

M. Trautwein<sup>1</sup>, S. Wentaschek<sup>1</sup>, H. Scheller<sup>1</sup>, G. Weibrich<sup>1,2</sup>

# Vergleichende klinische Untersuchung zur Versorgung mit Aluminiumoxid- und Zirkoniumdioxid-Kronen, befestigt auf Einzelzahnimplantaten

## *Comparative clinical examination of treatment with alumina and zirconia crowns placed on single tooth implants*

**Ziel:** Das Ziel der vorliegenden klinischen Untersuchung war es, kurzfristige Ergebnisse von auf Bränemark Implantaten befestigten, seit längerem klinisch verfügbaren vollkeramischen Zirkoniumdioxid-Abutments und Gerüsten (Procera AllZirkon) im Seitenzahnbereich zu analysieren und mit bewährten Aluminiumoxid-Kronensystemen (Procera AllCeram Kronen) im Rahmen einer prospektiv dokumentierten, kontrollierten Humanstudie zu vergleichen.

**Material und Methoden:** Insgesamt wurden 20 Patienten mit je einer Procera Krone (n = 10 Zirkoniumdioxid, n = 10 Aluminiumoxid) konsekutiv in die Studie aufgenommen. Die in der Abteilung bei prothetischen Neuversorgungen etablierten Routinekontrollen nach zwei Wochen und sechs Monaten nach Eingliederung der Versorgung wurden von allen Patienten wahrgenommen und die Untersuchungsergebnisse prospektiv dokumentiert. Analysiert wurden mögliche Veränderungen der periimplantären Weich- und Hartgewebearchitektur sowie die subjektive ästhetische Gesamtwirkung auf Patient und Behandler (visuelle Analogskala – VAS).

**Ergebnisse und Schlussfolgerung:** Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsparameter ließ sich eine ähnlich gute Gewebeverträglichkeit für beide routinemäßig verwandten Gerüstmaterialien feststellen. Die Analyse der Befunde der Weichgewebesituation (Papillenindex nach *Jemt*) zeigte eine tendenziell günstigere Entwicklung in der Gruppe mit Suprastrukturen aus Zirkoniumdioxid. Die subjektive Bewertung von Patient und Zahnarzt bezogen auf die Ästhetik zeigte ein sehr gutes Ergebnis für beide Materialien.

**Schlüsselwörter:** Einzelzahnkrone; Implantat; Vollkeramik; Zirkoniumdioxidkeramik; Aluminiumoxidkeramik; Ästhetik; Gewebeverträglichkeit; CAD/CAM-Technologie; Procera AllZirkon; Procera AllCeram

**Aim:** The aim of this clinical examination was to analyse the short-term results of all-ceramic zirconia abutments, which have been available clinically for some time (Procera AllZirkon), and frameworks retained on Bränemark implants in the posterior region and compare them with proven alumina crown systems (Procera AllCeram crowns) in a prospectively documented, controlled human study.

**Materials and methods:** A total of 20 patients each with one Procera crown (n = 10 zirconia, n = 10 alumina) were consecutively included in the study. Every patient participated in the follow-up two weeks and six months after the fitting of the restoration, which is an established routine in the Department of Prosthetic Dentistry, and the results of the examinations were prospectively documented. Any possible changes to the peri-implant soft and hard tissue architecture as well as the subjective overall aesthetic effect on patients and dentists (visual analogue scale – VAS) were analysed.

**Results and conclusion:** Based on the examined parameters similarly good tissue compatibility was established for the two routinely used framework materials. Analysis of the findings for the soft tissue situation (papilla index according to *Jemt*) indicated a slightly more favourable development in the group with zirconia superstructures. The subjective assessment of the aesthetics by the patient and dentist showed very good results for the two materials.

**Keywords:** Single crown; implant; all-ceramic, zirconia ceramic, alumina ceramic; aesthetics; tissue compatibility; CAD/CAM technology; Procera AllZirkon; Procera AllCeram

<sup>1</sup> Poliklinik für zahnärztliche Prothetik (Direktor: Univ.-Prof. Dr. H. Scheller), Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Augustusplatz 2, 55131 Mainz

<sup>2</sup> Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (Direktor: Univ.-Prof. Dr. Dr. W. Wagner), Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Augustusplatz 2, 55131 Mainz

DOI 10.3238/ZZI.2010.0367

<sup>1</sup> Department of Dental Prosthetics (Director: Univ.-Prof. Dr. H. Scheller), Johannes Gutenberg University Mainz, Augustusplatz 2, 55131 Mainz, Germany

<sup>2</sup> Department of Oral and Maxillofacial Surgery (Director: Univ.-Prof. Dr. Dr. W. Wagner), Johannes Gutenberg University Mainz, Augustusplatz 2, 55131 Mainz, Germany

Übersetzung: LinguaDent

## Einleitung

Patienten erwarten heute von Zahnersatz neben der Wiederherstellung der Funktion auch ein adäquates Ergebnis der dentalen und mukogingivalen Ästhetik. Daher wurde zur besseren Imitation von Lichtleitfähigkeit und Transluzenz natürlicher Zähne in den letzten Jahren eine Vielzahl vollkeramischer Systeme entwickelt. Diskutierte Vorteile dieser Entwicklung sind neben ästhetischen Aspekten auch in verminderter Plaqueakkumulation zur Prävention entzündlicher Veränderungen der marginalen Gingiva zu sehen [8]. Ein Nachteil vollkeramischer Restaurationen besteht in der etwas höheren Frakturgefahr im Vergleich zu metallkeramischen Verbundsystemen [3].

Abutments und Vollkeramikronen, deren Gerüste aus dem später entwickelten Werkstoff Zirkoniumdioxidkeramik bestehen, sollen aufgrund ihres industriell gefertigten Hartkerns über bessere mechanische Eigenschaften im Vergleich zur bewährten Aluminiumoxidkeramik verfügen und somit das Frakturrisiko deutlich reduzieren [11]. Mögliche Nachteile sind aber in den ästhetischen Behandlungsergebnissen durch reduzierte Farbanpassungsmöglichkeiten der Zirkoniumdioxidkronen zu sehen.

Obwohl die neueren Zirkoniumdioxidkronen bereits seit einigen Jahren routinemäßig neben der bewährten Aluminiumoxidkeramik in der klinischen Versorgung eingesetzt werden, fehlen bisher weitgehend vergleichende Studien im Hinblick auf mögliche periimplantäre Hart- und Weichgewebereaktionen sowie resultierende ästhetische Unterschiede. Daher sollten in dieser Studie die Untersuchungsdaten von routinemäßig zur Patientenversorgung eingesetzten Zirkoniumdioxidabutments (Procera Abutment Zirkoniumdioxid) und befestigten Vollkeramikronen (Procera AllZirkon) im Vergleich zu routinemäßig verwandten vollkeramischen Kronensystemen aus Aluminiumoxid (Procera AllCeram Kronen auf Procera Abutment Aluminiumoxid) analysiert werden. Besonderes Interesse galt dabei der periimplantären Weich- und Hartgewebearchitektur in den ersten sechs Monaten nach Eingliederung der prothetischen Suprakonstruktion sowie den erzielten Resultaten bezüglich der ästhetischen Wirkung auf Patient und Behandler.

## Material und Methode

### Patientengut

Eingeschlossen in die Studie wurden 20 Patienten (11 männlich, 9 weiblich) im mittleren Alter von 36 Jahren (von 25 bis 61 Jahren) mit bereits osseointegrierten und freigelegten Einzelzahnimplantaten (Brånemark MK III RP mit TiUnite Oberfläche und Außenhexrotationssicherung, Firma Nobel Biocare, Schweden) im Seitenzahnbereich, die zur prothetischen Versorgung überwiesen wurden.

Zehn Patienten wurden mit Procera AllZirkon Kronen auf Procera Zirkoniumdioxid Abutments, die anderen zehn Patienten mit Procera AllCeram Kronen auf Procera Aluminiumoxid Abutments versorgt. Parodontale Sondierungstiefen im Normbereich und eine akzeptable Mundhygiene waren bereits Voraussetzung für die vorangegangene Implantation. Ausschluss-

## Introduction

Apart from the restoration of function, patients now also expect a restoration to have satisfactory dental and mucogingival aesthetics. Consequently, in recent years numerous all-ceramic systems have been developed to enhance the imitation of the light conductivity and translucency of natural teeth. In addition to aesthetic aspects, discussed advantages of this development include reduced plaque accumulation for the prevention of inflammatory changes to the gingival margin [8]. One disadvantage of all-ceramic restorations is the slightly higher risk of fracture compared with metal-ceramic systems [3].

