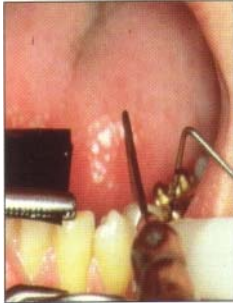


Clinical Long-Term Results and 10-Year Kaplan-Meier Analysis of Cerec Restorations



B. Reiss / W. Walther

Klinische Langzeitergebnisse und 10-Jahres Kaplan-Meier-Analyse von computergestützt hergestellten Keramikinlays nach dem Cerec-Verfahren

Abstract

In a private practice, 299 patients were treated with 1010 full-ceramic restorations within a period of 39 months. The inlays and onlays were manufactured using the Cerec technique, and were seated in one single appointment. The clinical success was observed and documented continuously. Re-examination was conducted 9 to 12 years after the placement. According to the Kaplan-Meier method, the probability of survival decreased to 90% ($s = 0.018$) after 10 years and 84.9% after 11.8 years with no further loss by the final observation at 12 years. Size and outline form did not affect the success rate. Premolars rated better than molars. Vital teeth provided better results than non-vital teeth. The application of dentin adhesive increased the probability of success. Eighty-one failures were recorded during the observation period. The most frequent reason for failures were fractures of ceramic and tooth.

Zusammenfassung

In einer freien Praxis wurden in einem Zeitraum von 39 Monaten 299 Patienten mit 1010 Keramikfüllungen versorgt. Die Restaurationen wurden nach dem Cerec-Verfahren hergestellt und in derselben Sitzung adhäsiv eingegliedert. Der klinische Erfolg wurde fortlaufend beobachtet und dokumentiert. Die Liegedauer betrug 9-12 Jahre. Die Erfolgswahrscheinlichkeit gemäß Kaplan-Meier-Verfahren sank auf einen Wert von 90,0% ($s = 0,018$) nach 10 Jahren und auf 84,9% nach 11,8 Jahren. Die Füllungsgröße hatte keinen Einfluss auf die Erfolgsprognose. Prämolaren erzielten ein besseres Ergebnis als Molaren. Vitale Zähne bewährten sich besser als ovitale. Die Verwendung von Dentinadhäsiven erhöhte die Erfolgswahrscheinlichkeit. Im Beobachtungsintervall traten insgesamt 81 Misserfolge auf. Häufigste Ursache waren Keramik- und Zahnfrakturen.

Schlüsselbegriffe: Cerec-Restaurationen, 12 Jahre klinische Langzeitergebnisse, 10 Jahre Kaplan-Meier-Analyse, Praxistauglichkeit, Keramik-Restaurationen.

Einleitung

Seit vielen Jahren ist das Cerec System in der klinischen Anwendung. Ende 1985 wurde die erste Cerec-Restauration an der Universität Zürich (Schweiz) von Mörmann in einer Sitzung am Patienten eingegliedert. 1987 wurde im Rahmen einer Pilot-Erprobung die Praxistauglichkeit des Systems mit einem Prototyp untersucht, bevor die Markteinführung 1989 erfolgte. 1994 wurde die zweite Gerätegeneration vorgestellt, 2000 das Cerec 3-Gerät. Zur Zeit sind mehr als 5000 Systeme weltweit im klinischen Einsatz.

Es wurden zahlreiche Laboruntersuchungen über materialbezogene Parameter mit dem System durchge-

SCIENCE

Keywords: Cerec restorations, clinical long-term investigation, 12-year follow-up, failure analysis, practice integration, 10-year Kaplan-Meier analysis.

Introduction

The Cerec system has been in clinical use for many years. Late in 1985, the first Cerec restoration was placed at Zurich University by Mbrmann in one single appointment. Prior to its introduction on the market in 1989, a field trial was begun in 1987 to evaluate the practicability of the system. In 1994, the second generation was introduced, and in 2000, Cerec 3 will make its debut. Currently, more than 5000 systems are in use worldwide.

Many laboratory investigations on material properties have been carried out.^{1,9} Other reports show the clinical success of the method, evaluating different clinical parameters at specific times after placement. The purpose of the current analysis is to evaluate the longevity of restorations manufactured under private-practice conditions, identify risk groups, and compare different clinical procedures.

Materials and Methods

From June 1987 to September 1990, 1010 Cerec restorations were seated in 299 patients. Female patients outnumbered male patients. The age varied from 12 to 70 years with an average of 33 years. For the distribution of age and gender, see Fig 1.

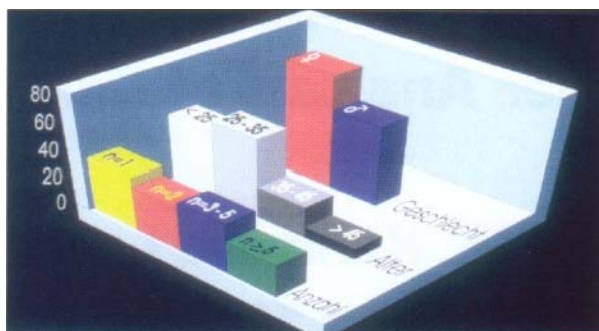


Fig 1 Patient age and gender.

Abb. 1 Alters- und Geschlechtsverteilung der Patienten

On average, 3.3 restorations were placed per patient. In 28%, only one tooth was restored, 26% received 2 Cerecs, 29% had 3 to 5 restorations, and another 17% had more than 5 teeth treated.

There were approximately equal numbers of premolars (48.5%) and molars (51.5%). 93.3% of the teeth were vital before treatment; 6.7% were non-vital and had been endodontically treated.

The Cerec 1 unit was designed for ceramic inlays of different sizes. Its main application was removal of old Class II amalgam restorations (84.6%) in need of replacement. Class I restorations were also replaced with ceramic inlays only at the inception (3.2%), whereas more extended restorations with replacement of up to 4 cusps (12.2%) increased continuously during the placement interval.

All restorations were included in the analysis.

The inlays were manufactured chairside in all cases. Therefore, interim restorations were unnecessary.

Until 1989, a prototype was used; all subsequent restorations were manufactured using a serial Cerec 1 unit (Siemens, now Sirona Dental Systems, Bensheim, Germany).

In most of the cases (n = 988), feldspathic ceramic was used (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany); glass

ceramic blocks (Dicor, Corning, USA) were used only 22 times. The Vita ceramic was etched for 60 to 90 s with 5% hydrofluoric acid, and the Dicor with ammonium bifluoride. After rinsing and drying, both ceramics were silanized (Silicoup, Heraeus-Kulzer, Dormagen, Germany) directly before seating. Subsequently, the bonding agent corresponding to the luting composite was applied.

