

Eric André Noack¹, Peter Gehrke²

Überlebens- und Komplikationsraten von implantatgetragenen CAD/CAM-Einzelkronen aus Lithiumdisilikat

Survival and complication rates of implant-supported CAD/CAM lithium-disilicate single crowns

Warum Sie diesen Beitrag lesen sollten? / Why should you read this article?

Aufgrund ihrer guten mechanischen Eigenschaften werden CAD/CAM gefertigte Lithiumdisilikat-Glaskeramikkronen zunehmend zur prothetischen Versorgung von Implantaten eingesetzt. Die vorliegende klinisch-retrospektive Untersuchung zeigt nach einer mittleren Beobachtungszeit von 3 ½ Jahren, dass Lithiumdisilikat-Kronen vergleichbar niedrige Verlust- und Komplikationsraten aufweisen, wie andere Vollkeramikrekonstruktionen auf Einzelimplantaten. / Due to their good mechanical properties CAD/CAM-fabricated lithium-disilicate glass-ceramic crowns are in increasing use for implant-supported prosthetic restorations. The following clinical retrospective study showed that lithium-disilicate crowns have comparably lower failure and complication rates than other all-ceramic restorations on single implants after a mean observation time of 3 ½ years.

Einführung: Neuere digitale Technologien erlauben die Herstellung von CAD/CAM-gefertigten Lithiumdisilikat-Kronen auf Zähnen und Implantaten. Inwieweit das CAD/CAM-Verfahren einen Einfluss auf die klinischen Komplikationsraten vollkeramischer, implantatgetragener Restaurationen hat, kann aufgrund der geringen Datenlage nicht abschließend beurteilt werden. Ziel der retrospektiven Studie war daher die Analyse der Überlebensraten sowie technischer und biologischer Komplikationen von CAD/CAM Lithiumdisilikat-Einzelkronen auf Implantaten.

Material und Methode: Retrospektive Auswertung der Daten von 91 Patienten (58 weiblich, 33 männlich), die 192 Implantate erhielten und nach einer mittleren Einheilzeit von 3,86 Monaten auf Titanabutments mit adhäsiv befestigten Kronen aus Lithiumdisilikat versorgt wurden.

Ergebnisse: Nach durchschnittlich 45,8 Monaten konnte eine Implantatüberlebensrate von 99,5 % ermittelt werden. Technische Komplikationen traten in Form von Lockerungen der Aufbauschraube, Abutmentfrakturen, Chipping der Keramik und Retentionsverlusten der Krone auf. Eine Periimplantitis wurde als biologische Komplikation bei 8 Patienten beobachtet. Bei insgesamt 11 Kronenverlusten betrug die kumulative Überlebensrate der Suprakonstruktion nach einem mittleren Beobachtungszeitraum von 41,9 Monaten 94,3 %. Die Verluste der Suprakonstruktion waren bedingt durch die Lockerung der Aufbauschraube (n = 4), Abutmentfrakturen (n = 3), Kronenfrakturen (n = 2), Entfernung wegen einer Planungsänderung (n = 1) und Periimplantitis (n = 1). Die Er-

Introduction: New digital technologies facilitate the fabrication of CAD/CAM lithium disilicate crowns on teeth and implants. Due to the limited data available only little is known about the influence of the CAD/CAM process on the clinical complication rate of all-ceramic implant restorations. The aim of this cohort study was to retrospectively analyze the survival and the technical/biological complication rates of implant-supported fixed lithium disilicate ceramic single crowns, milled using a CAD/CAM system, and cemented on titanium-abutments.

Material and Method: One hundred and ninety-two implants were placed in 91 patients (58 female and 33 male) and provided with single crowns after a mean healing period of 3.86 months.

Results: After a mean of 45.8 months, implant survival rate was 99.5 %. Within the observation period of seven years the cumulative success rate and the cumulative survival rate of the prosthetic superstructure was 87.5 % and 94.3 % after a mean of 41.9 months, respectively. Loss of single crowns was recorded in 11 cases, of which 10 were caused by technical reasons. Four crowns were lost due to loosening of the abutment screw, and 3 were lost due to the actual abutment fracturing. Two more were lost because the entire crown fractured/major chipping at the crown margin and one crown had to be removed because of a prosthetic schedule change. Periimplantitis as a biological complication was recorded in 8 cases, from which one implant/single

¹ Zahnärztliche Gemeinschaftspraxis, Göttingen

² Praxis Prof. Dr. Dohm & Partner, Ludwigshafen

¹ Dental Group Practice, Göttingen, Germany

² Practice Prof. Dr. Dohm & Partner, Ludwigshafen, Germany

folgsrate der prothetischen Versorgung betrug bei 16 technischen und 8 biologischen Komplikationen ($n = 24$) 87,5 %.

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass CAD/CAM-gefertigte Kronen aus Lithiumdisilikat eine zuverlässige Therapiealternative in der Implantatprothetik sein können.

Schlüsselwörter: *implantatgetragene CAD/CAM-Kronen; Lithiumdisilikat; Titanabutments; prothetische Komplikationen*

Zitierweise: Noack EA, Gehrke P: Überlebens- und Komplikationsraten von implantatgetragenen CAD/CAM-Einzelkronen aus Lithiumdisilikat. *Z Zahnärztl Implantol* 2016; 32: 202–213
DOI 10.3238/ZZI.2016.0202–0213

Einleitung und Fragestellung

Die Implantologie gewinnt im Rahmen der zahnärztlichen Tätigkeit aufgrund ihrer vielfältigen Vorteile immer stärker an Bedeutung. Zahnimplantate dienen dem Ersatz von verloren gegangenen Zähnen und somit der Wiederherstellung der Kaufunktion und Ästhetik. Die klassische Indikation für Implantate umfasst die Versorgung zahnloser und teilbezahnter Kiefer und Einzelzahnücken [2]. Einzelkronen auf Implantaten weisen ähnlich hohe Überlebensraten wie das Implantat selbst auf [13]. Die Überlebensrate von Einzelimplantaten beträgt nach fünf Jahren über 96,0 % [27] und nach 10 Jahren noch 94,9 % [1]. Die Versorgung von Einzelzahnücken im Front- und Seitenzahnbereich mit Einzelimplantaten hat sich aufgrund dieser guten Langzeitergebnisse als geeignete Alternative zum konventionellen Brückenersatz bewährt. Metallkeramikronen weisen aktuellen Reviews zufolge noch nach 10 Jahren hohe Überlebensraten von 89,4 % auf und gelten daher noch immer als Goldstandard bei der Versorgung von Einzelimplantaten [13, 15, 23]. Innovative Technologien (z.B. Computer-Aided-Design/Computer-Aided-Manufacturing, CAD/CAM) haben mittlerweile einen festen Platz in der Zahnmedizin und ermöglichen vorhersehbare und hochwertige Versorgungen [6, 17]. So ermöglicht auch das CAD/CAM-System CEREC 3D (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Deutschland) die Herstellung von vollkeramischen Implantatkronen seit der Markteinführung der IPS e.max.CAD Keramik (Ivoclar Vivadent GmbH, Ellwangen, Deutschland) im Jahre 2007. CEREC 3D vereinfacht und beschleunigt die Herstellung von keramischen Inlays, Onlays, Veneers, Teilkronen und Kronen für Front- und Seitenzähne und ermöglicht die Patientenversorgung in einer einzigen Sitzung [18]. Die Praxistauglichkeit der CEREC-Methode wird durch die hohen Erfolgsraten in der Literatur bestätigt [24, 25].

Neben den bewährten metallkeramischen Versorgungen haben in den letzten Jahren daher auch Kronen aus Vollkeramik an Bedeutung gewonnen. Unter anderem werden auch die IPS e.max.CAD Lithiumdisilikat-Glaskeramiken aufgrund ihrer guten mechanischen Eigenschaften zunehmend zur prothetischen Versorgung von Implantaten eingesetzt. Die für den Schleifprozess im CEREC-System verwendeten IPS e.max CAD-Blöcke werden im Gieß-Pressverfahren, einem glastechnischen Verfahrensweg hergestellt. Die durch die Teilkristallisation entstehenden Lithiummetasilikatkristalle (Li_2SiO_3) verleihen dem Werkstoff eine gute Formbarkeit und gleichzeitig eine relativ

crown had to be removed due to major inflammation.

