

# Frästechnik - eine faszinierende Entwicklungsgeschichte

ZTM Stefan Schunke



Ergebnisse sprechen für sich

Auch wenn kombiniert festsitzend-herausnehmbarer Zahnersatz seit Jahrzehnten bekannt ist, haben sich die Herstellmethoden durch verbesserte Legierungen, Werkzeuge und Maschinen im Laufe der Zeit bedeutend gewandelt, was eine entscheidende Optimierung der Arbeitsergebnisse mit sich brachte. Ein „historischer Streifzug“ soll als Hintergrund und Basis einer umfassenden zahntechnischen Entwicklung beim Leser das Verständnis für manches kleine, aber wesentliche Detail von Konstruktionen wecken, die für unsere heutige Arbeit zur Verfügung stehen.

Historisches:

Die ersten ernstzunehmenden Gehversuche der individuellen Geschiebetechnik waren Arbeiten, die mit Modellparallelometer, Planostat und Parallelolor nach dem RRS (Röhren Schulter-Stift)- System (Dr. Steiger) hergestellt wurden (Abb. 1 und 2). Auch Dr. Gaerny leistete mit seinen Hochkantstegen und dem Interdentalraumverschluß einen Beitrag zur Weiterentwicklung

der Frästechnik. Die Folge waren jedoch oft barocke und zerklüftete RSS-Formen (Abb. 3 und 4), deren Einsatz aufgrund des komplizierten Handlings im Labor und des erwartungsgemäß unzureichenden Tragekomforts beim Patienten zugunsten gelenkigerer Versorgungen begrenzt sein sollte: Die zahlreichen Verbesserungen und Modifikationen mündeten in die Entwicklung konfektionierter Geschiebe, denen rasch entsprechende Überkonstruktionen folgten (Abb. 5 - 8).

## Fräsgeräte

Um das Jahr 1935 kamen in der Schweiz die ersten „richtigen“ Fräsgeräte auf den Markt. Dr. Steiger und ZTM Frey entwickelten ein Gerät, das später nach seinem Hersteller „Bachmann“ benannt (auch bekannt als „VW der Frästechnik“), das meistverkaufte Gerät der ersten Generation wurde.

Alle Fräsgeräte waren damals nach dem Prinzip der industriellen Vertikalbohrmaschine (Tischbohrmaschine) konzipiert.



Abb. 1: Parallelofor zum Parallelisieren von Geschiebflächen als Vorläufer der Dentalfräsgeräte



Abb. 2: Planostat zur Ermittlung der gemeinsamen Einschubrichtung und Übertragung aufs Modell

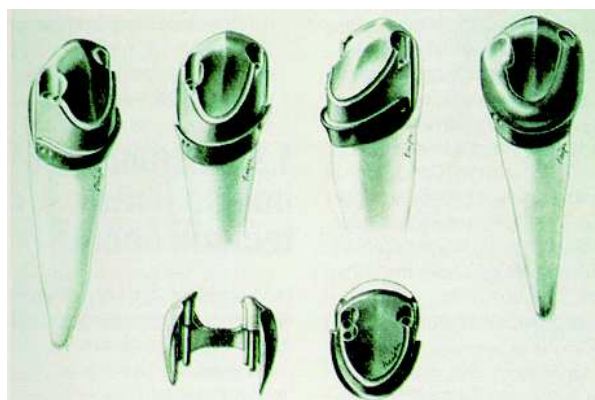


Abb. 3: Rillen-Schulter-Stift-Geschiebe (Originalzeichnung aus A. Steiger: Precision Work for Partial dentures)



Abb. 4: Stark zerklüftete RSS-Formen mit vielen Friktionsstiften. Die Kronenränder bestanden aus moniertem Platinband (Geiger G: Geschiebetechnik. Verlag Neuer Merkur 1982)

Folgende Bauelemente bestimmten die Konstruktion:

1. horizontale Tischplatte
2. vertikale Säule
3. Antrieb
4. vertikale Bohrspindel mit Hub-Feineinstellung über Zahnstange mit Stellhebel

Das Konstruktionsprinzip der ersten Dentalfräsgeräte ist auch heute noch nicht veraltet

