

Feiner fräsen

Die Entwicklung der modernen zahntechnischen Frästechnik

Die Frästechnik gilt als eine der Königsdisziplinen der Zahntechnik. Herausnehmbare Versorgung, die über Teleskope, Koni oder Geschiebe befestigt sind, bieten gegenüber den klassischen Verbindungs- und Halte-Elementen reichlich Vorteile. Zahlreiche Zahntechniker haben die Dynamik der dentalen Frästechnik mitgestaltet, aber auch die Weiterentwicklung der Werkzeuge hat einen entscheidenden Beitrag zum Fortschritt der Frästechnik geleistet. So hat Komet (Gebr. Brasseler GmbH & Co. KG) viele wichtige Schritte zum heutigen hohen Stand der Frästechnik mit seinen Neuerungen eingeleitet. Anlässlich des 90. Firmenjubiläums gibt der folgende Beitrag einen Überblick über die wichtigsten Entwicklungen und berücksichtigt dabei besonders die Rolle des Jubilars.

Zahntechniker gehören einer verhältnismäßig jungen Berufsgruppe an. Bis vor knapp 100 Jahren behandelten neben Zahnärzten bei Zahnproblemen auch sogenannte Dentisten die Patienten. Diese Dentisten stellten den Zahnersatz selbst her. Ab dem Jahr 1909 grenzten sich jedoch die Zahnmediziner mit einer eigenen Studienordnung ab. Fortan durften Zahnärzte Prothesen nicht selbst herstellen und auch nicht von Dentisten herstellen lassen. Stattdessen fertigte ein neuer Betriebstyp namens „zahn-technisches Laboratorium“ den Zahnersatz.

Seither wurden abnehmbare Prothesen üblicherweise mit Klammern an Restzähnen befestigt. Doch nach erfolgreichen Versuchen mit teleskopierenden Kronen Dr. Steigers und Dr. Beutels in Zürich im Jahr 1959

hat in den 1960er Jahren „die abnehmbare Prothese ohne Klammern gegenüber der festsitzenden Prothese aus hygienischen Gründen den Vorrang bekommen.“ So erklärte es der Wegbereiter der modernen Frästechnik, ZTM Hubert Pfannenstiel, als er 1987 in der Zeitschrift *das dental-labor* die Entwicklung der zahntechnischen Frästechnik beschrieb [1]. Einer der Gründe für die Ablösung: Auf Vorschlag des Schweizer Zahnarztes Dr. Albert Gaerny hatte Komet aus Lemgo im Jahr 1963 die sogenannten Gaerny-Fräser auf den Markt gebracht. Laut Patentschrift vom 4. Juni 1963 war es Aufgabe dieser Neuerung, „einen Fräser zu schaffen, mit dem ein genaues, erschütterungsarmes Arbeiten an Zähnen und künstlichen Gebisseinzelteilen wie insbesondere im Rahmen der Goldgeschiebe-Technik möglich ist“.

Diese fortschrittlichen Fräser waren dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser des Fräskopfes mit dem Durchmesser des Schaftes identisch war. Zudem hatten sie eine Schneide mit rechtsschneidender Linksspirale. Sinn dieses Linksdralls war es, dass sich die Wachsmodellationen während des Fräsens nicht vom Modell abhoben.

Der Drallwinkel betrug 85° , der Spanwinkel 0° . Für eine einwandfreie Friktion der Goldgeschiebe waren die Fräser minimal konisch gestaltet. Die Fertigungstoleranz lag bei maximal $\pm 1/100$ Millimeter und war mit den deutlichen größeren Toleranzwerten gewöhnlicher Dentalbohrer der damaligen Zeit nicht vergleichbar. Dennoch stellte Hubert Pfannenstiel 25 Jahre später und mit den Erkenntnissen des zwischenzeitlichen Fortschritts in einer Abhandlung zur Entstehung von Präzisionswerkzeugen fest: „Da die Werkzeuge extrem lang sind, besteht bei den kleineren Durchmessern die Gefahr, dass sie bereits bei geringer Anpresskraft stark auslenken.“