Abutments and all-ceramic crowns, which have frameworks fabricated using the more recently developed zirconia ceramic, should have better mechanical properties compared with the proven alumina porcelain and therefore greatly reduce the risk of fracture due to their industrially manufactured hard core [11]. There may be possible disadvantages in the aesthetic results of treatment, however, because there are fewer options for matching the shade of zirconia crowns.

Though the newer zirconia crowns have already been used routinely in clinical treatment for several years alongside the proven alumina porcelain, there have not been any extensive comparative studies into peri-implant hard and soft tissue reactions or different aesthetic results. In this study, therefore, the examination data of zirconia abutments (Procera Abutment Zirconia) and cemented all-ceramic crowns (Procera AllZirkon) routinely used for patient restorations was analysed in comparison with all-ceramic alumina crown systems (Procera AllCeram crowns on Procera Abutments Alumina) that are in routine clinical use. Particular focus was placed on the peri-implant soft and hard tissue architecture in the first six months after fitting the prosthetic superstructure as well as the results achieved with regard to the aesthetic effect on the patient and dentist.

## Materials and methods

### Patient population

A total of 20 patients, who had been referred for prosthetic treatment, were included in the study (11 male, 9 female) with a median age of 36 years (from 25 to 61 years of age). The patients had osseointegrated and exposed single-tooth implants (Brånemark MK III RP with TiUnite surface and outer hex rotational security, Nobel Biocare, Sweden) in the posterior region.

Ten patients were treated with Procera AllZirkon crowns on Procera Abutments Zirconia and the other ten patients were treated with Procera AllCeram crowns on Procera Abutments Alumina. A normal range of periodontal probe depths and adequate oral hygiene had been established prior to implant placement. Exclusion criteria were analogous to the systemic

	Oberkiefer Maxilla		Unterkiefer Mandible	
	Prämolar Premolar	Molar Molar	Prämolar Premolar	Molar Molar
Aluminiumoxid Alumina	4	1	2	3
Zirkoniumoxid Zirconia	4	1	1	4

**Tabelle 1** Aufteilung der Implantatlokalisationen.**Table 1** Distribution of the implant regions.

kriterien waren analog die in der Implantologie üblichen Allgemeinerkrankungen. Alle zur Implantatversorgung überwiesenen Patienten stimmten der Verwendung der bei den Routineuntersuchungen erhobenen Daten zur wissenschaftlichen Auswertung zu. Zusätzliche Untersuchungen beziehungsweise Untersuchungstermine waren nicht erforderlich. Die Patienten erhielten die Versorgungen mit Abutments und Kronen im Gegenzug kostenfrei.

Die Festlegung, ob die Aufbauteile für den jeweiligen Patienten aus Aluminiumoxid oder Zirkoniumdioxid hergestellt werden, wurde vom Behandler getroffen. Die Zuordnung erfolgte randomisiert (Losverfahren). Die Patienten waren in Bezug auf die verwendete Unterart der beiden routinemäßig verwendeten Keramikmaterialien verblindet.

Die resultierende Aufteilung der beiden Materialgruppen in OK-/UK-Implantate bzw. zum Ersatz von Prämolaren/Molaren ist in Tabelle 1 dargestellt.

Je fünf Implantate mit Procera AllZirkon Kronen auf Procera Zirkonoxid Abutments befanden sich in der Prämolarenregion und in der Molarenregion.

Sechs Implantate mit Procera AllCeram Kronen auf Procera Abutments Aluminiumoxid befanden sich in der Prämolarenregion, vier in der Molarenregion.

## Studiendesign und Erstuntersuchung

Bei Erstvorstellung der Patienten beim Behandler erfolgte eine klinische zahnärztliche Untersuchung (Evaluierung der Ausgangssituation)<sup>1</sup>.

An diesem Termin erfolgte neben einer professionellen Zahnreinigung auch die Polyetherabformung (Impregum, Firma 3M/ESPE, Seefeld) der Implantate (Abformpfosten für offene Abformung mit individuellen Löffeln). Die Farbauswahl erfolgte bei Tageslicht mithilfe des Farbrings Vitapan 3D-Master (Firma Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen) durch Behandler und Zahntechniker. Alle Behandlungsschritte und Nachunter-

suchungen in der Implantologie. Alle Patienten, die für die Implantatversorgung überwiesen wurden, stimmten der Verwendung der bei den Routineuntersuchungen erhobenen Daten zur wissenschaftlichen Auswertung zu. Zusätzliche Untersuchungen beziehungsweise Untersuchungstermine waren nicht erforderlich. Die Patienten erhielten die Versorgungen mit Abutments und Kronen im Gegenzug kostenfrei.

Die Festlegung, ob die Aufbauteile für den jeweiligen Patienten aus Aluminiumoxid oder Zirkoniumdioxid hergestellt werden, wurde vom Behandler getroffen. Die Zuordnung erfolgte randomisiert (by lots). Die Patienten waren verblindet mit regard to the type of the two ceramic materials in routine clinical use.

Die resultierende Aufteilung der beiden Materialgruppen in maxillare/mandibuläre Implantate und die Verwendung von Prämolaren/Molaren ist in Tabelle 1 dargestellt.

Fünf Implantate mit Procera AllZirkon Kronen auf Procera Abutments Zirconia befanden sich in der Prämolarenregion und vier in der Molarenregion.

Sechs Implantate mit Procera AllCeram Kronen auf Procera Abutments Alumina befanden sich in der Prämolarenregion, vier in der Molarenregion.

## Study design and initial examination

A clinical dental examination (assessment of the initial situation)<sup>1</sup> was completed at the first patient appointment with the dentist.

In addition to professional tooth cleaning, a polyether impression (Impregum, 3M/ESPE, Seefeld, Germany) was also taken of the implants at this appointment (impression posts for open impression using custom trays). The shade was selected by the dentist and dental technician in daylight using the Vitapan 3D-Master shade guide (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany). All working stages and

<sup>1</sup> Diese umfasste die Erhebung von Sondierungstiefen, Plaqueindex, Sulkusblutungsindex, Vitalität, Perkussion, Mobilität, Spontanschmerz, Lage und Sondierbarkeit von vorhandenen Kronen sowie Breite der fixierten Gingiva der mesial und distal des Implantats angrenzenden natürlichen Zähne (durch Freilegungsoperation der Implantate durch Lappenplastik gegebenenfalls verändert) und an einem kontralateral liegenden Kontrollzahn. Die Sondierungstiefe wurde mit einem stumpfen Parodontometer PCP 15 UNC (Universität North Carolina) der Firma Hu-Friedy™ (USA) unter geringem Kraftaufwand von ca. 0,20–0,25 N ermittelt. Der Behandler wurde vor Beginn der Messung kalibriert (Waage). Dabei wurde die Sonde möglichst parallel zur Implantatachse in den Sulkus geführt [10]. Diese Untersuchung umfasste zusätzlich die Erhebung der Periotestwerte (Periotest-Gerät, Firma Siemens AG, Bensheim) des Implantats sowie eine Röntgenzahnaufnahme in Rechtwinkeltechnik.

<sup>1</sup> This involved determining the probe depths, plaque index, sulcus bleeding index, vitality, percussion, mobility, spontaneous pain, position and probing depth of the existing crowns as well as the width of the attached gingiva of the natural teeth adjacent to the mesial and distal of the implant (possibly altered due to surgery which exposed the implants using flapping) and on one contralateral reference tooth. The probe depth was measured using a blunt periodontometer PCP 15 UNC (University of North Carolina), Hu-Friedy™ (USA), using a low force application of approx. 0.20–0.25 N. The operator was calibrated before the beginning of measurement (scales). The probe was inserted into the sulcus as parallel as possible to the implant axis [10]. This examination also included measuring the Periotest values (Periotest device, Siemens AG, Bensheim, Germany) of the implant as well as an X-ray dental film using the right-angle technique.