Conclusion: Based on the promising results of the study, CAD/CAM lithium disilicate ceramic single crowns are a valuable restorative alternative in implant therapy.

Keywords: *Implant-supported CAD/CAM crowns; lithium disilicate; titanium abutments; prosthetic complications*

Cite as: Noack EA, Gehrke P: Survival and complication rates of implant-supported CAD/CAM lithium-disilicate single crowns. *Z Zahnärztl Implantol* 2016; 32: 202–213

DOI 10.3238/ZZI.2016.0202–0213

Introduction and problem

Implantology is becoming increasingly important in dental treatment due to its various advantages. Dental implants are used for replacing lost teeth and thus restoring the masticatory function and esthetics. The standard indication for implants includes treatment of edentulous and partially edentulous jaws and single-tooth gaps [2]. Single crowns on implants have a similarly high survival rate to the actual implant [13]. The survival rate of single implants after five years is over 96.0 % [27] and still 94.9 % after 10 years [1]. Based on these good long-term results, restoration of single-tooth gaps in the anterior and posterior region using single implants has proven to be a suitable alternative to conventional bridges restorations. According to current reviews PFM crowns have high survival rates of 89.4 % after 10 years and are therefore still the gold standard in the treatment of single implants [13, 15, 23]. Innovative technologies (e.g. Computer-Aided-Design/Computer-Aided-Manufacturing, CAD/CAM) have now become firmly established in dentistry and enable predictable, high-quality restorations [6, 17]. Following the market launch of IPS e.max. CAD ceramic (Ivoclar Vivadent GmbH, Ellwangen, Germany) in 2007, the CEREC 3D (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Germany) CAD/CAM system also allows fabrication of all-ceramic implant crowns. CEREC 3D simplifies and accelerates fabrication of ceramic inlays, onlays, veneers, partial crowns and crowns for anterior and posterior teeth and enables patient treatment in a single session [18]. The high success rates in the literature confirm the practical feasibility of the CEREC method [24, 25].

In addition to the proven PFM restorations, therefore, all-ceramic crowns have also gained in importance in recent years. IPS e.max CAD lithium-disilicate glass-ceramics, among others, are also increasingly used for prosthetic treatment of implants thanks to their good mechanical properties. The IPS e.max CAD blocks used for the grinding process in the CEREC system are manufactured in the casting-press process, a glass technology process. The lithium metasilicate crystals (Li_2SiO_3) created by partial crystallization give the material good malleability with simultaneous relatively good strength and edge stability. The partially crystallized state gives the material a characteristic blue color (Fig. 1, 2). The grain size of the plate-shaped crystals is in the range of 0.2–1.0 μm . After contouring the crown in the CAD/CAM system, the restorations are tempered and lithium



Abbildung 1 Teilkristallisierte Blöcke
Figure 1 Partially crystallized blocks

gute Festigkeit und Kantenstabilität. Der teilkristallisierte Zustand bedingt eine charakteristische blaue Farbe des Werkstoffs (Abb. 1, 2). Die Korngröße der plättchenförmigen Kristalle liegt im Bereich von 0,2–1,0 µm. Nach der Formgebung der Krone im CAD/CAM-System werden die Restaurationen getempert und es bilden sich Lithiumdisilikat-Kristalle ($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) aus, die der Krone die definitive Farbe und die gewünschte hohe Festigkeit verleihen (Abb. 3) [7]. Das Gefüge des endkristallisierten e.max CAD besteht aus ca. 70,0 % feinkörnigen Lithiumdisilikat-Kristallen, die in eine Glasmatrix eingebettet sind.

Nach dem Schleifen der vollen anatomischen Restaurationen mit einem CAD/CAM-System wird die Sofortglasur IPS e.max CAD Crystall/Glaze aufgetragen und anschließend in einem Dentalofen gleichzeitig kristallisiert und glasiert. Die Glasur kann als Paste mit einem Pinsel aufgetragen oder in einem rascheren Arbeitsgang als Spray aufgesprüht werden. Beim kombinierten Glasur- und Kristallisationsbrand bildet sich ein guter Verbund zwischen der Glasurschicht und der Lithiumdisilikat-Glaskeramik aus. Der Übergang ist blasen- und rissfrei (Abb. 6). Klinische Studien zur Anwendung von CAD/CAM-gefertigten Lithiumdisilikat-Glaskeramikkronen auf Implantaten gab es zum Zeitpunkt der Markteinführung des e.max.CAD Keramiksystems noch nicht. Inwieweit die Herstellungstechnik mittels CAD/CAM-Verfahren einen Einfluss auf die klinischen Komplikationsraten vollkeramischer, implantatgetragener Restaurationen hat, konnte aufgrund der spärlichen Datenlage bis dato nicht abschließend beurteilt werden [10].

Daher wurde in der vorliegenden Untersuchung die Überlebensrate von CAD/CAM gefertigten Lithiumdisilikat-Glaskeramikkronen unter Berücksichtigung von technischen und biologischen Komplikationen über einen klinischen Beobachtungszeitraum von 7 Jahren ermittelt und ausgewertet. Die Nullhypothese der Untersuchung lautete, dass zwischen Lithiumdisilikat-Glaskeramikkronen und anderen vollkeramischen Systemen keine Unterschiede bezüglich der Komplikations- und Überlebensraten bestehen.

Material und Methoden

Im Zeitraum von November 2007 bis März 2014 wurden 91 Patienten (58 Frauen und 33 Männer) in einem mittleren Alter von 49,6 Jahren in eigener Zahnarztpraxis durch den gleichen Operateur mit 192 Implantaten versorgt. Der jüngste Patient war 18



Abbildung 2 Krone im teilkristallisierten Zustand
Figure 2 Partially crystallized crown

disilikate crystals ($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) form, which give the crown its final shade and required high strength (Fig. 3) [7]. The structure of the fully crystallized e.max CAD comprises approx. 70.0% fine-grain lithium-disilicate crystals embedded in a glass matrix.

After grinding the fully anatomical restorations in a CAD/CAM system, the instant glaze IPS e.max CAD Crystall/Glaze is applied and the restoration is then simultaneously crystallized and glazed in a dental furnace. The glaze can be applied as a paste using a brush or sprayed on in a quicker working process. A good bond forms between the glaze layer and lithium-disilicate ceramic. The transition has no bubbles or cracks (Fig. 6). Clinical studies on the use of CAD/CAM fabricated glass-ceramic crowns on implants were not yet available at the time of the market launch of the e.max CAD ceramic system. To what extent the fabrication technique using CAD/CAM procedures influences the clinical complication rate of all-ceramic, implant-supported restorations could not be finally assessed to date due to the sparsity of data [10].

Therefore, in the present study the survival rate of CAD/CAM fabricated lithium-disilicate glass-ceramic crowns was determined and analyzed over a clinical observation period of 7 years, taking into consideration technical and biological complications. The null hypothesis of the study is that there are no differences between the complication and survival rates of lithium-disilicate glass-ceramic crowns and other all-ceramic systems.

Material and methods

Ninety-one patients (58 female and 33 male) with a mean age of 49.6 years were treated in a dental practice with 192 implants by the same operator in the period from November 2007 to March 2014. The youngest patient was 18 years-of-age while the oldest was 82 years-of-age. Of the 192 implants fitted in the study 169 were Xive implants and 23 were Ankylos implants from Dentsply Implants GmbH (Mannheim, Germany). The Ankylos implants were placed subcrestally and the Xive implants were placed crestally based on the tissue care concept in accordance with manufacturer's instructions. The standard healing time in the mandible was 8 weeks and 12 weeks in the maxilla. With augmentation procedures the healing time was extended by 4 to 8 weeks respectively, depending on the

**Abbildung 3** Krone im Endzustand**Figure 3** Finished crown

Jahre alt, während der älteste Patient 82 Jahre alt war. Bei den in der Studie eingesetzten 192 Implantaten handelte es sich um 169 Xive- und 23 Ankylos-Implantate der Firma Dentsply Implants GmbH (Mannheim, Deutschland). Die Ankylos-Implantate wurden auf Grundlage des Tissue Care Konzeptes laut Herstellerangaben subkrestal und die Xive-Implantate krestal platziert. Die Standard-Einheitszeit betrug im Unterkiefer 8 und im Oberkiefer 12 Wochen. Bei Augmentationen verlängerte sich die Einheitszeit jeweils um 4 bis 8 Wochen, je nach Umfang der Augmentation. Die Implantatabformung erfolgte in offener Abformtechnik mit den systemspezifischen Abformpfosten (Abb. 5). Am einartikulierten Modell wurden mit den Modellimplantaten in situ die benötigte Angulation und die gewünschte Gingivahöhe der Prothetikaufbauten bestimmt. Dazu kamen vorwiegend die systemspezifischen konfektionierten Titanabutments EstheticBase bei Xive- und Regular X bei Ankylos-Implantaten zum Einsatz. Am häufigsten wurden EstheticBase A0-Abutments verwendet.

