

Clinical Results of Cerec Inlays in a Dental Practice over a Period of 18 Years

Klinische Ergebnisse von Cerec Inlays aus der Praxis über einen Zeitraum von 18 Jahren

B. Reiss

Summary

In a German dental practice, 299 patients were treated with 1011 ceramic fillings between June 1987 and October 1990. The restorations were produced according to the Cerec method and in each case inserted adhesively at the same appointment. The clinical success was continuously observed and documented. The period in place was between 15 and 18 years. Event criteria were loss of the tooth or of the restoration, fracture with partial loss of tooth and/or restoration, marginal caries, marginal repair and endodontic complication.

The probability of success according to the Kaplan-Meier method was reduced after 16.7 years to a value of 84.4%. No further event was observed up to the final time of 18.3 years.

If "restoration still in place" is made the basis for the survival analysis, ie, therapeutic measures such as trepanation and marginal correction with composite remain unconsidered, then the Kaplan-Meier value for the observation period is 89%.

The size of the filling had no influence on the success prognosis. Premolars

Zusammenfassung

In einer deutschen Zahnarztpraxis wurden zwischen Juni 1987 und Oktober 1990 299 Patienten mit 1011 Keramikfüllungen versorgt. Die Restaurationen wurden nach dem Cerec®-Verfahren hergestellt und jeweils in derselben Sitzung adhäsiv eingegliedert. Der klinische Erfolg wurde fortlaufend beobachtet und dokumentiert. Die Liegedauer betrug zwischen 15 und 18 Jahren. Ereigniskriterien waren Verlust des Zahnes oder der Restauration, Fraktur mit Teilverlust von Zahn und/oder Restauration, Randkaries, Randausbesserung und endodontische Komplikation.

Die Erfolgswahrscheinlichkeit gemäß Kaplan-Meier-Verfahren sank nach 16,7 Jahren auf einen Wert von 84,4 % ab. Bis zum Endzeitpunkt 18,3 Jahre wurde kein weiteres Ereignis beobachtet.

Wird für die Überlebensanalyse als Ereignis der Verbleib der Restauration zu Grunde gelegt, d.h. therapeutische Maßnahmen wie Trepanation und Randkorrektur mit Composite bleiben unberücksichtigt, so liegt der Kaplan-Meier Wert für den Beobachtungszeitraum bei 89 %. Die Füllungsgröße hatte keinen Einfluss auf

die Erfolgsprognose. Prämolaren erzielten ein besseres Ergebnis als Molaren. Vitale Zähne bewährten sich besser als avitale. Die Verwendung von Dentinadhäsiven erhöhte die Erfolgswahrscheinlichkeit. Im Beobachtungsintervall traten insgesamt 121 Ereignisse, davon 86 Restorationsverluste auf. Häufigste Ursache waren Keramik- und Zahnfrakturen.

Schlüsselworte: Cerec Restaurationen, klinische Langzeituntersuchung, 18-Jahres- Ergebnisse, Misserfolgsanalyse, Praxistauglichkeit.

Einleitung

Ende 1985 wurde an der Universität Zürich (Schweiz) von Mörmann die erste Cerec-Restauration 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. Das Cerec-Verfahren ist heute nach der Cerec 2-Version (1994) mit dem Cerec 3D das ausgereifteste

achieved a better result than molars. Vital teeth prove to be better than non-vital teeth. The use of dentin adhesives increased the probability of success. A total of 121 events, 86 of these losses of restoration, occurred in the observation interval. The most frequent causes were ceramic and tooth fractures.

Keywords: Cerec restorations, clinical long-term study, 18-year results, failure analysis, practical suitability.

Introduction

At the end of 1985, the first Cerec restoration was placed on a patient in one session by Mörmann at the University of Zurich (Switzerland). In 1987, the practical suitability of the system was examined with a prototype in the course of a pilot trial before the market launch was made in 1989. After the Cerec 2 version (1994) with Cerec 3D, the Cerec method is today the most developed and also most widespread CAD/CAM system in the dental field. Currently, more than 20,000 systems are in clinical use worldwide. Numerous laboratory investigations concerning material-related parameters were performed with the system (overviews in^{1, 15, 16}). Other studies certify the clinical reliability of the method, and certain clinical parameters were analyzed according to defined time in place.^{2, 3, 5, 9-11, 19-25} Moreover, there are a number of long-term studies up to a period of 12 years.^{18, 23} Meta-analyses certify the clinical reliability of the restorations.¹³

The present analysis is intended to examine the long-term behavior of restorations in a private dental practice. The intent is to discover whether

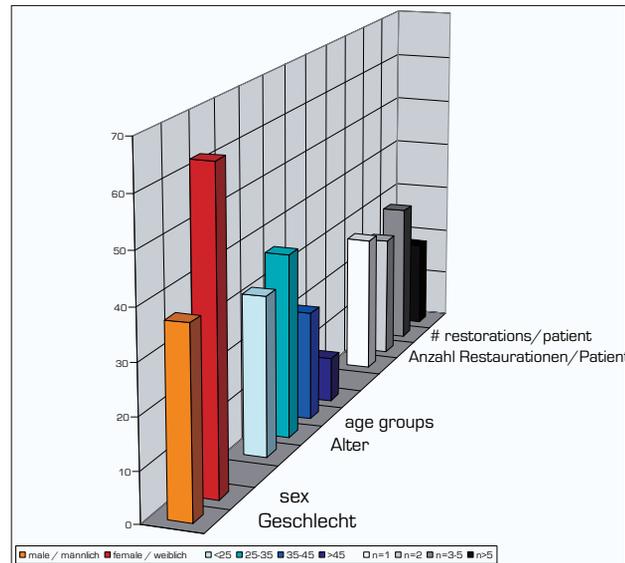


Fig 1 Age and gender distribution of the patients.