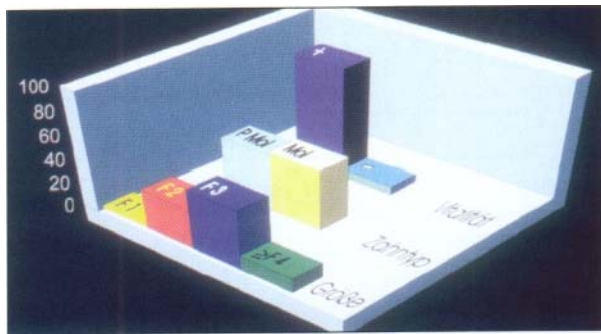
Restorations were placed with the adhesive technique. Enamel was etched using 35% phosphoric acid for 30-40 s; dentin was not etched. Different cementation composites, dualcuring as well as light-curing only, were used. A variety of dentin-protective liners was applied. The procedure originally described by Mbrmann and Hofmann in 1989 was modified by no longer using glass-ionomer cement liners. Deep areas close to the pulp were protected with a small application of a CaOH₂ liner, leaving all other areas uncovered. Instead, a dentin adhesive alone (Gluma, Bayer, Leverkusen, Germany) was used as protection in 258 of 495 cases.

A placement protocol was written, and all inlays were documented.²⁸ Consequent events were recorded continually. At the time of analysis, the service time was 9 to 12 years.

Re-examination criteria according to

Fig 2 Restoration size, tooth type, and tooth vitality at base-line.

Abb. 2 Einsetzbe-
funde nach Restaura-
tionsgröße, Zahntyp
und Vitalität.



führt.¹⁹ Andere Untersuchungen belegen die klinische Bewährung der Methode, wobei bestimmte klinische Parameter nach definierter Liegedauer analysiert wurden.^{2,3,5,9-11,23-28} Die vorliegende Analyse sollte das Langzeitverhalten von unter Praxisbedingungen hergestellten Restaurationen untersuchen, Risikogruppen identifizieren und verschiedene klinische Vorgehensweisen vergleichen.

Material und Methode

Im Zeitraum von Juni 1987 bis September 1990 wurden bei 299 Patienten insgesamt 1010 Cerec®-Inlays eingegliedert. Es wurden mehr Frauen als Männer versorgt. Das Durchschnittsalter betrug 33 Jahre. Der jüngste Patient war 12, der älteste Patient 70 Jahre alt. Die Alters- und Geschlechtsverteilung ist der Abbildung 1 zu entnehmen.

Es wurden durchschnittlich 3,3 Restaurationen pro Patient eingegliedert. 28% der Patienten erhielten nur eine Versorgung, 26% wurden mit 2 Cerecs, 29% mit 3 bis 5 und 17% mit mehr als 5 Restaurationen versorgt. Prämolaren (48,5%) und Molaren waren etwa gleich oft vertreten. 93,3% der Zähne reagierten vor der Behand-

lung auf die Sensibilitätsprüfung positiv, 6,7% waren avital und hatten eine endodontische Vorbehandlung.

Das Cerec 1 Gerät war für die Herstellung von Keramikeinlagen unterschiedlicher Größe konzipiert. Es wurde in der überwiegenden Anzahl der Fälle (84,6%) als Ersatz für erneuerungspflichtige Klasse 2-Amalgamfüllungen eingesetzt. Nur in der Anfangsphase wurden auch Klasse 1-Kavitäten mit Keramikeinlagen versorgt (3,2% der Fälle), während die Fälle mit umfangreicheren Rekonstruktionen (12,2%) mit dem Ersatz von bis zu 4 Höckern im Einsetzzeitraum kontinuierlich zunahmen.

Alle inkorporierten Inlays wurden bei der Auswertung berücksichtigt.

Die Herstellung der Einlagen erfolgte in allen Fällen direkt am Patienten in einer Sitzung. Eine provisorische Versorgung der Kavität erfolgte daher nicht.

Das Vorseriengerät kam bis September 1989 zum Einsatz, die später erstellten Restaurationen wurden mit einem Cerec-Seriengerät (Fa. Siemens) angefertigt.

Es wurden überwiegend Feldspatkeramik Rohlinge (Vita Zahnfabrik) verwendet (n = 988), Glaskeramikblöcke aus Dicor (Fa. Corning) kamen nur 22 mal zum Einsatz. Die Keramik wurde 60-90 Sekunden mit 5%-iger Flußsäure angeätzt, die Glaskeramik

mit Ammoniumbifluorid-Lösung. Nach dem Reinigen und Trocknen wurden beide Keramiken direkt vor dem Eingliedern mit Silicoup (Fa. Kulzer) silanisiert und mit dem zum jeweiligen Befestigungskomposit korrespondierenden Bond beschickt.

Die Eingliederung erfolgte mit der sogenannten adhäsiven Befestigungstechnik. Der Zahnschmelz wurde mit 35% Phosphorsäure 30-40 Sekunden geätzt, das Dentin wurde nicht angeätzt. Unterschiedliche Befestigungskomposite, sowohl dual-härtend als auch rein lichthärtende Systeme, kamen zum Einsatz.

Verschiedene Unterfüllungsmaterialien wurden verwendet. Seit 1989 wurde eine Modifizierung der ursprünglich von Mörmann und Hofmann beschriebenen Vorgehensweise dahingehend durchgeführt, dass auf eine aufbauende Glas-ionomerzement-Unterfüllung gänzlich verzichtet wurde. Pulpennahe Bezirke wurden nur noch punktförmig mit einem Ca(OH)-haltigen Liner geschützt und alle anderen Dentinareale blieben unbedeckt. Statt dessen wurde das Dentinadhäsiv GlumaD (Bayer) als Dentinschutz verwendet, in 258 der 495 Fälle als alleiniges Präparat ohne Ca(OH)₂Liner.

Es wurde ein Einsetzprotokoll erstellt und anschließend alle Einlagen in eine subsequente Dokumentation aufgenommen.²⁸ Folgeereignisse wurden fortlaufend erfasst. Zum Zeitpunkt der Auswertung betrug die Liegedauer der Restaurationen 9-12 Jahre.

