

B. Siewert¹, M. Parra²

Eine neue Werkstoffklasse in der Zahnmedizin

PEEK als Gerüstmaterial bei 12-gliedrigen implantatgetragenen Brücken

A new group of material in dentistry

PEEK as a framework material used in 12-piece implant-supported bridges

Polyetheretherketon (PEEK) ist ein seit vielen Jahren in der Industrie sowie der Medizin bewährter thermoplastischer Kunststoff. Der teilkristalline Hochleistungskunststoff weist eine besondere Kombination aus sehr guten mechanischen Eigenschaften, hoher Temperaturbeständigkeit und ausgezeichneter chemischer Beständigkeit auf. Unter anderem diese hervorragenden physikalischen Eigenschaften lassen die Verwendung von PEEK als Gerüstmaterial für prothetische Brückenrestorationen (bedingt herausnehmbar) im Mund zu. In diesem Artikel werden anhand zweier vergleichbarer Patientenfälle der labor- und praxistechnische Weg sowie das klinische Verhalten im Patientenmund beschrieben. Dargestellt wird die Herstellung einer rein implantatgetragenen 12-gliedrigen- beziehungsweise einer zahn-implantatgetragenen bedingt herausnehmbaren Brücke.

Schlüsselwörter: bedingt abnehmbare Brücke; metallfreie Versorgung; Polymer; Polyetheretherketon; PEEK; Zahnimplantat

Zitierweise:

B. Siewert, M. Parra: Eine neue Werkstoffklasse in der Zahnmedizin

PEEK als Gerüstmaterial bei 12-gliedrigen implantatgetragenen Brücken. *Z Zahnärztl Implantol* 2013;29:148–159

DOI 10.3238/ZZI.2013.0148–0159

Polyether ether ketone (PEEK) is a thermoplastic resin employed in the field of industry and medicine since several years. This semi-crystalline high performance composite offers a unique combination of outstanding physical properties, stability at high temperatures and excellent resistance to chemical damage. These are some of the reasons that allow the use of PEEK as a framework material for removable dental prosthesis in the patient's mouth. In this article the manufacturing process of these 12-pieces tooth-implant-supported and implant-supported screw retained bridges in the dental laboratory and the dental office as well as the clinical outcome and observation are described through two similar patient cases.

Keywords: screw retained dental bridge; metal free; polymer; polyether ether ketone; PEEK; dental implant

¹ Bernd Siewert, Dr., Clínica Somosaguas, Calle Aquilón, 2, E-28223 Madrid, siewert@dental-med.com

² Mario Parra, ZT, Laboratorio Dental Parra, Calle Martinet, 13, E- 03530 La Nucia, parralab@wanadoo.es



Abbildung 1 Diese implantatgetragene Brücke ist metallreduziert (Gerüst: BioXS, Verblendung: PMMA-Schalen) und hat ein Gesamtgewicht von 13,4 g. Die Konstruktion weist außer den 4 integrierten Titankappen keine metallischen Elemente auf.

Figure 1 This implant-supported bridge is metal reduced (Framework: BioXS, Veneering: PMMA-Veneers) and has a total weight of 0,47 oz. The construction has no metal parts apart from the titanium caps.

Foto: ZT Mario Parra

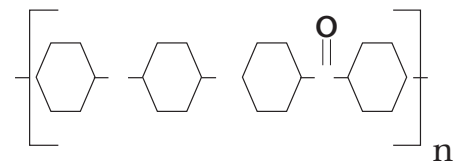


Abbildung 2 Die Formel von Polyetheretherketon: 1963 synthetisiert DuPont das Material Polyaryletherketon.

Figure 2 The chemical formula of polyetheretherketone: In 1963 DuPont synthesized the material polyaryletherketone.

Grafik: Wikipedia

Einleitung

PEEK – diese Abkürzung steht für das in der Zahnmedizin noch relativ junge Material „Polyetheretherketon“, dem ein hohes Zukunftspotenzial zugesprochen werden kann. Polyetheretherketon ist ein teilkristalliner Hochleistungskunststoff mit einer Kombination aus guten mechanischen Eigenschaften, hoher Temperaturbeständigkeit und ausgezeichneter chemischer Beständigkeit. Dies macht PEEK zu einem universell einsetzbaren Werkstoff, der in der Industrie sowie in der Medizintechnik seit vielen Jahren erfolgreich verwendet wird. Seit einigen Jahren hält das Material Einzug in die Zahnmedizin. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften sind beeindruckend und erklären sich durch den Aufbau des Polymers aus einer Kette aromatischer Ringe. Weitere Pluspunkte sind die Elastizität des Materials und der hohe Schmelzpunkt. PEEK schmilzt erst jenseits von 280 °C und kann somit mit Heißsterilisationsverfahren behandelt werden. Die Biegefestigkeit von 3.1 GPS und der hohe Elastizitätsmodul verhindern das Brechen des Materials und geben ihm eine knochenähnliche Konsistenz. Damit ergibt sich

ein neuer Indikationsbereich in der metallfreien herausnehmbaren prothetischen Versorgung.

Das dem Material zugrundeliegende „PEEK-Classix“ ist bisher nur für provisorische Versorgungen zugelassen. In diesem Artikel wird das Produkt BioXS (bredent) beschrieben, das zwar von Natur aus ein „PEEK-Classix“ ist, aber vom Hersteller so optimiert wurde, dass es eine eigene Zulassung bekommen hat. Trotzdem müssen die aus diesem Material erstellten Arbeiten – sowie alle auf PEEK basierenden Restaurationen – bisher (bedingt) herausnehmbar sein. Die Verschraubung von implantatgetragenen Brücken erfüllt diese Forderung.