Indexwert Index value	Klinischer Befund Clinical diagnosis
0	Fehlen der Papille; kein Anzeichen einer Kurve der Weichgewebekontur neben der Einzelzahnimplantatkrone. <i>Absence of papilla; no sign of a curve of the soft tissue contour adjacent to the single implant crown.</i>
1	Weniger als die Hälfte der approximalen Höhe ist von Weichgewebe erfüllt. Das Weichgewebe zwischen Implantat und Zahn zeigt eine konvexe Kurve. <i>Less than half of the proximal height is filled by soft tissue. The soft tissue between the implant and tooth has a convex curve.</i>
2	Mindestens der halbe Raum unter dem Kontaktpunkt, aber nicht bis zu diesem, ist von Weichgewebe erfüllt. Die Papille harmonisiert nicht mit der der Nachbarzähne. Eine akzeptable Weichgewebekontur muss in Harmonie mit den Nachbarzähnen sein. <i>Minimum of half the space below the contact point is filled with soft tissue, but not up to the contact point. The papilla is not in harmony with the adjacent teeth. An acceptable soft tissue contour must harmonize with adjacent teeth.</i>
3	Die Papille füllt den gesamten Zwischenraum und ist in Harmonie mit den Nachbarpapillen. Optimale Weichgewebekontur. <i>The papilla fills the entire interdental space and harmonizes with the adjacent papillae. Optimal soft tissue contour.</i>
4	Die Papille ist hyperplastisch und bedeckt die Implantatkrone oder natürlichen Zähne zu stark. Unregelmäßige Weichgewebekontur. <i>The papilla is hyperplastic and covers the implant or natural teeth too much. Irregular soft tissue contour.</i>

**Tabelle 2** Definition des Papillenindex nach Jemt.

**Table 2** Definition of the papilla index according to Jemt.

suchungen wurden von demselben behandelnden Zahnarzt durchgeführt.

### Herstellung der Abutments und Kronen

Alle vorbereitenden Arbeitsschritte zur Herstellung der Procera-Kronen wurden gemäß Herstellerangaben des Procerasystems im hauseigenen zahntechnischen Labor von demselben Zahntechniker durchgeführt<sup>2</sup>.

Nach Abtasten der aufmodellierten Situation mit einem Scanner (Procera Piccolo, Nobel Biocare) wurden die Daten in das CAD/CAM-Programm Procera 3D CAD Design (Nobel Biocare) eingelesen. Die so ermittelten geometrischen Daten wurden per Datenfernübertragung zur Herstellung des Abutments an den Hersteller (Nobel Biocare) übertragen. Das Aluminiumoxid- oder Zirkoniumdioxidabutment wurde nach Erhalt vom Techniker nachbearbeitet und zur virtuellen Konstruktion des Kronengerüsts gemäß Herstellerangaben nochmals eingescannt<sup>3</sup> und diese Datensätze dann erneut zur Umsetzung der virtuellen Konstruktion in ein keramisches Gerüst übermittelt. Nach Erhalt der entsprechenden Aluminiumoxid- bzw. Zirkoniumdioxidgerüstkapen wurden die entsprechenden Kronen

follow-up examinations were completed by the same attending dentist.

### Fabrication of the abutments and crowns

All preparatory working stages for the fabrication of the Procera crowns were completed by the same dental technician in the in-house dental laboratory in accordance with the Procera system manufacturer's instructions<sup>2</sup>.

After scanning the waxed up situation using a scanner (Procera Piccolo, Nobel Biocare) the data was entered into the CAD/CAM programme Procera 3D CAD Design (Nobel Biocare). The collected geometric data was transferred to the manufacturer (Nobel Biocare) via remote data transfer to allow the fabrication of the abutment. After receipt in the laboratory, the alumina or zirconia abutment was prepared by the technician and scanned again according to the manufacturer's instructions<sup>3</sup> for the virtual design of the crown framework and these data sets were transferred again for the conversion of the virtual design into a ceramic framework. After receipt of the respective alumina and zirconia copings, each of the crowns were veneered and finished in the in-house dental laboratory using

<sup>2</sup> Die Modellation wurde unter Verwendung eines Modells mit Schleimhautmaske so vorbereitet, dass das fertige Abutment mit einer ausgeprägten Hohlkehle (Schleifkörper: abgerundeter zylindrischer Diamantschleifer) in einer Breite von ca. 0,8 mm nachpräpariert werden konnte. Das zu präparierende Abutment wurde okklusal um 2 mm reduziert, damit bei einer Gerüststärke von 0,4 bis 0,7 mm ausreichend Platz für die Keramikverblendung geschaffen war. In Abhängigkeit von der verbliebenen Abutmenthöhe wurde die Modellation für einen Präparationswinkel von 5° bis 15° vorbereitet. Mit Hilfe der Gingivamanschette des Meistermodells konnte die Präparationsgrenze um 0,5 bis 1,0 mm nach subgingival verlagert werden.

<sup>3</sup> Schichtdicke und Form des Kronengerüsts wurden gemäß Herstellerangaben auf 0,4 mm (Procera AllCeram, Prämolarenregion), 0,6 mm (Procera AllCeram, Molarenregion) und 0,7 mm (Procera AllZirkon) festgelegt.

<sup>2</sup> The wax-up was prepared using a model with gingival mask, so that the finished abutment could be prepared with a pronounced deep chamfer (abrasives: rounded cylindrical diamonds) with a width of approx. 0.8 mm. The abutment to be prepared was reduced occlusally by 2 mm, to ensure that adequate space was created for the porcelain veneer with a framework thickness of 0.4 to 0.7 mm. Depending on the remaining abutment height, the pattern was prepared with a preparation angle of 5° to 15°. The preparation margin was placed 0.5 to 1.0 mm subgingivally with the aid of the gingival mask of the master model.

<sup>3</sup> Layer thickness and shape of the crown framework were established according to the manufacturer's instructions at 0.4 mm (Procera AllCeram, premolar region), 0.6 mm (Procera AllCeram, molar region) and 0.7 mm (Procera AllZirkon).

im hauseigenen zahntechnischen Labor alle mit der gleichen Vita VM Verblendkeramik (Vita VM9, Vita Zahnfabrik) verblendet und fertiggestellt.<sup>4</sup>

### Insertion von Abutments und Kronen

Die mitgelieferten, für beide Materialgruppen identischen TorqTite Abutmentschrauben (Nobel Biocare) aller Keramikabutments wurden den Herstellerangaben folgend mit einem Drehmoment von 35 Ncm fixiert und anschließend die Kronen für beide Gruppen mit dualhärtendem, selbstadhäsivem Kompositbefestigungsmaterial (RelyX Unicem, 3M/ESPE) eingesetzt.

Die Größe und Kontur der Interdentalpapillen neben Restaurationen auf Einzelzahnimplantaten wurde beim Einsetzen der Kronen von bukkal fotografisch erfasst und mithilfe des Papillenindex nach *Jemt* [2] abhängig vom Volumen der vorhandenen Papille entsprechend den fünf verschiedenen Stufen kategorisiert (siehe Tabelle 2). In die Wertung einbezogen wurden die Indexwerte der Papillen mesial und distal der Implantate.

Zusätzlich wurde auf einem speziellen VAS(Visueller Analog Skala)-Bewertungsbogen mit skalierten Zahlenwerten entsprechend dem Schulnotensystem<sup>5</sup> von „1“ (= „sehr gut“, beste Note) bis „6“ (= „ungenügend“; schlechteste Note) die subjektive Einschätzung durch Patienten und behandelnden Zahnarzt mit dem ästhetischen Ergebnis der Procera Krone hinsichtlich Farbe, mukogingivaler Kontur, Form und Ästhetik evaluiert.

### Kontrolluntersuchungen

Routinemäßige Nachkontrollen nach prothetischer Neuversorgung erfolgten an der hiesigen Poliklinik für Prothetik nach zwei Wochen und nach sechs Monaten, wobei bei den entsprechenden klinischen Untersuchungen alle Parameter wie bei der Erstuntersuchung noch einmal evaluiert wurden. Die routinemäßige Röntgenkontrolle der Implantate in Rechtwinkeltechnik erfolgte jedoch dem an der Klinik etablierten Schema folgend erst nach sechs Monaten.

Auch die erneute Bewertung des subjektiven ästhetischen Ergebnisses durch Patient und behandelnden Zahnarzt erfolgte genauso wie die erneute Bestimmung des Papillenindex nach *Jemt* jeweils nach zwei Wochen und nach einem halben Jahr Gebrauchsphase.

### Statistische Methoden

Die Darstellung der so gewonnenen Ergebnisse erfolgte rein deskriptiv, getrennt nach den einzelnen Untersuchungsparametern in Form von Säulendiagrammen und kann aufgrund der verfügbaren Fallzahl nur zur Hypothesengenerierung dienen.