Die Untersuchungskriterien modifiziert nach Ryge waren:

- Randqualität
- Zahnsensibilität
- Papillenblutungsindex -

SCIENCE

Ryge's USPHS criteria with modifica-

- Marginal quality -
- Tooth vitality
- Papillary Bleeding Index -
- Color match
- Outline and tooth anatomy

In addition, complications and complaints were registered according to type and duration. Failures were documented with regard to causes and consequences for treatment.

In this paper, the following parameters will be evaluated:

- Number of tooth surfaces restored (filling size F1, F2, F3, > F3)
- Tooth type (premolar, molar) •
- Tooth vitality
- Application of a dentin adhesive (Gluma).

The relevant parameter for the Kaplan-Meier analysis ¹³ is the loss of a restoration. The treatment consequence was either a new Cerec restoration, a different type of restoration, or tooth extraction. The observation period began with the date of placement and ended either with the occurrence of the relevant parameter or the last reexamination in the practice in the case of censored intervals.

The following causes for failure occurred and were documented:

- Inlay fracture
- Cusp fracture
- New proximal lesion
- Recurrent caries
- Persistent hypersensitivity upon biting
- Endodontic complications
- Prosthetic causes
- Unknown (replacement alio loco)

Table 1 Probabilities and Kaplan-Meier Analysis. tions were:

	Tab. Häufigkeiten und Kaplan-Meier Analyse.			
	n	D	P	s
All/Alle	1010	81	0.900	0.018
Maxilla/OK	587	50	0.892	0.024
Mandible/UK	423	31	0.913	0.021
1 surface/Fläche	32	7	0.759	0.096
2 surfaces/Flächen	344	29	0.897	0.031
3 surfaces/Flächen	519	34	0.918	0.018
>3 surfaces/Flächen	115	11	0.882	0.047
Premolars/Prämolaren	488	22	0.942	0.017
Molars/Molaren	522	59	0.862	0.030
Vital/vital	933	61	0.919	0.017
Non-vital/Avital	77	20	0.657	0.080
With adhesive/Mit Adhäsiv	379	16	0.941	0.025
Without adhesive/Ohne Adhäsiv	631	65	0.870	0.023

P = K-M Estimator, s = standard deviation/Standardabweichung: 10-year results/10-Jahreswerte

The survival statistics were determined with the Kaplan-Meier algorithm, and the comparison between groups was conducted with Mantel-Haenszel chi-square test based on a 10-year interval.

Results

Table 1 shows the result of the Kaplan-Meier analysis for the various groups. Fig 3 shows the Kaplan Meier curve of all restorations in the 12-year interval. The probability of success decreased to 90% after 10 years (s = 0.18), and **84.9% after 11.8 years** with no further loss until the 12-year termination point. There was no significant difference between maxillary and mandibular teeth, but a strong effect from the last failure in the mandible is observed. A peculiarity of the Kaplan-Meier method is a very pronounced decrease in the probability of success due to one sin

gle tooth with high longevity, because at the end of the observation period, only a few teeth remain in the control group. Therefore, the Kaplan-Meier values for the 10-year interval will be compared in the following analysis using a very narrow confidence interval (s < 0.1). To point out differences more clearly, the y-axis will be scaled from 0.5 to 1.

Analyzing the influence of the filling size, a slightly significant difference in the survival rate for the 10-year interval was found between 1-and 3-surface restorations, with a higher failure probability for smaller restorations. The Class I group, however, is very small (n = 30). All other combinations showed no significant differences (Table 2). Class II restorations performed best, followed by partial crowns with replacement of a cusp and the small Class I restorations.



Abb. 3 Erfolgswahrscheinlichkeit gemäß Kaplan-Meier-Verfahren, alle Restaurationen, n = 1010.

Ergebnisse

Tabelle 1 gibt die Ergebnisse der Kaplan-Meier-Analyse für die verschiedenen Gruppen wieder. Abbildung 3 zeigt die Kaplan-Meier-Kurve aller Restaurationen im 12-Jahresintervall. Die Erfolgswahrscheinlichkeit sank bis zum Wert von 90,0% nach 10 Jahren ($s=0,018$), 84,9% nach 11,8 Jahren - mit deutlich höherer Standardabweichung - ab. Bis zum Endzeitpunkt 12 Jahre wurde kein weiterer Verlust beobachtet.

Im Vergleich Unter- zu Oberkiefer ergab sich kein signifikanter Unterschied, zu beachten ist allerdings der starke Einfluss des letzten Misserfolges im Unterkiefer. Eine Besonderheit des Kaplan-Meier-Verfahrens ist eine deutliche Reduktion der Erfolgswahrscheinlichkeit durch einen einzelnen Misserfolg mit sehr langer Liegedauer, da zu diesem Zeitpunkt nur wenige weitere Zähne unter Restbeobachtung waren. Daher werden für die folgenden Analysen die Kaplan-Meier-Werte für das 10-Jahresintervall mit einem sehr engen Konfidenzintervall ($s < 0,1$) verglichen. Zur besseren Darstellung von Unterschieden wird die y-Achse von 0,5 bis 1 dargestellt.

Die Analyse des Einflusses der Füllungsgröße ergab nur einen gering signifikanten Unterschied in der Misserfolgsprognose zwischen 1- und 3-flächigen Restaurationen zu Ungunsten der kleineren Versorgungen. Die Gruppe der 1-flächigen Rekonstruktionen ist sehr klein ($n = 30$). Alle anderen Gruppen wiesen keine signifikanten Unterschiede auf (Tab. 2). Klasse 2-Restaurationen schnitten am besten ab, gefolgt von der Gruppe mit Höckerersatz und den Klasse 1-Versorgungen.

Darüber hinaus wurden Beschwerden und Komplikationen nach Art und Dauer, sowie Misserfolge nach Ursache und therapeutischer Konsequenz dokumentiert.

Von den Befundkriterien werden in dieser Publikation folgende Parameter ausgewertet:

- Anzahl der restaurierten Flächen (Füllungsgröße F1, F2, F3, >F3)
- Zahntyp (Prämolar - Molar)
- Zahnsensibilität zum Zeitpunkt der Inkorporation
- Verwendung eines Dentinadhäsivs (Gluma®).