Abb. 1 Alters- und Geschlechtsverteilung der Patienten.

in very long observation periods an accumulation of failures or a shift of the failure pattern occurs. Moreover, the high number of restorations makes it possible to identify risk groups and to compare different clinical procedures.

Materials and Methods

A total of 1011 Cerec inlays were placed in 299 patients in the period from June 1987 to September 1990. More women than men were treated. The average age was 33 years. The youngest patient was 12, the oldest 70 years old. The age and gender distribution is shown in Fig 1.

On average, 3.3 restorations were placed per patient. 28% of the patients received only one restoration, 26% were treated with 2 Cerec restorations, 29% with 3 to 5, and 17% with more than 5 restorations.

Premolars (48.5%) and molars were represented with approximately equal frequency. 93.3% of the teeth reacted positively before treatment to the sen-

sitivity test, 6.7% were nonvital and had undergone endodontic pretreatment (Fig 2).

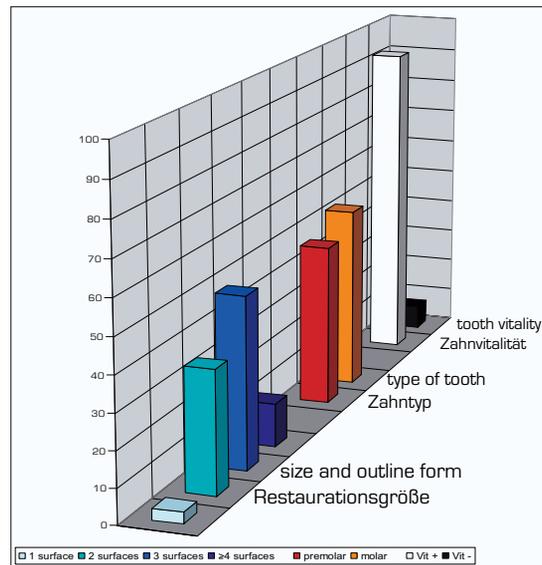
The Cerec 1 unit was designed for the production of ceramic inlays of different size. In the overwhelming number of cases (84.6%), it was used for replacing class II amalgam fillings requiring renewal. Class I cavities were treated with ceramic inlays only in the initial phase (3.2% of the cases), whereas more extensive reconstructions (12.2%) with the replacement of up to 4 cusps increased in number continuously in the period of use.

All incorporated restorations were taken into account in the evaluation. In all cases, the inlays were produced chairside in one session. Therefore, no provisional restoration was necessary. The preproduction unit was used up to September 1989; the restorations produced later were manufactured with a production Cerec unit (Siemens; today Sirona).

Feldspar ceramic blanks (Vita Zahnfabrik) were predominantly used (n = 989), glass ceramic blocks made of Dicor (Corning) were used only 22

Fig 2 Placement finding according to restoration size, tooth type and vitality.

Abb. 2 Einsetzbefunde nach Restorationsgröße, Zahntyp und Vitalität.



und auch verbreitetste CAD/CAM-System im zahnärztlichen Bereich. Zurzeit sind mehr als 20000 Systeme weltweit im klinischen Einsatz.

Es wurden zahlreiche Laboruntersuchungen über materialbezogene Parameter mit dem System durchgeführt (Übersicht in^{15,16,1}). Andere Untersuchungen belegen die klinische Bewährung der Methode, wobei bestimmte klinische Parameter nach definierter Liegedauer analysiert wurden.^{2,3,5,9-11,19-25} Darüber hinaus liegen eine ganze Reihe von Langzeituntersuchungen bis zu einem Zeitraum von 12 Jahren vor.^{18,23} Meta-Analysen belegen die klinische Bewährung der Restaurationen.¹³

Die vorliegende Analyse sollte das Langzeitverhalten von unter Praxisbedingungen hergestellten Restaurationen untersuchen. Es sollte herausgefunden werden, ob bei sehr langen Beobachtungszeiträumen eine Häufung von Misserfolgen oder eine Verschiebung des Versagensmusters auftritt. Darüber hinaus wird es durch die hohe Anzahl der Restaurationen ermöglicht, Risikogruppen zu identi-

fizieren und verschiedene klinische Vorgehensweisen zu vergleichen.

Material und Methode

Im Zeitraum von Juni 1987 bis September 1990 wurden bei 299 Patienten insgesamt 1011 Cerec-Inlays eingegliedert. Es wurden mehr Frauen als Männer versorgt. Das Durchschnittsalter betrug 33 Jahre. Der jüngste Patient war 12, der älteste 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 3–5 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 Behandlung auf die Sensibilitätsprüfung positiv, 6,7 % waren avital und hatten eine endodontische Vorbehandlung. Das Cerec 1-Gerät war für die Her-

stellung von Keramikeinlagen unterschiedlicher Größe konzipiert. Es wurde in der überwiegenden Anzahl der Fälle (84,6 %) für den Ersatz erneuerungspflichtiger Klasse 2-Amalgamfüllungen eingesetzt. Nur in der Anfangsphase wurden auch Klasse 1-Kavitäten mit Keramikeinlagen versorgt (3,2 % der Fälle), während umfangreichere Rekonstruktionen (12,2 %) mit dem Ersatz von bis zu 4 Höckern im Einsetzzeitraum kontinuierlich zunahmen.

Alle inkorporierten Restaurationen werden 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, heute Sirona) angefertigt.