Zur Beurteilung der Reaktion der Gewebe auf die unterschiedlichen Werkstoffe wurde im Rahmen dieser Studie als

the same Vita VM veneering porcelain (Vita VM9, Vita Zahnfabrik).<sup>4</sup>

### Fitting of abutments and crowns

The supplied TorqTite abutment screws (Nobel Biocare) of all the ceramic abutments, which were identical for the two material groups, were fixed in position according to the manufacturer's instructions using a torque of 35 Ncm and following this the crowns for the two groups were placed using dual-curing, self-adhesive composite luting material (RelyX Unicem, 3M/ESPE).

The size and contour of the interdental papillae adjacent to the restorations on single-tooth implants were recorded photographically from the buccal aspect when fitting the crowns and categorised according to the five different levels depending on the volume of the existing papilla using the papilla index according to *Jemt* [2] (see Table 2). The index values of the papilla to the mesial and distal of the implants were included in the assessment.

In addition, subjective assessment by the patient and attending dentist of the aesthetic result of the Procera crowns with regard to shade, emergence profile, shape and aesthetic appearance was rated on a special visual analogue scale (VAS) evaluation form with scaled numerical ratings according to the school grading system<sup>5</sup> of "1" (= "very good", best grade) to "6" (= "unsatisfactory"; poorest grade).

### Follow-up examinations

Routine checkups following fitting of a new prosthetic restoration at the Department of Prosthetics were carried out after two weeks and after six months, whereby all parameters evaluated at the initial examination were re-evaluated at the respective clinical examinations. The routine radiological check of the implants using the right-angle technique, however, was only completed after six months in accordance with the established schedule at the hospital.

Both the subjective assessment of the aesthetic result by the patient and attending dentist and determination of the papilla index according to *Jemt* were re-evaluated after two weeks and after six months in situ.

### Statistical methods

The presentation of the results acquired in this way was purely descriptive, separated according to the individual examination parameters in the form of bar charts and can only be used for hypothesis generation due to the number of cases available.

As an essential criterion in this study for evaluation of the tissue reaction to the different materials, the development of

<sup>4</sup> Abschließend wurden die Procera AllCeram Kronen im Fügebereich mittels Korundstrahlung angeraut. Bei den Procera AllZirkon Kronen war dies nicht notwendig, da die Zirkoniumdioxidkappchen aufgrund der hohen Festigkeit schon werkseitig mit ausreichender Rauheit hergestellt worden waren.

<sup>5</sup> Die Ergebnisse der Visuellen Analogskala wurden durch lineare Transformation auf sechs Kategorien reduziert.

<sup>4</sup> Finally, the fitting surfaces of the Procera AllCeram crowns were roughened by sandblasting with abrasive. This was not necessary with the Procera AllZirkon crowns, as zirconia copings had already been fabricated with an adequate roughness due to the high strength.

<sup>5</sup> The results of the visual analogue scale were reduced to six categories by linear transformation.

wesentliches Kriterium die Entwicklung der Papillen im zeitlichen Verlauf und nicht deren absoluter Zustand analysiert und beurteilt. Dieser Ansatz wurde gewählt, um möglicherweise vorhandene unterschiedliche weichgeweblich-anatomische Voraussetzungen schon am Tag des Einsetzens zu kompensieren.

Dazu diente die Berechnung der relativen Veränderung des Papillenindex nach *Jemt* (Abb. 1) über die Zeit (z. B. durch Subtraktion der absoluten Werte des Papillenindex zum Zeitpunkt sechs Monate minus Papillenindexwerte zum Zeitpunkt 0 Monate).

## Ergebnisse

### I. Klinische und radiologische Parameter

Von den insgesamt 20 eingefügten Kronen waren alle Restaurationen zum Zeitpunkt der Sechsmonatskontrolle *in situ*, Frakturen mit Funktionsverlust, Schraubenlockerungen oder Keramikabplatzungen mit Erneuerungsbedarf traten nicht auf.

Auch relative Misserfolge wie Kronenlockerungen durch Dezementierung oder Keramikabplatzungen ohne Erneuerungsbedarf wurden im Untersuchungszeitraum nicht evaluiert.

Alle Patienten gaben weder Schmerzempfinden auf Perkussion noch einen spontanen oder chronischen Schmerz an.

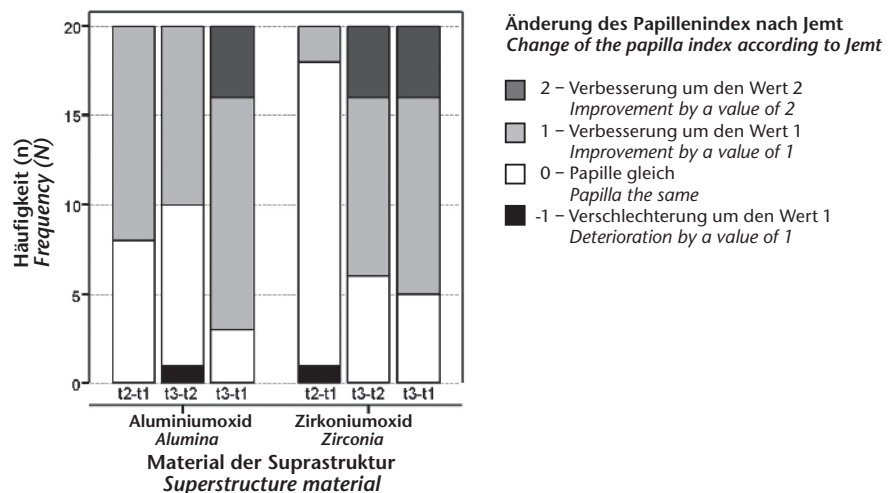
An allen Implantaten wurde zu allen Untersuchungszeitpunkten mehr als 1 mm fixierte Gingiva vestibulär und lingual evaluiert.

Die Periotestwerte lagen in einem Bereich von minus fünf bis plus zwei, alle Implantate wiesen zu allen Untersuchungszeitpunkten einen Lockerungsgrad 0 auf.

Die beiden Gruppen zeigten im Untersuchungszeitraum insgesamt nur geringe Veränderungen hinsichtlich der periimplantären Sondierungstiefen und lagen in ähnlichen Bereichen wie bei den Kontrollzähnen (*Aluminiumoxid* – vom Tag des Einsetzens bis zur zweiten Kontrolle mesial: Anstieg im Mittel um 0,6 mm; distal: Anstieg um 0,8 mm. *Zirkoniumdioxid* – mesial: Anstieg um 1,1 mm; distal: Anstieg um 0,5 mm. *Referenzzähne* an allen Messpunkten: Anstieg  $\leq$  0,5 mm).

Der radiologisch messbare Knochenabbau mesial und distal der Implantate unterschied sich zwischen den beiden Gruppen kaum. Mesial:  $ZrO_2$   $0,2 \pm 0,1$  mm (Min. 0,1 mm, Max. 0,4 mm),  $Al_2O_3$ :  $0,2 \pm 0,2$  mm (Min. 0,0 mm, Max. 0,5 mm), Distal:  $ZrO_2$   $0,25 \pm 0,16$  mm (Max. 0,4 mm, Min. 0,06 mm),  $Al_2O_3$ :  $0,22 \pm 0,13$  mm (Max. 0,4 mm, Min. 0,0 mm).

Die Verteilung und Entwicklung der Plaqueindices war in beiden Gruppen ähnlich. In beiden Gruppen war ein leichter Rückgang der Plaquehäufigkeit zu erkennen.



**Abbildung 1:** Änderung des Papillenindex nach Jemt über die Zeit – Bestimmung durch Bildung von Differenzen zwischen folgenden Zeitpunkten – 1. Tag des Einsetzens: „t1“; 2. Kontrolle nach zwei Wochen: „t2“ und 3. Kontrolle nach sechs Monaten: „t3“ – Beispielsweise repräsentiert jeweils die dritte Säule (t3t1) die Papillenveränderung während des gesamten Untersuchungszeitraums vom Einsetzen der Krone bis zur letzten Nachuntersuchung nach sechs Monaten.

**Figure 1** Change of the papilla index according to Jemt over the observation period – Determined by forming differences between the following times – 1. Fitting: “t1”; 2. follow-up after two weeks: “t2” and 3. follow-up after six months: “t3” – For example, the third column (t3t1) represents the change in the papillae during the overall investigation period from insertion of the crown up to the last follow-up after six months.

the papilla was analysed and assessed over the course of time and not its absolute condition. This approach was selected to compensate for any different soft tissue-anatomical conditions that may have existed on the day of fitting the restoration.