Das Material BioXS ist ein thermoplastisches Hochleistungspolymer, das als Gerüstmaterial für Brücken dienen und somit die klassische Metall-Legierung beziehungsweise Zirkondioxid ersetzen kann. Eine Schwachstelle der genannten Materialien ist deren hohe Steifigkeit. Gerade bei Implantatversorgungen kann das eine Stress-Situation für den Knochen bedeuten und weitreichende Folgen haben. Im Gegensatz dazu weist PEEK eine knochenähnliche Elastizität auf. Wird PEEK als Gerüstma-

terial für implantatprothetische Arbeiten verwendet, kann dies den langfristigen Behandlungserfolg unterstützen.

Je nach Grad der Knochenresorption [7] haben festsitzende, implantatgetragene oder zahnimplantatgetragene sowie bedingt abnehmbare Brücken im zahnlosen Kiefer beziehungsweise bei stark reduziertem Restzahnbestand eine vergrößerte prothetische Kronenlänge [9, 5]. Dies kann zahlreiche Nachteile mit sich bringen. Zum Beispiel werden durch den vertikalen Cantilever (Hebelarm durch das Verhältnis von Implantatlänge zur Kronenlänge) die lateral auftretenden Kräfte am Implantat verstärkt. Aufgrund der Hebelverhältnisse ist die Belastung der Implantate bei exzentrischer Krafteinwirkung umso größer, je länger die Extension der Suprakonstruktion ist [11]. Außerdem erhöht sich das Volumen der Brücke proportional zur Knochenresorption, wodurch das Gerüst bei der Verwendung einer Metalllegierungen oder von Yttriumteilstabilisiertem Zirkondioxid steif und schwer wird.

Ein Werkstoff mit ausreichender Festigkeit und chemischer Beständigkeit im Mundmilieu, der gleichzeitig die Kaukräfte dämpfend auf die Implantate



Abbildung 3a, 3b Die klinische Ausgangssituation von vestibulär sowie okklusal. Die prothetische Arbeit sowie der Restzahnbestand im Oberkiefer waren nicht zu erhalten.

Figure 3a, 3b The initial clinical findings: vestibular and occlusal view. The prosthesis as well as the remaining teeth in the upper jaw were not preservable.



Abbildung 4 Das Orthopantomogramm (OPG) der Ausgangssituation.

Figure 4 The orthopantomography of the initial clinical situation.



Abbildung 5 Einzeichnung der Planung am OPG. Durch die Angulation der posterioren Implantate kann der vorhandene Knochen optimal genutzt werden.

Figure 5 The desired implant position sketched in the x-ray. The tilted posterior implants make it possible to place the posterior implants in natural mature bone without augmentation.

überträgt und ein geringes spezifisches Gewicht aufweist, kann die Lösung dieses Problems sein [3]. In nachfolgenden Ausführungen werden 2 klinische Patientenfälle vorgestellt, in denen der Oberkiefer mit einer rein implantatgetragenen Brücke beziehungsweise einer 12-gliedrigen zahnimplantatgetragenen Brücke versorgt wurde. Als Gerüstmaterial wurde PEEK (BioXS, bredent) verwendet. Der prothetische Arbeitsablauf erfolgt im ersten Fall im „Backward Chaining“ [1] – es wird ein Ziel definiert, das den Weg weist. In der Zahnmedizin hat sich hierfür die Bezeichnung „Backward Planning“ etabliert.

Beide Brückengerüste wurden mit vorgefertigten PMMA-Kunststoffschalen (visio.lign, bredent) verblendet und so metallreduzierte, dämpfend wirkende und sehr leichte (13,4 Gramm Gesamtgewicht) Verbundbrücken (Abb. 1) erarbeitet.

Abbildung 6

Backward Planning:
Das Wax-up diente im ersten Schritt dazu, das Ziel zu fixieren.

Figure 6

Backward Planning:
The wax-up is the first step defining the goal.



Material und Methode

1963 synthetisierte DuPont das Material Polyaryletherketon (Abb. 2), das seit 1978 von der Firma ICI in Form von Polyetheretherketon (PEEK) industriell hergestellt wird. Hierbei handelt es sich um einen teilkristallinen thermoplas-

tischen Werkstoff mit hervorragenden physikalischen Werten hinsichtlich Festigkeit, Steifigkeit und Dimensionsstabilität. Der Schmelzpunkt liegt bei 340 bis 420 Grad Celsius. Die Wasseraufnahme beträgt nur 0,1 %, zum Vergleich PMMA (Polymethylmethacrylat, Prothesenkunststoff) 0,3 % [2, 6, 4]. PEEK hat in

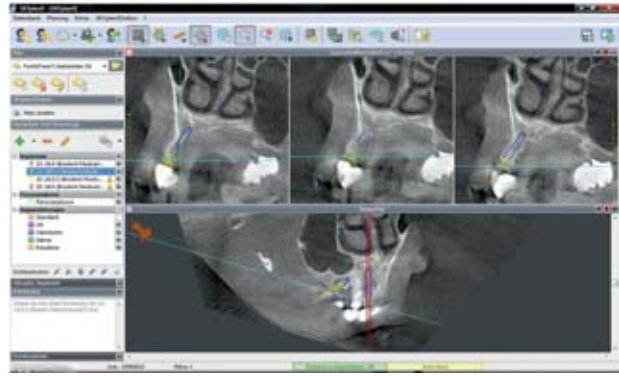
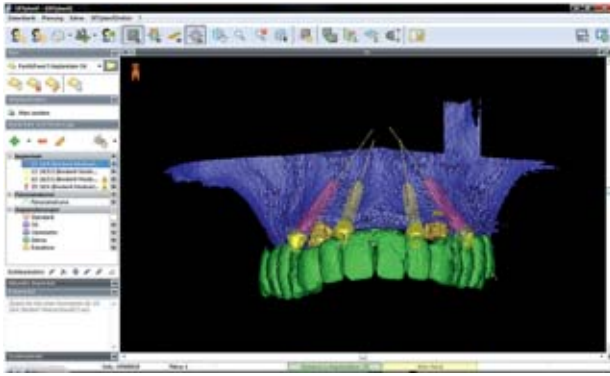


Abbildung 7a, 7b In der dreidimensionalen Darstellung konnten die anatomischen Strukturen visualisiert und die Implantate exakt positioniert werden.