Zielereignis der Kaplan-Meier-Analyse¹³ ist der Verlust einer Restauration. Als therapeutische Konsequenz erfolgte entweder eine neue Cerec-Versorgung, eine andere Restaurationstypart oder die Extraktion des Zahnes. Beginn des Beobachtungsintervalls war die Inkorporation der Restauration, Endzeitpunkt das Eintreten des Zielereignisses, bei

sierten Beobachtungsintervallen die letzte Kontrolle in der Praxis. Folgende Misserfolgsursachen traten auf und wurden dokumentiert:

- Inlayfraktur
- Höckerfraktur
- neue Approximalkaries
- Sekundärkaries
- persistierende Aufbissemphindlichkeit
- endodontischer Misserfolg
- prothetische Gründe unbekannt (Erneuerung alio loco).

Die Überlebensstatistik wurde mit dem Algorithmus nach Kaplan-Meier bestimmt und der Vergleich zwischen den Gruppen mit dem Mantel-Haenszel Chi-Quadrat-Test basierend auf dem 10-Jahres-Intervall ermittelt.

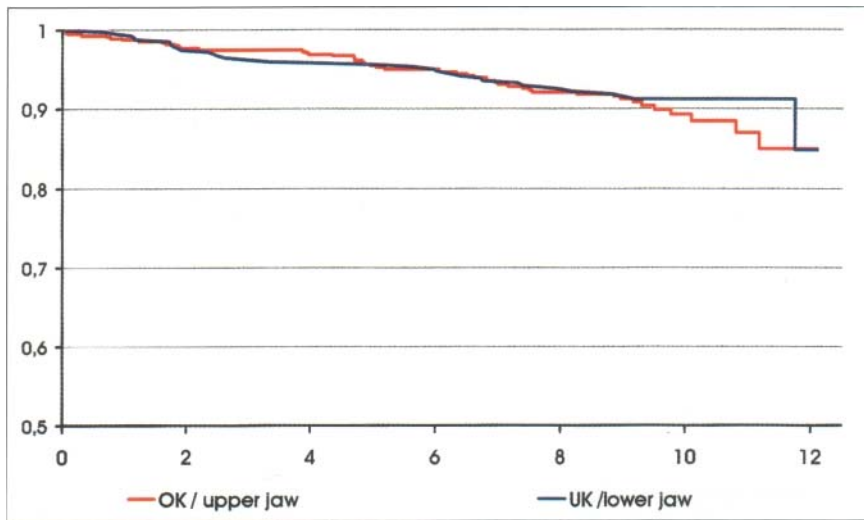


Fig 4 Kaplan-Meier curve: comparison of maxilla vs mandible.

Abb. 4 Ereignisfunktion gemäß Kaplan-Meier-Verfahren, Vergleich Oberkiefer - Unterkiefer.

Table 2 Mantel-Haenszel test (10-year interval): p-values of number of surfaces restored.

Tab. 2 Mantel-Haenszel-Test (10 Jahre): p-Wert Anzahl der restaurierten Flächen.

Surfaces/ Flächen:	2 surfaces/ 2 Flächen	3 surfaces/ 3 Flächen	>3 surfaces/ >3 Flächen
1 surface/1 Fläche	0.0592	0.0130	0.1269
2 surfaces/2 Flächen		0.3832	0.8930
3 surfaces/3 Flächen			<u>0.4668</u>

The criterion location or tooth type shows a better prognosis for premolars than for molars. Figure 7 shows the Kaplan-Meier curve for the 12-year interval. The difference was obvious in both maxilla and mandible. **The level** of significance for the difference between curves after the 10-year period is $p < 0.001$.

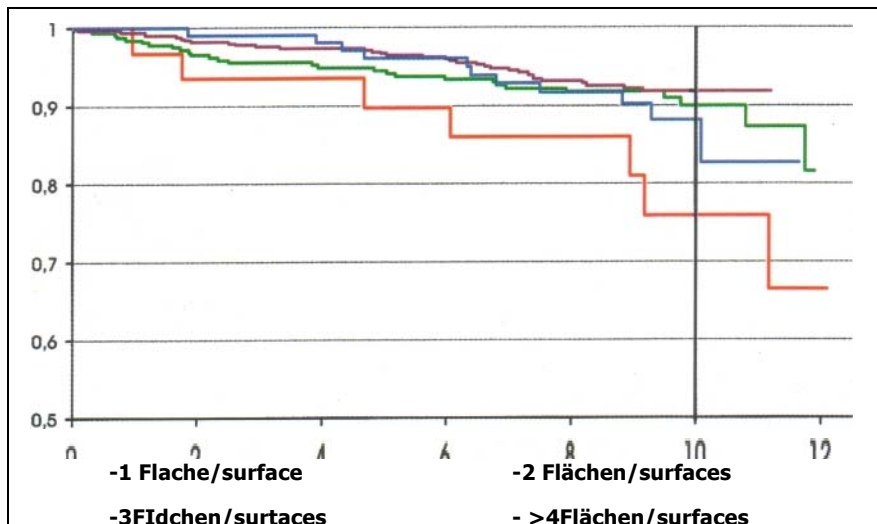


Fig 5 Kaplan-Meier curve, 1 to > 4 surfaces restored, n = 1010.

Abb. 5 Ereignisfunktion gemäß Kaplan-Meier-Verfahren, 1 bis > 4-flächige Restaurationen, n = 1010.

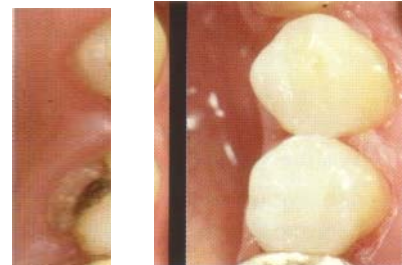


Fig 6 Clinical example of a 2-surface restoration and a partial crown replacing 3 missing cusps.

Abb. 6 2-flächige und sehr umfangreiche Cerec Restauration mit dem Ersatz von drei Höckern.

Fig 7 Kaplan-Meier curve, tooth type, n = 1010.

Abb. 7 Ereignisfunktion gemäß Kaplan-Meier-Verfahren, Zahntyp, n = 1010.