Calculation of the relative change of the papilla index according to *Jemt* (Fig. 1) over time was used for this (e.g. by subtracting the absolute values of the papilla index at six months from the values of the papilla index at 0 months).

## Results

### I. Clinical and radiological parameters

All restorations from the total of 20 fitted crowns were *in situ* at the time of the six-month checkup. There were no incidences of fractures with loss of function, screw loosening or porcelain splitting off that required a remake of the restoration.

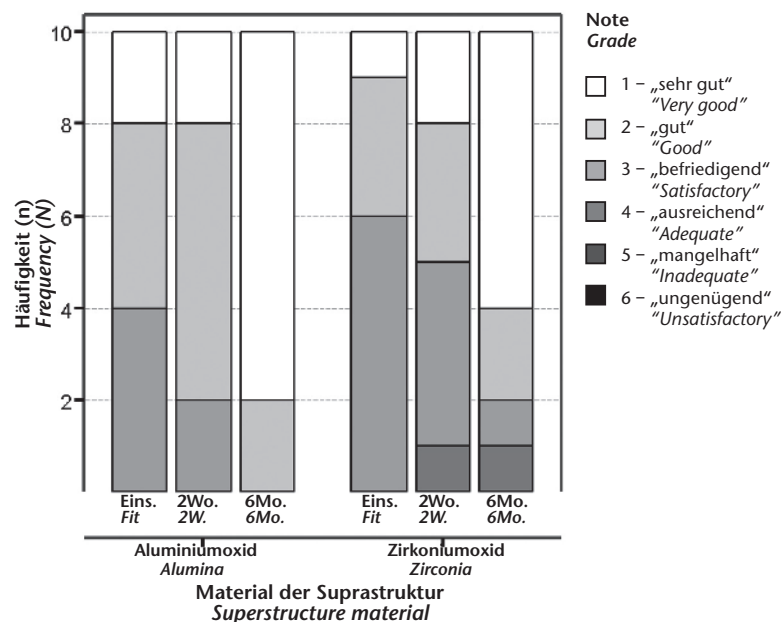
Relative failures such as crown loosening due to decementation or porcelain chipping without requiring a remake of the restoration were also not evaluated in the study period.

None of the patients reported either pain sensitivity to percussion or spontaneous or chronic pain.

More than 1 mm of attached gingiva was evaluated buccally and lingually at all implants during each examination.

The Periotest values were in a range from minus five to plus two and all implants had a mobility degree of 0 at all examinations.

Overall the two groups exhibited only minimal changes in the peri-implant probe depths in the study period and were in a similar range to those of the reference teeth (*Alumina* – from



**Abbildung 2** Subjektive Bewertung der mukogingivalen Kontur durch den Patienten zum Zeitpunkt des Einsetzens der Krone („Eins.“), bei der Zweiwochenkontrolle („2 Wo.“) und bei der Sechsmonatskontrolle („6 Mo.“).

**Figure 2** Subjective assessment of the emergence profile by the patient at the time of fitting the crown (“Fit.”), of the follow-up after two weeks (“2 W.”) and of the follow-up after six months (“6 Mo.”).

Auch der Sulkusblutungsindex war in beiden Gruppen etwa gleich verteilt. In beiden Gruppen war eine leichte Verbesserung der Indices zu erkennen ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ : Mittelwert von 0,8 auf 0,5;  $\text{ZrO}_2$ : Mittelwert von 0,9 auf 0,7). Kein Implantat oder Zahn zeigte Anzeichen einer Mukositis oder einer Periimplantitis/Parodontitis.

Die Lage der Kronenränder verblieb bis auf eine Rezession von 1 mm Breite und einer Ausdehnung von 1 mm in zerviko-apikaler Richtung an einer Procera AllCeram Krone subgingival.

In der Gruppe Zirkoniumdioxid waren niedrigere Absolutwerte bezüglich des Papillenindex nach *Jemt* vorhanden. Bei der Analyse der Änderungen des Papillenindex nach *Jemt* bezüglich des gesamten Beobachtungszeitraums zeigten sich nur minimale Unterschiede zwischen Test- und Kontrollgruppe hinsichtlich der Regeneration der Papillen (Abb. 1).

Eine Abhängigkeit der Papillenregeneration vom Sulkusblutungsindex oder vom Plaqueindex war bei der Analyse der zugrunde liegenden Streudiagramme nicht festzustellen.

## II. Subjektive Bewertung durch Patient und Behandler

Die **Farbe** aller Kronen der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gruppe wurde zum Kontrollzeitpunkt nach sechs Monaten von den *Patienten* mit „sehr gut“ bewertet. In der Gruppe  $\text{ZrO}_2$  reduzierte sich die Anzahl der Patientenbewertungen „gut“ von vier Fällen am Tage des Einsetzens auf nur einen Fall bei der Kontrolle nach sechs Monaten. Alle restlichen Bewertungen waren auch hier „sehr gut“.

In der Aluminiumoxidgruppe bewertete der behandelnde Zahnarzt die Farbe der Suprakonstruktion (jeweils zu allen Zeit-

the day of fitting until the second checkup mesial: mean increase of 0.6 mm; distal: increase of 0.8 mm. *Zirconia* – mesial: increase of 1.1 mm; distal: increase of 0.5 mm. *Reference teeth* at all measuring points: increase  $\leq 0.5$  mm).

There was very little difference between the two groups in the radiologically measurable bone resorption to the mesial and distal of the implants. Mesial:  $\text{ZrO}_2$   $0.2 \pm 0.1$  mm (min. 0.1 mm, max. 0.4 mm),  $\text{Al}_2\text{O}_3$ :  $0.2 \pm 0.2$  mm (min. 0.0 mm, max. 0.5 mm), distal:  $\text{ZrO}_2$   $0.25 \text{ mm} \pm 0.16$  mm (max. 0.4 mm, min. 0.06 mm),  $\text{Al}_2\text{O}_3$ :  $0.22 \text{ mm} \pm 0.13$  mm (max. 0.4 mm, min. 0.0 mm).

The distribution and development of the plaque indices were similar in the two groups. A slight reduction in the frequency of plaque was evident in both groups.

The two groups also had an approximately equal distribution of the sulcus bleeding index. A slight improvement in the indices was seen in the two groups ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ : mean of 0.8 to 0.5;  $\text{ZrO}_2$ : mean of 0.9 to 0.7). No implant or tooth exhibited

signs of mucositis or peri-implantitis/periodontitis.

The position of the crown margins remained subgingival except for one case in which there was a recession of 1 mm wide and an extension of 1 mm in the cervical-apical direction at a Procera AllCeram crown.

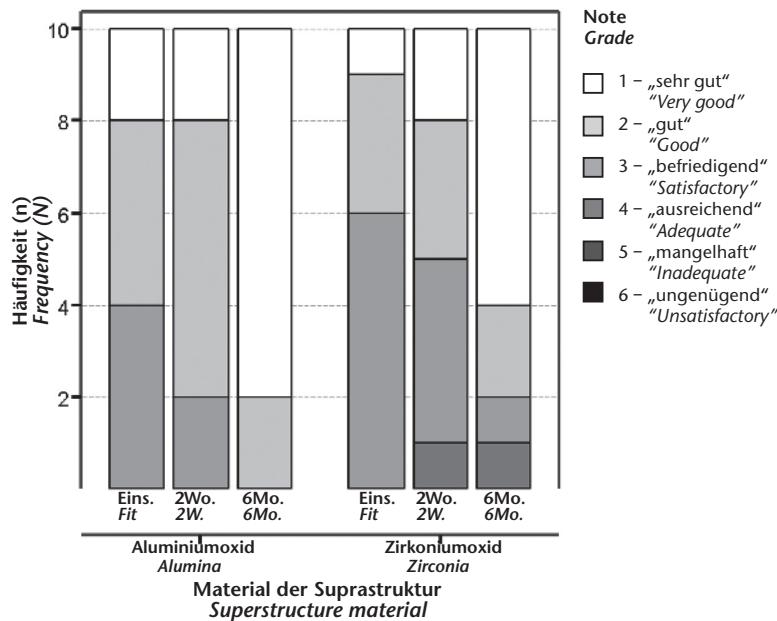
There were lower absolute values of the papilla index according to *Jemt* in the zirconia group. In the analysis of the changes in the papilla index according to *Jemt* there were only minimal differences in the regeneration of the papillae between the test group and reference group during the total observation period (Fig. 1).

The analysis based on the scattergrams did not establish any correlation between papillae regeneration and sulcus bleeding index or plaque index.