Figure 7a, 7b In the tridimensional display of the anatomical structures a precise implant positioning could be achieved.



Abbildung 8 Nach der Extraktion. Die provisorische Versorgung wurde auf der Grundlage des Wax-up gefertigt.

Figure 8 After extraction. The provisional removable denture was elaborated matching the wax-up.

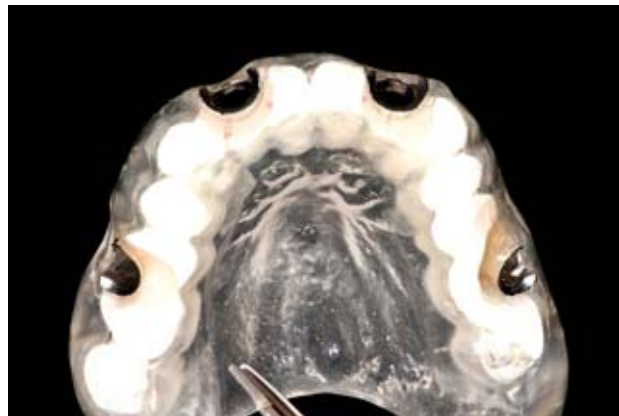


Abbildung 9 Für die Bohrschablone bildeten das Wax-up beziehungsweise die Planungsdaten die Basis.

Figure 9 The drilling guide is constructed combining the data of the wax-up (optimal tooth position) and the cone beam tomography (optimal position of the implant in the bone).

der Automobil- und Flugzeugindustrie mittlerweile eine große Bedeutung [17]; der weltweite Absatz des Werkstoffs nimmt jährlich stark zu [13]. In der Medizin wird PEEK seit vielen Jahren als bioinertster sterilisierbarer Werkstoff [16, 12] beziehungsweise als Material für Implantate (Orthopädie) [8] erfolgreich angewendet. Eine klinisch relevante Materialermüdung konnte nicht nachgewiesen werden [19, 18]. In allen Bereichen zeigt sich die Tendenz, dass mit dem Werkstoff PEEK Titan und Aluminium ersetzt werden können [14, 10].

Das für die hier dargestellten Patientenfälle verwendete PEEK-Material BioXS (bredent, Senden) hat eine weißliche Farbe, eine Dichte von $1,38 \text{ g/cm}^3$ und einen Biegeelastizitätsmodul von $3,1 \text{ GPa}$. Dies ist vergleichbar mit spongiosen Knochen. BioXS liegt als Granulat vor und

Der PEEK-Werkstoff wurde inzwischen weiterentwickelt. Die Verarbeitung erfolgt nun mit dem Pressverfahren „for 2 press“. Das Material enthält jetzt Keramikbestandteile und hat eine für den prothetischen Einsatz besser angepasste weiße Farbe. Durch das neue Verarbeitungsverfahren mit Vakuum und Nachpressdruck beim Erkalten konnte die Zuverlässigkeit der Verarbeitung von PEEK verbessert werden. Die ersten Ergebnisse sind vielversprechend. Die hier beschriebenen Patientenfälle wurden mit BioXS realisiert.

wird in einer speziellen Pressanlage (Thermopress 400, bredent, Senden) verarbeitet. Der Verarbeitungsablauf ist vergleichbar mit dem Metallguss. Die Materialwerte werden durch die Gerüstver-

blendung erhöht. Um die Plaqueanlagerung so gering wie möglich zu halten, ist die Hochglanzpolitur der basalen Gerüstfläche besonders wichtig [15].

Patientenfall 1

Ausgangssituation

Die 55-jährige Patientin konsultierte uns im Oktober 2010 mit dem Anliegen, ihren Zahnersatz erneuern zu lassen. Der Oberkiefer war mit einer 8 Jahre alten metallkeramischen Restauration versorgt (Abb. 3a, 3b). Aufgrund der ästhetischen Mängel sowie der Beeinträchtigungen durch die gelockerte Brücke beziehungsweise die Pfeilerzähne hegte sie den Wunsch nach einer Neu-

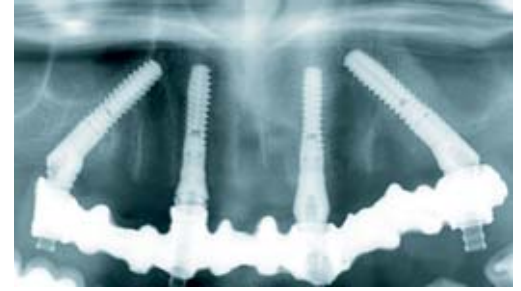


Abbildung 10, 11 Nach der Implantatinserktion wurde die Patientin mit einer Brücke provisorisch versorgt.

Figure 10, 11 After implant placement the patient was provided with a screw retained prefabricated metal reinforced provisional acrylic bridge.

Abbildung 12 Das Kontroll-OPG nach der Implantatinserktion.

Figure 12 The control x-ray after implant placement.



Abbildung 13a and 13b Nach der 4-monatigen Abheilphase konnte die Implantatabformung genommen werden.

Figure 13a and 13b After 4 months of osseointegration the provisional bridge could be easily removed and the impression taking was performed.

Abbildung 3a–13b: Dr. Bernd Siewert

versorgung. Bereits beim ersten Blick war die hohe Lachlinie mit dem Exponieren der Gingiva zu erkennen. Die röntgenologische Untersuchung zeigte einen fortgeschrittenen Knochenabbau (Abb. 4).

Anamnese: 55-jährige Patientin (Nichtraucherin): metallkeramische Brücke von Zahn 17 auf die Zähne 15 und 14, Kronenblock auf den Zähnen 14, 15, 16, apikale Aufhellung an den Zähnen 12, 11, 21, 23 und 24.