Das Konstruktionsprinzip der ersten Dentalfräsgeräte ist auch heute noch nicht veraltet: Da noch keine leichten, den heutigen Mikromotoren vergleichbaren Elektromotoren verfügbar waren, wurden die Geräte mit Bohrschlauch oder Doriotgestänge angetrieben. Aufgrund des somit nicht benötigten Antriebsaggregats konnte dabei der Preis entsprechend gering gehalten werden. Wie Abbildung 9 zeigt, wurde hier mit minimalem Aufwand gearbeitet. Im exakten Winkel Tisch/Säule erleichterte

ein verstellbarer, mit einer kleinen Wasserwaage ausgestatteter Tisch das Finden der korrekten Einschubrichtung. Der Bohrer wurde über den Bohrschlauch ins obere Tischende eingehakt. Mit dem damaligen Werkzeug war jedoch die heutige Qualität der Fräsflächen wohl kaum erreichbar.

In der Folgezeit wurden die meisten neuentwickelten Fräsgeräte nicht nur umfangreicher und stabiler, um möglichen Eigenschwingungen entgegenzuwirken, sondern auch feinmechanisch differenzierter und somit teurer. Trotz dieser Verfeinerungen blieb das eigentliche Arbeitssystem dasselbe: Mit der linken Hand mußte das Modell auf der Grundplatte bewegt werden, während die rechte Hand den Hub der Bohrspindel betätigte. Diese relativ umständliche Arbeitsweise bewog viele Techniker dazu, auf den arkadenförmigen Verlauf (dem

Abb. 5 a+b:  
Patientenarbeit  
einer  
„gelenkigen“  
Prothese



Abb. 6: Zeigen solche handwerklich bewundernswerten Arbeiten nicht auch die heute noch bestehende Neigung zu Überkonstruktionen?  
(Fremdbild, Anm. d. Red.)



Abb. 7: Eine Rekonstruktion, die im Jahre 1927 zementiert wurde... Der Patient trug diese Restauration über 35 Jahre, bis er im Alter von 85 Jahren starb (Stuart C: Gnathologische Zahnpräparation. Quintessenz Verlag 1986)

Zahnfleischsaum folgend) von Zervikalstufen zu verzichten und stattdessen geradlinige Stufen anzulegen, da hierbei der Hub arretiert werden konnte und der Techniker beide Hände zum Führen des Modells frei hatte. Wer diese damaligen Techniken aus-

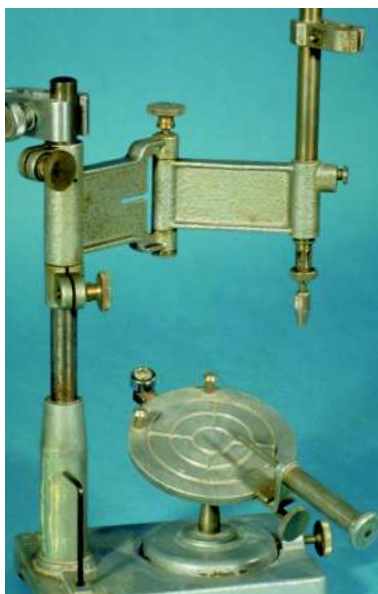


Abb. 8: Ein altes Fräsgerät mit minimalstem Grundkonzept



Abb. 9: Fräsgerät nach Fäh um 1955. Neben dem Grundprinzip gab es einen Support mit Verstellungen um 0,02 mm



Abb. 10: Fräsgerät mit Motor und Support (Harnisch+Rieth)



Abb. 11: Linear-Stufen wurden lange gelehrt und mit Erfolg praktiziert (Gründer H: Meister-Können für Zahntechniker. Verlag Neuer Merkur 1984)

Erst die dritte Gerätegeneration verfügte über einen integrierten Motor, womit der Siegeszug arkadenförmiger Stufen begann

probiert, wird festgestellt, wie schwierig es ist, ein Modell um eine rotierende Fräse so zu führen, daß ein gleichmäßiger Abtrag erzielt wird. Hierfür sind die früheren Kollegen nur zu bewundern (Abb. 8 - 11).