Höhere Leistung mit Hartmetall

Für Zahnärzte liefert Komet bereits seit 1956 rotierende Instrumente aus Hartmetall. Aber für Zahn-techniker produzierten die Hersteller im Jahr 1968 noch überwiegend Werkzeuge aus Werkzeugstahl. Dies ist niedrig legierter Kohlenstoff-Wolfram-Stahl mit einer Warmhärte von nur 180°C . „Man musste damals nicht unbedingt Hartmetall haben, denn die Drehzahlen der benutzten Hängebohrmaschinen waren verhältnismäßig niedrig“, erklärt Karl-Heinz Danger im Rückblick. Er ist Ressortleiter Forschung und Entwicklung bei Gebr. Brasseler/Komet in Lemgo und hat die wesentlichen Entwicklungsschritte der folgenden Jahrzehnte begleitet. Anfang der 1970er Jahre kamen dann leistungsfähigere Handstücke auf den Markt. Den Vorteil höherer Drehzahlen in Verbindung mit einem höheren Abtrag bei gleichzeitig geringerem Anpressdruck konnte man am ehesten mit Werkzeugen aus Hartmetall ausnutzen. Als erste Werkzeuge dieser neuen Generation für die Zahn-technik brachte Komet darum 1972 spiralverzahnte Hartmetallfräser auf den Markt. Den Entwicklungsschritt des sogenannten HSS-Stahls (Hoch-Schnell-Schnitt-Stahl) haben die Entwickler dabei glatt übersprungen.

Expertenwissen und industrielle Forschung

Der Fortschritt der Antriebstechnik und Werkzeuge in Kombination mit der weiteren Verbesserung der Werkstoffe erlaubte wiederum präzisere abnehmbare Versorgungen. Insbesondere Arbeiten, bei denen der abnehmbare Teil des Zahnersatzes mit individuellen Riegeln am Restgebiss verankert wurde, verbreiteten sich. Dazu trugen Veröffentlichungen wie von

ZTM Joachim Marx sowie Prof. Hermann Böttger und ZTM Horst Gründer bei. „Die Vorzüge einer Riegelkonstruktion liegen auf der Hand. Einmal lassen sich für den Patienten derartige Riegel-Brücken und Riegel-Prothesen sehr leicht im Mund einsetzen und wieder herausnehmen. Und andererseits sind diese Konstruktionen – wenn die Riegel geschlossen sind – ganz fest im Mund arretiert“, warb Marx im Jahr 1968 [2]. Böttger und Gründer definierten in ihrem gemeinsamen Buch „Die Praxis des Teleskopsystems“ als Merkmale für eine Riegel-Arbeit [3]:

- Konisch ausgeformte Innenkrone
- Trapezförmige Führungsleiste mit Retentionskerbe
- Anatomisch ausgeformte Außenkrone mit eingearbeitetem Tisch für den Kipphebel
- Kipphebel, Riegelachse und Gegenlager als Elemente der Haltevorrichtung

Als Tipp verwiesen sie auf den Riegelachsenbohrer, mit dem man eine Widerlagerscheibe um die Achse einschneiden konnte, damit sich der Kipphebel beim Drehen nicht verkantet.

Gemeinsam mit solchen zahntechnischen Experten begann Komet spezielle Instrumentensätze zu entwickeln. Einer dieser Fachleute – der die zahntechnische Entwicklung zum großen Teil mitgestaltet hat – ist ZTM Hubert Pfannenstiel. Er unternahm zahlreiche Untersuchungen zu den verschiedenen Faktoren, die die Oberflächengüte von Werkstücken beeinflussen. Hierzu zählen unter anderem die Schneidengeometrie, die Schneidenanzahl, die Art ihrer Herstellung – ob geschliffen oder gefräst –, die Schneidenführung (gerade oder gewunden), die Schnittfreudigkeit bis hin zur Frage, ob im Gleichlauf oder Gegenlauf gefräst wird. Pfannenstiel veröffentlichte zahlreiche seiner Forschungen, wie beispielsweise „Die gefräste Fläche der Primär-Anker“ und „Randschluss und Passung bei Konuskronen“ [4, 5]. Folgende Erkenntnisse Pfannenstiels waren wesentlich für die Weiterentwicklung der Werkzeuge:

- Gewundene Schneiden zerspanen weicher.
- Die Länge des Arbeitsteils beeinflusst die Qualität.
- Achsabweichungen machen die Arbeit zunichte. Darum verwende das dickste- und kürzestmögliche Werkzeug!
- Hohe Umdrehungsgeschwindigkeiten bringen meist schlechtere Ergebnisse als niedrigere.

Revolutionäre Entwicklung – der Querhieb

Gemeinsam mit Komet entwarf Hubert Pfannenstiel den formenkongruenten Werkzeugsatz für Parallelfräsungen in der RS- und RSS-Geschiebe-Technik.