Es wurden überwiegend Feldspatkeramik-Rohlinge (Vita Zahnfabrik) verwendet ($n = 989$), 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 Ammonium-Bifluorid-Lösung.

Nach Reinigung und Trocknung wurden beide Keramiken direkt vor der Eingliederung mit Silicoup (Fa. Kulzer) silanisiert und mit dem zum jeweiligen Befestigungskomposit korrespondierenden Bond beschickt.

Die Eingliederung erfolgte mit adhäsiver Befestigungstechnik. Der Zahnschmelz wurde mit 35 % Phosphorsäure 30–40 Sekunden geätzt, das Dentin wurde nicht angeätzt. Unterschiedliche Befestigungscomposite, sowohl dualhärtende als auch rein lichthärtende Systeme kamen zum Einsatz.

times. The ceramic was etched with 5% hydrofluoric acid for 60 to 90 s, the glass ceramic with ammonium bifluoride solution. After cleaning and drying, both ceramics were silanized with Silicoupe (Kulzer) directly before placement and coated with the bonding agent corresponding to the relevant adhesive composite.

The restorations were placed with the adhesive cementing technique. The dental enamel was etched with 35% phosphoric acid for 30 to 40 s; the dentin was not etched. Different cementing composites, both dual-curing and also purely light-curing systems, were used. Different base materials were used. Beginning in 1989, the procedure described originally by Mörmann and Hofmann was modified to the extent that a build-up with a glass-ionomer cement base was completely omitted. Regions very close to the pulp were protected with a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -containing liner, and all other dentin areas remained uncovered. Instead of this, the dentin adhesive Gluma (Bayer) was used as dentin protection, and in 258 of the 397 cases as sole preparation without a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ liner.

A placement report was produced, and then all inlays were included in subsequent documentation.²⁶ The following events were recorded continuously. At the time of the evaluation, the time in place of the restorations was 15 to 18 years.

Examination criteria, modified according to Ryge, were:

- Marginal quality
- Tooth sensitivity
- Papillary bleeding index
- Color matching
- Anatomical form

Moreover, complaints and complications were differentiated and documented according to nature and duration, as well as failures and events according to cause and therapeutic consequence.

In the present publication, the following groups were evaluated from the acquired findings:

- Number of restored areas (filling size F1, F2, F3, >F3)
- Tooth type (premolar, molar)
- Tooth sensitivity at the time of incorporation
- Use of a dentin adhesive (Gluma).

The target event of the Kaplan-Meier analysis¹² is loss of or therapeutic intervention in a restoration. Therapy for retention of the restoration was either a repair with composite or an endodontic treatment with subsequent composite closure of the access cavity. Upon loss of the restoration, either a new Cerec treatment was performed, another type of restoration placed, or the tooth was extracted. The beginning of the observation interval was the incorporation of the restoration, and the end was the occurrence of the target event. For curtailed observation intervals, the end was the last check-up examination in the practice.

The following causes of failure occurred and were documented:

- Inlay fracture
- Cusp fracture
- New proximal caries
- Secondary caries
- Persisting bite sensitivity
- Endodontic failure
- Prosthetic reasons
- Loss of retention
- Unknown (renewal alio loco)

Asymptomatic hair cracks without therapeutic consequence were not assessed as events.

The survival statistics were determined with the algorithm according to Kaplan-Meier. Groups were compared by means of Cox-Mantel-Haentzel chi-square test. The significance level was determined to be $p < 0.001$.

Results

Figure 3 shows the Kaplan-Meier curve of all restorations in the 18-year interval. The probability of success was reduced at 16.7 years to the value of 84.4% (± 0.014). No further loss was observed up to the longest observation period of 18.3 years.

The analysis of the influence of the filling size showed no significant difference between large and small restorations for the 18-year interval ($p = 0.226$). Class II restorations fared best, followed by the group with cusp replacement and the class I restorations.

The “tooth type” criterion showed a more favorable prognosis for premolars than for molars. Figure 5 shows the event function according to the Kaplan-Meier method for the 18-year interval. The difference existed both in the maxillary and in the mandible. The significance level for the difference of the curves is $p < 0.001$ after the 18-year interval.

Twenty-eight failures occurred in the small group of the nonvital teeth ($n = 77$). The 20 devitalized molars were overproportionally represented in this subgroup. A cusp and ceramic fracture which resulted in the production of a crown was observed in 16 cases. The difference between the curves is highly sig-

Verschiedene Unterfüllungsmaterialien wurden verwendet. Ab 1989 wurde die ursprünglich von Mörmann und Hofmann beschriebene Vorgehensweise dahingehend modifiziert, dass auf eine aufbauende Glasionomerzement-Unterfüllung gänzlich verzichtet wurde. Pulpennahe Bezirke wurden nur noch punktförmig mit einem $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -haltigen Liner geschützt und alle anderen Dentinareale blieben unbedeckt. Stattdessen wurde das Dentinadhäsiv Gluma® (Bayer) als Dentinschutz verwendet, in 258 der 397 Fälle als alleiniges Präparat ohne $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Liner.

Es wurde ein Einsetzprotokoll erstellt und anschließend wurden alle Einlagen in eine subsequente Dokumentation aufgenommen.²⁶ Folgeereignisse wurden fortlaufend erfasst. Zum Zeitpunkt der Auswertung betrug die Liegedauer der Restaurationen 15–18 Jahre. Untersuchungskriterien, modifiziert nach Ryge, waren:

- Randqualität
- Zahnsensibilität
- Papillenblutungsindex
- Farbanpassung
- Anatomische Form

Fig 3 Probability of success according to Kaplan-Meier method, all restorations, n = 1011.