Erst die dritte Gerätegeneration mit dreidimensional frei beweglichen Bohrerarmen verfügte über einen integrierten Motor, womit der Siegeszug arkadenförmiger Stufen begann.

Anfang der 1980er Jahre gelang ZTM Pfannenstiel in Zusammenarbeit mit ZTM Pflaum und ZTM Kantzow ein entscheidender Fortschritt für die Frästechnik:

Das besondere an



Abb. 14: Integriertes Licht

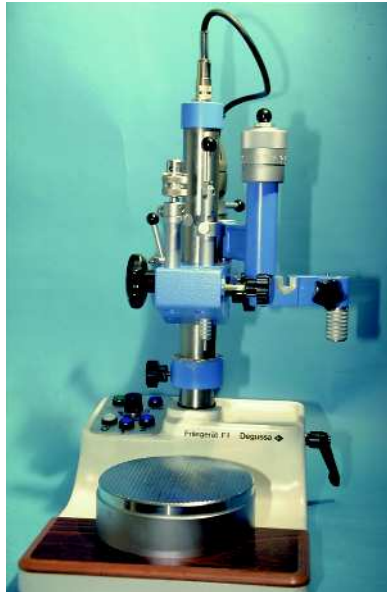


Abb. 12: Ein erfolgreiches Gesamtkonzept wurde jahrelang mit der F1 erzielt

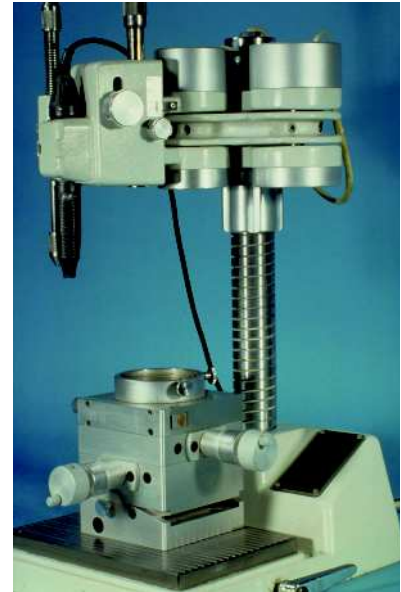


Abb. 13: Unter M. H. Polz entstand das „Knoll 2000“, später von Schick Dental produziert

Pfannenstiels Konzept war, daß er Werkzeug, Maschine und didaktische Aufarbeitung „aus einem Guß“ gestaltete. Die Fräsmaschine F1 (Degussa, Hanau, Abb. 12) ist sicher auch heute noch eine der wenigen herausragenden Beispiele. Etwa zeitgleich entwickelte M. H. Polz ein Fräsgerät, das zunächst die Fa. Knoll, danach die Fa. Schick Dental herstellte (Abb. 13). Dieses Gerät erhielt jedoch - wohl aufgrund des Preises - nicht die Akzeptanz, die es sicher verdient hätte. Dennoch wurden hiermit entscheidende Erkenntnisse umgesetzt: Der magnetisch zu arretierende Motorarm ist eine Methode der Arretierung, die auch heute noch in verschiedenen Geräten umgesetzt wird.