Abb. 1: Wachsfräser für die Teleskoptechnik aus den 1980er Jahren.



Abb. 2: Zusammen mit Degussa entwickelte ZTM Hubert Pfannenstiel den Konator-Satz. Der dazugehörige Werkzeugsatz enthält einen Hartmetall-Konusfräser mit Linksdraht, einen konischen Wachschraber und eine Grenzwertlehre.

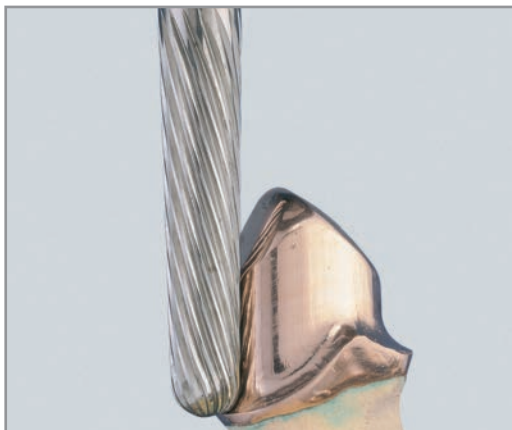


Abb. 4: Der erste Parallelfräser mit Fasenschliff wurde 1984 gefertigt. Durch einen verbreiterten Keilwinkel lief das Werkzeug runder, drang weniger tief ins Werkstück ein und erzielte eine feinere Oberflächenqualität.

Der enthält Wachschraber, Wachsfräser, Hartmetall-Parallel-Fräser, kreuzverzahnte Hartmetall-Parallel-E-Fräser, Degussit-Feinschleifstifte, einen Hartmetall-Zentrierbohrer, HSS-Spiralbohrer, Hartmetall-Rillenfräser und einem Hartmetall-Schulterfräser (Abb. 1). Der kreuzverzahnte Parallel-Fräser aus Hartmetall basiert auf einer bemerkenswerten Entwicklungsleistung aus Lemgo – der E-Verzahnung. Diese enthält einen Querhieb, der die Spangröße reduziert und bei geringerem Vibrationsverhalten und mit weniger Anpresskraft die Schneidleistung um 20 % steigerte. Diese Erfindung hat die Zahntechnik im Jahr 1978 geradezu revolutioniert.

Auch die Konustechnik kam voran. Für das Arbeiten mit dem Degussa-Konator entwickelte Komet mit Pfannenstiel 1981 den Konator-Satz 6° (Abb. 2). Er enthält einen Hartmetall-Konusfräser mit Linksdraht, einen konischen Wachschraber und eine Grenzwertlehre mit 1° und 11°. Als Konsequenz aus Pfannenstiels Forschungsergebnissen und Veröffentlichun-



Abb. 3: Verbesserte Funktion: Dank ZTM Pfannenstiels Forschungen bohren Zahntechniker durch das Sekundärteil und nutzen die Bohrungen für Aktivierungstifte.

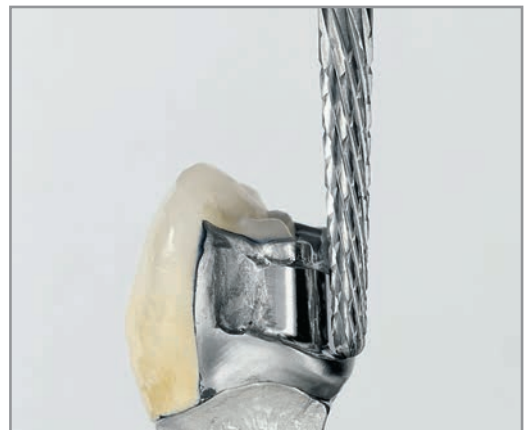


Abb. 5: Die grobe Ergonomieverzahnung (GE-Verzahnung) ist für das Vorfräsen von NEM-Legierungen konzipiert.

gen zur Friktion durch Bohren wurden unterschiedliche Werkzeugsätze für Präzisionsbohrungen in der RSS-Geschiebetechnik aufgelegt (Abb. 3) [6]. Pfannenstiels Ziel bestand darin, den bis dato aufwendigen Ablauf zu vereinfachen und gleichzeitig die Funktion zu verbessern, indem er durch das Sekundärteil hindurch bohrte, um anschließend die Stifte in diesen Bohrungen zu verlöten. Mit der Einschränkung, dass heute bevorzugt gelasert wird, ist diese Technik noch immer gültiger Standard.