Abb. 3 Erfolgswahrscheinlichkeit gemäß Kaplan-Meier Verfahren, alle Restaurationen, n=1011.



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

In dieser Publikation werden von den erhobenen Befunden folgende Gruppen ausgewertet:

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

Zielereignis der Kaplan-Meier-Analyse¹² ist Verlust oder therapeutische Intervention an einer Restauration. Therapie bei Verbleib der Restauration war entweder ein Ausbessern mit Composite oder eine endodontische Behandlung mit anschließendem Compositeverschluss der Zugangskavität. Beim Verlust der Restauration erfolgte entweder eine neue Cerec-Versorgung, eine andere Restaurationsart oder die Extraktion des Zahnes. Beginn des Beobachtungsintervalls war die Inkorporation der Restauration, Endzeitpunkt das Eintreten des Ziel-

ereignisses, bei zensierten Beobachtungsintervallen die letzte Kontrolle in der Praxis.

Folgende Misserfolgsursachen traten auf und wurden dokumentiert:

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

Asymptomatische Haarrisse ohne therapeutische Konsequenz wurden nicht als Ereignis bewertet.

Die Überlebensstatistik wurde mit dem Algorithmus nach Kaplan-Meier ermittelt. Gruppen wurden mittels Cox-Mantel-Haentzel Chi-Quadrat-Test verglichen, das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,001$ festgelegt.

Ergebnisse

Abbildung 3 zeigt die Kaplan-Meier-Kurve aller Restaurationen im 18-Jahres-Intervall. Die Erfolgswahrscheinlichkeit sank nach 16,7 Jahren bis zum Wert von 84,4 % (+ 0,014) ab. Bis zum längsten Beobachtungszeitraum von 18,3 Jahren wurde kein weiterer Verlust beobachtet. Die Analyse des Einflusses der Füllungsgröße ergab in der Misserfolgsprognose keinen signifikanten Unterschied zwischen großen und kleinen Restaurationen für das 18-Jahres-Intervall ($p = 0,226$), Klasse 2-Restaurationen schnitten am besten ab, gefolgt von der Gruppe mit Höckerersatz und den Klasse 1-Versorgungen.



nificant in the Cox-Mantel-Haentzel test ($p < 0.0000000000000001$).

Figure 6 shows the Kaplan-Meier curve of the nonvital teeth in comparison with the vital teeth. The most frequent causes of failure in this group were fractures (Fig 7).

Fewer failures occurred in the group in which only a dentin adhesive was used compared to the group of teeth in which a core or underfilling was placed as pulp protection. The reduction of the probability of failure is significant in this subgroup ($p < 0.001$) for the 15-year interval. Figure 8 shows the probability of success according to the Kaplan-Meier statistics.

A total of 122 events, 86 of these being restoration losses, occurred in the observation period.

At 39%, fractures were the most frequent cause of a renewal. Bite sensitivity ($n = 7$) occurred only in the initial period – before the use of dentin adhesive. Marginal carious lesions were the cause of renewal or repair in 21 cases; 21 teeth received endodontic treatment with composite closure of the access cavity after restoration, and in 6 cases, new proximal caries occurred on nonrestored surfaces. Four Cerec restorations were replaced by crowns elsewhere for unknown reasons, prosthetic reasons (Cerec-treated tooth became bridge abutment) were the cause in 7 cases, retention losses were determined twice, endodontic complications and other reasons led to losses three times (Fig 9).

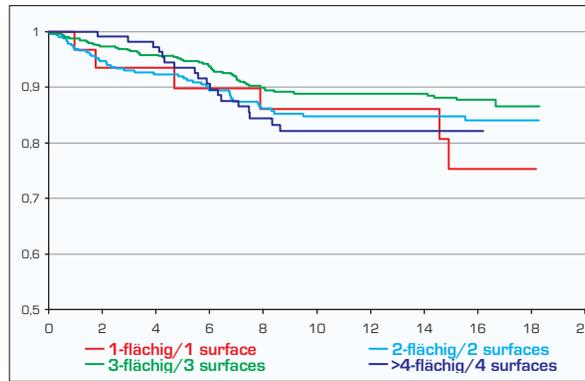


Fig 4 Event function according to the Kaplan-Meier method, 1 to > 4-surface restorations, $n = 1011$.

Abb. 4 Ereignisfunktion gemäß Kaplan-Meier-Verfahren, 1 bis > 4-flächige Restaurationen, $n = 1011$.

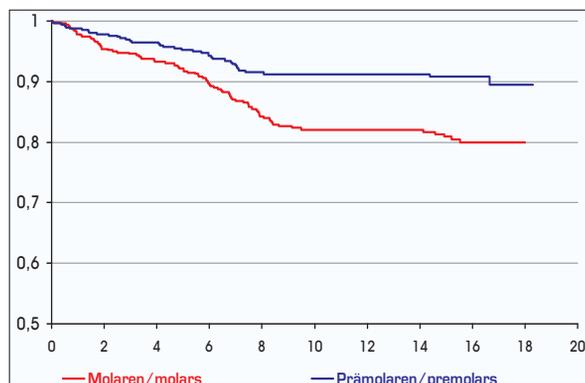


Fig 5 Event function according to the Kaplan-Meier method, tooth type, $n = 1011$.

Abb. 5 Ereignisfunktion gemäß Kaplan-Meier-Verfahren, Zahntyp, $n = 1011$.