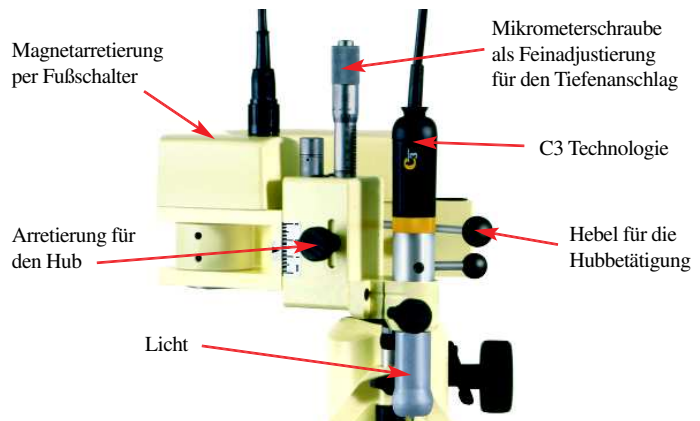


Abb. 15: Der 3D-Fräsarml

Abb. 16:  
Das S 3 Master  
Fräsgerät

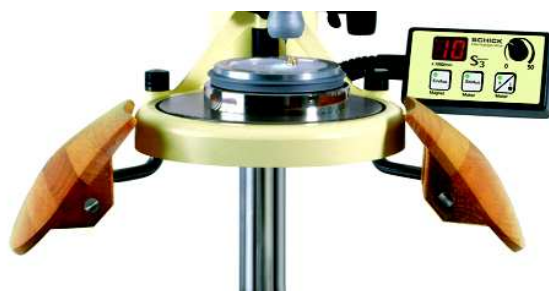


Abb. 17: Integrierte Armauflagen; rechts im Bild:  
Bediensatellit mit digitaler Drehzahlanzeige

Die Zeitspanne von den 1980er Jahren bis heute brachte natürlich weitere technische Entwicklungen und Neuerungen im Maschinenbau mit sich. Aufgrund meiner persönlichen Mitwirkung kann nachfolgend die Entwicklungsgeschichte eines dieser Geräte „hautnah“ dargestellt werden:

### S 3 Master Fräsgerät

Das Fräsgerät S3 Master (Schick Dental, Schemmerhofen) stellt eine Symbiose aus Industrie und Zahntechnik dar, da die meisten Anregungen des Praktikers bereits umgesetzt werden konnten, wobei im Laufe vieler Diskussionen mit Kollegen weitere gute Ideen eingingen. Ich arbeite bereits seit 1997 - damals entstand der erste Prototyp - mit dem Gerät. Seit April 1998 befindet es sich auf dem Markt.

Mit 23 kg Eigengewicht bereits eine stattliche Erscheinung, fällt besonders das im Gerät integrierte Licht (Abb. 14) auf, das den gesamten Arbeitsbereich jederzeit lückenlos ausleuchtet. Erstmals konnte somit eine Lichtquelle serienmäßig in einem Tubus fixiert werden: Ob beim Bohren oder Fräsen - das Licht „geht mit“ (Abb. 15).

### 3 D Fräsarm

Am 3D Fräsarm befindet sich eine Magnetvorrichtung, die per Fußschalter arretierbar ist. Der besondere Vorteil liegt im einfachen,

schnellen und sicheren Wiederfinden der zuletzt eingestellten Position. Eine Kugelführung garantiert höchste Beweglichkeit und Präzision (im  $\mu$  Bereich). Anhand des am Fräsarm befindlichen Lichts wird die Spindel zum Fräsen am langen Griff bequem geführt.

Besonders ausgefeilt ist die C3-Technologie. Seit über vier Jahren arbeiten wir sehr effektiv mit C3-Handstücken. Die wartungsfreien (!) Handstücke verfügen über einen kollektorlosen Motor und arbeiten mit bis zu 50.000 U/min. Selbst bei niedrigsten Umdrehungszahlen besitzen diese Geräte eine extreme Durchzugskraft. Digitale Einstellungen sind als Option möglich. Der serienmäßig eingebaute Tempomat ist besonders hilfreich, wenn eine bestimmte Umdrehung konstant gehalten werden soll, z.B. beim Ausarbeiten einer Kaufläche. Bei maximaler Power, minimalem Gewicht und kompakter Bauweise liegt das Gewicht des Gerätes gleichmäßig verteilt in der Hand.

Auch die C3 im Fräsgerät besitzt eine Schnellspannung für den Werkzeugwechsel; außerdem hat die Spannzange serienmäßig einen Durchmesser von 2,35 mm inkl. eines Anslags für kurze Werkzeuge, die auf einen Durchmesser von 3 mm umrüstbar ist. Ob allerdings diese 3 mm Spannzange mehr Sicherheit bietet, ist nicht belegt. Alle Hersteller von rotierenden Instrumenten und Handstücken zeigen, daß eine Spannzange von 2,35 mm jeder Anforderung genügt.

