

## Schnittstelle Zahnmedizin – Zahntechnik PEEK – neues Material, viele Möglichkeiten

Industriell gefertigte Materialien, die die Anforderungen der Luft- und Raumfahrtindustrie erfüllen, werden häufig auch medizinischen Bereichen wie beispielsweise der Orthopädie und Traumatologie gerecht<sup>1,2</sup>. Daher sollten sie sich – theoretisch – gegenüber den aggressiven Bedingungen der Mundhöhle gleichartig verhalten. Einhergehend mit der Digitalisierung hat sich das Materialspektrum im dentalen Bereich erweitert. Das Polyetheretherketon (PEEK), ein Hochleistungsthermoplast aus der Familie der Polyaryletherketone (PAEK)<sup>1</sup>, hat sich dabei durch die geringe Dichte und die gute Chemikalienbeständigkeit sowie durch hervorragende mechanische Eigenschaften etabliert<sup>3</sup>. Speziell die Widerstandsfähigkeit gegenüber hohen Temperaturen ist auf die molekulare aromatische Ring-

struktur zurückzuführen (Abb. 1)<sup>1</sup>. Die daraus resultierende Sterilisierbarkeit stellt gegenüber Standardkunststoffen einen entscheidenden Vorteil dar.

Durch verschiedene Zusätze werden die Eigenschaften spezifiziert. Neben festigkeitserhöhenden Stoffen, wie z. B. Kohlenstofffasern werden auch Oxide – wie Titanoxid – zur Aufhellung der Farbe oder Hydroxylapatit zur Optimierung der Knocheneinheilung zugeführt<sup>4-6</sup>. Per se ist PEEK röntgentransparent, durch eine Dotierung mit Bariumsulfat erhöht sich die Opazität<sup>7,8</sup>.

Neben festsitzenden Versorgungen wie Abutments, Stegen, Kronen und Brücken werden Klammerprothesen bzw. Doppelkronen aus PEEK angefertigt<sup>6,9,10</sup>. Auch ein Implantatsystem (Fa. SisoMM

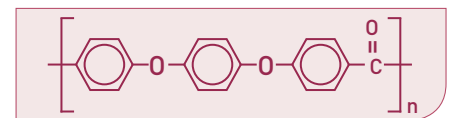


Abb. 1 PEEK-Strukturformel: zwei Ether- und eine Ketongruppe wechseln sich ab.

bvba, Hasselt, Belgien) ist auf dem Markt. Bioinert und biokompatibel stellt PEEK eine geeignete Alternative für Allergiekranke dar. Restmonomere sind ausgeschlossen. Metallfreie Versorgungen sind Realität. Mit ca. 4 GPa besitzt PEEK ein dem Kieferknochen ähnliches Biegeelastizitätsmodul<sup>8</sup>. Durch eine somit optimale Kraftübertragung bekommen Patienten mit PEEK-Zahnersatz eine hohe Zufriedenheit, sehr guten Kaukomfort und selbst bei weitspannigen Rekonstruktionen keine Spannungsgefühle<sup>6</sup>.



**Abb. 2** Plaqueablagerung: PEEK-Versorgung auf Implantaten.

In zahlreichen Artikeln wird PEEK eine hohe Plaqueresistenz bzw. eine geringe Tendenz zur mikrobiellen Besiedlung zugeschrieben. Die klinische Realität hat jedoch gezeigt, dass es im Bereich unverblendeter PEEK-Oberflächen häufiger zu einer verstärkten Plaqueablagerung kommt (Abb. 2)<sup>6</sup>. Voraussetzung für die Anhaftung von Plaque ist die Bildung eines Biofilms (Pellicelbildung)<sup>11,12</sup>. Der Vorgang ist neben dem umgebenden Milieu stark von der Oberfläche abhängig. Relevant sind primär die Rauigkeit und die freie Oberflächenenergie, beide Parameter sollten möglichst gering sein<sup>12</sup>. Grundsätzlich haben thermoplastische Kunststoffe eine niedrige Oberflächenspannung. Bei Einhaltung vorgeschriebener Politurprotokolle konnten mehrere in-vitro-Studien dies auch für PEEK bestätigen<sup>13,14</sup>. Die Konstellation von Kompositen erweist sich jedoch als günstiger<sup>14</sup>. In der Literatur wird hier eine Korrelation zur Härte in Betracht gezogen. Es wird angenommen, dass bei vergleichsweise geringerer Härte (PEEK) keine weitere Reduktion der Rauigkeit erzielt werden kann<sup>14</sup>. Als weitere Ursache für das erhöhte Plaqueaufkommen werden entsprechende Zuschlagstoffe in

Betracht gezogen<sup>6</sup>. Studien belegen, dass die Compoundierung zu veränderten antimikrobiellen Effekten führt<sup>4,5</sup>.

Besonders bei der Ausarbeitung und der Politur sollten die Ver- bzw. Bearbeitungshinweise seitens der Hersteller beachtet werden. Um Plaqueakkumulation, speziell bei festsitzendem Zahnersatz zu vermeiden, scheint vorerst eine vollständige Verblendung der PEEK-Gerüste empfehlenswert. Ein adäquater Umgang und entsprechende Pflegeempfehlungen für den Zahnersatz bzw. den Patienten sind essenziell. So birgt eine professionelle Zahnreinigung mit  $Al_2O_3$  die Gefahr, die Oberflächengüte zu verschlechtern<sup>13</sup>. Auch Azeton und Oxidationsmittel können das Material schwächen<sup>1</sup>.