Fortschrittliche Erfindung – der Fasenschliff

Den markantesten Schritt vorwärts brachte die Zusammenarbeit im Jahr 1984, als Komet den ersten Parallelfräser mit Fasenschliff konstruierte. Mit diesen Fasen verbreiterten die Lemgoer den Keilwinkel. Dies führte zu einem besseren Rundlauf, einem weniger tiefen Eindringen in das Werkstück, feinerer Oberflächenqualität und längerer Standzeit (Abb. 4). Daneben führte Komet ein Fräsöl als Schmier- und Kühlmittel sowie eine Diamant-Polierpaste in die Zahntechnik ein. Zum Fasenschliff schrieb Hubert Pfannenstiel 1987: „Mit dem Parallelfräser mit Fasenschliff ist ein Werkzeug geschaffen worden, das eine hervorragende Oberfläche erzeugt, einen Seidenglanz hervorruft und das die geringste Rauhtiefe, die bisher durch Fräsen erreicht worden ist, erzielt. Solche Fasenschliffe waren mit den herkömmlichen Maschinen und Werkzeugen nicht zu bewerkstelligen [7].“ Der Parallelfräser mit Fasenschliff stellte somit im Jahr 1984 ein einmaliges Präzisionswerkzeug in der zahntechnischen Frästechnik dar.

Ebenfalls 1984 kam Komet mit der GE-Verzahnung auf den Markt. Die Hartmetallfräser mit der groben Ergonomieverzahnung waren u.a. für das Vorfräsen von NEM-Legierungen im Fräsgerät konzipiert (Abb. 5). Um die Erkenntnisse zu dieser Technik des Fräsens unter den Zahntechnikern bekannt zu machen, gab Hubert Pfannenstiel gleichzeitig mit Horst Kantzow das Buch „Die Technik des Fräsens – Praktische Anleitung zum systematischen Selbststudium für Zahntechniker“ heraus und trug so zur Verbesserung der Arbeitsqualität bei [8]. Zudem informiert Komet die Zahntechniker bis heute mit seinem Feinwerktechnik Kompass, einer Arbeitshilfe zur Auswahl der passenden Fräswerkzeuge.

Bereits mit Beginn der 1990er Jahre waren viele Labore gezwungen, immer kostenbewusster zu produzieren. Zunehmend häufiger verarbeiteten Zahntechniker für teleskopierende Versorgungen auch Legierungen aus Nichtedelmetall. Vor dem Hintergrund von dessen hoher Härte – zwischen 300 und 400 HV – bekam die Standzeit von Fräsern eine zunehmend wichtigere Bedeutung. Diese Standzeit definiert den Zeitraum, in dem der Fräser seine normale Schleif-

leistung beibehält. Angesichts der größeren Wärmeentwicklung bei der Bearbeitung harter Werkstoffe und der geringen Warmhärte von nur 180 °C war die Zeit für Fräser aus Werkzeugstahl definitiv vorbei.

Siegeszug von Titan und Keramik

Um 1995 verlagerte sich die Auswahl der Gerüstwerkstoffe weiter vom Gold weg in Richtung NEM und Titan; letzteres aufgrund der an Bedeutung gewinnenden Implantatprothetik. Als große Vorteile wurden die Körperverträglichkeit von Titan, sein geringes Gewicht und seine Röntgenopazität angesehen. Weil der Titan-Werkstoff jedoch außerordentlich zäh ist und bei der Bearbeitung zu Funkenflug und der Bildung einer Schicht mit keramischem Charakter neigt – der sogenannten Alpha-case-Schicht –, ist die Verwendung gewöhnlicher Verzahnungen kontraindiziert. Abhilfe schaffen hier die zweistufigen Titanfräser für hohe Drehzahlen in der Laborturbine (Abb. 6 u. 7).

Daneben bietet Komet zum Fräsen von Primärteilen aus schwer zerspanbaren EMF-Legierungen Parallel-

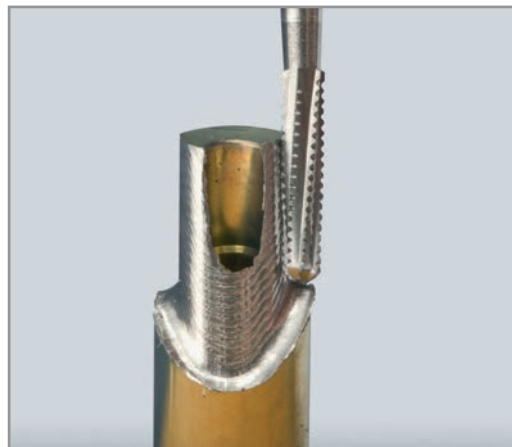


Abb. 6: Für Titan-Werkstoffe sind gewöhnliche Verzahnungen kontraindiziert. Die zweistufigen ...