Die C3-Technologie bietet einen ruhigen, vibrationsfreien Lauf mit hoher Rundlaufgenauigkeit. Dabei wird 10 mm vor der Spann-

Erstmals konnte eine Lichtquelle serienmäßig in einem Tubus fixiert werden: Ob beim Bohren oder Fräsen - das Licht „geht mit“

Ein „Strichezählen“ beim Bohren entfällt

Einstellungen am Bediensatellit sind auch während des Arbeitsvorganges veränderbar

zange der Ausschlag gemessen ( $< 15 \mu$ ). Der Rundlauf ist nicht nur durch die Spindel, sondern auch durch die Qualität des rotierenden Werkzeugs bedingt. Zudem ist das Handstück der Fräsmaschine sicher im Halter verankert, so daß ungenaue Bohrungen aufgrund „ausscherender“ Handstücke ausgeschlossen sind.

Die Mikrometerschraube mit einem Tiefenanschlag von insgesamt 25 mm Borhub ermöglicht jederzeit einen bequemen Bohrerwechsel. Die Skalierung ist mit Zahlen versehen, so daß beim Bohren ein „Strichezählen“ entfällt. Die Schraube ist mittels Stellhebel auf und ab zu bewegen (Hubbewegung) und mittels Arretierungsschraube fest anziehbar.

Durch die flexible Anbindung an das Gerät ist eine beliebige Positionierung erlaubt. Für Linkshänder wird der Bediensatellit einfach auf die linke Seite geschwungen; der Anwender kann eine bestimmte Kopfhaltung beibehalten, was die individuelle ergonomisch optimale Arbeitshaltung und die volle Konzentration auf das Werkstück unterstützt. Einstellungen am Bediensatellit sind auch während des Arbeitsvorganges veränderbar.

Der digitale Drehzahlzeiger erlaubt ein genaues Einstellen der Drehzahl. Zudem sind auf dem Bediensatellit die Magnetspannung für den Modelltisch und der Motoranlasser angebracht, der alternativ per Fußschalter bedient werden kann, sowie der Rechts-Links-Lauf (Abb. 16). Der Linkslauf macht allerdings nur bedingt Sinn; da z.B. beim Wachsfräsen keine harten Flächen bearbeitet werden, sollte hier nicht im Gegenlauf wie beim Metallfräsen, sondern im Gleichlauf ge-

arbeitet werden, so bleiben keine Späne hängen.

Die Armauflagen sind individuelle dreidimensional einstellbare Handabstützungen für ermüdungsfreies Fräsen (Abb. 17). Beim Bohren bewegt man den Hub, wodurch die Armauflagen unnötig sind und weggeklappt werden können.

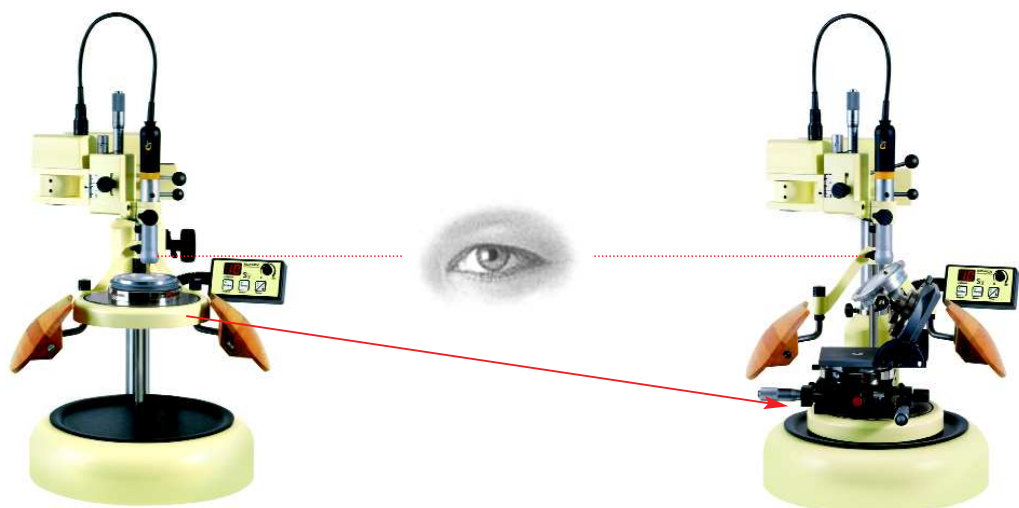
Eine weitere Innovation ist die Höhenverstellbarkeit des Frästisches (Abb. 18). Einmalig wird die Sitzposition vor dem Fräsen auf die Augenhöhe zum Fräser eingestellt: Da der obere Teil, also der 3D Fräsarm, fest installiert ist, wird der untere Teil, also der Frästisch, bewegt. Dies hat den entscheidenden Vorteil, daß die Augenhöhe immer identisch ist und man keinen „Diener“ vor dem Gerät machen muß. Im Frästisch ist zudem die Magnetspannung für den Modelltisch integriert. Auf der rückwärtigen Säule befindet sich ein sog. Höhenanschlagring. Hierüber kann die genaue Position in der vertikalen Dimension immer wieder gefunden werden.