## II. Subjective assessment by the patient and dentist

After six months the **shade** of all the crowns in the  $\text{Al}_2\text{O}_3$  group was rated as “very good” by the patients at the checkup. In the  $\text{ZrO}_2$  group the number of patient ratings “good” reduced from four cases on the day of fitting to only one case at the checkup after six months. All other ratings were also “very good” in this group.

In the alumina group the attending *dentist* rated the shade of the superstructure in one case as “good” and in nine cases as



**Abbildung 3** Subjektive Bewertung der mukogingivalen Kontur durch den Zahnarzt zum Zeitpunkt des Einsetzens der Krone („Eins.“), bei der Zweiwochenkontrolle („2 Wo.“) und bei der Sechsmonatskontrolle („6 Mo.“).

**Figure 3** Subjective assessment of the emergence profile by the dentist at the time of fitting the crown (“Fit.”), of the follow-up after two weeks (“2 W.”) and of the follow-up after six months (“6 Mo.”).

punkten) in einem Fall mit „gut“ und in neun Fällen mit „sehr gut“. In der Gruppe „Zirkoniumdioxid“ wurde die Farbe bis auf eine „gute“ Bewertung am Tag des Einsetzens mit „sehr gut“ bewertet. Nach zwei Wochen und nach sechs Monaten wurde ausschließlich die Note „sehr gut“ vergeben.

Bei der Bewertung der **Form** der klinischen Krone durch die Patienten für die Gruppe Aluminiumoxid wurde die Note „3“ nur in einem Fall, dann aber zu allen drei Zeitpunkten vergeben. „Gut“ wurde für die Form der Kronen von Patienten in drei Fällen zum Zeitpunkt des Einsetzens sowie in einem Fall bei der Zweiwochenkontrolle und in zwei Fällen nach einem halben Jahr bewertet. Alle anderen Bewertungen zu den verschiedenen Zeitpunkten lauteten „sehr gut“.

In der Gruppe Zirkoniumdioxid wurde bei der *Patienten*-bewertung am Tage des Einsetzens und zur Kontrolle nach zwei Wochen hälftig die Note „1“ und „2“ vergeben. Nach einem halben Jahr erhöhte sich die Anzahl der *Patienten*-bewertungen „sehr gut“ auf sieben Fälle, bei drei Bewertungen mit „gut“.

Die Form der Suprakonstruktion wurde durch den behandelnden Zahnarzt in der Gruppe „Aluminiumoxid“ immer mit „1“ bewertet. Die Suprakonstruktionen auf Zirkoniumdioxidbasis wurden am Tage des Einsetzens in vier Fällen mit „gut“ bewertet, danach jeweils in drei Fällen. In allen anderen Fällen fiel die Bewertung „sehr gut“ aus.

Die Bewertung der **mukogingivalen Kontur** durch die *Patienten* fiel in der Gruppe Zirkoniumdioxid schlechter aus als in der Aluminiumoxidgruppe (siehe Abb. 2), was sich auch in der Bewertung durch den Zahnarzt widerspiegelte, wenn auch nicht so deutlich wie in der Bewertung durch die Patienten (siehe Abb. 3).

Auch bezüglich der **ästhetischen Gesamtwirkung** wurden in der Gruppe Zirkoniumdioxid von Patienten und vom Zahnarzt im Vergleich zur Aluminiumoxidgruppe häufiger schlechtere Noten vergeben (Abb. 4).

Insgesamt wurden in der Aluminiumoxidgruppe von den Patienten nur die Noten „1“ und „2“ vergeben. Dabei erhöhte

„very good“ (at all times). In the zirconia group the shade was rated as “very good” except for one “good” rating on the day of fitting. After two weeks and after six months only the grade “very good” was given.

In the patient assessment of the **shape** of the clinical crown for the alumina group, grade “3” was given only in one case, though this rating was given at all three assessment times. The shape of the crown was rated “good” by the patient at the time of fitting as well as in one case at the two-week follow-up and in two cases after six months. All other ratings at the different times were “very good”.

In the zirconia group grades “1” and “2” were given equally in the *patient* assessment on the day of fitting and at the check-up after two weeks. After six months the number of “very good” *patient* ratings increased to seven cases and there were three assessments of “good”.

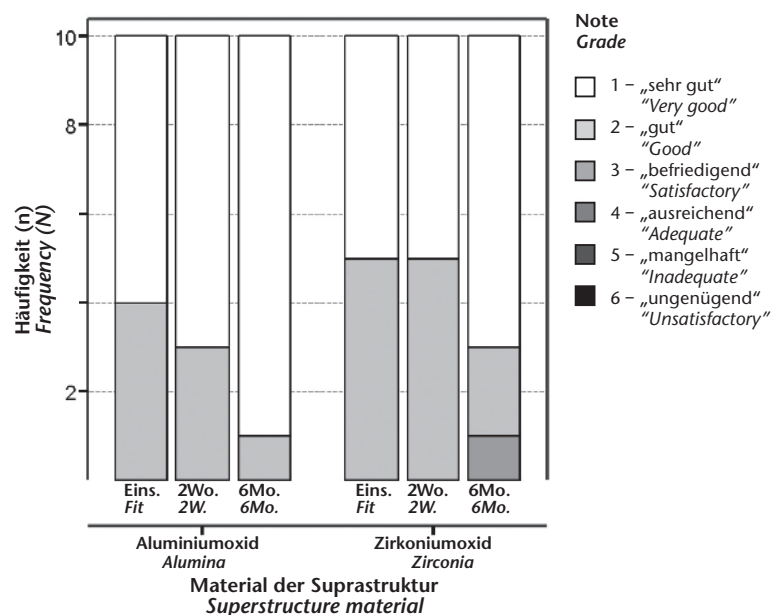
The shape of the superstructure in the alumina group was consistently graded with “1” by the attending *dentist*. The superstructures on zirconia bases were rated as “good” in four cases on the day of fitting and afterwards in three cases respectively. The rating “very good” was given in all other cases.

The assessment of the **emergence profile** by the *patients* in the zirconia group was poorer than in the alumina group (see Fig. 2), which was also reflected in the assessment by the *dentist*, even though it was not as clear cut as in the assessment by the patient (see Fig. 3).

Poorer grades were also given more frequently by patients and dentist with regard to the **overall aesthetic effect** in the zirconia group compared with the alumina group (Fig. 4).

Overall only the grades “1” and “2” were given in the alumina group by the patients. The number of “very good” ratings increased from an initial six to seven and finally to nine cases. The grades “good” and “very good” were given equally at the first two times of assessment. Though the assessment of the overall aesthetic effect improved in two cases from “good” to “very good” after six months, one patient changed a “good” rating to “satisfactory”.





**Abbildung 4** Subjektive Bewertung der Ästhetik der Procera Krone durch die Patienten zum Zeitpunkt des Einsetzens der Krone („Eins.“), bei der Zweiwochenkontrolle („2 Wo.“) und bei der Sechsmonatskontrolle („6 Mo.“).

**Figure 4** Subjective assessment of the aesthetics of the Procera crown by the patient at the time of fitting the crown („Fit.“), of the follow-up after two weeks („2 W.“) and of the follow-up after six months („6 Mo.“).

sich die Anzahl der „sehr guten“ Bewertungen von anfänglich sechs auf sieben und schließlich auf neun Fälle. In der Gruppe Zirkoniumdioxid wurden zu den ersten beiden Erhebungszeitpunkten je zur Hälfte die Noten „gut“ und „sehr gut“ vergeben. Nach einem halben Jahr verbesserte sich zwar die Bewertung der Gesamtwirkung der Ästhetik in zwei Fällen von „gut“ auf „sehr gut“, ein Patient änderte jedoch seine „gute“ Bewertung in „befriedigend“.

Restaurationen auf der Basis von Aluminiumoxid bewertete der Zahnarzt in der ästhetischen Gesamtwirkung am Tage des Einsetzens in drei Fällen als „gut“. Nach zwei Wochen fiel eine Bewertung „gut“ aus, bis nach einem halben Jahr alle Bewertungen auf „sehr gut“ stiegen (Abb. 5). Kronen auf Zirkoniumdioxidbasis wurden zu allen Zeitpunkten in zwei Fällen mit „gut“ und in acht Fällen mit „sehr gut“ in der ästhetischen Gesamtwirkung beurteilt.