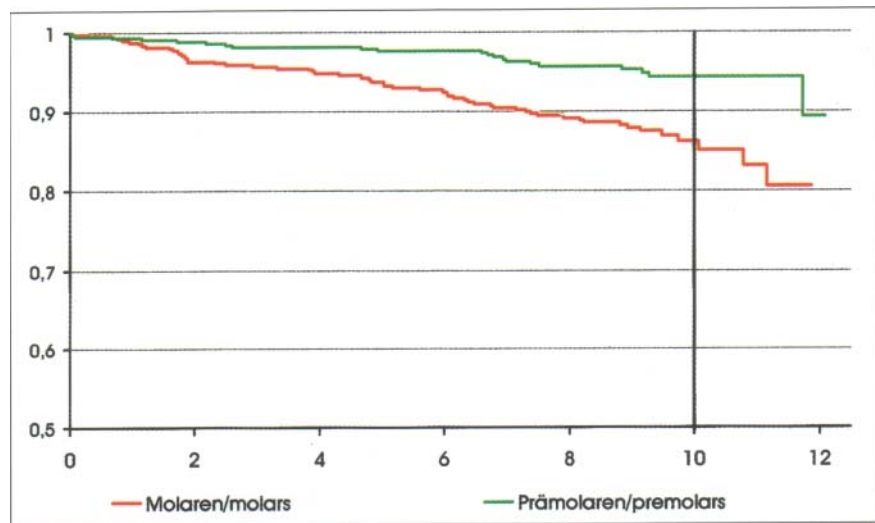


Fig 8 Cerec restorations in a premolar and molar.

Abb. 8 Cerec-Versorgung an einem Prämolaren und einem Molaren.

Das Kriterium „Zahntyp“ zeigt eine günstigere Prognose für Prämolaren im Vergleich mit Molaren. Abbildung 7 zeigt die Ereignisfunktion gemäß dem Kaplan-Meier-Verfahren für das 12f Jahresintervall. Der Unterschied war sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer feststellbar. Das Signifikanzniveau für den Unterschied der Kurven liegt nach dem 10 Jahresintervall bei $p < 0,001$.

In der kleinen Gruppe der primär avitalen Zähne ($n = 77$) traten 20 Misserfolge auf, die Untergruppe der avitalen Molaren war hierbei mit $n = 16$ überproportional vertreten. In 16 Fällen wurde eine Höcker- und Keramikfraktur beobachtet, welche die Anfertigung einer Krone nach sich zog. Der Unterschied zwischen den Kurven war signifikant gemäß Mantel-Haenszel-Test ($p < 0,0001$).

Abbildung 9 zeigt die Kaplan-Meier Kurve der primär avitalen Zähne im Vergleich mit den vitalen Zähnen. Häufigste Ursache für Misserfolge in dieser Gruppe waren Frakturen (Abb. 10).

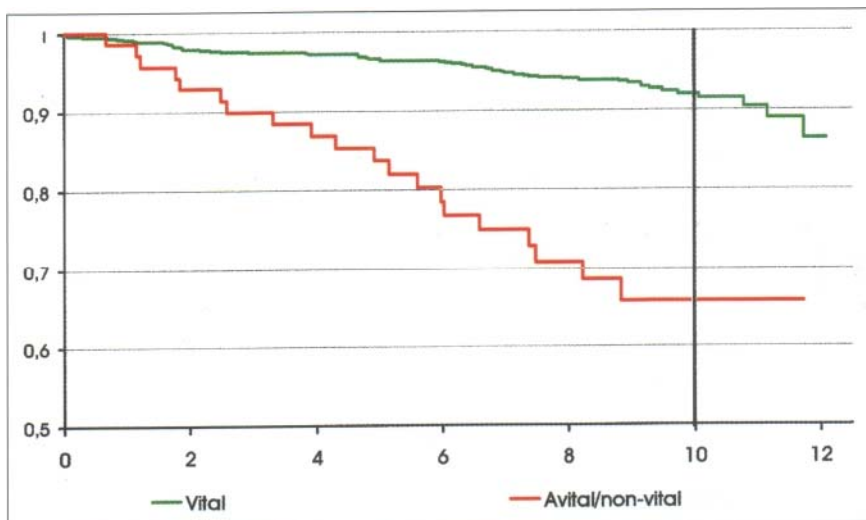


Fig 9 Kaplan-Meier curve, tooth vitality, n = 1010.

Abb. 9 Ereignisfunktion gemäß Kaplan-Meier-Verfahren, Zahnvitalität, n = 1010.

In the small group of initially non-vital teeth (n = 77), 20 failures were observed. Non-vital molars were far more frequently affected (n = 16) than premolars. In 16 cases, a cusp and ceramic fracture was observed, requiring a full crown restoration. The difference between the curves was significant at the $p < 0.0001$ level according to the Mantel-Haenszel test. Figure 9 shows the Kaplan-Meier curve comparing non-vital vs vital teeth. The most frequent reason for failures in this group was fractures.

Teeth in which only a dentin adhesive was applied without any protective or core-building base showed a lower failure rate. The increase of the probability of success was significant for this subgroup ($p < 0.0001$). Fig 11 shows the probability according to the Kaplan-Meier analysis.

During the 12-year period of observation, 81 failures of the 1010 restorations were observed.

At 50%, fractures were the most frequent cause of failure. Hypersensitivity upon biting occurred only at the inception, in the pre-dentin-adhesive era. New caries lesions at the margins led to a renewal in 12 instances; 6 cases of 2-surface restorations showed a new proximal lesion at the nonrestored side. Six Cerec restorations in one patient had been replaced by crowns from another dentist for unknown reasons. In 5 cases, prosthetic considerations (abutment for bridgework) led to a renewal, and 2 cases each of marginal gaps and endodontic complications caused failure (Fig 12).

In 42 cases, the failed restoration was replaced by a new Cerec, and in another 37 cases by a full crown. Twice, the failure led to the extraction of the tooth (untreatable endodontic complication).

Discussion

The clinical use of the Cerec method began in 1987 with a pilot trial. Systematic, continuous observation has allowed a realistic, evidence-based assessment of this type of restoration using the accumulated documentation.²⁹ The predominantly positive assessments from earlier investigations are confirmed, and the suitability for use in practice for a period of up to 12 years is unequivocal.
2,3,5,9-11,23-28

A direct comparison with other restorations is not possible, as controlled prospective studies do not exist

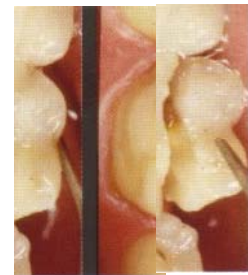


Fig 10 Fracture of tooth and ceramic in a non-vital molar.

Abb. 10 Klinischer Misserfolg eines avitalen Molaren.