Die intraorale Diagnose ergab generalisierte Taschen von mehr als 6 mm Sondierungstiefe, subgingivale Konkrete an den Wurzeloberflächen und Zahnfleischbluten bei Sondierung. Nach der eingehenden Diagnose war klar, dass die Oberkieferversorgung nicht erhaltungswürdig war. Die noch vorhandenen Frontzähne waren aufgrund von Kronenrandkaries, Parodontitis und apikaler Entzündungsherde (außer Zahn 13) ebenfalls nicht zu erhalten und für eine erneute Überkronung ungeeignet. Folge des schlechten oralen

Zustands war außerdem eine horizontale sowie vertikale Knochenatrophie. Nach einem ausführlichen Beratungsgespräch entschieden wir uns für eine implantatprothetische Versorgung des Oberkiefers.

Planung

Bei einer konventionellen Implantattherapie stößt man in solchen Fällen (starke Knochenatrophie) häufig in Grenzbereiche, in denen implantatprothetische Behandlungen aufgrund mangelnden Knochenvolumens nicht beziehungsweise nur mit hohem Aufwand vorgenommen werden können. Unsere Patientin wollte jedwede knochenbauenden Maßnahmen umgehen. Deshalb fiel die Entscheidung für das fast&fixed-Verfahren, das mit dem All-on-four-Konzept vergleichbar ist (Verankerung von vier Implantaten). Durch die Angulation der endständigen Implantate kann – vorbei an gefährdeten anatomischen Strukturen

(zum Beispiel Sinus maxillaris) – der vorhandene Knochen optimal genutzt und aufwändige augmentative Maßnahmen vermieden werden (Abb. 5). Die Extraktion des Restzahnbestands sollte in 2 Schritten erfolgen und die Zähne 13 und 23 zunächst als Verankerung für die Interimsprothese und die Röntgen- beziehungsweise Bohrschablone erhalten bleiben. Geplant wurde, die Patientin nach der schablonengeführten Implantatinserktion mit einer im Vorfeld gefertigten provisorischen Brücke von 15 bis 25 aus der Praxis zu entlassen (Sofortbelastung). Für die definitive Versorgung entschieden wir uns für eine bedingt abnehmbare Implantatbrücke. Das Gerüst sollte aus dem PEEK-Material BioXS gefertigt werden.

Vorbereitungen

Auf dem Situationsmodell wurde ein Wax-up aufgestellt und dieses den Patientenwünschen entsprechend opti-



Abbildung 14 Die Gerüstmodellierung in Wachs. Die orale Gerüstfläche ist vollanatomisch modelliert.

Figure 14 The desired framework is formed in wax. The oral part of the framework is shaped according to the definitive dimensions.



Abbildung 15 Die Wachsmodellierung wurde in BioXS umgesetzt (Spritzguss-Verfahren).

Figure 15 The wax framework structure is converted to BioXS (injection moulding).



Abbildung 16 Verklebung der Verblendschalen (visio.lign-System) auf das PEEK-Gerüst.

Figure 16 The veneers are adhered onto the framework (visio.lign-system, bredent).



Abbildung 17a, 17b Erarbeitung der Gingiva-Anteile (visio.lign-System).

Figure 17a, 17b Elaboration of the pink esthetics (visio.lign-system, bredent).



Abbildung 14–17b: ZT Mario Parra

miert (Abb. 6). Hieraus fertigte der Zahn-techniker eine Röntgenschablone, mit der die Aufnahme mit dem Digitalen Volumentomografen (DVT) erfolgte. Nachdem die DICOM-Daten in die Planungssoftware (SKYPlanX) exportiert waren, konnten mit der dreidimensionalen Darstellung die relevanten anatomischen Strukturen visualisiert und die Implantate prothetisch sowie anatomisch exakt positioniert werden. Aufgrund der stark pneumatisierten Kieferhöhle sollten die beiden Implantate im posterioren Bereich schräg gesetzt wer-

den (Neigung 35°). Kompensiert wird diese Neigung durch 35 Grad angulierte Abutments (Abb. 7a, 7b).

Der erste chirurgische Schritt war die Extraktion der Zähne 17, 15, 14, 12 bis 22, 24 bis 26. Während der Abheilphase war die Patientin mit einer Interimsprothese versorgt, die alle funktionellen Parameter sowie die ästhetischen Wünsche der Patientin (Wax-up) berücksichtigte und die Grundlage für das weitere Vorgehen bildete (Abb. 8). Nach einer einmonatigen Abheilung konnte beurteilt werden, ob die hohe Lachlinie das

ästhetische Ergebnis beeinflusst. Beim Lachen sollte der Übergang von künstlicher zu natürlicher Gingiva nicht sichtbar werden.

Im zertifizierten SKYPlanX-Labor (Laboratorio dental, Mario Parra, La Nucia, Alicante) wurde die Röntgenschablone in eine Bohrschablone umgearbeitet (Abb. 9). Der Zahntechniker „insettierte“ entsprechend der Planung Modellimplantate in das Gipsmodell und fertigte nach Vorgabe des Wax-up eine provisorische Brücke (CrCo-Innenstruktur und Acrylatverblendung).



Abbildung 18a, 18b Die fertig verblendete Arbeit vor dem Eingliedern.

Figure 18a, 18b The completed prosthesis.



Abbildung 19a, 19b Nach der Eingliederung. Die Bedenken, dass die hohe Lachlinie das ästhetische Ergebnis beeinflussen könnte, wurden nicht bestätigt.

Figure 19a, 19b

The situation after the placement into the patient's mouth. The risk of the exposition of the transition from the artificial to the natural gingiva due to the high smile line could be successfully eliminated.