## Diskussion

Erst in jüngerer Zeit werden zunehmend auch ästhetische Gesichtspunkte als Kriterien für den Implantaterfolg, sowohl von Patienten als auch von Autoren etablierter Erfolgskriterien für Implantatversorgungen, herangezogen.

Ausgehend von den Erfolgskriterien von *Jahn, M.* und *d’Hoedt, B.*, 1992 und *Naert, I. et al.*, 1992 [1, 5], die eine subjektive positive Patientenbeurteilung des Implantats als Voraussetzung für den Implantaterfolg verlangen, musste kein im Rahmen dieser Studie analysiertes Implantat als Misserfolg gewertet werden. Alle Patienten unseres Kollektivs zeigten sich ausreichend zufrieden (Note „2“ und „3“) oder sehr zufrieden (Note „1“) mit der Gesamtwirkung der Ästhetik.

Beide verwendeten Materialien zeigten hinsichtlich der resultierenden Funktion und des Gesamterfolgs der Implantatversorgung vergleichbare Ergebnisse. Hinweise periimplantärer hart- oder weichgeweblicher Schädigung durch eine der beiden untersuchten Materialien konnten die analysierten Pa-

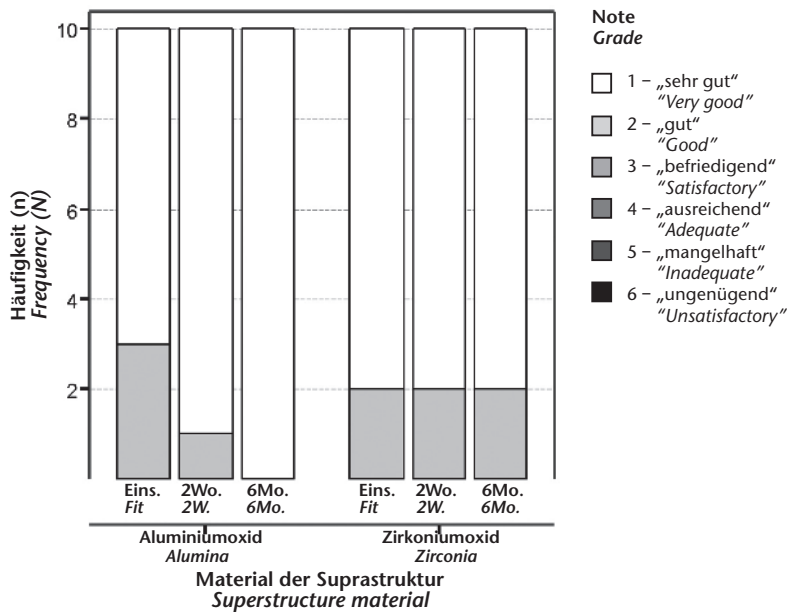
The dentist rated the overall aesthetic effect of restorations on an alumina base as „good“ in three cases on the day of fitting. After two weeks one „good“ rating was given and then after six months all ratings increased to „1“ (Fig. 5). The overall aesthetic effect of crowns on a zirconia base was evaluated in two cases as „good“ and in eight cases as „very good“ at all times.

## Discussion

It is only recently that aesthetic aspects have increasingly also been included in the success criteria for implant success, not only by patients but also by authors of established success criteria for implant restorations.

Based on the success criteria of *Jahn, M.* and *d’Hoedt, B.*, 1992, and *Naert, I. et al.*, 1992 [1, 5], which require a subjectively positive assessment of the implant by the patient as a prerequisite for implant success, none of the implants analysed in this study could be regarded as a failure. All patients of our collective were satisfied (grade „2“ and „3“) or very satisfied (grade „1“) with the overall aesthetic effect.

Both of the materials used exhibited comparable results with regard to the resulting function and overall success of the implant restoration. The parameters analysed did not exhibit any evidence of peri-implant hard or soft tissue damage caused by either of the two materials investigated. The papillae at the zirconia abutments in this study appeared to have a tendency



**Abbildung 5** Subjektive Bewertung der /Ästhetik der Procera Krone durch den Zahnarzt zum Zeitpunkt des Einsetzens der Krone („Eins.“), bei der Zweiwochenkontrolle („2 Wo.“) und bei der Sechsmonatskontrolle („6 Mo.“).

**Figure 5** Subjective assessment of the aesthetics of the Procera crown by the dentist at the time of fitting the crown (“Fit.”), of the follow-up after two weeks (“2 W.”) and of the follow-up after six months (“6 Mo.”).

parameter nicht aufzeigen. Die Papillen an den Abutments aus Zirkoniumdioxid scheinen in der vorliegenden Studie gemessen an den relativen Veränderungen des Papillenindex nach *Jemt* tendenziell häufiger und diskret größer zu regenerieren als in der Aluminiumoxidgruppe. Der Mittelwert der Absolutwerte sank (und verbesserte sich damit) über den gesamten Beobachtungszeitraum in der Gruppe mit Aluminiumoxidsuprastrukturen um den Wert 1,05, in der Gruppe Zirkoniumdioxid um 0,95. Die Entzündungsparameter und Mundhygieneparameter (Sulkusblutungsindex und Plaqueindex nach *Mombelli*) zeigten keinen Hinweis auf unterschiedliche Gewebeträgbarkeit als Ursache der geringen Diskrepanz in diesem Punkt. Die bei oberflächlicher Betrachtung scheinbar evaluierten vorhandenen geringen Unterschiede in der Papillenreaktion lassen sich bei genauer Betrachtung auf initial vorhandene Unterschiede in der anatomischen Ausgangssituation zurückführen. Bei detaillierter Datenanalyse und Fokussierung auf den zeitlichen Verlauf der weichgeweblichen Veränderungen konnte in der vorliegenden Studie in beiden untersuchten Gruppen ein positiv zu bewertender und ähnlicher Anstieg der Werte des Papillenindex nach *Jemt* festgestellt werden. Das Ausmaß der Papillenenwicklung beider Gruppen passt zu den Ergebnissen von *Jemt*, der keramisch verblendete Kronen mit Metallgerüst auf Abutments aus Titan untersucht hat [2].

Die subjektive Beurteilung der Kronenfarbe bildete einen Schwerpunkt der Studie, da Zirkoniumdioxid im Vergleich zu Aluminiumoxid laut aktueller Literaturbeschreibung durch dessen geringere Lichtdurchlässigkeit „gewisse ästhetische Einschränkungen mit sich bringt“ [7]. Entgegen der Erwartung sind bei der Beurteilung der Farbe der Restaurationen überwiegend „sehr gute“ Noten vergeben worden. Klinisch für den Patienten oder den Behandler zu erkennende „ästhetische Einschränkungen“ des Materials Zirkoniumdioxid sind hier nicht evaluiert worden.

Bei der subjektiven Bewertung bildete auch die Dynamik der mukogingivalen Kontur einen Schwerpunkt, da bei einer

to regenerate more frequently and to a slightly greater degree compared with the alumina group when measured against the relative changes of the papilla index according to *Jemt*. The mean of the absolute values dropped (and consequently improved) over the entire observation period by 1.05 in the group with alumina superstructures and by 0.95 in the zirconia group. The inflammation parameters and oral hygiene parameters (sulcus bleeding index and plaque index according to *Mombelli*) did not indicate any evidence of different tissue tolerability as the cause of the slight discrepancy in this case. The slight differences existing in the reaction of the papilla, which were apparently evaluated in the superficial observation, can be traced back on closer observation to differences that were already present in the initial anatomical situation. With more detailed analysis of the data and by focussing on the changes of the soft tissue over time, a positive and similar increase in the values of the papilla index according to *Jemt* was established in the two groups investigated in the present study. The extent of the papilla development of the two groups matched the results of *Jemt*, who had investigated porcelain veneer crowns with metal frameworks on titanium abutments [2].

Subjective assessment of the crown shade was a focus of the study, as according to current descriptions in the literature zirconia “has certain aesthetic limitations” compared with alumina due to its low translucency [7]. Contrary to expectations, the grade “very good” was usually given in the assessment of the shade of the restorations. Clinically recognisable “aesthetic limitations” of zirconia for the patient or dentist were not evaluated in this study.

Focus was also placed on the dynamics of the emergence profile in the subjective assessment, as a negative development of the peri-implant soft tissue was to be expected if one of the materials had poor biocompatibility [4]. Analysis of the subjective assessment both by the patient and dentist, however, indicated a positive development in the two groups. This also correlated with the increase of the papilla index according to *Jemt*, also for the two groups.

schlechteren Bioverträglichkeit eines der Werkstoffe mit einer negativen Entwicklung der periimplantären Weichgewebe zu rechnen sein sollte [4]. Die Analyse der subjektiven Bewertungen sowohl durch die Patienten als auch durch den Zahnarzt zeigt in beiden Gruppen jedoch eine positive Entwicklung. Dies korreliert auch mit der Zunahme des Papillenindex nach *Jemt* ebenfalls für beide Gruppen.