## Zubehör

Für die individuelle Geschiebetechnik ist als Zubehör der Koordinatentisch („Kreuzsupport“) erhältlich. Ist man sich einmal über das gewünschte Endergebnis im Klaren, kann dieses hiermit immer wieder reproduziert werden.

Während die Mikrometerschraube am 3D Fräsarm in der räumlichen Z-Achse bereits im hundertstel Millimeter Bereich zur Verfügung steht, werden die räumlichen X- und Y-Achsen erst durch den Koordinatentisch in

Abb. 18: Der höhenverstellbare Frästisch gewährleistet eine konstante Augenhöhe und dadurch ein ermüdungsfreies Sitzen



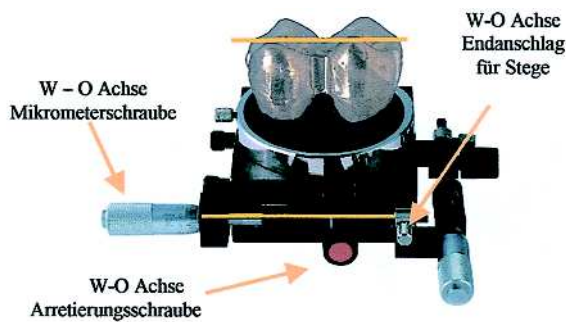


Abb. 19: Die W-O Achse entspricht der räumlichen Y-Achse

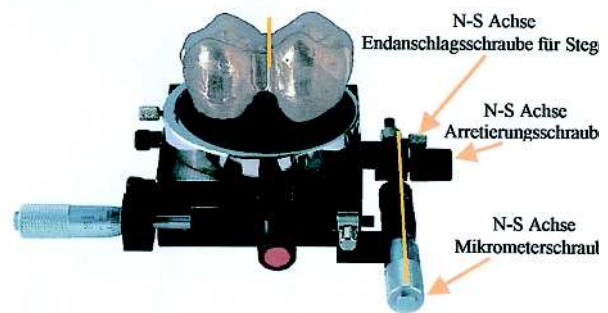
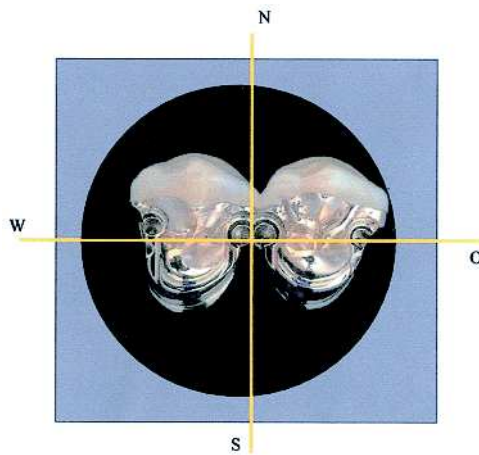


Abb. 20: Die N-S-Achse entspricht der räumlichen X-Achse

Abb. 21: Reproduzierbare Individualität in der Geschiebetechnik funktioniert nur mittels Koordinatentisch



diesem Bereich erschlossen. Somit sind alle drei Raumachsen frei oder mittels Micrometerschrauben ansteuerbar. Der Koordinatentisch ist auf jedem Fräsgerät mit Magnettisch zu verwenden (Abb. 18 und 19).

