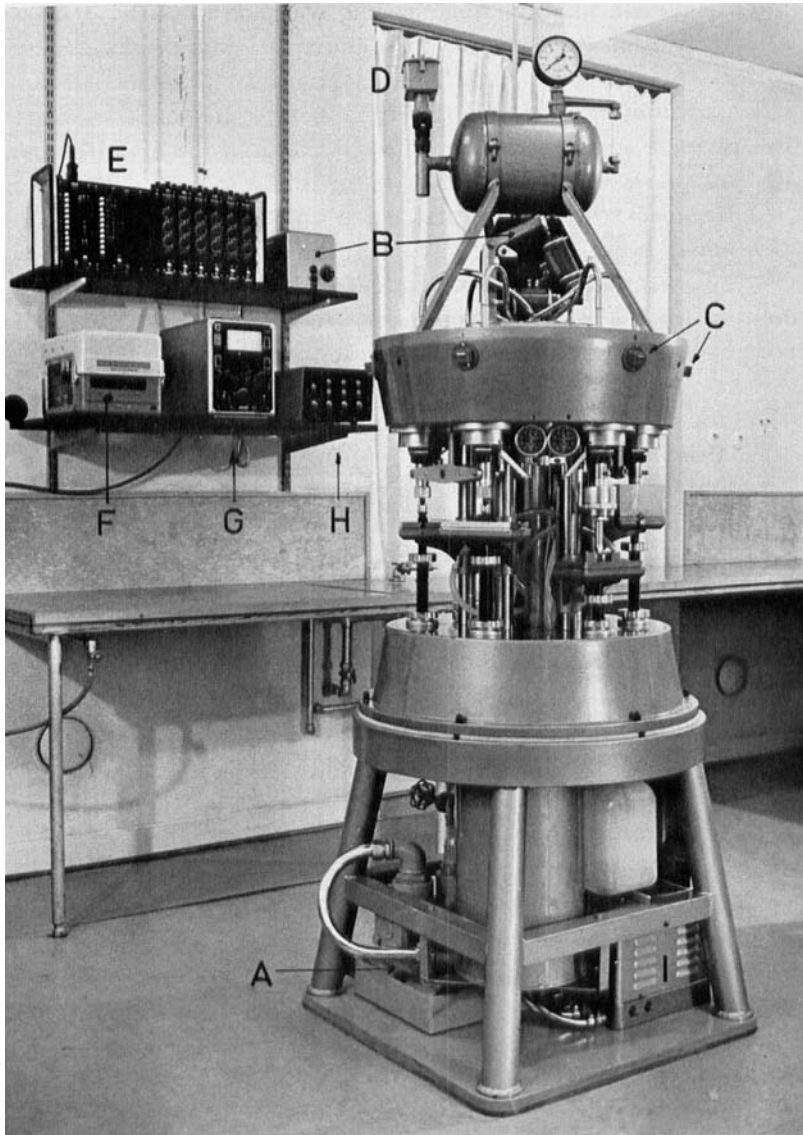
1. 6 Probestücke sollen gleichzeitig und unabhängig voneinander geprüft werden können.

Der Dentumatt hat 6 getrennte Einspannungsanordnungen für die Probestücke, Abb. 7, 6 Messuhren für die Bestimmung der Formänderungen, Abb. 6 a und 6 Kraftmessdosen für die Bestimmung der Spannungsänderungen in den Probestücken, Abb. 8.