Im Labor erfolgte die für die Aufnahme der Vollkeramikronen notwendige marginale Stufenpräparation der Titanabutments. Der anschließende Scanvorgang des Implantatmodells und des Bissregistrats wurde mit der Aufnahmeeinheit des Cerec 3D-Systems unter Einsatz von CEREC Powder, einem weißen Kontrastpulver der Firma Vita (Bad Säckingen, Deutschland) durchgeführt. Am virtuellen Modell wurde die Implantatkrone unter Berücksichtigung des Antagonisten in den üblichen Konstruktionsschritten des Cerec-Systems konstruiert (Abb. 6, 7). Anschließend wurden die teilkristallisierten IPS e.max CAD Blöcke mit der Cerec MC XL Schleifeinheit beschliffen. Nach Fertigstellung wurden die Kronen auf das Abutment aufgespasst und die Okklusion im Artikulator überprüft und optimiert. Danach erfolgte die farbliche Charakterisierung der Kronen mit Keramikpasten, Malfarben und Glasuren. Nach dem Kristallisationsbrand in einem kalibrierten Hochtemperaturofen (Programat CS, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) erhielten die Kronen ihre endgültigen Farb- und Materialeigenschaften (Abb. 8, 9). Nach der Einprobe am Patienten wurde das Abutment mit dem systemspezifischen Drehmoment (Xive 24 Ncm, Ankylos 15 Ncm) im Implantat verschraubt. Die Klebefläche der Implantatkronen wurde mit Flußsäure (Ivoclar Vivadent) konditioniert und anschließend mit Monobond S silanisiert (Ivoclar Vivadent). Zur Befestigung der Kronen auf den Abutments wurde in 162 Fällen (84,0 %) ein selbstadhäsiver Befestigungszement (RelyX Unicem, 3M Espe, Neuss, Deutschland) verwendet. In 5 Fällen (2,6 %) kam Glasio-

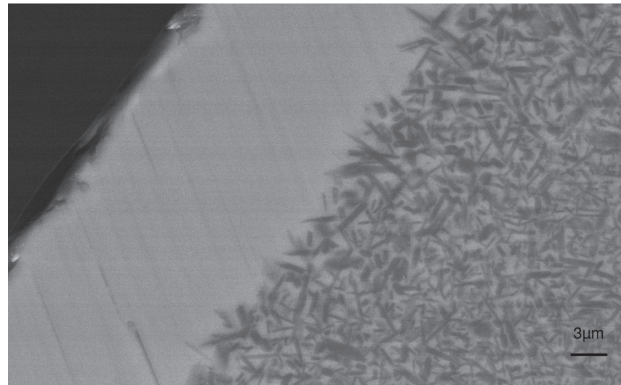
**Abbildung 4** Grenzfläche zwischen der Sofortglasur IPS e.max CAD Crystal/Glaze und dem Grundmaterial IPS e.max CAD. (REM-Bild; Probe poliert)**Figure 4** Interface between IPS e.max CAD Crystal/Instant Glaze and the IPS e.max CAD core material (SEM image; polished sample)

Abbildung 1-4: Mit freundlicher Unterstützung der Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein / Figure 1-4: Courtesy of Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein

amount of augmentation. The open impression technique with system-specific impression posts was used for taking impressions of the implants (Fig. 5). The required angulation and desired gingival height of the prosthetic abutments were determined on the articulated model with the implant analogs in situ. The system-specific, prefabricated titanium abutments EstheticBase were mainly used with Xive implants and Regular X with Ankylos implants. EstheticBase A0 abutments were most frequently used.

The required marginal shoulder for fitting the all-ceramic crown was prepared on the titanium abutments in the laboratory. The implant model and bite registration were then scanned with the Cerec 3D system acquisition unit using CEREC powder, a white contrast powder from Vita (Bad Säckingen, Germany). The implant crowns were designed on the virtual model in the usual design stages of the Cerec system taking the opposing dentition into account (Fig. 6, 7). Partially crystallized IPS e.max blocks were then trimmed using the Cerec MC XL milling machine. After fabrication, the crowns were fitted on the abutments and the occlusion checked and optimized in the articulator. Special shade effects were then added to the crowns using ceramic pastes, stains and glazes. The crowns obtained their final shade and material properties following crystallization firing in a calibrated high-temperature furnace (Programat CS, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) (Fig. 8, 9). After intraoral try-in, the abutment was screw retained in the implant using the system-specific torque (Xive 24 Ncm, Ankylos 15 Ncm). The adhesive surfaces of the implant crowns were conditioned using hydrofluoric acid (Ivoclar Vivadent) and then silanized using Monobond S (Ivoclar Vivadent). A self-adhesive luting cement (RelyX Unicem, 3M Espe, Neuss, Germany) was used for cementing the crowns onto the abutments in 162 cases (84.0 %). In 5 cases (2.6 %) a glass ionomer cement (Ketac Cem, 3M Espe), in 22 cases (11.5 %) composite (Variolink 2, Ivoclar Vivadent) and in 3 cases (1.5 %) composite cement (Multilink Automix, Ivoclar Vivadent) was used.

Statistical analysis of the results was completed using the STATISTICA 9.1 program (StatSoft Inc., Tulsa, USA). The pres-

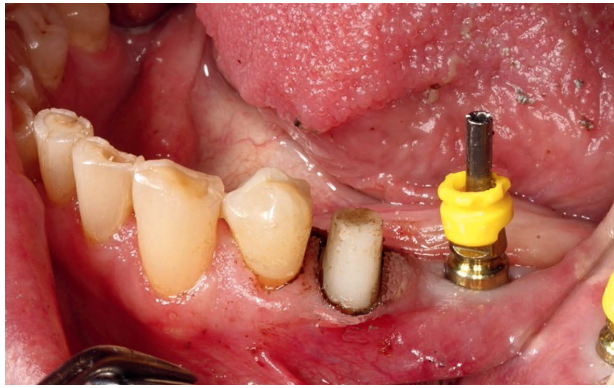


Abbildung 5 Implantat mit eingeschraubtem Abdruckpfosten zur offenen Abformtechnik

Figure 5 Implant with screw-retained impression posts for the open impression technique

nomerzement (Ketac Cem, 3M Espe), in 22 Fällen (11,5 %) Komposit (Variolink 2, Ivoclar Vivadent) und in 3 Fällen (1,5 %) Kompositzement (Multilink Automix, Ivoclar Vivadent) zum Einsatz.

Die statistische Analyse der Ergebnisse erfolgte mit dem Programm STATISTICA 9.1 (StatSoft Inc., Tulsa, USA). Es handelte sich im vorliegenden Fall um unvollständige Beobachtungen und somit um die Analyse von zensierten Daten, da unbekannt war, inwieweit das Zielereignis „Kronenverlust“ nach der Beobachtungsperiode eingetreten sein könnte. Die Untersuchung stützte sich somit auf die Darstellung der Überlebensrate der Suprakonstruktionen, die dadurch definiert war, dass der Eintritt des Zielereignisses während der Beobachtungszeit noch nicht erfolgt war. Zu diesem Zweck wurde zur Analyse das Kaplan-Meier-Verfahren eingesetzt, welches die Überlebensrate als Funktion der Überlebenszeit darstellt [14]. Der Vergleich der Verteilung von Überlebensraten zwischen unabhängigen Stichproben (z.B. in Gruppen mit unterschiedlichen Implantattypen) wurde mit Hilfe des Log-Rank-Tests durchgeführt [19]. Als weitere statistische Verfahren kamen der Chi²-Test (exakter Fisher-Test) sowie die Cox-Regression zum Einsatz.