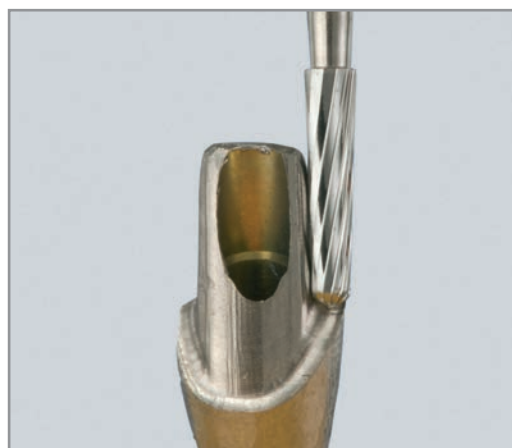


Abb. 7: ... Titanfräser für hohe Drehzahlen in der Laborturbine schaffen Abhilfe.

und Konusfräser mit der speziell entwickelten XE-Verzahnung an (Abb. 8). Diese Verzahnung hat ein besonders aggressives Schneidverhalten und trägt deutlich mehr ab als übliche Kreuzverzahnungen. Angesichts des Anstiegs des Goldpreises und der gestiegenen ästhetischen Ansprüche geht der Trend mittlerweile hin zu hochfesten Keramiken. Die verhältnismäßig junge CAD/CAM-Technologie erlaubt es, superharte Yttrium-stabilisierte Zirkoniumdioxid- oder Aluminiumoxidkeramiken zu bearbeiten. In der Vergangenheit waren diese Keramiken manuell kaum zu bearbeiten, aber Komet hat die Entwicklung intensiv begleitet und im Jahr 2005 die ZR-Schleifer vorgestellt (Abb. 9). Anders als bei Fräsern mit definierten Schneiden sind bei diesen Schleifern Diamanten in eine Spezialbindung eingefügt, die sie gegenüber herkömmlichen Diamantwerkzeugen deutlich standfester macht. Angenehm ist, dass ZR-Schleifer im Vergleich zu modernen Fräsern keine Abstriche in puncto Laufruhe machen. Zum Schleifen von Primärkronen aus Zirkon gibt es spezielle Frästechnik-Sets für 1°, 2°- und für 0°-Fräsungen.

In ihnen sind jeweils vier formenkongruente ZR-Schleifer mit ihren Körnungen so aufeinander abgestimmt, dass man mit ihnen auf Zirkoniumdioxid in nur vier Schritten eine spiegelglatte Oberfläche erzielt (Abb. 10 u. 11). Zum Schutz der Keramik vor Sprüngen bearbeitet man den Werkstoff dabei am besten mit einer wassergekühlten Turbine bei ca. 160.000 Umdrehungen pro Minute (Abb. 13). Wer mag, kann mit einer Diamantpolierpaste und einer Ziegenhaarbürste den Glanzgrad des Zirkons noch weiter erhöhen.

Zahnersatz der Zukunft?

Trotz der enormen Fortschritte in der dentalen Frästechnik und der modernen Werkstoffe und Werkzeuge glauben viele Zahntechniker heute, dass die herausnehmbare Teilprothetik im Vergleich zu feststehendem Zahnersatz zunehmend ins Hintertreffen gerät. Tatsächlich ist das Gegenteil der Fall. Neue Erkenntnisse hinsichtlich der Diagnostik, neue Werkstoffe für Prothesenbasen, Zähne und Verblendma-

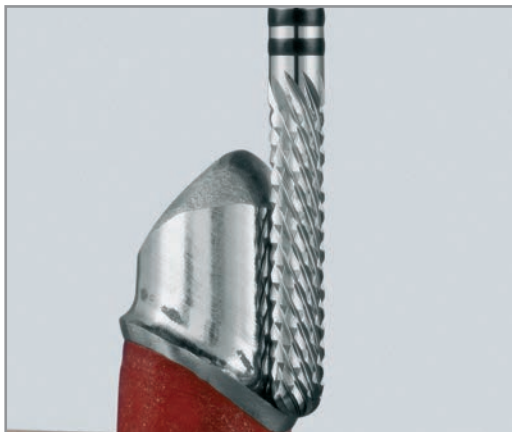


Abb. 8: Speziell für Teleskope aus harten EMF-Legierungen wurde die aggressive XE-Verzahnung entwickelt.