2. Der Dentumatt soll sich selbst regeln und Tag und Nacht durchlaufen können.

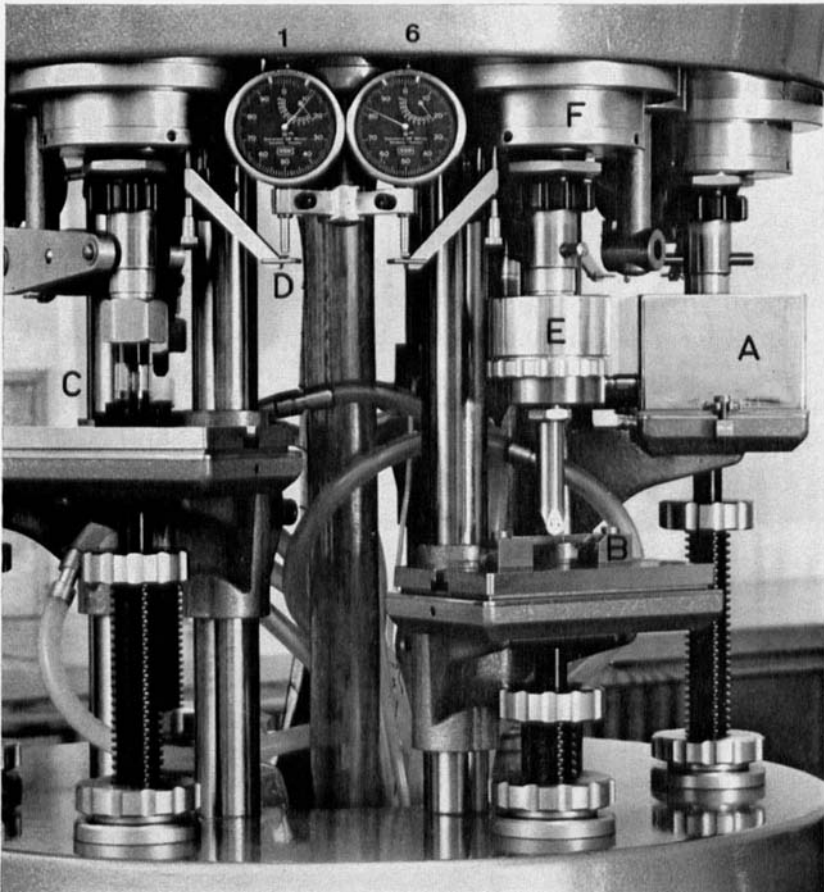
Die Sicherheitsanordnungen, Abb. 3 und 6 a, sind so getroffen, dass der Dentumatt sich automatisch bei auftretenden Fehlern ausschaltet. Die notwendigen Registrierungen geschehen vollautomatisch, und benötigen kein Ablesen während des Versuches. Dies gilt für die Lastspielzähler, Abb. 6 a, und für die Bestimmung der Spannungsänderungen in den Probestücken, Abb. 8. Eine Ausnahme bildet zur Zeit noch die Bestimmung der Formänderung an den Probestücken, die an Messuhren, Abb. 6 a, in Zeitintervallen abgelesen werden muss. Doch sind hier 3 Kamaraeinheiten für die fortlaufende Aufnahme der Werte an den Messuhren eingeplant.

3. Der Dentumatt soll den Probestücken eine konstante Kraft (kraftschlüssig) oder eine konstante Formänderung (formänderungsschlüssig) aufzwingen können.



Gesamtansicht des Dentumatts.

A Antrieb (siehe Abb. 3), B Steuereinheit (siehe Abb. 4 und 5), C Lastspielzähler (siehe Abb. 6 a), D Sicherheitsanordnung (I in Abb. 3), E automatischer Umschalter, F Schleifenoszillograph, G Messbrücke, H Programmwerk (E, F, G und H siehe Abb. 8), I Zirkulationspumpe mit thermostatregulierter Erwärmungsanordnung (siehe Abb. 7).



Teilansicht des Dentumatts.

Flüssigkeitswanne (H in Abb. 7), B Einspannungsanordnung der Probekörper für den Biegeversuch (siehe Abb. 7), C Einspannungsanordnung für den Kompressionsversuch (z. B. Amalgam), D Registrierungsanordnung für Formänderungen am Probekörper (siehe Abb. 6 a), E Kraftmessdose (F in Abb. 6 a), F Metallzylinder einer Schwingeinheit (A in Abb. 6 a).

Bei der kraftschlüssigen Arbeitsweise wird der maximale (10 mm) Hub des Druckstempels (E), Abb. 6 a, eingestellt und die gewünschte Kraft durch den Öldruck mit Hilfe der Überlaufventile (G), Abb. 3, eingestellt. Mit den Messuhren (M), Abb. 6 a, können dann fortlaufend die jeweiligen Formänderungen der Probestücke bei konstanter Kraft bestimmt werden.

