

## **C·A·C – Ein Weg die Abformung und die Modellherstellung zu ersetzen**

P 21

J. Becker

Zahnärztliches Universitätsinstitut der Stiftung Carolinum  
Theodor-Stern-Kai 7, D-60590 Frankfurt am Main

*Notizen*

Würde die Präparation einer Kavität für die Versorgung mit einer Einlagefüllung nicht mehr manuell vom Zahnarzt durchgeführt, sondern von einer computergesteuerten intraoralen Schleifvorrichtung, ergäbe sich als Hauptvorteil, daß dem Computer die geometrischen Abmessungen der Kavität bereits vom Präparationsvorgang her bekannt sein müßten. Die Genauigkeitsprobleme anderer CAD/CAM- Systeme beim dreidimensionalen Vermessen der Kavität könnten damit eliminiert werden. Das Verfahren der computerunterstützten Kavitätenpräparation (Computer-Aided-Cavity) erfordert aber genaue Kenntnisse über das Abnutzungsverhalten des verwendeten Diamantschleifkörpers und des von ihm erzeugten Präparationsprofils. Im Vorversuch wurden zunächst diese Bedingungen und die herstellungsbedingten Unterschiede verschiedener diamantierter Schleifkörper untersucht und optimiert.

Mit ausgewählten Schleifkörpern und unter den optimierten Bedingungen wurden in einer In-vitro-Studie verschiedene Formen keramischer Inlays an extrahierten Zähnen hergestellt. Nach einer Planung der Kavitätenformen am Computer wurden die Präparationen von parallelwandigen Kavitäten durch eine computergesteuerte Schleifmaschine vollständig automatisch ausgeführt. Die dazu passenden Inlays wurden mit der gleichen Maschine aus VITA Mk II Keramikblöcken heraus geschliffen. Nach dem Einbringen in die Kavität wurden die Spalten im Randbereich mit einem Meßmikroskop vermessen.

Bei Bearbeitung der Kavitätenwände mit feinstkörnigen Diamantschleifkörpern (Korngröße = 15µm) ließ sich die höchste Paßgenauigkeit erzielen. Die Breite der Randfuge konnte in weiten Bereichen digital festgelegt werden. Um aber das Inlay nach der Einprobe wieder entfernen und anschließend auch adhäsiv eingliedern zu können, mußte eine Randspaltbreite von mindestens 70 µm eingehalten werden. Durch den Verzicht auf jegliche Abformung ließ sich allerdings auch solch eine hohe Paßgenauigkeit verwirklichen, daß das Inlay nach der Einprobe nicht mehr entfernt werden konnte.

Neben den ergonomischen Vorteilen für den Zahnarzt ergeben sich bei der CAC-Methode vielfältige Möglichkeiten der weiteren Automatisierung seiner zahnärztlichen Tätigkeit, die unter Berücksichtigung der erzielbaren Präzision eine Weiterentwicklung zum klinischen Einsatz gerechtfertigt erscheinen lassen.

Eines der noch zu überwindenden Probleme stellt dabei die Akzeptanz des Patienten für die Behandlung durch solch einen "Roboterzahnarzt" dar.

*Marburger Gipstagung 1999*

### Beschreibung:

Beim CAC-System (Computer-aided-cavity) handelt es sich um ein Verfahren, mit dem die präzise Fräsung von festzahnem Zahnersatz möglich sein wird.  
Das System befindet sich derzeit in einem experimentellen Entwicklungsstadium. An extrahierten Zähnen werden zweidimensionale Einlagefüllungen aus Keramik hergestellt. Die erzielbare Präzision und die Parameter, die auf diese einen Einfluss haben, werden untersucht.  
Der Unterschied zu anderen CAD/CAM-Verfahren besteht darin, daß bereits die Präparation des Zahnes computergesteuert durchgeführt wird. Zu diesem Zweck ist es notwendig, eine dreidimensionale Richtung relativ zum Zahn für die Dauer der Präparation zu fixieren.

### Vorteile:

- Durch die numerisch gesteuerte Präparation werden die Erfordernisse der computerunterstützten Fertigung berücksichtigt.
  - Große Auflösung (< 1µm) trotz einfacher Technik.
  - Dreidimensionaler Abstrahvorgang entfällt.
- => **Hohe Präzision**
- Reduktion des Infektionsrisikos für den Behandler.
  - Manuelle Arbeitsschritte werden automatisiert.
  - Weitere Automatisierung möglich.

### Nachteile:

- Komplexe Fräsearbeit muß am Kieler des Patienten befestigt werden.
- Apparatemedizin!

### Diskussion:

Bereits mit einfachen technischen Mitteln lassen sich mit dem CAC-System Präzisionen erzielen, die weit höher sind als bei anderen Verfahren. Stellt man an keramische Inlaysysteme die Forderung, daß deren Randspaltritten im Bereich der konventionellen Gußtechnik liegen, so bietet das CAC-Verfahren eine Möglichkeit, dies zu erreichen.  
Die Akzeptanz von Seiten der Patienten für diese Art der "Apparatemedizin" kann im Moment noch nicht beantwortet werden, ist aber sicherlich von deren Aufklärung abhängig und steht im Zusammenhang mit deren Wünschen nach Qualität, Ästhetik und Biokompatibilität ihrer zahnärztlichen Versorgung.