Insertion der Implantate

Präoperativ wurde der passgenaue Sitz der Bohrschablone geprüft. Die Kongruenz sowohl zu dem Modell als auch zur präprothetischen Planung bestätigte sich. Die Schablone passte gut und wurde an den Zähnen 13 und 23 zusätzlich fixiert. Nun konnten im minimalinvasiven Verfahren die Implantate (blueSKY, bredent medical, Längen 16 mm, Durchmesser 4 mm) inseriert werden. Das schablonengeführte Vorgehen zeichnet sich durch geringe postoperative Schmerzen aus und hat sich auch in diesem Fall gut bewährt. Zunächst erfolgte die Pilotbohrung für die Implantate regio 12 und 22. Danach wurde die Bohrschablone entfernt und die Zähne 13 und 23 wurden extrahiert. Jetzt konnte die Schablone exakt reponiert und die zwei Pilotbohrer konnten in regio 12 und 22 eingesteckt werden. Somit war die Bohr-

schablone zu jedem Zeitpunkt sicher fixiert. Außerdem kreuzte die Bohrung des geneigten Implantats 15 apikal die Alveole in regio 13; mit der beschriebenen Variante konnten intraoperative Probleme vermieden werden. Nach der Insertion der Implantate wurden die gewählten Abutments aufgeschraubt und die provisorische Brücke eingesetzt (Abb. 10–12). Bei der Herstellung der Brücke hatte der Zahntechniker Platzhalter bedacht. Um die Spannungsfreiheit des Gerüsts zu gewährleisten, integrierte er im Labor nur eine Prothetikkappe. Die anderen Kappen wurden im Mund eingebracht. Das Ergebnis war der intraorale Passiv-Fit. Nach dem Aufschrauben der Brücke folgten die Okklusionskontrolle und das Einschleifen der Zentrik sowie der Eckzahnführung. Die Nachbearbeitung der Klebefuge, die Säuberung sowie die Politur waren die abschließenden Arbeiten.

Vier Monate später (Abb. 13a) – Behandlungsablauf der endgültigen prothetischen Versorgung (bedingt herausnehmbaren Brücke) in Praxis und Labor

1. Praxis: Geschlossene Abformung der Oberkiefersituation mit einem A-Silikon sowie Bestimmung der Kieferrelation
2. Labor: Modellherstellung mit Hartgips Klasse IV, Implantat-Analogen und Gingivamaske im Bereich der Implantate
3. Labor: Zahnaufstellung in Wachs nach dem verifizierten Wax-up mit den für die definitive Versorgung ausgesuchten Verblendschalen (novo.lign A+P, visio.lign, bredent)
4. Praxis: Verifizierung der Aufstellung am Patienten unter Berücksichtigung aller klinisch relevanten Parameter (Zentrik, vertikale Dimension, Mittellinie, Größe und Form der Zäh-



Abbildung 20a, 20b Kontrolle ein Jahr nach dem Einsetzen: Das Orthopantomogramm zeigt absolut stabile Knochenverhältnisse. Auch die Weichgewebssituation ist sehr gut.

Figure 20a, 20b Checkup after 1 year of clinical use. The x-ray shows absolutely stable hard tissues. The soft tissue performance is also very good.



Abbildung 21, 22 Die Ausgangssituation des zweiten Patientenfalls.

Figure 21, 22 The initial clinical findings of the second case.

ne, Symmetrie zur Bipupilarlinie, Lippenunterstützung, Lachlinie, Farbe, harmonischer Zahnbogen)

5. Praxis oder Labor: Auswahl der jeweils geeigneten Abutments unter Zuhilfenahme des aus dem Wax-up resultierenden Silikonsschlüssels:
 - posteriore Implantate: Die schon während der Implantatinserterion eingeschraubten 35,5° fast&fixed-Abutments (30 Ncm) bleiben unangetastet.
 - anteriore Implantate: 15° angulierte UVE-Abutments zur Erzielung einer besseren Ästhetik getauscht (Abb. 13b).
6. Labor: Die Gerüstmodellation in Wachs erfolgt mit den im Vorwall eingesetzten Verblendschalen. Die orale Gerüstfläche wird vollanatomisch modelliert (Abb. 14).
7. Labor: Die Arbeitsschritte des Anstiftens und des Einbettens gleichen denen beim Metallguss. Das Einpressen des erhitzten BioXS-Granulats erfolgt in der Spritzgussmaschine Thermopress 400 (bredent, Senden) (Abb. 15).
8. Labor: Die Verblendschalen (visio.lign) werden nach einem speziell entwickelten Arbeitsprotokoll mit dem Gerüst verklebt (Abb. 16).
9. Labor: Erarbeitung der gingivalen Anteile mit einem Komposit (crea.lign Gingiva, bredent, Senden) (Abb. 17)
10. Praxis: Zwei anteriore Abutmentkappen werden mit BioXS überspritzt und die beiden posterioren Kappen im Patientenmund vorverklebt. Durch dieses Vorgehen ist ein „Passiv-Fit“ der Brücke auf allen Pfeilern gewährleistet.
11. Labor: Finale Ausarbeitung und Hochglanzpolitur unter Berücksichtigung der Basalfläche (Abb. 18a, 18b)
12. Praxis: Eingliederung (Abb. 19a, 19b)
13. Praxis: Recall nach 12 Monaten. Die Röntgenkontrollaufnahme wird in

Abbildung 20a dargestellt und die klinische Situation in Abbildung 20b.

Klinisches Ergebnis und Situation nach einem Jahr

Die Patientin war mit dem ästhetischen Ergebnis und dem Kaukomfort sehr zufrieden. Die häusliche Mundhygiene war gut und mit einer Munddusche leicht vorzunehmen. Auch bei maximaler Anspannung der Lachmuskulatur war der Übergang zwischen der Brücke und dem natürlichen Zahnfleisch nicht exponiert. Das periimplantäre Zahnfleisch war reizfrei. Während der 12-monatigen Tragezeit kam es weder zum Ablösen der Verblendschalen noch zu Rissbildungen oder Verfärbungen. Die Verklebung der Sekundärteile war stabil. An der PEEK-Oberfläche zeigten sich keine Veränderungen; nur die hochglanzpolierte Oberfläche erschien etwas matter. Der Gingivaver-



Abbildung 23 Radiologische Kontrollaufnahme 6 Monate nach der Implantatinser-tion.

Figure 23 X-ray control 6 months after im-plant placement.