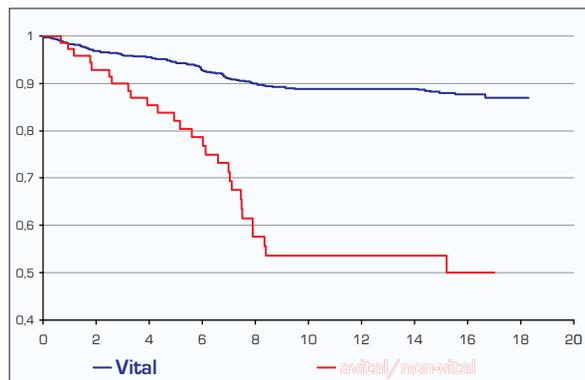


Fig 6 Kaplan-Meier estimation tooth vitality, $n = 1011$.

Abb. 6 Ereignisfunktion gemäß Kaplan-Meier-Verfahren, Zahnvitalität, $n = 1011$.

Discussion

The clinical use of the Cerec method in the dental practice started in 1987 in the scope of a pilot trial. The systematic and continuous documentation facilitates a realistic assessment of the restorations produced with this method.²⁶ The available results underpin the overwhelmingly positive estimates of preceding studies and confirm

the practical suitability of the method for the observation period of up to 18 years.^{2,5,9-11,18,21-25}

It is difficult to directly compare Cerec with other restoration methods, since controlled prospective studies on this subject are scarcely available. However, it can be stated that other types of restoration rarely achieve the probabilities of success determined here.^{5,13,14,19,20}

Fig 7 Clinical failure of a devitalized molar.

Abb. 7 Klinischer Misserfolg eines avitalen Molaren.



Fig 8 Event function according to the Kaplan-Meier method, dentin adhesive, n = 1011.

Abb. 8 Ereignisfunktion gemäß Kaplan-Meier-Verfahren, Dentinadhäsiv, n = 1011.

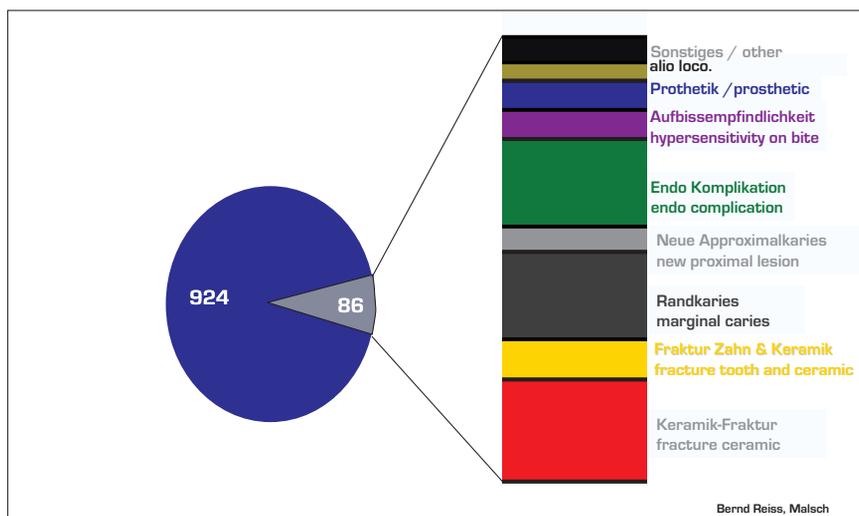
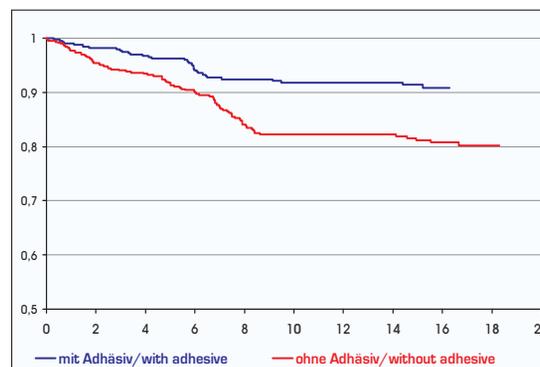


Fig 9 Failures: number and causes.

Abb. 9 Misserfolge: Anzahl und Ursachen.

Das Kriterium „Zahntyp“ zeigt eine günstigere Prognose für Prämolaren im Vergleich zu Molaren. Abbildung 5 zeigt die Ereignisfunktion gemäß dem Kaplan-Meier Verfahren für das 18-Jahres-Intervall. Der Unterschied war sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer gegeben. Das Signifikanzniveau für den Unterschied der Kurven liegt nach dem 18-Jahres-Intervall bei $p < 0,001$.

In der kleinen Gruppe der primär avitalen Zähne ($n = 77$) traten 28 Misserfolge auf, die Untergruppe der avitalen Molaren war hierbei mit $n = 20$ 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 hoch signifikant mit dem Cox-Mantel-Haentzel-Test ($p < 0,000000000000001$).

Abbildung 6 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. 7). 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 ($p < 0,001$) für das 15-Jahres-Intervall. Abbildung 8 zeigt die Erfolgswahrscheinlichkeit gemäß der Kaplan-Meier-Statistik.

Im Beobachtungszeitraum traten insgesamt 122 Ereignisse, davon 86 Restaurationsverluste auf.

Frakturen waren mit 39 % häufigste Ursache für eine Erneuerung. Aufbissempfindlichkeiten ($n = 7$) traten nur in der Anfangszeit – vor der Verwendung der Dentinadhäsive – auf. Randkaries

The detailed analysis showed that secondary caries occurred only in 21 cases. It is true that changes of the cementing joint were found in Cerec inlays.¹⁶ However, these are apparently not necessarily accompanied by the occurrence of secondary carious lesions.