Ein Anwendungsbeispiel sind Implantatarbeiten, wobei die Röntgenschablone in die definitive Bohrschablone umgearbeitet werden muß. Hier kann genau nach Angaben des Zahnarztes vorgegangen werden, z.B. die angenommenen Bohrlöcher um 2 mm nach bukkal oder 1,5 mm nach labial usw. zu verschieben. Ohne Koordinatentisch ist in diesem Bereich ein genaues Arbeiten nicht möglich (Abb. 20 und 21).

Mittels des verstellbaren Winkeltisches sind sogar winklige Einschubrichtungen bei Implantatarbeiten besser planbar (Abb. 22). Ist z.B. eine festsitzende Rekonstruktion geplant, wobei die Einschubrichtungen der Front-/Seitenzähne divergierend liegen, kann der richtige Winkel herausgefunden werden. Anschließend wird geprüft, welches Abutment zusammen mit der entsprechenden

Abb. 22: Durch den verstellbaren Winkeltisch in Verbindung mit dem Koordinatentisch sind Verschraubungen, die nicht okklusal, sondern leicht von palatinal angebracht werden sollten, leicht zu erreichen



Abb. 23: Die Vermessungsspindel erlaubt Verschraubungen schnell und problemlos herzustellen



Abb. 24 - 27: Auch schwierige Ausgangssituation müssen ansprechend gelöst werden. Kunststoffverblendungen (Sinfony/ESPE) weisen bei korrekter Verarbeitung auch nach Jahren keine Plaqueaffinität auf



Konstruktion zu einem befriedigenden Ergebnis führen kann oder ob individuelle Schrauben nicht von okklusal, sondern leicht gekippt von palatinal zu setzen sind.

Durch die Vermessungsspindel sind individuelle Verschraubungen problemlos möglich (Abb. 23). Außerdem kann in diese Spindel eine Bleistiftmine eingebracht werden, falls die Einschubrichtung für einen Modellguß angezeichnet werden soll. Aber unabhängig welches Gerät eingesetzt

oder welche Arbeit erledigt wird: Jedes Gerät ist nur so gut ist wie derjenige, der es bedient (großes Eingangsbild). Empfehlenswert ist auf jeden Fall vor einer Kaufentscheidung die gründliche Information bzw. der Besuch eines Fräskurses. Ich wünsche viel Spaß und Erfolg mit den uns heute zur Verfügung stehenden, vielversprechenden Mitteln (Abb. 24 - 27)!

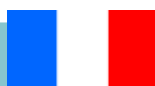
ZTM Stefan Schunke  
Alte Reutstraße 170, 90765 Fürth

### Summary



Even if combined fixed-removable prosthesis has been well-known for decades, the production methods have changed significantly over the course of time due to improved alloys, tools and machines, which has led to a decisive optimisation in the results of the work. An "historic expedition", as the background and basis of a comprehensive development of dentistry, will allow the reader to come to understand many minor but essential details of construction which are available for our present day work.

### Résumé



Même si la prothèse mixte fixée/amovible est connue depuis plusieurs dizaines d'années, les méthodes de fabrication ont considérablement évolué avec le temps grâce à l'amélioration des alliages, des outils et des machines, ce qui entraîna un perfectionnement décisif dans les résultats obtenus. Une "excursion historique" veut servir d'arrière-plan et de base d'un large développement dentaire pour permettre au lecteur de mieux comprendre des détails petits certes, mais essentiels, dans les constructions dont nous disposons aujourd'hui pour notre travail.

### Riassunto



Nonostante il fatto che la combinazione di protesi fissa - mobile sia nota da decenni, i metodi di produzione si sono modificati in modo significativo nel corso del tempo mediante leghe, strumenti e macchine migliori, consentendo un'ottimizzazione decisiva dei risultati. Una " rassegna storica " come premessa e base dell'ampio progresso in campo odontotecnico dovrebbe favorire la comprensione al lettore di alcuni dettagli minimi ma essenziali relativi alle strutture di cui disponiamo per il nostro lavoro odierno.