Abbildung 18a–23:
Dr. Bernd Siewert



Abbildung 24, 25 Die Gerüstmodellation in Wachs (Abb. 24) sowie die Verblendung des PEEK-Gerüsts (Abb. 25).

Figure 24, 25 The wax forming of the framework (Fig. 24) and the veneering of the PEEK framework (Fig. 25).

lauf und das Knochenniveau waren stabil. Die Brücke lässt sich durch ein Lösen der 4 Schrauben schnell und einfach abnehmen, so dass eine sichere Kontrolle und Hygiene der Implantate gewährleistet werden.

Patientenfall 2

Die im zweiten Fall vorgestellte Patientin konsultierte uns im November 2007. Sie trug eine 6 Jahre alte insuffiziente festsitzende Versorgung im Oberkiefer. Die zementierte Restauration war beweglich und verursachte Schmerzen (Abb. 21).

Ausgangssituation

Die von der Patientin mitgebrachte Panoramaschichtaufnahme (Abb. 22) zeigte eine kunststoffverblendete Metallbrücke, die sich auf den Zähnen 16, 11 und 21 sowie auf 3 Implantaten (regio 13, re-

gio 24 und regio 26) abstützte. Die Wurzeln der Zähne 11 und 21 waren kariös zerstört und der Knochen um die Implantate durch Periimplantitis resorbiert. Unter Lokalanästhesie wurde die Brücke in einem Stück aus der bindegewebigen Einscheidung entfernt, die Knochendefekte von entzündlichem Bindegewebe befreit und eine Interimsvollprothese als Sofortversorgung eingegliedert.

Planung

Die Patientin war aufgrund schlechter Erfahrungen kritisch und psychisch labil. Dem Wunsch, ihr erneut eine festsitzende Versorgung anzufertigen, stehen eingeschränkte finanzielle Möglichkeiten und mangelnde Bereitschaft zu augmentativen Maßnahmen (z. B. beidseitiger Sinuslift) entgegen. Geplant wurde die Insertion von 5 Implantaten. Zahn 16 sollte erhalten werden. In regio 24 wurde ein 35° inkliniertes Implantat im ortständigen Knochen geplant. Die Im-

plantatposition regio 13 war für den festsitzenden Zahnersatz strategisch wichtig. Aufgrund des Blattimplantats in regio 13 kam es jedoch zu einer vestibulären Knochenresorption, die eine simultane Knochenaugmentation unumgänglich machte (Knochenersatzmaterial: mp3, Tecross, Turin, Italien; resorbierbare Kollagenmembran: Evolution, Tecross, Turin, Italien).

Implantatinser-tion

Drei Monate nach Behandlungsbeginn war die Situation stabil und es konnten die 5 geplanten Implantate (blueSKY, bredent-medical, Senden) inseriert werden. Aufgrund des geringen Knochenangebots wurden diese entgegen dem prothetisch orientierten Backward Planning in Regionen mit ausreichend ortständigem Knochen gesetzt. Der Eingriff verlief komplikationslos. Während der gedeckten Einheilung war die Patientin mit einer Interimsprothese versorgt.



Abbildung 26 Die einzelnen Komponenten der fertigen Arbeit.

Figure 26 All the components of the finished work.

Abbildung 24–26:
ZT Mario Parra



Abbildung 27–29 Das Einsetzen der definitiven Restauration.

Figure 27–29 The placement of the finished prosthesis.

Nach 6 Monaten zeigten die röntgenologische (Abb. 23) und die klinische Kontrolle stabile Verhältnisse. Die Implantate wurden eröffnet und die prothetische Phase vorbereitet. Geplant war eine bedingt herausnehmbare Brücke, die auf die 5 Implantate und den Molar regio 16 gestützt ist. Diese Art der Versorgung ist entweder durch eine Verschraubung oder durch eine provisorische Zementierung realisierbar. In diesem Fall sollte die Restauration verschraubt werden.

Der Behandlungsablauf der prothetischen Versorgung (bedingt herausnehmbare Brücke) in Praxis und Labor ist nahezu identisch zum Patientenfall 1

1. Praxis: Geschlossene Abformung der Oberkiefersituation mit einem A-Silikon sowie Bestimmung der Kieferrelation
2. Labor: Modellherstellung mit Hartgips Klasse IV und Implantat-Analogen, Sägeschnitt 16 und Gingivamaske im Bereich der Implantate
3. Labor: Zahnaufstellung in Wachs mit den für die definitive Versorgung ausgesuchten Verblendschalen (no-vo.lign A+P, visio.lign, bredent)
4. Praxis: Verifizierung der Aufstellung am Patienten unter Berücksichtigung aller klinisch relevanten Parameter
5. Praxis oder Labor: Auswahl der jeweils geeigneten Abutments:
 - Zahn 16 und Implantat regio 11: Anfertigung von Doppelkronen
 - Implantate regio 13 und regio 21: industriell gefertigtes 15 Grad gewinkeltes Abutment mit horizontaler Verschraubung (UVE, bredent medical, Senden)
 - Implantat regio 24: 35 Grad gewinkeltes Abutment mit kürzbarem, okklusal verschraubtem Kamin (fast&fixed-Abutment, bredent medical, Senden)
 - Implantat regio 26: Durch die erhöhte Schleimhautdicke war eine horizontale Verschraubung nicht realisierbar. Es wurde ein 0-Grad-Abutment mit kürzbarem, okklusal verschraubtem Kamin (fast&fixed-Abutment, bredent medical, Senden) gewählt.
6. Labor: Gerüstmodellation in Wachs (Abb. 24)
7. Labor: Anstiften, Einbetten und Einpressen des erhitzten BioXS-Granulats in der Spritzgussmaschine Thermopress 400 (bredent, Senden)
8. Labor: Die Verblendschalen wurden nach dem Arbeitsprotokoll mit dem Gerüst verklebt (Abb. 25).
9. Labor: Erarbeitung der gingivalen Anteile
10. Praxis: Die Abutments wurden mit einer geringen Menge dualhärtenden Komposits im Patientenmund fixiert. Die in der Brücke definitiv fixierten Elemente dienen als Referenz. Durch dieses Vorgehen ist ein „Passiv-Fit“ der Brücke auf allen Pfeilern gewährleistet (Abb. 26).
11. Labor: Finale Ausarbeitung und Hochglanzpolitur unter Berücksichtigung der Basalfläche
12. Praxis: Eingliederung (Abb. 27–29)
13. Praxis: Recall nach 14 Monaten. Die klinische Situation wird auf Abbildung 30a dargestellt und die Röntgenkontrollaufnahme auf Abbildung 30b.