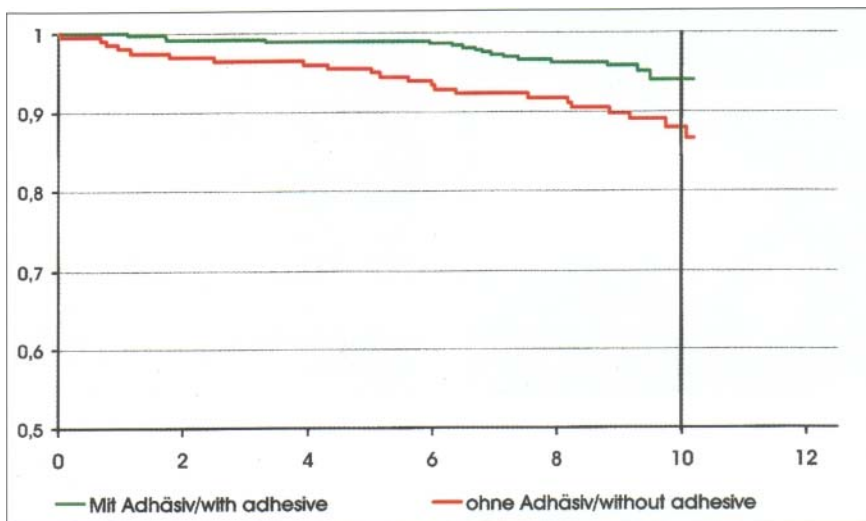


Fig 11 Event function according to Kaplan-Meier, use of dentin adhesive, n = 1010.

Abb. 11 Ereignisfunktion gemäß Kaplan-Meier-Verfahren, Dentinadhäsiv, n = 1010.

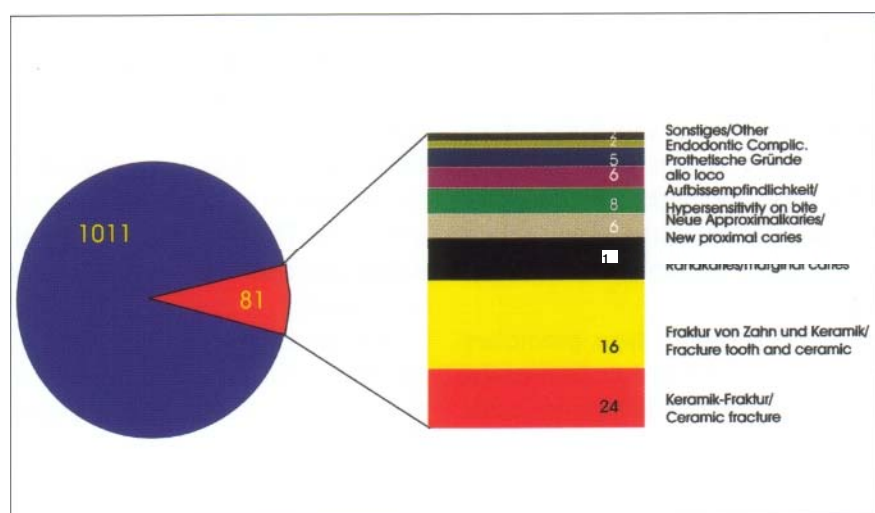
In der Gruppe, in der keine abdeckende oder aufbauende Unterfüllung als Pulpenschutz gelegt wurde, sondern nur ein Dentinadhäsiv zur Anwendung kam, traten weniger Misserfolge auf. Die Reduzierung der Misserfolgswahrscheinlichkeit ist bei dieser Untergruppe signifikant ($p < 0,0001$).

Abbildung 11 zeigt die Erfolgswahrscheinlichkeit gemäß der Kaplan-Meier-Statistik.

Im Beobachtungszeitraum traten insgesamt 81 Restaurationsverluste auf. Frakturen waren mit 50% häufigste Ursache für eine Erneuerung. Aufbissempfindlichkeiten traten nur in der Anfangszeit vor der Verwendung der Dentinadhäsive - auf. Randkaries war in 12 Fällen die Ursache für eine Erneuerung, in 6 Fällen trat an nicht restaurierten Oberflächen eine neue Approximalkaries auf. 6 Cerec Restaurationen wurden aus nicht bekanntem Grund andernorts durch Kronen ersetzt und prothetische Gründe (Cerec versorgter Zahn wurde Brückenpfeiler) waren in 5 Fällen die Ursache, Randspalten und endodontische Komplikationen führten je zweimal zum Verlust (Abb. 12).

Fig 12 Failures: Number and causes.

Abb. 12 Misserfolge: Anzahl und Ursachen.



SCIENCE

on this topic. However, survival rates of amalgam fillings show much lower success rates as compared to the data of this study. **4.12** A re-examination of larger amalgam restorations showed a survival rate of 0.67 or 0.61 for a 5-year interval. Only a few similar investigations have been published for other types of restorations. **14.15.17.18.21.22** Recurrent caries was the cause for a failure in only 12 out of 1010 cases. Although alterations of the adhesive interface of Cerec inlays have been described,¹⁹ these changes apparently did not necessarily lead to recurrent carious lesions.

The size of the restoration had no effect whatsoever on the probability of success. This is relevant for newer generations of Cerec units as well, since a wider range of soft- and hardware options also allows the fabrication of partial crowns. With the Cerec 1 unit, larger lesions were also restored. Since the advent of dentin adhesives, cusp-undermining caries is no longer blocked, and these extended restorations likewise possessed no higher risk of failure provided the teeth were vital. The risk of interim restorations fracturing—which is given using indirect methods—was not relevant, because all treatments were completed in a single appointment. This allows a lesion-oriented procedure, where only diseased tissues are replaced. Due to the nature of the Cerec system, a problem with undercuts similarly does not arise, for they are invisible to the Cerec camera and are thus automatically optically blocked.

In comparing tooth type, premolars exhibited a better prognosis than did molars. It cannot be deduced from this study whether this was influenced by better access to the tooth on the part



Fig 13 Large lesion with caries undermining the buccal cusp.

Abb. 13 Umfangreicher Defekt mit höckerunterminierender Karies.

of the dentist or easier tooth-cleaning on the part of the patient. The results are similar for the maxilla and mandible. In addition, non-vital teeth showed a significantly lower success rate on a long-term basis. This cannot be explained only by the large lesions (frequently present in non-vital teeth), since the prognosis for very large restorations was not significantly worse than that for smaller restorations in vital teeth. A more exact analysis of failure distribution also showed no indication of such a correlation. Greater brittleness of the remaining dental tissues might be an explanation for the higher risk of failures, especially fractures. This higher risk of fractures is also described for other types of restorations.⁶

A new carious lesion at the non-treated proximal site of a 2-surface restoration occurred in only 6 out of a total of 338 cases. This emphasizes the good prognosis of lesion-oriented treat



Fig 14 Situation directly after cementation, the buccal wall was etched on the inside.