Bei formänderungsschlüssiger Arbeitsweise wird mit Hilfe der Stophülse (U), Abb. 6 a, der gewünschte Hub des Druckstempels (E), Abb. 6 a, eingestellt. Die Kraft wird durch den Öldruck so eingestellt, dass der eingestellte Hub während des ganzen Versuches auch sicher erreicht wird. Die Spannungsänderungen in den Probestücken können dann mit den Kraftmessdosen und der Registrieranordnung, Abb. 8, bestimmt werden.

4. Es sollen sowohl Probestücke als auch Konstruktionen und Konstruktionsteile geprüft werden können.

Die Ausmasse der Auflagetische (F) (150 · 90 mm) und die Höhe der Wannen (H) (70 mm), Abb. 7, sind so abgepasst, dass alle in Frage kommenden dentalen Konstruktionen und Probestücke geprüft werden können.

5. Lastspielfrequenz maximal  $n = 300/\text{min}$ , zwischen die einzelnen Lastspiele sollen Pausen mit variabler Zeitdauer eingeschaltet werden können.

Der Dentumatt hat eine maximale Lastspielfrequenz von  $n = 300/\text{min}$ . Es können variable Pausen zwischen die einzelnen Lastspiele eingeschaltet werden, Abb. 5.

6. Bei der kraftschlüssigen Arbeitsweise soll die Formänderung der Probestücke in 0,01 mm gemessen und bei formänderungsschlüssiger Arbeitsweise soll die Spannungsänderung registriert werden können.

Siehe Ausführungen zu Punkt 3.

7. Der Dentumatt soll die Beanspruchungsbereiche nach Abb. 1 decken.

Bei Versuchen mit klinischen Aspekten werden vermutlich meist die Beanspruchungsbereiche zur Anwendung kommen, die die 3 linken Kurven in Abb. 1 repräsentieren.

Bei reinen Druckversuchen (Biegeversuche siehe Abb. 7) wird der Kolben (B), Abb. 4, angewandt, und es können 6 Probestücke gleichzeitig und unabhängig voneinander geprüft werden, dieses gilt auch für reine Zugversuche, doch muss hier eine adäquate Einspannungsanordnung für die Probestücke angewandt werden.

Im Wechselbereich kommt der Kolben (C), Abb. 4, zur Anwendung, das bedeutet, dass bei formänderungsschlüssiger Ar-

beitsweise 6 Probestücke gleichzeitig und unabhängig von einander geprüft werden können, bei kraftschlüssiger Arbeitsweise können nur 3 Probestücke gleichzeitig und unabhängig voneinander geprüft werden, das besagt, dass zwei zusammenwirkende Schwingeinheiten für nur ein Probestück ausgenutzt werden, Abb. 6 b.

8. Die Prüfungen sollen nicht nur bei Raumtemperatur trocken, sondern auch nass (z.B. Aqua dest., schwache Säuren osw.) und bei verschiedenen Temperaturen (vorzugsweise 37°C) durchgeführt werden können.

Sollen die Probestücke in einer Flüssigkeit geprüft werden und bei einer konstanten Temperatur, sind für diesen Zweck die Wannen, Abb. 7, vorgesehen. In diesen Wannen können die respektiven Flüssigkeiten unter Zirkulation bei gewünschter konstanter Temperatur gehalten werden.

9. Es wurde ein maximaler Deformationshub von 10 mm gefordert.

Der maximale Deformationshub des Druckstempels (E), Abb. 6 a, ist 10 mm.

#### SUMMARY

#### THE "DENTUMATT"

#### AN APPARATUS FOR TESTING FATIGUE DESIGNED WITH SPECIAL REGARD TO DENTAL PROBLEMS

In the present article an apparatus constructed by the authors for the determination of fatigue strength is described.

This apparatus is called a "Dentumatt". Simultaneously and independently of each other six specimens of dental constructions, or parts of constructions, can be tested. The apparatus can work with constant stress (max. 200 kp), or constant deflexion (max. 10 mm). The cyclic frequency of stress can be varied between  $N = 120$  to 300/min. It is possible to have pauses between the stress cycles.

The specimens can be tested in a dry state at room temperature, or in different liquid baths at varying temperatures, 37°C being the most appropriate temperature for testing dental constructions.