In der subjektiven Beurteilung der ästhetischen Gesamtwirkung schneidet die Gruppe mit Kronen auf Zirkoniumoxidbasis sowohl in der Wertung durch den Zahnarzt als auch aus der Sicht der Patienten leicht schlechter ab. Es ist zwar offensichtlich, dass Zirkonoxidkeramiken eine sehr helle, weiße Farbe mit einem Brechungsindex von 2,15 bis 2,18 zeigen, während Aluminiumoxid mit einem Brechungsindex von 1,64 eine Farbe ähnlich jener von Elfenbein und damit „zahnähnlicher“ erzeugt [6]. Durch ausreichende Gingivaabdeckung der opaken Keramikoberfläche des Abutments durch die subgingivale Lage des Abutmenthalses kann es jedoch nur zu einer sehr geringen farblichen Beeinträchtigung der Gingiva kommen. Der Einfluss des Gerüstköppchens auf die Farbe der Krone war durch die sehr gut deckende Verblendkeramik ebenfalls nur gering ausgefallen [9], da durch entsprechende Präparation eine ausreichende Schichtstärke der Verblendkeramik gewährleistet wurde. Der Grund für die ungünstigere Wirkung ist somit nicht in den „ästhetischen Einschränkungen“ [7] durch die geringere Lichtdurchlässigkeit des Werkstoffs Zirkoniumoxid, sondern in den bereits beschriebenen unterschiedlichen anatomischen Voraussetzungen der Ausgangsbefunde zu suchen, wodurch eine ungünstige Form der klinischen Krone nicht zu vermeiden war.

Hinsichtlich Gewebeverträglichkeit und ästhetischen Ergebnisses (sowohl für objektive als auch subjektive Parameter) sind aus den Daten dieser Studie bei theoretisch gleichen anatomischen Hart- und Weichgewebsverhältnissen für beide untersuchten Materialien im Sechsmonatszeitraum ähnliche Resultate abzuleiten. Interessant wäre eine erneute Beurteilung nach etwa fünf bis zehn Jahren, wenn physiologischer Knochenabbau zu resultierender Gingivarezession geführt haben wird und Teile der Abutments sichtbar werden. Auch wäre auf Basis der jetzt vorliegenden Daten eine analoge Untersuchung im Frontzahnbereich denkbar und sinnvoll, da in dieser Region Aspekten wie Farbe und Transluzenz noch größere subjektive Bedeutung zukommt und die Rekonstruktionen dort für den Patienten auch optisch sehr viel besser kontrolliert und beurteilt werden könnten.

Die Schlussfolgerungen dieser Studie gelten nur hinsichtlich des hier untersuchten Kollektivs und können ohne erneute Evaluation nicht automatisch auf andere und/oder größere Kollektive übertragen werden.

## Schlussfolgerung

In der vorliegenden Studie lieferte das in der Routine-Patientenversorgung eingesetzte Material Zirkoniumdioxid als Werkstoff für Abutment und Gerüstköppchen von vollkeramischen Einzelzahnkronen auf Implantaten im Seitenzahnbereich für das vorliegende Untersuchungsintervall in Bezug auf periimplantäre klinische und röntgenologische Befunde, aber auch bei der objektiv-skalierten (Papillenindex nach *Jemt*) und sub-

In the subjective assessment of the overall aesthetic effect, the group with crowns on a zirconia base was rated slightly poorer both in the assessment by the dentist and from the patient's point of view. It is a known fact that zirconia ceramics exhibit a very light, white shade with a refractive index of 2.15 to 2.18, while alumina with a refractive index of 1.64 produces a shade that resembles ivory and therefore is more similar to the shade of a tooth [6]. The shade of the gingiva will only be very slightly impaired, however, because the opaque ceramic surface of the abutment is adequately covered by the gingiva due to the subgingival position of the neck of the abutment. The influence of the framework coping on the shade of the crown was also minimal due to the excellent masking effect of the veneer porcelain [9], as correct preparation ensured an adequate layer thickness of veneering porcelain. The reason for the less favourable effect is therefore not in the "aesthetic limitations" [7] due to the low translucency of the zirconia, but can be found in the different anatomical conditions of the initial situation mentioned above, which made it impossible to avoid an unfavourable shape of the clinical crown.

With regard to tissue tolerability and aesthetic outcome (both for objective and subjective parameters) similar results can be deduced from the data of this study with the same theoretical anatomical hard and soft tissue conditions for the two materials investigated in the six-month period. Re-assessment after about five to ten years would be of interest if physiological bone resorption has resulted in gingival recession and sections of the abutments become visible. A similar investigation in the anterior region would also be conceivable and practical based on the data now available, as aspects like shade and translucency have even greater subjective significance and the restorations can also be much more easily checked and evaluated optically in the anterior region by patients.

The conclusions of this study apply only with regard to the collective investigated in the study and cannot be automatically transferred to other and/or larger collectives without re-assessment.

## Conclusion

In the present study the zirconia, which is used as a material in routine patient treatment for the abutments and framework copings of all-ceramic single crowns on implants in the posterior region, produced similar results to the alumina group for the observation period with regard to peri-implantological clinical and radiological diagnosis as well as the objectively scaled (papilla according to *Jemt*) and subjective overall aesthetic effect. The alumina group was prepared analogous to the zirconia group.

## Acknowledgement

The study was supported by Nobel Biocare, Gothenburg, Sweden, who provided abutments and framework copings free of charge.

jektiven ästhetischen Gesamtbewertung Ergebnisse, die in der Größenordnung der analog behandelten Aluminiumoxidgruppe liegen.

### Acknowledgement

Die Studie wurde von der Firma Nobel Biocare, Göteborg, Schweden, durch kostenlose Bereitstellung von Abutments und Gerüstkappen unterstützt.

### Korrespondenzadresse

Dr. Mark Trautwein  
Poliklinik für zahnärztliche Prothetik  
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. H. Scheller)  
Universitätsklinikum der Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
Augustusplatz 2  
55131 Mainz  
Tel.: +49 6131 / 17-3062  
Fax: +49 6131 / 17-5517  
E-Mail: trautwein@prothetik.klinik.uni-mainz.de

### Literaturverzeichnis

1. Jahn M, d'Hoedt B: Zur Definition des Erfolges bei dentalen Implantaten. *Z Zahnärztl Implantol* 1992;8:221-226
2. Jemt T: Regeneration der Gingivapapillen nach Einzelzahn-Implantatversorgung. *Internat J Parodontol Rest Zahnheilk* 1997;17:307-313
3. Knode H, Sorensen J-A: Fracture strength of ceramic single tooth implant restorations. *J Dent Res* 1992; 71:115
4. Kunzelmann K-H, Pospiech P: Vollkeramik – eine Standortbestimmung. *Zahnheilkd Managem Kult* 2005;5:337-343
5. Naert I, Quirynen M, van Steenberghe D, Darius P: A six-year prosthodontic study of 509 consecutively inserted implants for the treatment of partial edentulism. *J Prosthet Dent* 1992;67: 236-245
6. Neugebauer J, Gehrke P, Karapetian VE, Schuler M, Severin RM, Zöller JE: Ästhetische Implantatversorgung mit Implantataufbauten. *ZWR* 2004;9: 403-409
7. Pröbster L, Groten M: Vollkeramische Restaurationssysteme für die zahnärztliche Praxis. *Ästhetische Zahnmedizin* 2006;3:8-15
8. Scarano A, Piattelli M, Caputi S, Favero GA, Piattelli A: Bacterial adhesion on commercially pure titanium and zirconium oxide disks: an in vivo human study. *J Periodontol* 2004;75:292-296
9. Vita Zahnfabrik GmbH: Vita VM9, Verarbeitungsanleitung. Bad Säckingen, Vita Zahnfabrik GmbH 2003
10. Wolf HF: Parodontologie. Stuttgart, Thieme Verlag 2004
11. Zahran M, El-Mowafy O, Watson P, Finer Y: Bruchfestigkeit und Ermüdungsresistenz von CAD/CAM-produzierten Reinkeramikronen im Molarenbereich. *J Prosthodont* 2008;17: 370-377