The size of the filling has no influence at all on the probability of success. Very extensive defects were treated, cusp-undermining lesions were not blocked out due to the use of the dentin adhesive, and these teeth also have no increased risk of failure, provided they are vital. Thus a defect-oriented cavity shape can be achieved with good prognosis. The problem of undercut areas does not arise because of the system: The Cerec camera does not see these in a single exposure and therefore blocks them out optically.

The one-time method avoids the risk of fracture of provisional restorations and prevents possible contamination of the dentin surface, a problem with all other indirect restoration methods.

In the differentiation according to tooth type (premolar, molar), a decidedly better prognosis resulted for the premolars. It cannot be deduced from the present study whether better accessibility of the treatment area or easier care for the patient are decisive in this.

Moreover, there is a much worse long-term prognosis for nonvital teeth. This cannot be explained solely by the frequently more extensive defects in endodontic treatment, since very large restorations in vital teeth show no worse prognosis than smaller restorations. A more accurate analysis of the failure distribution over different restoration types also gives no indication of such a relationship. Increased brittleness of the residual tooth sub-



Fig 10 Extensive defect after cusp fracture, preparation, try-in and final result.

Abb. 10 Umfangreicher Defekt nach Höckerfraktur, Präparation, Einprobe und Endergebnis.

stance is a possible explanation for the frequently occurring fractures. The risk of fracture is also clearly increased in devitalized teeth in other restoration methods.⁶

A new carious lesion at the initially untreated proximal region occurred in only 6 cases in 2-surface restorations. Three hundred thirty-eight 2-surface (Fig 2) restorations were incorporated. This underlines the good prognosis for a purely defect-oriented procedure even in more complex types of restoration: if the second proximal surface had been included in all restorations as prophylaxis, this would have resulted in excess therapy and a sacrifice of hard dental tissue in 332 cases (98.2%).

The reduction of the risk of failure by the use of dentin adhesives is highly significant. Bite sensitivity after incorporation of adhesively cemented inlays has been described for several restoration methods.⁷ No new loss occurred because of bite sensitivity due to use of the dentin adhesive. This explains in part the better prognosis. But also the most frequent cause of failure – fractures – occurred significantly less often. This appears to clinically confirm the increased fracture resistance in total bonding over a period of more than 15 years found in finite element tests and laboratory investigations.¹⁵ Only the Gluma adhesive was available in the examined placement period of

war in 21 Fällen die Ursache für eine Erneuerung oder Ausbesserung, 21 Zähne erhielten nach der Versorgung eine endodontische Behandlung mit Compositeverschluss der Zugangskavität, in 6 Fällen trat an nicht restaurierten Oberflächen eine neue Approximalkaries auf. 4 Cerec-Restaurationen wurden aus nicht bekanntem Grund andernorts durch Kronen ersetzt, prothetische Gründe (Cerec versorgter Zahn wurde Brückenpfeiler) waren in 7 Fällen die Ursache, Retentionsverluste waren zweimal festzustellen, endodontische Komplikationen und sonstige Gründe führten je dreimal zum Verlust (Abb. 9).

Diskussion

Die klinische Anwendung des Cerec-Verfahrens in der Zahnarztpraxis begann 1987 im Rahmen einer Piloterprobung. Die systematische und kontinuierliche Dokumentation ermöglicht eine realistische Beurteilung der mit diesem Verfahren erstellten Restaurationen.²⁶

Die vorliegenden Ergebnisse untermauern die überwiegend positiven Einschätzungen vorangegangener Untersuchungen und bestätigen die Praxistauglichkeit der Methode für den Beobachtungszeitraum von bis zu achtzehn Jahren.^{2,5,9-11,18,21-25}

Ein direkter Vergleich mit anderen Restaurationsverfahren ist schwer möglich, da kaum kontrollierte prospektive Studien zu diesem Thema vorliegen. Allerdings ist festzustellen, dass andere Restaurationsarten die hier festgestellten Erfolgswahrscheinlichkeiten selten erreichen^{14,19,20} (Überblicken in^{5,13}).

Die Detailanalyse ergab, dass Sekundärkaries nur in 21 Fällen auftrat. Es wurden zwar Veränderungen der

Zementierungsfuge bei Cerec-Einlagen festgestellt.¹⁶ Diese gehen aber offensichtlich nicht zwangsläufig mit dem Auftreten sekundärer Kariesläsionen einher.

Die Füllungsgröße hat keinerlei Einfluss auf die Erfolgswahrscheinlichkeit. Es wurden sehr umfangreiche Defekte versorgt, höckerunterminierende Karies wurde seit der Verwendung der Dentinadhäsive nicht ausgeblockt, und auch diese Zähne weisen – solange es sich um vitale Zähne handelt – kein erhöhtes Misserfolgsrisiko auf. So lässt sich eine defektorientierte Kavitätenform mit guter Prognose realisieren. Das Problem unter-sich-gehender Bereiche stellt sich systembedingt nicht: Die Cerec-Kamera sieht diese bei einer einzigen Aufnahme nicht und blockt sie daher optisch aus.

Das einzeitige Verfahren vermeidet die Frakturgefahr während der Provisorien-Tragezeit und verhindert eine mögliche Kontamination der Dentinfläche, welche normalerweise bei anderen indirekten Restaurationsverfahren gegeben sind.

Bei der Unterscheidung nach Zahntyp (Prämolare – Molare) ergab sich eine deutlich bessere Prognose bei den Prämolaren. Ob hierfür die bessere Zugänglichkeit des Behandlungsgebietes oder die für den Patienten leichtere Pflege entscheidend sind, lässt sich aus der vorliegenden Untersuchung nicht ableiten.