Ergebnisse

Die meisten Patienten wurden mit einem Einzelimplantat versorgt (n = 40). Bei 23 Patienten wurden 2 Implantate eingesetzt, 15 Patienten wurden mit 3, 7 Patienten mit 4 und einem Patienten mit 8 Implantaten versorgt. Um die unabhängige Variable „Alter“ als Einflussfaktor darstellen und berechnen zu können, wurden 2 Altersgruppen gebildet. Es wurde zwischen Probanden unterschieden, die ≤ 55 (n = 57) und Probanden, die > 55 (n = 34) Jahre alt waren. Es wurden 98 Kronen in der Altersgruppe ≤ 55 Jahre und 94 Kronen in der Altersgruppe > 55 Jahre eingesetzt. Von den insgesamt 192 Kronen erhielten weibliche Probanden 129 und männliche Probanden 63 Kronen. Bei 18 der insgesamt 91 Probanden wurde während oder vor der Implantatbehandlung eine Schienentherapie aufgrund einer CMD-Symptomatik durchgeführt. Am häufigsten wurden Implantate sowohl im Ober-, als auch im Unterkiefer im Seitenzahnbereich und dort v.a. im Bereich der ersten Molaren eingesetzt. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Häufigkeitsverteilung in Abhän-

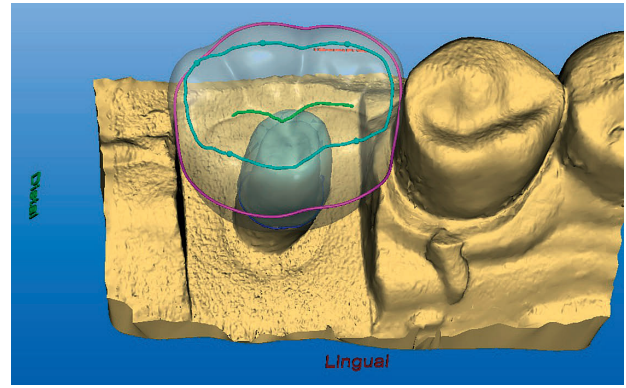


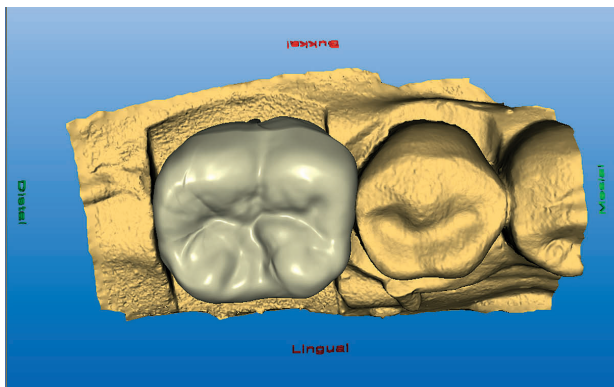
Abbildung 6 Bildschirmansicht der Kronekonstruktion

Figure 6 Screen view of the crown outline

ent study is an incomplete observation and therefore the analysis of censored data, as it was unknown to what extent the target event “crown failure” could have occurred after the observation period. The investigation was therefore based on presentation of the survival rate of the superstructures, which was defined by the fact that the target event had not yet occurred during the observation period. The Kaplan-Meier method was used for this purpose, which presents the survival rate as a function of the survival time [14]. Comparison of the distribution of the survival rates between independent samples (e.g. in groups with different types of implants) was completed using the log-rank test [19]. The Chi² test (exact Fisher test) and Cox regression were used as further statistical methods.

Results

The majority of patients were treated with single implants (n = 40). Two implants were placed with 23 patients, 15 patients were treated with 3 implants, 7 patients with 4 and one patient with 8 implants. Two age groups were formed to present and calculate the independent variable “age” as an influencing factor. A differentiation was made between subjects who were ≤ 55 (n = 57) years-of-age and subjects who were > 55 (n = 34) years-of-age. Ninety-eight crowns were fitted in the ≤ 55-year age group and 94 crowns in the > 55-year age group. Female subjects received 129 of a total of 192 crowns and male subjects 63 crowns. In the case of 18 of 91 subjects in total splint therapy was completed due to a CMD symptom during or before implant treatment. Implants were most commonly placed both in the maxilla and mandible in the posterior region, primarily in the area of the first molar. Table 1 gives an overview of the frequency distribution according to localization of the implants. All implant restorations had contact in the sense of a fixed dentition. After a mean observation period of 41.9 months, 181 of the 192 crowns were still in situ, corresponding to a cumulative survival rate of 94.3 %. A total of 24 complications were recorded in the observation period, of which 16 were technical and 8 biological in nature. There were 3 cases of chipping of the crowns in the 16 technical complications (1× minor chipping and 2× major chipping). Abutment

**Abbildung 7** Bildschirmansicht der konstruierten Krone**Figure 7** Screen view of the designed crown**Abbildung 8** Fertige Krone nach Mal- und Kristallisationsbrand auf dem Modell**Figure 8** Finished crown on the model after staining and crystallization firing

gigkeit von der Lokalisation der Implantate. Im Gegenkiefer hatten alle Implantatversorgungen einen antagonistischen Kontakt im Sinne einer festen Bezahnung. Nach einem mittleren Beobachtungszeitraum von 41,9 Monaten waren von den 192 Kronen noch 181 in situ, was einer kumulativen Überlebensrate von 94,3 % entspricht. Insgesamt wurden im Beobachtungszeitraum 24 Komplikationen ermittelt, von welchen 16 technischer und 8 biologischer Natur waren. Unter den 16 technischen Komplikationen kam es in 3 Fällen zum Chipping der Kronen (1× Minorchipping und 2× Majorchipping). Dreimal kam es zu einer Abutmentfraktur, neunmal zu einer Schraubenlockerung und einmal zu einem Retentionsverlust der Krone (Abb. 10). Zehn der 16 technischen Komplikationen führten in der Folge zu einem Verlust der Suprakonstruktion. Dabei handelte es sich in 4 Fällen (40,0 %) um Lockerungen der Abutmentschraube, in 3 Fällen um eine Abutmentfraktur (30,0 %) und in 2 Fällen um ein Majorchipping, das sich in einem Fall in einer Fraktur der kompletten Krone (10,0 %) und im anderen Fall in einer Fraktur am Kronenrand (10,0 %) äußerte. Beim Majorchipping war die Neuherstellung der Krone notwendig, während bei dem Minorchipping die Krone in situ verbleiben konnte, da eine Begradigung und Politur des Frakturbereichs möglich waren. Bei einem weiteren Fall musste die Krone aufgrund einer prothetischen Neuplanung entfernt werden (10,0 %). In 8 Fällen trat als biologische Komplikation eine Periimplantitis auf, die in einem Patientenfall dazu führte, dass ein Implantat 69 Monate nach Insertion nicht mehr erhalten werden konnte und entfernt werden musste. Der Verlust des Implantats hatte zwangsläufig auch den Verlust der Krone zur Folge. Die Implantatüberlebensrate betrug bei Verlust eines Implantats nach einer mittleren Liegedauer von 45,8 Monaten 99,5 %. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Entstehung einer Periimplantitis und einer vorherigen Parodontalerkrankung konnte dabei nicht festgestellt werden ($p = 0,69$). Mittels einer univariablen Analyse wurde zunächst jede unabhängige Variable hinsichtlich ihres Einflusses auf die Überlebensrate der Suprakonstruktionen untersucht. Bei den männlichen Patienten gingen von den insgesamt 63 Kronen im Beobachtungszeitraum 2 Kronen (3,2 %) verloren. Bei den weiblichen Probandinnen waren bei 129 Kronen 9 Verluste (7,0 %) zu verzeichnen. Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede konnten