Abb. 14 Klinische Situation direkt nach dem Eingliedern, die buccale Wand wurde von der Innenseite angeätzt.

ment, even in the case of more complex restorations: a prophylactic extension to the second proximal site would have been overtreatment with loss of healthy dental tissue in 332 cases (98.2%).

The risk of failure is highly significantly reduced when a dentin adhesive is applied. Hypersensitivity upon biting has been described after adhesive inlay cementation for several techniques.⁷ All cases in which hypersensitivity was the reason for replacement occurred before the introduction of dentin adhesives. Since then, not a single additional case has been observed, which explains the better prognosis to some extent. The most frequent cause for failures—fractures—occurred much less often as well. This seems to clinically verify the higher resistance to fracture with the „total bonding“ technique over a 10-year period as described by finite elements analysis. It is not possible to predict the extent to which the prognosis may be improved using the

SCIENCE

newer generations of dentin adhesives with higher bonding strength (during the period of placement from 1987 to 1990, only Gluma was available).

The number of endodontic complications was also lower in the dentin adhesive group, compared to the traditional base technique. This clinically documents the protective potential to the vitality of the pulp for a period of 10 years.

Moreover, the subsequent documentation has yielded a number of consequences. In previous studies, 23-26,28 risk factors were initially identified and later verified during the follow-up examinations. This had a direct effect on the indication, and decreased the failure rate. The latest re-examinations have made it possible to identify further means of improving treatment procedures. The use of dentin adhesives improved the long-term results and showed no additional risk for the pulp during the observation period of 10 years, even when used as the only base layer. In the early phase, a persistent hypersensitivity upon biting was one of the most frequent reasons for replacement, as also described in other studies. Subsequent documentation and simultaneous analysis identified the cause, and eliminated this reason for failure by using Gluma®.

Encouraged by the results, the type of treatment shifted to larger restorations with a lesion-oriented, minimally destructive approach, making classical full crowns almost obsolete. Non-vital teeth are only treated following strict indication requirements and with the patient's consent after being informed about the higher risk of failure.

The opportunity for the private practitioner to evaluate the indication, clinical procedure, and outcome of his or her own treatment has been initiated

with 38 dentists in a pilot study. Initial results from more than 1500 teeth show the immense potential of an individual, case-related event analysis for the private practice. Anonymous documentation assures an objective evaluation; the results will be presented in a future publication.

This successor study is sponsored and supported by the working group for ceramics (AG Keramik), a non-profit multicenter group that analyzes and documents the implementation of full-ceramic restorations from different aspects of modern dentistry.

With the new generation of Cerec units being introduced at present, documentation can be tremendously facilitated by combining data bases integrated in the same operating system. The linking of manufacturing data, such as 3-D optical measurements or computer-aided design, to clinically relevant data, such as placement technique or documentation of different materials, might introduce a new dimension in computerized documentation. Evidence-based dentistry, founded on real clinical findings instead of speculations, has the potential to support quality-control programs if they involve results from a dentist's own practice. This can create new outlooks for both dentists and patients.

Summary

• In dental practices, the Cerec system showed excellent clinical performance over a period of 12 years. With respect to the indication, location and type of the restored tooth is of more importance than the size of the lesion: premolars showed

better results, and size had no influence on the probability of success. Prophylactic extension including a non-decayed proximal surface in the restoration cannot be justified by this investigation.

Consistent use of the adhesive technique in combination with single-appointment treatment makes a classic full crown for larger defects unnecessary.

• The use of the adhesive technique with composite resins was successful; the additional use of dentin adhesives improved the long-term results significantly. 0

References

1. Becker, J, Heidemann, D. Entwicklungsstand und Probleme des Einsatzes von CAD/CAM Systemen. Dtsch Zahnärztl Z 1993;48:611.
2. Bieniek, KW, Brauner, A. Klinische Evaluation von computergestützt erstellten Ästhetischen Zahnrestorationen aus Keramik. Zahnärztl Welt 1992;101:940.
3. Christensen R, Christensen G, Vogl S, Bagter V. 2 year clinical comparison of 6 inlay systems.] Dent Res 1991;70:561.
4. Dawson AS, Smales R]. Restoration longevity in an Australian defence force population. Austr Dent] 1992;37,196.
5. Haas, M, Arnetzl G, Wegschneider, WA, König, K, Bratschko, R. Klinische und werkstoffkundliche Erfahrungen mit Komposit-, Keramik- und Goldinlays. Dtsch Zahnärztl Z 1992;47:18.
6. Hansen EK, Asmussen E, Christiansen NC. In vivo fractures of endodontically treated posterior teeth restored with amalgam. Endod Dent Traumatol 1990;6:49.

lung häufig vorliegenden umfangreichen Defekten erklären, da sehr große Restaurationen bei vitalen Zähnen keine schlechtere Prognose aufweisen im Vergleich mit kleineren Versorgungen. Auch eine genauere Analyse der Misserfolgsverteilung auf verschiedene Restaurationstypen gibt keinen Hinweis auf einen solchen Zusammenhang. Eine erhöhte Sprödigkeit der Restzahnschicht für die meist als Frakturen auftretenden Misserfolge kann eine mögliche Erklärung sein. Die deutlich erhöhte Frakturgefahr avitaler Zähne ist bei anderen Restaurationsverfahren ebenfalls festzustellen.⁶

Das Auftreten einer neuen kariösen Läsion an der unversorgten Stelle 2-flächiger Restaurationen trat nur in 6 Fällen auf. 338 2-flächige (Abb. 2) Restaurationen wurden eingegliedert. Dies unterstreicht die gute Prognose eines rein **defekt-orientierten Vorgehens auch bei aufwendigeren Restaurationsarten**: wäre die zweite Approximallfläche prophylaktisch bei allen Restaurationen mit einbezogen worden, ergäbe sich dadurch eine Zahnhartsubstanz-opfernde Übertherapie in 332 Fällen (98,2%).