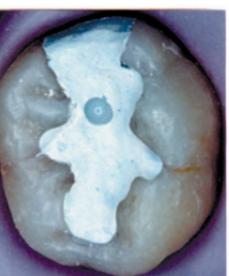
### Vorbereitung:



Der "kariose" Zahn 46 soll mit einem mesial-okklusalen Inlay versorgt werden.



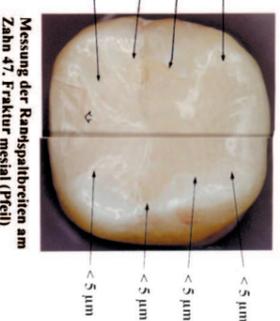
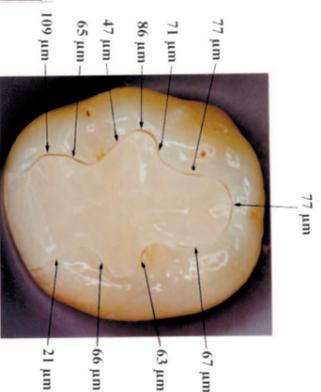
Zustand nach vollständiger Entfernung der Karies mit konventioneller Technik.



Zur Ausblockung von unterrichtigenden Bereichen wird der Zahn mit einer "Inlay-vorbereitung" aus Zement versorgt. Die Verfertigung stellt den Referenzpunkt dar, um die Fräsvorrichtung relativ zum Zahn justieren zu können.

### Ergebnisse:

An einem Unterkiefermodell wurden an extrahierten Prämolaren und Molaren unterschiedliche keramische Inlays hergestellt und ohne Befestigungsmaterial in die Kavität eingesetzt und deren Randspaltritten vermessen. Die Größe des Randspaltes kann beim CAC-Verfahren digital festgelegt werden. Da derzeit systembedingt nur parallelwandige Präparationen durchgeführt werden können, ist es erforderlich, einen minimalen Randspalt einzuplanen, um das Inlay mit konventionellen Dualzementen einblenden zu können. In Vorversuchen ergab



sich die Notwendigkeit eines Randspaltes in der Größenordnung von 70 µm, um das Inlay trotz parallelwandiger Präparation adhsiv einsetzen zu können. Eine solche Präparation wurde am Zahn 46 durchgeführt. Am Zahn 47 wurde der Versuch unternommen, den Randspalt zu minimieren. Dies führte dazu, daß die Einlagefüllung nach der ersten Einprobe nicht mehr entfernt werden konnte. Beim Versuch der Entfernung kam es mesial zur Fraktur des Inlays.

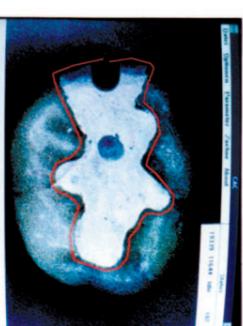
### Digitale Planung:



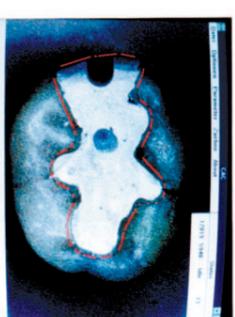
Mit einer Video-Kamera wird ein zweidimensionales Abbild des Zahnes digitalisiert und im CAC-Programm dargestellt.



Der Kavitättrand wird durch einfache Funktionen wie Linien (rot) und Kreisradschnitte (grau) vollständig definiert. Die Anforderungen an die eingesetzte Hardware und Software sind somit gering.

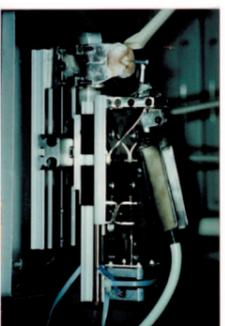


Nach Festlegung der Parameter wird die Präparationslinie eingezeichnet. Sie besteht aus einer begrenzten Anzahl von Punkten, die mit Linien verbunden werden.



Da die entstandenen Winkel durch computerunterstützte Fertigung nicht hergestellt werden können, müssen diese entsprechend dem Fräsradius abgerundet werden. Es muß sichergestellt sein, daß die Präparationsgrenze vollständig in der Zahnsubstanz liegt.

### Herstellung der Kavität und des Inlays:



Die derzeitigen Ergebnisse werden mit einer einfach konstruierten zweiaxialen, Schrittmotor getriebenen Bewegungseinheit erzielt, in die ein konventionelles Winkelstück eingesetzt wurde.



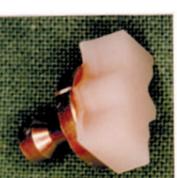
Fräsen der Kavität. Beim derzeitigen Entwicklungsstand mit nur zwei Achsen werden zylindrische Schleifkörper eingesetzt. D.h. das Inlay hat in vertikaler Dimension den gleichen Querschnitt.



Zustand nach Präparation der Kavität. Reste der "Inlayvorbereitung" dienen als Unterfüllung.



Fräsen des Inlays aus einem Keramikrohling. Nach einer ersten Formfräsung wird die Oberfläche mit Feinradmanteln nachgearbeitet, da die Rauheit zum Randspalt beiträgt.



Fertig bearbeiteter Inlayrohling vor dem Abtrennen vom Halter.



In die Kavität eingesetzter Inlayrohling. Die Bearbeitung der Außenkontur ist im derzeitigen Entwicklungszeitpunkt noch nicht möglich.