## RÉSUMÉ

## LE "DENTUMATT"

UN APPAREIL POUR ESSAI DE FATIGUE SPÉCIALEMENT POUR  
L'ÉTUDE DE PROBLÈMES ODONTOLOGIQUES

Le présent article décrit un appareil construit par les auteurs pour la détermination de la résistance à la fatigue.

Cet appareil est appelé "Dentumatt". Six spécimens de constructions dentaires ou de parties de constructions dentaires peuvent être testés simultanément et indépendamment les uns des autres. L'appareil peut agir avec une force constante (maximum 200 kp), ou avec une flexion constante (maximum 10 mm). La fréquence du cycle d'application de la force peut varier de  $N = 120$  à 300/min. Des pauses sont possibles entre les cycles d'application de la force.

Les spécimens peuvent être testés à l'état sec à la température ambiante, ou dans différents bains liquides à différentes températures,  $37^{\circ}\text{C}$  étant la température la mieux appropriée pour l'essai de constructions dentaires.

## ZUSAMMENFASSUNG

## DER "DENTUMATT"

EINE APPARATUR FÜR DEN DAUERSCHWINGVERSUCH UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG ODONTOLOGISCHER ASPEKTE

In dem vorliegenden Artikel wird eine von den Verfassern konstruierte Apparatur für die Bestimmung der Dauerschwingfestigkeit beschrieben. Dieser Apparat bekam die Bezeichnung "Dentumatt". Es können 6 Probekörper oder 6 dentale Konstruktionen oder 6 Konstruktionsteile gleichzeitig und unabhängig voneinander geprüft werden. Es kann mit konstanter Kraft (maximal 200 kp) oder mit konstanter Formänderung (maximal 10 mm) gearbeitet werden. Die Lastspielfrequenz kann zwischen  $n = 120$ —300/min variiert werden. Es ist möglich zwischen die Lastspiele Pausen einzuschalten. Die Prüfungen können bei Raumtemperatur trocken oder unter Einwirkung von verschiedenen Flüssigkeiten bei verschiedenen Temperaturen (vorzugsweise  $37^{\circ}\text{C}$ ) durchgeführt werden.

## SCHRIFTTUM

- Earnshaw, R.*, 1961: Fatigue tests on a dental cobalt — chromium alloy. Brit. dent. J. 110: 341.
- Johnson, W. & E. Matthews*, 1949: Fatigue studies on some dental resins. Brit. dent. J. 86: 252.
- Keiner, K. W.*, 1950: *Gestaltung einer Prüfmaschine für die Ermittlung von Festigkeitswerten zahnärztlich verwendeter und geformter Stoffe nach dem spannungsoptischen Verfahren im Schein der besonderen physikalischen und medizinischen Gesetzmässigkeiten unseres Faches*. Med. Diss. Kiel.
- Kraft, E.*, 1959: Kritische Stellungnahme zur Bedeutung der sogenannten Dauerbiegefestigkeitsuntersuchungen an Prothesenwerkstoffen. Dtsch. zahnärztl. Z. 14: 618.
- Mühlberg, E.*, 1953: *Prüfung der Dauerbiegefestigkeit und Untersuchung der Bruchflächen von Paludon mit verschiedenen Einlagen*. Med. Diss. Freie Univers. Berlin.
- Rehberg, H. J.*, 1960: *Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe und ihrer Anwendung* (K. Eicher). Berlinische Verlagsgesellschaft G.m.b.H. Berlin. 78.
- Sigwart, H.*, 1955: *Handbuch der Werkstoffprüfung* (E. Siebel). Springer — Verlag Berlin. Zweite Aufl. Bd. II. 201.
- Spreter v. Kreudenstein, Th. & H. Busch*, 1951: Über das Verhalten von Füllungen aus schnellhärtendem Kunststoff gegenüber dem Kaudruck. Dtsch. zahnärztl. Z. 6: 664.
- Uhlig, H.*, 1951: Über die Dauerbiegefestigkeit metallnetzverstärkter Kunststoffe. Dtsch. zahnärztl. Z. 6: 707.
- Wilkinson, E. G. & D. C. Haak*, 1958: Study of the fatigue characteristics of silver amalgam. J. dent. Res. 37: 136.

Anschrift: *Königl. Zahnärztl. Hochschule  
Malmö S  
Schweden*