Die Verringerung des Misserfolgsrisikos durch die Verwendung von Dentinadhäsiven ist hochsignifikant ($p < 0,0001$). Eine Aufbissempfindlichkeit nach Inkorporation adhäsiv **befestigter** Inlays wurde bei mehreren Restaurationsverfahren beschrieben. Die Fälle, die in dieser Untersuchung zu einer Erneuerung aus diesem Grunde führten, lagen alle vor der Einführung des Dentinadhäsivs. Seither hat kein neuer Fall zu einer Erneuerung geführt. Dies erklärt zum Teil die bessere Prognose. Aber auch die häufigste Misserfolgsursache - Frakturen - trat signifikant seltener auf. Dies scheint die bei „Finite-Elemente“-Ver-

suchen und Laboruntersuchungen gefundene erhöhte Frakturresistenz bei „total bonding“ klinisch über einen Zeitraum von 10 Jahren zu bestätigen.¹⁶ In wie weit die Verwendung neuerer Dentinadhäsiv-Systeme mit höheren Haftwerten eine weitere Verbesserung der Prognose ergibt (im **untersuchten Einsetzzeitraum** 1987-1990 war **nur das Adhäsiv Gluma** verfügbar), ist nicht vorhersehbar.

Auch die Anzahl der endodontischen Komplikationen lag bei der Dentinadhäsivgruppe unter der der Vergleichsgruppe herkömmlicher Unterfüllungsmaterialien. Dies bestätigt die Pulpenverträglichkeit dieser Systeme über einen Zeitraum von bis zu 10 Jahren auch klinisch unter Praxisbedingungen.

Darüber hinaus ergaben sich aus der subsequenten Dokumentation, wie sie hier nun über zwölf Jahre durchgeführt wurde, eine Reihe von Konsequenzen. Bereits in früheren Studien ergaben sich Hinweise auf Risikogruppen, welche sich im Verlauf der weiteren Untersuchungen bewahrheiteten. Dies hatte einen direkten Einfluss auf die Indikationsstellung, so dass hierdurch die Misserfolgsrate verringert werden konnte. Durch die letzten Kontrollen konnten zudem weitere Verbesserungen für das therapeutische Vorgehen identifiziert werden. Der Einsatz von Dentinadhäsiven verbessert die Langzeitprognose deutlich und hat im Beobachtungsintervall von bis zu zehn Jahren auch als alleiniger Pulpenschutz keinerlei Nachteile gezeigt. In der Anfangsphase war eine der Ursachen, die am häufigsten zu einer Erneuerung der Restauration führten, eine persistierende Aufbissempfindlichkeit, wie sie auch in anderen Untersuchungen als Komplikation beschrieben wurde. Durch die

kontinuierliche befund- und therapieorientierte Dokumentation konnte das Unterfüllungsmaterial als Einflussgröße ermittelt und die Verhinderung dieser Misserfolge seit Anwendung von Gluma sichergestellt werden. Durch die ersten Ergebnisse ermuntert, verlagerte sich die Versorgungsart auf zunehmend umfangreichere Restaurationen, und die defektorientierte, minimal destruktive Vorgehensweise machte dadurch die defektbedingte Versorgung mit klassischen Vollkronen praktisch obsolet. Avitale Zähne werden nur nach sehr strenger Indikationsstellung und mit Zustimmung des Patienten nach Aufklärung über mögliche Risiken versorgt.

Die Konsequenzen für den niedergelassenen Zahnarzt, Indikation und therapeutisches Vorgehen anhand einfacher Parameter individuell evaluieren zu können, wurde im Rahmen einer Pilotstudie mit 38 Zahnärzten weiterverfolgt. Erste Ergebnisse dieser Studie mit mehr als 1500 Zähnen zeigen das immense Potential einer fallbezogenen, individuellen Ereignisanalyse für die Einzelpraxis. Die Anonymisierung der Daten sichert eine neutrale Bewertung, über die Einzelergebnisse wird in einer weiteren Publikation berichtet werden.

Diese Folgestudie wird von der Arbeitsgemeinschaft für Keramik unterstützt, einer multidisziplinären Gruppe, welche den Einsatz vollkeramischer Restaurationen aus allen Blickwinkeln moderner Zahnheilkunde analysiert und dokumentiert.

Mit einer neuen Gerätegeneration, wie sie jetzt vorgestellt wird, ergibt sich darüber hinaus die Möglichkeit, durch die einfache Verknüpfung im gleichen Betriebssystem integrierter Datenbanken die Dokumentation entschei-

dend zu erleichtern. Die Verknüpfung von Daten für die Herstellung der Restauration wie die 3-dimensionale Vermessung oder die computergestützte Konstruktion mit klinisch relevanten Daten wie das technische Vorgehen bei der Einsetztechnik oder die Dokumentation der verwendeten Materialien kann eine neue Dimension der computerisierten Dokumentation in der Zahnarztpraxis einleiten.

Zusammenfassung

Zusammenfassend können aus dieser Studie folgende Konsequenzen gezogen werden:

Das Cerec-System hat sich im Einsatz in der zahnärztlichen Praxis in einem Zeitraum von 12 Jahren klinisch bewährt.

Hinsichtlich der Indikation hat die Lokalisation eine größere Bedeutung als die Größe der Restauration: Prämolaren schneiden deutlich besser ab, der Umfang der Restauration hatte keinen Einfluss auf die Erfolgswahrscheinlichkeit.

Die Einbeziehung einer kariesfreien Approximalfläche im Sinne einer „extension for prevention“ ist auch für diese aufwendige Versorgungsart aus dieser Untersuchung nicht zu begründen.

Therapeutisch hat sich der Einsatz der adhäsiven Einsetztechnik mit Kompositen als erfolgreich herausgestellt, die Verwendung von Dentinadhäsiven verbessert die Langzeitergebnisse entscheidend.

Der konsequente Einsatz der Adhäsivtechnik in Verbindung mit einem einzeitigen Vorgehen macht die defektbedingte Versorgung eines Zahnes mit einer klassischen Vollkrone überflüssig.

Die sogenannte „evidence-based dentistry“, also Behandlungsmethoden, die auf tatsächlich klinisch ermittelten Daten gründen, könnte durch die direkte Einbeziehung der Ergebnisse aus der eigenen Einzelpraxis eine neue Dimension in der Qualitätssicherung für den Zahnarzt und den Patienten ermöglichen. 0



Dr. Bernd Reiss

President ISCD and Vice-Chairman of the German Society for Computer-Based Dentistry

Präsident der ISCD und
2. Vorsitzender der Deutschen
Gesellschaft für computergestützte Zahnheilkunde



Prof. Dr. Winfried Walther Vice-Director of the Academy for Postgraduate Dental Studies Karlsruhe

Stellvertretender Direktor der
Akademie für Zahnärztliche
Fortbildung Karlsruhe