fracture occurred three times; screw loosening nine times and loss of retention of the crown occurred once (Fig. 10). Ten of the 16 technical complications subsequently resulted in failure of the superstructure. In 4 cases (40.0 %) it involved loosening of the abutment screw, in 3 cases abutment fracture (30.0 %) and in 2 cases major chipping, which manifested itself in one case in fracture of the complete crown (10.0 %) and in the other case in a fracture of the crown margin (10.0 %). It was necessary to remake the crown in the case of major chipping, while with minor chipping the crown could be left in situ, as it was possible to level and polish the fracture area. In another case the crown had to be removed because of prosthetic replanning (10.0 %). In 8 cases peri-implantitis occurred as a biological complication, which in one patient case resulted in the situation that one implant could no longer be preserved 69 months after implant placement and had to be removed. Failure of the implant automatically resulted in failure of the crown. The implant survival rate with failure of an implant after a mean time in situ of 45.8 months was 99.5 %. A statistically significant correlation between the development of peri-implantitis and a previous periodontal disease could not be ascertained ($p = 0.69$). First, every independent variable was investigated with regard to its influence on the survival rate of the superstructure using a univariablen analysis. Two crowns (3.2 %) from a total of 63 crowns failed in the observation period in the case of male patients. Nine failures (7.0 %) from 129 crowns were recorded in the case of female patients. Significant gender-dependent differences could not be determined ($p = 0.51$). The age and localization (maxilla or mandible) also had no significant influence ($p = 0.37$; $p = 1.00$) on the survival rate of the superstructures. A functional disorder that required treatment also had no significant influence on the survival rate of the crowns ($p = 0.43$). In contrast, the type of implant had a statistically significant influence on the survival rate of the superstructure ($p = 0.029$). Xive implants were only affected by 4.1 % (7 of 169) of crown failures, while Ankylos implants by 17.4 % (4 of 23). Comparison of the crown survival rates of the two types of implants using the Kaplan-Meier method also provided significant differences ($p = 0.021$) (Fig. 11). Those factors which had a statistically significant influence on the survival rate of the crowns in the univariablen

Lokalisation	Front	Seite	Zeilensumme	Front %	Seite %	Zeilensumme
Localization	Anterior	Posterior	Row total	Anterior %	Posterior %	Row total
Oberkiefer	33	87	120	37,9	62,1	100,0
Maxilla	33	87	120	37.9	62.1	100.0
Unterkiefer	2	70	72	2,9	97,1	100,0
Mandible	2	70	72	2.9	97.1	100.0
Gesamt	35	157	192	22,3	77,7	100,0
Total	35	157	192	22.3	77.7	100.0

Tabelle 1 Verteilung der Implantate nach prothetischer Position**Table 1** Distribution of implants according to prosthetic position

nicht ermittelt werden ($p = 0,51$). Auch das Alter und die Lokalisation (Ober-, oder Unterkiefer) hatten auf die Überlebensrate der Suprakonstruktionen keinen signifikanten Einfluss ($p = 0,37$; $p = 1,00$). Eine behandlungsbedürftige funktionelle Störung hatte ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf die Überlebensrate der Kronen ($p = 0,43$). Der Implantattyp hatte hingegen einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Überlebensrate der Suprakonstruktion ($p = 0,029$). Xive-Implantate waren zu lediglich 4,1 % (7 von 169) von Kronenverlusten betroffen, Ankylos-Implantate dagegen zu 17,4 % (4 von 23). Auch der Vergleich der Kronenüberlebensraten der beiden Implantattypen mittels des Kaplan-Meier-Verfahrens lieferte statistisch signifikante Unterschiede ($p = 0,021$) (Abb. 11). Mittels einer multifaktoriellen Korrelationsanalyse wurden diejenigen Faktoren in die Auswertung einbezogen, die bei der univariaten Analyse einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Überlebensrate der Kronen hatten. Diese Berechnung wurde durchgeführt, um den Einfluss weiterer unabhängiger Variablen, bzw. ihre Interaktion als Störgröße auszuschließen. In die Analyse wurden die Einflussfaktoren Implantattyp und Schraubenlockerung einbezogen. Als statistisch signifikant erwies sich dabei nur die Schraubenlockerung ($p < 0,0001$) (Abb. 12). Fälle mit einer Lockerung der Abutmentschraube wiesen ein 25-faches Risiko für einen Kronenverlust auf (Tab. 2).

Diskussion

Überlebensraten

In der vorliegenden Studie traten innerhalb des siebenjährigen Beobachtungszeitraums bei einer mittleren Liegedauer der Kronen von 41,9 Monaten 11 Kronenverluste auf, was einer durchschnittlichen kumulativen Überlebensrate von 94,3 % entspricht. In einer Studie von Fabbri et al. wurden 45 monolithisch laborseitig erstellte Kronen aus lithiumdisilikat-verstärkter Glaskeramik auf natürlichen Zähnen und Implantaten nachuntersucht [5]. In der Untersuchung konnten hohe kumulative Überlebensraten der Restaurationen von

analysis were included in the analysis by means of a multifactorial correlation analysis. This calculation was performed to exclude the influence of other independent variables and their interaction as disturbance variables. The influencing factors implant type and screw loosening were included in the analysis. Only the screw loosening proved statistically significant ($p < 0.0001$) (Fig. 12). Cases involving loosening of the abutment screw had a 25 times greater risk of crown failure (Tab. 2).

Discussion

Survival rates

In the present study, 11 crowns failed with a mean time in situ of 41.9 months within the seven-year observation period, which corresponds to an average cumulative survival rate of 94.3 %. In a study by Fabbri et al. 45 monolithic, lithium-disilicate glass-ceramic crowns fabricated in the laboratory were examined on natural teeth and implants [5]. A high cumulative survival rate of the restorations of 95.5–100.0 % was recorded in the study. A high cumulative survival rate of superstructures of 98.2 % was also observed in a retrospective long-term study by Simeone and Gracis into ceramic-veneered lithium-disilicate crowns on natural teeth [30]. A systematic review documented outstanding short-term results for crowns fabricated using lithium-disilicate reinforced ceramic on natural teeth. Findings on the long-term behavior of the restorations are not yet available [20]. The results of the prosthetic survival rate in the present study were lower compared with those of investigations by Fabbri et al., and Simeone and Gracis [5, 30]. The mean clinical follow-up in the first-mentioned study with 36 months, however, was shorter than that in the present study. The study by Simeone und Gracis was also carried out with natural teeth and not with implants and the study by Fabbri et al. was on natural teeth and implants. The cumulative survival rates of both studies could therefore only be compared with the present results to a limited extent.

Slightly higher survival rates than the present study were also given in various reviews [11, 12, 21, 26, 27, 34]. In a sys-

Unabhängige Variablen	t-Wert	Wald-Statistik	p	Rel. Risiko	95%-KI
<i>Independent variables</i>	<i>t-value</i>	<i>Wald statistic</i>	<i>p</i>	<i>Rel. risk</i>	<i>95% CI</i>
Implantattyp	1,0	1,1	0,295	2,10	0,5–8,5
<i>Implant type</i>	<i>1.0</i>	<i>1.1</i>	<i>0.295</i>	<i>2.10</i>	<i>0.5–8.5</i>
Abutmentlockerung	4,8	22,8	0,000	25,36	6,7–95,7
<i>Abutment loosening</i>	<i>4.8</i>	<i>22.8</i>	<i>0.000</i>	<i>25.36</i>	<i>6.7–95.7</i>

Tabelle 2 Verlustrisiko der Suprakonstruktion in Abhängigkeit vom Implantattyp/der Abutmentlockerung**Table 2** Failure risk of superstructures according to implant type/abutment loosening

Tabelle 1–2: Eric André Noack

95,5–100,0 % ermittelt werden. In einer retrospektiven Langzeituntersuchung von Simeone und Gracis zu keramikverblendeten Lithiumdisilikatkronen auf natürlichen Zähnen konnten ebenfalls hohe kumulative Überlebensraten der Suprakonstruktionen von 98,2 % beobachtet werden [30]. Ein systematischer Review bescheinigte Kronen aus lithiumdisilikatverstärkter Keramik auf natürlichen Zähnen hinsichtlich ihrer Überlebensraten hervorragende Kurzeitergebnisse. Erkenntnisse über das Langzeitverhalten der Restaurationen liegen bislang jedoch nicht vor [20]. Im Vergleich zu den Ergebnissen der Untersuchungen von Fabbri et al. und Simeone und Gracis fiel die prothetische Überlebensrate in der vorliegenden Untersuchung niedriger aus [5, 30]. Allerdings war das mittlere klinische Follow up in der erstgenannten Studie mit 36 Monaten kürzer als in der vorliegenden Untersuchung. Die Studie von Simeone und Gracis erfolgte zudem bei natürlichen Zähnen und nicht bei Implantaten und die von Fabbri et al. auf natürlichen Zähnen und Implantaten. Somit können die kumulativen Überlebensraten dieser beiden Studien nur eingeschränkt mit den vorliegenden Ergebnissen verglichen werden.