Darüber hinaus ergibt sich für primär avitale Zähne eine deutlich schlechtere Langzeitprognose. Dies lässt sich nicht allein aus den bei endodontischer Behandlung häufig vorliegenden umfangreicheren Defekten erklären, da sehr große Restaurationen bei vitalen Zähnen keine schlechtere Prognose aufweisen als kleinere Versorgungen. Auch eine genauere Analyse der Miss-

erfolgsverteilung auf verschiedene Restaurationstypen gibt keinen Hinweis auf einen solchen Zusammenhang. Eine erhöhte Sprödigkeit der Restzahnschubstanz ist eine mögliche Erklärung für die häufig auftretenden Frakturen. Auch bei anderen Restaurationsverfahren ist die Frakturgefahr bei avitalen Zähnen deutlich erhöht.⁶ In nur 6 Fällen trat bei 2-flächigen Restaurationen eine neue kariöse Läsion am initial unversorgten Approximalbereich auf. 338 2-flächige Restaurationen (Abb. 2) wurden eingegliedert. Dies unterstreicht die gute Prognose für ein rein defekt-orientiertes Vorgehen auch bei aufwendigeren Restaurationsarten: wäre die zweite Approximalfläche prophylaktisch bei allen Restaurationen mit einbezogen worden, hätte sich dadurch eine Zahnhartsubstanz opfernde Übertherapie in 332 Fällen (98,2 %) ergeben.

Die Verringerung des Misserfolgsrisikos durch die Verwendung von Dentinadhäsiven ist hochsignifikant. Eine Aufbissempfindlichkeit nach Inkorporation adhäsiv befestigter Inlays wurde bei mehreren Restaurationsverfahren beschrieben.⁷ Seit Einführung des Dentinadhäsivs trat kein neuer Verlust wegen Aufbissempfindlichkeit auf. 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 mehr als 15 Jahren zu bestätigen.¹⁵ Im untersuchten Einsetzzeitraum 1987–1990 war nur das Adhäsiv Gluma verfügbar. In wieweit die Verwendung neuerer Dentinadhäsiv-Systeme mit höheren Haftwerten



1987 to 1990. It cannot yet be predicted to what extent the use of newer dentin adhesive systems with higher adhesive values results in a further improvement of the prognosis.

The number of endodontic complications was also lower in the dentin adhesive group than in the comparative group of conventional base materials. This also clinically confirms the pulp compatibility of these systems over a period of up to 15 years under practice conditions.

In summary, the following conclusions can be drawn from this study:

The Cerec system has proven itself very well clinically in use in the dental practice over a period of 18 years.

With regard to the indication, the localization plays a greater role than the size of the restoration: Premolars fare clearly better; but the extent of the restoration has no influence on the probability of success.

The inclusion of a caries-free proximal surface in the sense of extension-for-prevention cannot be justified for this type of restoration.

Therapeutically, the use of the adhesive insertion technique with composites has proven to be successful. The use of dentin adhesives improves the long-term results decisively.

The consistent use of the adhesive technique in combination with a one-time procedure frequently obviates the need for defect-induced restoration of a tooth with a classical full crown.

A number of consequences result from the subsequent documentation as it has been maintained here for more than 18 years. Already in earlier studies, suspicions arose for risk groups and these were confirmed in the course of the later and present studies. This had direct consequences for the indication,

and thus reduced the failure rate. The consequence of the first positive results was that more extensive restorations were performed to an increasing extent. Thanks to the defect-oriented, minimally destructive procedure, defect-induced restoration with classical full crowns was frequently prevented. Preference has to be given to the adhesive partial crown, provided the residual tooth substance has sufficient healthy enamel. Nonvital teeth are restored only after strict indication and with agreement of the patient after she or he has been informed about possible risks. The long-term prognosis of the restorations is excellent, similar to that of CAD/CAM veneers.²⁷



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, Bagerter V. 2-year clinical comparison of 6 inlay systems. J Dent Res 1991;70:561.
- 4 Felden A, Schmalz G, Hiller KA. Retrospective clinical study and survival analysis on partial ceramic crowns: results up to 7 years. Clin Oral Investig 2000;4:199-205.
- 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.
- 7 Hickel R. Zur Problematik hypersensibler Zähne nach Eingliederung von Adhäsiv-inlays. Dtsch Zahnärztl Z 1990;45:236.
- 8 Hofmann N. Die Herstellung und Eingliederung von computergefrästen Keramikinlays Zahnärztl Welt 1990;99:530.
- 9 Hofmann N, Klaiber B, Heners M. Okklusale Randschlußqualität von Cerec-Inlays nach mehrmonatiger Tragedauer. Dtsch. Zahnärztl. Z. 1990;45:289.
- 10 Hofmann N, Popp M, Klaiber B. Klinische und rasterelektronenmikroskopische Nachuntersuchung von Cerec Inlays nach fünf Jahren Liegedauer. Dtsch. Zahnärztl. Z 1995;50:835.
- 11 Iseburg BP, Essig ME, Leinfelder KF. Three year clinical evaluation of CAD/CAM restorations. J. Esthet. Dent. 1992;4:173.
- 12 Kaplan EL, Meier P. Nonparametric estimation from incomplete observations. J. Am. Statist Ass. 1954;53:457.
- 13 Manhart J, Chen H, Hamm G, Hickel R. Buonocore Memorial Lecture. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. Oper Dent 2004;29: 481-508.
- 14 Mjör I, Medina JE. Reasons for placement, replacement and use of gold restorations in selected practices. Oper Dent 1993; 18:82.
- 15 Mörmann W (ed). International symposium on computer restorations. State of the art of the Cerec method. Berlin: Quintessenz, 1991.
- 16 Mörmann W (ed). CAD/CIM in Aesthetic Dentistry, Cerec 10 Year Anniversary Symposium, ISBN 3-87652-653-1, Berlin: Quintessenz, 1996.
- 17 Mörmann W, Brandestini M. Das Cerec-System: Computer-Inlays,- Onlays und Schalenverblendungen, Zahnärztl. Mitt 21: 1987.

eine weitere Verbesserung der Prognose ergibt, ist noch nicht vorhersehbar.