Abbildung 30a, 30 b Auch nach 14-monatiger Tragezeit zeigten sich sehr gute Ergebnisse.

Figure 30a, 30b The follow-up after 14 months shows a very good result.

Abbildung 27–30b: Dr. Bernd Siewert

Klinisches Ergebnis und Situation nach einem Jahr

Während der 14-monatigen Tragezeit kam es auch in diesem Fall zu keiner Ablösung der Verblendschalen, Rissbildung oder Verfärbung. Die Verklebung der Sekundärteile war stabil. An der PEEK-Oberfläche zeigten sich ebenfalls keine Veränderungen; nur die hochglanzpolierte Oberfläche erschien etwas matter. Der Gingivaverlauf und das Knochenniveau waren bis auf ein leichtes knöchernes Remodeling am Augmentat um das Implantat regio 13 stabil. Die Brücke lässt sich durch ein Lösen der 4 Schrauben schnell und einfach abnehmen, so dass eine sichere Kontrolle und Hygiene der Implantate gewährleistet werden kann.

Diskussion

PEEK – „Polyetheretherketon“ hat vor allem für die Anfertigung großer prothetischer Arbeiten hohes Zukunftspotenzial. Das Material ist in der zahnmedizinisch-restaurativen Familie ein sehr „junges“ Mitglied, dem noch keine vergleichbaren Werkstoffe gegenübergestellt werden können. Herkömmliche Werkstoffe für derartige Indikationen sind Gold, NEM oder Zirkondioxid, denen einige Nachteile zugeordnet werden können.

Nachteile von herkömmlichen Materialien als Gerüstwerkstoff:

- Gold: hohe Materialkosten
- NEM: aufwändige Verarbeitung, allergieauslösend, Wechselwirkungen mit anderen Materialien
- Zirkondioxid: hoher Elastizitätsmodul und damit keine kaudruck-

dämpfenden Eigenschaften, Chipping

Mit dem Hochleistungspolymer PEEK werden die ungunstigen Eigenschaften umgangen und es können leichte, metallfreie Brückenkonstruktionen angefertigt werden.

Vorteile von PEEK als Gerüstwerkstoff:

- Anfertigung von Brücken mit geringem spezifischem Gewicht
- Elastizität des Materials ist dem Knochen ähnlich
- stoßdämpfende Wirkung
- metallfreie Restaurationen
- sehr geringe Abrasion (im physiologischen Bereich)
- geringe Materialermüdung
- keine zähelastischen Brüche
- hohe Biokompatibilität
- geringe Plaqueanlagerung (bedingt durch positive und negative Ladungen)
- keine Korrosion
- Möglichkeit der vollanatomischen Gerüstgestaltung

Um die Einsatzmöglichkeiten besser einschätzen zu können, ist das Wissen über die mechanischen Eigenschaften des Materials für den Anwender wichtig. Das hier verwendete Material ist ein pigmentierter, linearer, semikristalliner Thermoplast. Der Basiswerkstoff ist Polyetheretherketon (PEEK), der speziell für den intraoralen Einsatz als verblendfähiges Gerüstmaterial entwickelt wurde. Die Verarbeitung ist so ausgerichtet, dass die guten Werkstoffeigenschaften nicht beeinträchtigt werden. Das Material ist semikristalliner Struktur und somit nicht so spröde wie Zirkondioxid (kristalline Struktur). Der

Biegeelastizitätsmodul von 3,1 GPa ist dem Knochen ähnlich. Dieser Materialkennwert ist aus der Werkstofftechnik und beschreibt den Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung bei der Verformung eines festen Körpers. Der Betrag des Elastizitätsmoduls ist umso größer, je mehr Widerstand ein Material seiner Verformung entgegensetzt. Ein Bauteil aus einem Material mit hohem Elastizitätsmodul (z.B. NEM) ist steif, ein Bauteil aus einem Material mit niedrigem Elastizitätsmodul (z.B. Gummi) ist nachgiebig. Zum Vergleich: Zirkonoxid hat einen E-Modul von mehr als 100 GPA, ebenso wie NEM.

Die Verarbeitung des Materials BioXS ist aufwändig und bedarf einer hohen zahntechnischen Expertise mit diesem Konzept. Vielversprechend ist hier die CAD/CAM-Technologie, mit der die aufwändigen Arbeitsschritte minimiert werden können. Das Pressen von BioXS erfolgt mit dem Spritzguss-System (Thermopress). Die Bearbeitung kann mit Hartmetallfräsen, Gumpolierern sowie Ziegenhaarbürstchen vorgenommen werden. Die guten Poliereigenschaften reduzieren sowohl die Verfärbungsneigung als auch die Plaqueaffinität. Es entstehen keine Zahnfleischirritationen beim Kontakt auf der Gingiva.

Schlussfolgerung

Auffällig ist der nach längerer Tragezeit der Restauration aus dem PEEK-Material gute Zustand von Hart- und Weichgewebe auch bei einer durchschnittlichen Mundhygiene. Grund kann die Metallfreiheit des Brückengerüsts sein, ebenso

wie die optimale Elastizität der Brückenkonstruktion, die guten Dämpfungseigenschaften der Verblendschalen und der Passiv-Fit durch die intraorale Verklebung der Sekundärteile. Auch Materialermüdungen sind kaum zu erwarten, Brüche und/oder Chipping können quasi ausgeschlossen werden. Mit der verschraubten Befestigung kann die Problematik einer definitiven und provisori-

schen Zementierung umgangen werden. Die Verwendung von industriell vorgefertigten Teilen erleichtert die Anfertigung, garantiert eine hohe Präzision und ermöglicht eine hervorragende Materialgüte.