Abb. 9: Harte Zirkoniumdioxid- oder Aluminiumoxidkeramiken bearbeitet man am sinnvollsten mit ZR-Schleifern. Ihr Diamantkorn lagert in einer Spezialbindung.



Abb. 10: In vier Schritten spiegelglatt: ZR-Schleifer sind standfest absolut laufruhig und erzielen superglatte Oberflächen.



Abb. 11: Zum Schutz vor Sprüngen empfehlen Zirkon-Hersteller, den Werkstoff mit einer wassergekühlten Laborturbine zu bearbeiten.

terialien haben die Möglichkeiten für abnehmbare Versorgungen enorm verbessert. Daneben machen Datenerhebungen zur Zahnlosigkeit deutlich, dass in der Altersgruppe zwischen 65 und 74 Jahren über 20 % der Menschen keine eigenen Zähne mehr besitzen. Je älter sie sind, desto eher leiden sie unter Zahnlosigkeit. Implantate werden in dieser Altersgruppe jedoch noch immer nur zu einem geringen Prozentsatz inseriert. Statistiken zur demografischen Entwicklung zeigen, dass im Jahr 2050 von je 100 Einwohnern in Deutschland mehr als 70 Rentner sein werden (www.zukunftsentwicklung.de) und unsere Bevölkerung durchschnittlich immer älter werden wird. Die herausnehmbare Prothetik ist darum aus der Zahntechnik nicht weg zu denken.

Neues Outfit zum Jubiläum

Zum 90. Firmenjubiläum macht Komet den Kunden und sich selbst ein Geschenk und glänzt seit September mit frischem Corporate Design. Qualität, Innovation und Tradition – beim neuen Auftritt beflügelt ein junger Zeitgeist die klassischen Komet-Werte. Passend dazu wurden Logo und Gestaltungselemente geändert: Der charakteristische Schriftzug liegt nun über der Spirale, die Symbole für Dynamik und Innovationskraft sichern das Wiedererkennen. Das neue Gesicht des Unternehmens wird sich sukzessive auf Printunterlagen, Internetpräsenzen und Messeauftritten zeigen. Das Unternehmen möchte einen modernen Auftritt liefern unter Beibehaltung seiner

Werte, des seriösen Auftretens und der Professionalität. Klares Profil gibt man sich auch bei der Anrede, also der Unterscheidung zwischen dem Unternehmen Gebr. Brasseler und der Marke Komet: In der Kommunikation wird die Marke Komet in den Vordergrund rücken. An der Firmierung der Gebr. Brasseler Co. KG ändert sich aber nichts. In diesem Sinne: Happy Birthday Komet, wir sind gespannt!

Thomas Dürr, Bremen

LITERATUR

- 1 Pfannenstiel, H. (1987): Parallelfräser mit Fasenschliff. *das dental-labor*, 35. Jahrgang, Heft 2
- 2 Marx, J. (1968): Finessen in der Riegeltechnik. *das dental-labor*, 16. Jahrgang, Heft 5
- 3 Gründer, H., Böttger, H. (1982): *Die Praxis des Teleskopsystems*. Verlag Neuer Merkur, München, 2. Auflage
- 4 Pfannenstiel, H. (1981): Die gefräste Fläche der Primär-Anker. *das dental-labor*, 29. Jahrgang, Heft 3
- 5 Pfannenstiel, H. (1981): Randschluss und Passung bei Konuskronen. *das dental-labor*, 29. Jahrgang, Heft 12
- 6 Pfannenstiel, H. (1982): Friktion durch Bohren. *das dental-labor*, 30. Jahrgang, Heft 4
- 8 Pfannenstiel, H., Kantzow, H. (1984): *Die Technik des Fräsens – Praktische Anleitung zum systematischen Selbststudium für Zahn-techniker*. Verlag Neuer Merkur, München

WEITERE INFORMATIONEN

Komet
Gebr. Brasseler GmbH & Co. KG
Trophagener Weg 25, 32657 Lemgo
www.kometdental.de