Auch die Anzahl der endodontischen Komplikationen lag bei der Dentinadhäsivgruppe unter jener der Vergleichsgruppe herkömmlicher Unterfüllungsmaterialien. Dies bestätigt die Pulpenverträglichkeit dieser Systeme über einen Zeitraum von bis zu 15 Jahren auch klinisch unter Praxisbedingungen.

Zusammenfassend können aus dieser Studie folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Das Cerec-System hat sich im Einsatz in der zahnärztlichen Praxis über einen Zeitraum von 18 Jahren klinisch sehr gut 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 Approximallfläche im Sinne einer „extension for prevention“ ist für diese Versorgungsart nicht zu begründen.
- Therapeutisch hat sich der Einsatz der adhäsiven Einsetztechnik mit Compositen als erfolgreich erwiesen, 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 häufig überflüssig.

Darüber hinaus resultiert aus der subsequenten Dokumentation, wie sie hier nun über 18 Jahre durchgeführt wurde, eine Reihe von Konsequenzen. Bereits in früheren Studien ergaben sich Verdachtsmomente für Risikogruppen, welche im Verlauf der späteren und jetzigen Untersuchungen belegt wurden. Dies hatte direkte Konsequenzen für die Indikationsstellung und verringerte somit die Misserfolgsrate. Die ersten positiven Ergebnisse hatten zur Folge, dass zunehmend umfangreichere Restaurationen durchgeführt wurden. Dank der defektorientierten, minimal destruktiven Vorgehensweise wird die defektbedingte Versorgung mit klassischen Vollkronen häufig verhindert, bei ausreichend schmelzgesunder Zahnrestsubstanz ist der adhäsiven Teilkrone der Vorzug zu geben. Die Versorgung avitaler Zähne erfolgt nur nach strenger Indikationsstellung und mit Zustimmung des Patienten nachdem er über mögliche Risiken aufgeklärt wurde. Die Langzeitprognose der Restaurationen ist ähnlich wie bei CAD/CAM-Veneers ausgezeichnet.²⁷



Dr Bernd Reiss

Vice-President International Society of Computerized Dentistry (ISCD)
 President DGCZ
 Chairman AG Keramik (Working Group Ceramics)
 Lecturer Academy for Postgraduate Dental Studies Karlsruhe
 Editor International Journal of Computerized Dentistry
 ISCD Certified Cerec Trainer
 Since 1986 private practice in Malsch, Germany

Vize-Präsident der International Society of Computerized Dentistry (ISCD)
 Präsident der Deutschen Gesellschaft für computergestützte Zahnheilkunde
 Vorsitzender der AG Keramik
 Lehrer der Akademie für zahnärztliche Fortbildung Karlsruhe
 Editor des International Journal of Computerized Dentistry
 ISCD Certified Cerec Trainer
 Seit 1986 niedergelassen in eigener Praxis in Malsch



- 18 Posselt A, Kerschbaum T. Longevity of 2328 chairside Cerec inlays and onlays. *Int J Comp Dent* 2003;6:231-248.
- 19 Qvist W, Qvist J, Mjör IA. Placement and longevity of tooth-colored restorations in Denmark. *Acta Odont Scand* 1990;48:305.
- 20 Qvist J, Qvist V, Mjör IA. Placement and longevity of amalgam restorations in Denmark. *Acta Odont Scand* 1990;98:297.
- 21 Reiss B. Cerec Practice Integration. In Mörmann W (ed). *Cad/Cim in Aesthetic Dentistry* 267. Berlin: Quintessenz, 1996.
- 22 Reiss B, Walther W. Überlebensanalyse und klinische Nachuntersuchung von zahnfarbenen Einlagefüllungen nach dem Cerec-Verfahren. *Zahnärztl Welt* 1992;100:329.
- 23 Reiss B, Walther W. Clinical long-term results and 10-year Kaplan-Meier analysis of Cerec restorations. *Int J Comp Dent* 2000; 3:9-23.
- 24 Sjögren G, Bergmann M, Molin M, Blessing C. A clinical examination of ceramic (Cerec) inlays. *Acta Odont Scand* 1992;50:171.
- 25 Walther W, Reiss B, Toutenburg H. Longitudinale Ereignisanalyse von Cerec Einlagefüllungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 1994;49:914.
- 26 Walther W. Kontinuierliche Fallkontrolle durch subsequente EDV-gestützte Dokumentation. *Dtsch Zahnärztl Z* 1990;45: 160.
- 27 Wiedhahn K, Kerschbaum T, Fasbinder DF. Clinical long-term results with 617 Cerec Veneers: a nine-year report. *Int J Comp Dent* 2005;8:233-246.

Address/Adresse:

Dr. Bernd Reiss
Hauptstraße 26
D-76361 Malsch, Germany
Phone: +49-(0)7246-6271
Fax: +49-(0)7246-6086
E-Mail: Breiss@t-online.de