Die techniksensitive laborseitige Verarbeitung brachte bislang einige Nachteile mit sich, z.B. Materialbrüche durch die Einbettmasse oder Lunkerbil-

dung. Obwohl es bei diesem Verfahren (wie bei allen Gussverfahren) zu einer unbemerkten Beeinträchtigung der Materialgüte kommen kann (Veränderung der Kristallstruktur), haben sich alle bisher auf diese Weise erstellten Brücken (n = 9) optimal bewährt. Einen Fortschritt stellt hier die CAD/CAM-Technologie dar, erste vielversprechende Erfahrungen wurden vom Verfasser bereits gemacht. Die dafür erforderlichen Blanks werden demnächst auf dem Markt erhältlich sein.

Die vielversprechenden Resultate mit PEEK als Gerüstmaterial bei großvolumigen prothetischen Versorgungen müssen an weiteren Patientenversorgungen und klinischen Studien über längere Beobachtungszeiträume untermauert werden. Weitere Beiträge der Autoren zur detaillierten Beschreibung der labortechnischen Arbeitsschritte und die statistische Auswertung diverser prothetischer Versorgungen sind geplant.

Da der Hersteller auf dem Gebiet der dentalen Anwendung von PEEK bislang Pionierarbeit leistet, konnten die Autoren noch keine Veröffentlichungen über die Verwendung von PEEK als Brückengerüst im Dentalbereich in der Literatur finden.

Interessenkonflikte: Die Autoren sind Referenten der bredent group, die die Publikation finanziell unterstützt.

Zitierweise:

B. Siewert, M. Parra: Eine neue Werkstoffklasse in der Zahnmedizin PEEK als Gerüstmaterial bei 12-gliedrigem implantatgetragenen Brücken. *Z Zahnärztl Implantol* 2013;29:148–159. DOI 10.3238/ZZI.2013.0148–0159

Korrespondenzadresse

Dr. Bernd Siewert
Clínica Somosaguas
Su salud dental es nuestra pasión
Calle Aquilón, 2
C.C. Prado de Somosaguas
E-28223 Madrid
Tel.: 0034 917114265
siewert@dental-med.com
www.dental-med.com, www.ciam.org.es

Literatur

1. Alden J: Backward chaining. Teaching task performance. The Instructional design library, Band 6. Educational Technology Publications, Englewood Cliffs N.J. 1978
2. Anjum S, Lars F, Azhar I: High performance thermoplastic composites: Study on the mechanical, thermal, and electrical resistivity properties of carbon fiber-reinforced polyetheretherketone and polyethersulphone. *Polymer composites* 2007;28:785–796
3. Babbush CA: Dental implants: The Art and Science. Edited by Charles A. Babbush. Saunders, Philadelphia, PA 2001
4. Burakowski Nohara L: Processing of High Performance Composites Based on Peek by Aqueous Suspension Prepregging. *Material Research* 2010;13: 245–252
5. Gresskowski A, Goller B, Lang M, Alius JK: Das Baukastenprinzip. Patientenwunsch: feste Brücke auf Implantaten. *Quintessenz Zahntech* 2008;34: 862–870
6. Guo Y, Bradshaw R: Isothermal physical aging characterization of Polyether-ether-ketone (PEEK) and Polyphenylene sulfide (PPS) films by creep and stress relaxation. *Mechanics of Time-Dependent Materials* 2007;11: 61–89
7. Karaagacogliu L: Changes in Mandibular Ridge Height in Relation to Aging and Length of Edentulism Period. *Int J Prosthodont* 1994;7: 368–371
8. Kim MM, Boahene KD O, Byrne PJ: Use of customized polyetheretherketone (PEEK) implants in the reconstruction of complex maxillofacial defects. *Arch Facial Plast Surg* 2009;11:53–57
9. Malo P: The All-On-Four Implant Concept For Edentulous Jaws. *Implant Tribune US* 2008;11:6–11
10. Mattila R: Non-resorbable glass fibre-reinforced composite with porous surface as bone substitute material. Experimental studies in vitro and in vivo focused on bone-implant interface. Dissertation 2009, University of Turku
11. Misch CE: Contemporary implant dentistry – Third Edition. MosbyElsevier, Saint Louis Mo. 2008
12. Nieminen T, Kallela I, Wuolijoki E, Kainulainen H, Hiidenheimo I, Rantala I: Amorphous and crystalline polyetheretherketone: Mechanical properties and tissue reactions during a 3-year follow-up. *J Biomed Mater Res A* 2008; 84:377–383
13. Platt DK: Engineering and high performance plastics market report. Rapra market report. Rapra Technology Ltd, Shrewsbury 2003
14. Ponnappan RK, Serhan H, Zarda B, Patel R, Albert T, Vaccaro AR: Biomechanical evaluation and comparison of polyetheretherketone rod system to traditional titanium rod fixation. *Spine J* 2009; 9:263–267
15. Quirynen M, Bollen CM L: The influence of surface roughness and surface-free energy on supra- and subgingival plaque formation in man. *J Clin Periodontol* 1995;22:1–14
16. Ratner BD: Biomaterials Science. An introduction to materials in medicine. Elsevier Acad. Press, Amsterdam 2008
17. Soutis C: Carbon fiber reinforced plastics in aircraft construction. *Materials Science and Engineering* 2005;412: 171–176
18. Williams D: Polyetheretherketone for long-term implantable devices. *Medical device technology* 2008;19:10–11
19. Zhang G, Latour RA, Kennedy JM, Del Schutte H, Friedman RJ: Long-term compressive property durability of carbon fibre-reinforced polyetheretherketone composite in physiological saline. *Biomaterials* 1996;17:781–789