Auch in verschiedenen Übersichtsarbeiten wurden geringfügig höhere Überlebensraten angegeben, als in der vorliegenden Untersuchung [11, 12, 21, 26, 27, 34]. Pjetursson et al. ermittelten in einer systematischen Übersichtsarbeit bei implantatgetragenen Einzelkronen eine Überlebensrate von 97,2 %. Eine weitere Übersichtsarbeit von Jung et al. bescheinigte implantatgetragenen Einzelkronen eine Überlebensrate von 96,3 %. In beiden Übersichtsarbeiten wurde jedoch nicht zwischen Kronen aus Metallkeramik und Vollkeramikronen unterschieden. Retentionsverluste bei zementierten Suprakonstruktionen, Lockerungen der Abutmentschrauben und Frakturen der Verblendkeramik stellen die häufigsten technischen Komplikationen bei Restaurationen auf Einzelzahnimplantaten dar [4, 13, 22, 32]. Auch in der vorliegenden Untersuchung konnten ähnliche Komplikationen beobachtet werden.

Lockerung der Abutmentschraube

Nach 7 Jahren kam es in 9 Fällen (4,7 %) zu einer Schraubenlockerung. Davon waren 6 Xive- und 3 Ankylos-Implantate betroffen. In 5 Fällen konnte die Krone durch eine okklusale Bohrung und eine anschließende Neuverschraubung erhalten werden. Daraus ergaben sich 4 Kronenverluste und eine durch

tematic review Pjetursson et al. ascertained a survival rate of 97.2 % with implant-supported single crowns. Another review by Jung et al. documented a survival rate of 96.3 % for implant-supported crowns. However, no differentiation was made in either review between PFM and all-ceramic crowns. Loss of retention with cemented superstructures, loosening of the abutment screw and fracture of the veneering ceramic were the most common technical complications with restorations on single-tooth implants [4, 13, 22, 32]. Similar complications were also observed in the present study.

Loosening of the abutment screw

There was screw loosening in 9 cases (4.7 %) after 7 years. Six Xive implants and 3 Ankylos implants were affected by screw loosening. In 5 cases the crown was preserved by occlusal drilling and then retightening the screw. This resulted in 4 crown failures and a failure rate of 2.1 % induced by screw loosening. In their systematic review Pjetursson et al. documented an average prevalence of screw loosening of 5.6 % after 5 years. In older reviews and in the review by Jung et al. loosening of the abutment screw was more commonly observed with 8.8 % [12]. The causes responsible for loosening of the abutment screws could not be conclusively determined for the present study. Eccentric premature occlusal contacts or incorrect torque when screw retaining the abutments are possibilities. Screw loosening was a significant influencing parameter for the failure of the superstructure in our study. The big confidence interval must be noted, which indicates a broad distribution of the values. A wide dispersion of the values can be taken to be an indication that the sample selected was not big enough. The resulting high standard error causes the wide range of the confidence interval. Both can be taken as an indication for an inadequate representativity of the sample [29]. To counteract the crown failure due to screw loosening, systems were developed by the manufacturing companies in collaboration with the CAD/CAM manufacturers in which lithium-disilicate crowns are adhesive retained on the titanium abutment extraorally. The advantage of this “abutment solution” is that there is full access to the screw channel if the screw loosens. The disadvantage of this development is that it should be taken into consideration that screw retention is only feasible if the angulation of

**Abbildung 9** Fertige Krone in situ**Figure 9** Finished crown in situ

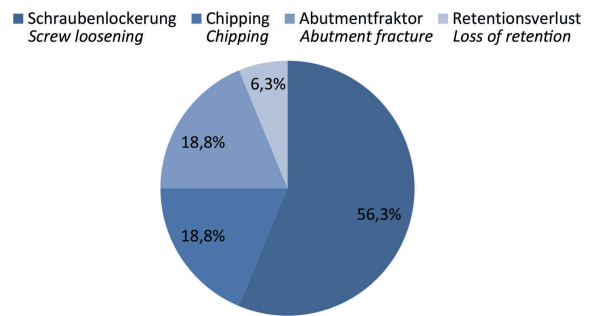
Abbildung 5–9: Eric André Noack

Schraubenlockerung induzierte Verlustrate von 2,1 %. Pjetursson et al. ermittelten in ihrer systematischen Übersichtsarbeit nach 5 Jahren eine durchschnittliche Prävalenz von Schraubenlockerungen von 5,6 %. In älteren Übersichtsarbeiten wie in der von Jung et al. wurden mit 8,8 % häufigere Lockerungen der Abutmentschraube beobachtet [12]. Die Ursachen, die für die Lockerung der Abutmentschrauben verantwortlich waren, konnten für die vorliegende Studie nicht abschließend ermittelt werden. In Betracht kommen exzentrische okklusale Vorkontakte oder ein falsches Drehmoment beim Verschrauben des Abutments. Eine Schraubenlockerung stellte in unserer Studie einen signifikanten Einflussparameter für den Verlust der Suprakonstruktion dar. Allerdings muss das große Konfidenzintervall beachtet werden, was auf eine breite Streuung der Werte hinweist. Eine große Streuung der Werte kann als Hinweis darauf gewertet werden, dass die Stichprobe nicht ausreichend groß gewählt wurde. Der daraus resultierende hohe Standardfehler bedingt die große Spannweite des Konfidenzintervalls. Beides ist als ein Anzeichen für eine nicht ausreichende Repräsentativität der Stichprobe zu werten [29]. Um dem Problem des Kronenverlustes durch Schraubenlockerung entgegen zu wirken, wurden seitens der Herstellerfirmen in Zusammenarbeit mit den CAD/CAM-Herstellern Systeme entwickelt, bei denen die Krone aus Lithiumdisilikat außerhalb des Mundes auf dem Titanabutment verklebt wird. Vorteil dieser „Abutmentlösung“ ist, dass man im Falle einer Schraubenlockerung vollen Zugriff auf den Schraubenkanal hat. Nachteil dieser Entwicklung ist, dass zu beachten gilt, dass eine Verschraubung nur dann sinnvoll möglich ist, wenn die Angulation des Implantates eine Platzierung des Schraubenkanals auf der okklusalen und im Frontzahnbereich palatinalen Fläche der Suprastruktur zulässt.

Fraktur des Abutments

In 3 Fällen war eine Abutmentfraktur für den Verlust der Krone verantwortlich, woraus sich eine Komplikationsrate von 1,6 % nach 7 Jahren ergab. Abutmentfrakturen sind sehr selten und werden in den Übersichtsarbeiten von Pjetursson et al. mit einer Prävalenz von 0,3 % und von Jung et al. mit 0,18 % nach 5 Jahren angegeben. Damit war die Häufigkeit von Abutmentfrakturen in der vorliegenden Studie fünf- bis achtmal höher als durchschnittlich in der Literatur angege-

Technische Komplikationen *Technical complications*

**Abbildung 10** Aufteilung der technischen Komplikationen**Figure 10** Distribution of the technical complications

the implant allows placement of the screw channel on the occlusal and in the anterior region of the palatal surface of the superstructure.

Abutment fracture

Abutment fracture was responsible for failure of the crown in three cases, which produced a complication rate of 1.6 % after 7 years. Abutment fractures are very rare and are given with a prevalence of 0.3 % in the review by Pjetursson et al. and 0.18 % by Jung et al. after 5 years. The frequency of abutment fractures in the present study was thus five to eight times higher than the average given in the literature. Abutment fractures can have various causes. Material defects, errors in treatment, processing, abutment trimming or planning as well as patient-specific parameters, e.g. parafunctions are possible causes. In our study material defects could not be confirmed by a follow-up examination of the fractured abutments sent to the manufacturer, so that in this case fatigue fractures had to be considered due to an incorrectly adjusted occlusion. Another reason could be preparation of the shoulder in the laboratory necessary for a ceramic crown. The material removal for the shoulder could have resulted in weakening of the abutment.

Chipping

The higher coefficient of thermal expansion, layer thickness of the veneering ceramic and too rapid cooling (cooling rate) after firing are given as causes for chipping [9]. In systematic reviews such as by Jung et al. and Pjetursson et al. chipping rates (major and minor chipping) of 3.5 % and 5.0 % were documented for ceramic veneered single crowns in an observation period of 5 years [13, 21]. Chipping was observed in only 3 cases (1.6 %) in this study after a mean observation period of 41.9 months. The much rarer occurrence of chipping with monolithic, lithium-disilicate crowns could be explained due to the lack of the weak areas in PFM crowns normally found between the framework and veneer. Monolithic, lithium-disilicate glass-ceramic crowns also exhibited high strength values and low fatigue tendencies in a cyclic loading test [8]. The type of luting also appears to have an additional influence. Adhesive luting can greatly increase the breaking load of lithium-disilicate crowns [3].

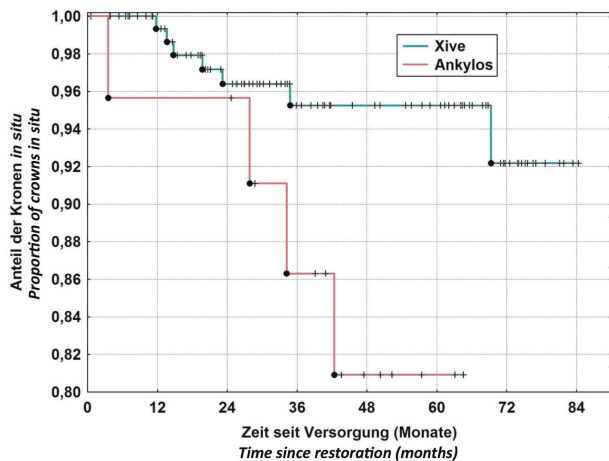


Abbildung 11 Anteil der Kronen in situ in Abhängigkeit von der Zeit seit der definitiven Versorgung der gesetzten Implantate und Implantattyp

Figure 11 Proportion of crowns in situ according to the time since definitive restoration of the placed implants and implant type

ben. Abutmentfrakturen können verschiedene Ursachen haben. In Betracht kommen Materialmängel, Behandlungs-, Verarbeitungs-, Abutmentbeschleif- oder Planungsfehler sowie patientenspezifische Parameter, z.B. Parafunktionen. Materialmängel konnten in unserer Studie mittels einer Nachuntersuchung der an den Hersteller gesandten, frakturierten Abutments nicht bestätigt werden, sodass auch hier Ermüdungsbrüche durch eine fehlerhaft eingestellte Okklusion in Betracht gezogen werden müssten. Ein weiterer Grund könnte in der für die Keramikronen notwendigen laborseitigen Stufenpräparation liegen. Der damit verbundene Materialabtrag könnte zu einer Schwächung des Abutments geführt haben.

Chipping

Als Ursachen für Chipping werden die höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten sowie die Schichtdicke der Verblendkeramik und eine zu schnelle Abkühlung (Kühlrate) nach dem Brennprozess angegeben [9]. In systematischen Übersichtsarbeiten wie die von Jung et al. und Pjetursson et al. konnten Chippingraten (Major- und Minorchipping) für keramikverblendete Einzelkronen in einem Beobachtungszeitraum von 5 Jahren von 3,5 %, bzw. 5,0 % ermittelt werden [13, 21]. In der vorliegenden Studie wurde nach einer mittleren Beobachtungszeit von 41,9 Monaten in nur 3 Fällen (1,6 %) ein Chipping beobachtet. Erklärbar wäre das deutlich seltener Auftreten von Chipping bei monolithischen Lithiumdisilikat-Glaskeramikronen durch das Fehlen der bei Verblendkronen üblichen Schwachstelle zwischen Gerüst und Verblendung. Monolithische Lithiumdisilikat-Glaskeramikronen zeigten in zyklischen Belastungstests zudem hohe Festigkeitswerte und geringe Ermüdungstendenzen [8]. Einen zusätzlichen Einfluss scheint auch die Art der Befestigung zu haben. Eine adhäsive Befestigung ist in der Lage, die Bruchlast von Lithiumdisilikat-Kronen deutlich zu steigern [3].

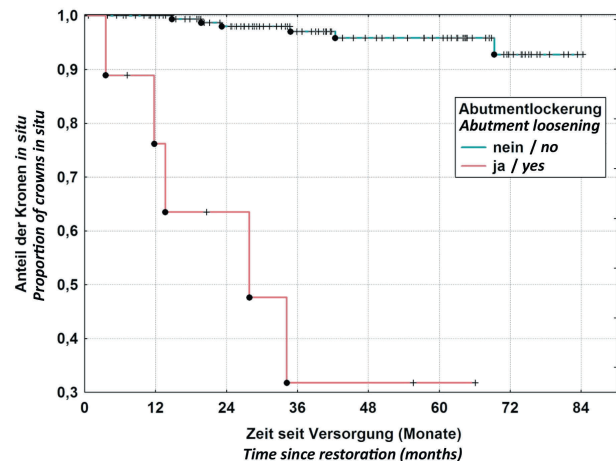


Abbildung 12 Anteil der Kronen in situ in Abhängigkeit von der Zeit seit der definitiven Versorgung der gesetzten Implantate und Abutmentlockerung

Figure 12 Proportion of crowns in situ according to the time since definitive treatment of placed implants and abutment loosening

Abbildung 10–12: Eric André Noack

Loss of retention

Adhesive luting may have additionally contributed to better retention compared with the results of other publications with regard to the low number in cases of retention loss ($n = 1; 0.5\%$) in the present study. In their systematic review Pjetursson et al. documented frequent occurrence of loss of retention, which was 3.1 % after 5 years. Jung et al. arrived at a rate of 4.1 % after 5 years. The authors of both reviews took into account all types of cementation in the review. The frequency of retention loss with semi-permanent cemented implant crowns documented in other studies was between 16.0–28 % after an observation period of 2 to 5 years [16, 28, 31]. It should be noted here, however, that adhesive luting in the strict sense of the term is only possible on natural teeth but not on titanium abutments. In this respect it ultimately remains unclear which factor could have contributed to improved retention of the superstructure.

Conclusions

The complication and survival rates of lithium-disilicate glass-ceramic crowns can only be compared to a limited extent with results from other publications based on the currently available data. It can generally be determined, however, that the complication and failure rates of single-tooth restorations fabricated using lithium-disilicate glass ceramic are at a similar level to those of crowns fabricated using other ceramic materials on natural teeth/implants. The null hypothesis that CAD/CAM-fabricated lithium-disilicate glass-ceramic crowns produce comparably low failure and complication rates as other all-ceramic crowns on single implants could thus be provisionally confirmed with certain limitations. It should be noted that a retrospective design, as in the present study, contains the risk of information bias etc., which could be caused by incomplete documentation and consequently lead to a systematic bias of

Verlust der Retention

Die adhäsive Befestigung der Keramikronen auf den Titanabutments könnte mit Blick auf die niedrigere Anzahl Retentionsverluste ($n = 1$; 0,5 %) in der vorliegenden Untersuchung im Vergleich zu den Ergebnissen anderer Publikationen zusätzlich zu einer besseren Retention beigetragen haben. Pjetursson et al. ermittelten in ihrer systematischen Übersichtsarbeit eine Häufigkeit von Retentionsverlusten, die bei 3,1 % nach 5 Jahren lag. Jung et al. kamen in ihrer Arbeit auf eine Rate von 4,1 % nach 5 Jahren. Die Autoren beider Übersichtsarbeiten berücksichtigten dabei alle Zementierungsarten. Die in anderen Studien ermittelte Häufigkeit von Retentionsverlusten bei semipermanent zementierten Implantatkronen lag über einen Beobachtungszeitraum von 2 bis 5 Jahren zwischen 16,0–28,0 % [16, 28, 31]. Zu berücksichtigen ist hierbei allerdings, dass eine adhäsive Befestigung im eigentlichen Sinne nur auf natürlichen Zähnen, jedoch nicht auf Titanabutments möglich ist. Insofern bleibt letztendlich unklar, welcher Faktor zur besseren Retention der Suprakonstruktion beigetragen haben könnte.

Schlussfolgerungen

Die Komplikations- und Überlebensraten von Lithiumdisilikat-Glaskeramikkronen sind auf Grundlage der derzeit verfügbaren Datenlage nur eingeschränkt mit Ergebnissen aus anderen Publikationen vergleichbar. Tendenziell lässt sich jedoch feststellen, dass die Komplikations- und Verlustraten von Einzelrestaurationen aus Lithiumdisilikat-Glaskeramik auf Implantaten ähnlich hoch sind, wie die von Kronen aus anderen Keramikmaterialien auf natürlichen Zähnen/Implantaten. Somit konnte die Nullhypothese, dass CAD/CAM gefertigte Lithiumdisilikat-Glaskeramikkronen vergleichbar niedrige Verlust- und Komplikationsraten wie andere Vollkeramikkronen auf Einzelimplantaten vorweisen, mit gewissen Einschränkungen vorläufig bestätigt werden. Zu beachten ist, dass ein retrospektives Design, wie in der vorliegenden Studie, u.a. das Risiko eines Informationsbias birgt, der durch eine unvollständige Dokumentation bedingt sein kann und dadurch zu einer systematischen Verzerrung der Ergebnisse führen könnte. Eine Verifizierung der Studienergebnisse sowie die Beantwortung der noch offenen Fragestellung, inwieweit der Schraubenkanal einen negativen Einfluss auf die Stabilität der Abutmentkrone haben könnte, sollten anhand weiterer Untersuchungen erfolgen.

Interessenkonflikt: ((folgt))

the results. Verification of the study results and the answer to the outstanding problem of to what extent the screw channel may have a negative influence on the stability of the abutment crown will require further studies.

Korrespondenzadresse

Dr. med. dent. Eric André Noack
Zahnärztliche Gemeinschaftspraxis
Hermann-Rein-Straße 2a
37075 Göttingen
Tel.: 0551 374224
Fax: 0551 376615
praxis@zahnaerzte-am-papenberg.de

Literatur

1. Albrektsson T, Donos N: Implant survival and complications. The Third EAO consensus conference 2012. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23 Suppl 6: 63–65
2. Avila G, Galindo-Moreno P, Soehren S, Misch CE, Morelli T, Wang HL: A novel decision-making process for tooth retention or extraction. *J Periodontol* 2009; 80: 476–491
3. Bindl A, Luthy H, Mormann WH: Thin-wall ceramic CAD/CAM crown copings: strength and fracture pattern. *J Oral Rehabil* 2006; 33: 520–528
4. Chaar MS, Att W, Strub JR: Prosthetic outcome of cement-retained implant-supported fixed dental restorations: a systematic review. *J Oral Rehabil* 2011; 38: 697–711
5. Fabbri G, Zarone F, Dellificorelli G et al.: Clinical evaluation of 860 anterior and posterior lithium disilicate restorations: retrospective study with a mean follow-up of 3 years and a maximum observational period of 6 years. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2014; 34: 165–177
6. Fehmer V, Grohmann P, Sailer I: Monolithische Kronen: Lithiumdisilikat versus Zirkoniumoxidkeramik. *Quintessenz* 2014; 65: 683–691
7. Fischer K, Bühler-Zemp P, Völkel T (2011): Wissenschaftliche Dokumentation IPS e.max CAD Liechtenstein: Ivoclar Vivadent AG
8. Guess PC, Zavanelli RA, Silva NR, Bonfante EA, Coelho PG, Thompson VP: Monolithic CAD/CAM lithium disilicate versus veneered Y-TZP crowns: comparison of failure modes and reliability after fatigue. *Int J Prosthodont* 2010; 23: 434–442
9. Harder S: Fixed implant-supported prosthesis: All-ceramic in any case? – a practical concept, its benefits and limitations. *Dtsch Zahnärztl Z* 2014; 69: 315–325
10. Harder S, Kern M: Survival and complications of computer aided-designing and computer-aided manufacturing vs. conventionally fabricated implant-supported reconstructions: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2009; 20 Suppl 4: 48–54
11. Hosseini M (2012): Zirconia- versus metal-based, implant-supported abutments and crowns: Comparative studies on fracture mode and short-time clinical outcome. In: Section of Oral Rehabilitation Department of Odontology. Copenhagen: University of Copenhagen
12. Jung RE, Pjetursson BE, Glauser R, Zembic A, Zwahlen M, Lang NP: A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. *Clin Oral Implants Res* 2008; 19: 119–130
13. Jung RE, Zembic A, Pjetursson BE, Zwahlen M, Thoma DS: Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical, and aesthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with a mean follow-up of 5 years. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23 Suppl 6: 2–21
14. Kaplan EL, Meier P: Nonparametric Estimation from Incomplete Observations. *Journal of the American Statistical Association* 1958; 53: 457–481
15. Kohal RJ, Klaus G, Strub JR: Zirconia-implant-supported all-ceramic crowns withstand long-term load: a pilot investigation. *Clin Oral Implants Res* 2006; 17: 565–571
16. Krennmair G, Schmidinger S, Waldenberger O: Single-tooth replacement with the Frialit-2 system: a retrospective clinical analysis of 146 implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002; 17: 78–85
17. Luthardt R, Weber A, Rudolph H, Schone C, Quaas S, Walter M: Design and production of dental prosthetic restorations: basic research on dental CAD/CAM technology. *Int J Comput Dent* 2002; 5: 165–176
18. Mormann WH, Bindl A: The Cerec 3 – a quantum leap for computer-aided restorations: initial clinical results. *Quintessenz Int* 2000; 31: 699–712
19. Peto R, Peto J: Asymptotically Efficient Rank Invariant Test Procedures. *J Royal Statist Soc A* 1972; 135: 185–207
20. Pieger S, Salman A, Bidra AS: Clinical outcomes of lithium disilicate single crowns and partial fixed dental prostheses: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2014; 112: 22–30
21. Pjetursson BE, Asgeirsson AG, Zwahlen M, Sailer I: Improvements in implant dentistry over the last decade: comparison of survival and complication rates in older and newer publications. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014; 29 Suppl: 308–324
22. Pjetursson BE, Helbling C, Weber HP et al.: Peri-implantitis susceptibility as it relates to periodontal therapy and supportive care. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23: 888–894
23. Pjetursson BE, Zwahlen M, Lang NP: Quality of reporting of clinical studies to assess and compare performance of implant-supported restorations. *J Clin Periodontol* 2012; 39 Suppl 12: 139–159
24. Reiss B: Long-term clinical performance of CEREC restorations and the variables affecting treatment success. *Compend Contin Educ Dent* 2001; 22: 14–18
25. Reiss B, Walther W: Clinical long-term results and 10-year Kaplan-Meier analysis of Cerec restorations. *Int J Comput Dent* 2000; 3: 9–23
26. Rinke S, Lattke A, Eickholz P, Kramer K, Ziebolz D: Praxisbasierte klinische Untersuchung von Zirkonoxidkeramikabutments für Einzelzahnrestorationen im Frontzahnbereich. *Quintessenz* 2015; 66: 279–290
27. Sailer I, Philipp A, Zembic A, Pjetursson BE, Hammerle CH, Zwahlen M: A systematic review of the performance of ceramic and metal implant abutments supporting fixed implant reconstructions. *Clin Oral Implants Res* 2009; 20 Suppl 4: 4–31
28. Schwarz S, Schroder C, Corcodel N, Hassel AJ, Rammelsberg P: Retrospective comparison of semipermanent and permanent cementation of implant-supported single crowns and FDPs with regard to the incidence of survival and complications. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012; 14 Suppl 1: 151–158
29. Sedgwick P: Understanding confidence intervals. *BMJ* 2014; 349: g6051
30. Simeone P, Gracis S: Eleven-Year Retrospective Survival Study of 275 Veneered Lithium Disilicate Single Crowns. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2015; 35: 685–694
31. Simon RL: Single implant-supported molar and premolar crowns: a ten-year retrospective clinical report. *J Prosthet Dent* 2003; 90: 517–521
32. Theoharidou A, Petridis HP, Tzannas K, Garefis P: Abutment screw loosening in single-implant restorations: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008; 23: 681–690
33. Trampisch HJ, Windeler J, Ehle B, Lange S: *Medizinische Statistik*. Heidelberg: Springer Verlag, 2000
34. Zembic A, Sailer I, Jung RE, Hammerle CH: Randomized-controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for single-tooth implants in canine and posterior regions: 3-year results. *Clin Oral Implants Res* 2009; 20: 802–808