## Anwendungsmöglichkeiten

Zahnersatz aus PEEK kann indirekt (Pressprozesses) oder direkt (CAD/CAM-Frästechnik) hergestellt werden. In-vitro konnte an der Universität Halle nachgewiesen werden, dass gefräste PEEK-Klammerprothesen die Passgenauigkeit von klassisch gegossenen Modellgussprothesen erreichen bzw. signifikant passgenauer sind<sup>9</sup>. Für das weniger starre PEEK gelten neue Konstruktionsrichtlinien. Primär ist häufig das Klammerdesign different. Neben der Verbreiterung der Arme liegen diese zumeist ausschließlich in Unterschnitten bzw. umfassen den Zahn vollständig (Ringklammer). Das geht mitunter auf Kosten der Durchspülbarkeit. Nachteile sind die eingeschränkte Reparaturfähig-

keit und die fehlende Aktivierungsmöglichkeit der Klammern.

Die folgenden Fallbeispiele wurden im Labor Rübeling und Klar Dental hergestellt. Die Verarbeitung von PEEK erfolgte frästechnisch, mit industriell gefertigten Fräsrohlingen. Fehler des Pressverfahrens, die sich negativ auf die mechanischen Eigenschaften auswirken, werden so vermieden. Für die Gewährleistung biokompatibler Eigenschaften kommt ein reines PEEK (Fa. Juvora, Lancashire, Großbritannien) zur Anwendung.

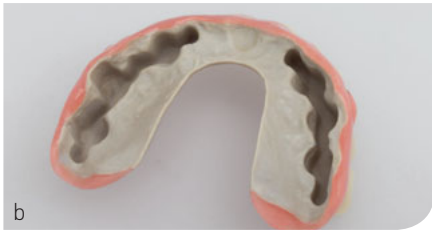
## Fallbeispiel 1

### Teleskopierender Zahnersatz

Die Patientin wurde mit doppelkronenverankertem Zahnersatz im Ober- und Unterkiefer versorgt (Abb. 3). Sie bekam  $ZrO_2$ -Primärkronen (0°-Fräsung) auf 16, 13-11, 22, 23 sowie im Unterkiefer auf 37-43. Die Sekundärkronen inklusive Basis wurden in einem Arbeitsschritt in PEEK gefräst. Dabei darf die Mindesthöhe bei den parallelen Flächen 3 mm nicht unterschreiten und die Sekundärkronen müssen eine Wandstärke von mindestens 0,6 mm haben. Um retentiv exakt passende Sekundärkronen frästechnisch zu erzeugen, muss vor dem Heraustrennen aus dem Fräsrohling die Passung jeder einzelnen Primär- in der entsprechenden Sekundärkrone überprüft werden. Bei zu enger Passung muss in der Sekundärkrone ein sogenannter Nachlauf erfolgen. Dies geschieht in der Regel in 5  $\mu m$ -Schritten. Bei Bedarf muss die Nachfräsung wiederholt werden.



**Abb. 3a bis c** Teleskopierender Zahnersatz mit  $ZrO_2$ -Primärteilen und PEEK-Sekundärteilen. (Fotos: Dentallabor Rübeling & Klar)



**Abb. 4a bis c** PEEK-Sekundärteil auf geteiltem  $ZrO_2$ -Steg. (Fotos: Dr. F. Blankenstein, Charité, Berlin/ Dentallabor Rübeling & Klar)

Bei zu geringer Retention, also zu großen Sekundärkronen, ist eine Neuankündigung notwendig.

## Fallbeispiel 2

### ZrO<sub>2</sub>-Steg auf Implantaten mit PEEK-Suprakonstruktion

Gerade auf Implantaten hat PEEK als Überkonstruktion angesichts der „Stoßdämpferwirkung“ seine Vorteilsfunktion. In diesem Fall handelt es sich um einen Patienten mit sechs Implantaten im Oberkiefer. Darauf wurde zunächst ein geteilter Steg aus Organic Zirkon opak (Fa. Organical CAD/CAM GmbH, Berlin) gefertigt, die Stegsuprakonstruktion wurde aus PEEK geätzt (Abb. 4a und b). Die Einstellung der retentiven Passung erfolgte analog Fallbeispiel 1. Die Gerüststärke muss mindestens 2 mm betragen. Im Gegensatz zu einem Metallgerüst – bei dem das Design eventuell einer abnehmbaren Brücke entsprochen hätte – muss

das PEEK-Gerüst ausreichend stabil und somit ausgedehnter gestaltet werden. Komplettiert wurde es mit konfektionierten Zähnen und PMMA Futura Gen (Fa. Schütz Dental, Rosbach; Abb. 4c).

## Fazit

Zahlreiche in-vitro-Studien und Case Reports bestätigen, dass Hochleistungspolymere durchaus ein großes Potential im zahnmedizinischen Bereich darstellen. Wie sich PEEK bzw. Zahnersatz aus Hochleistungskunststoffen im klinischen Alltag bewährt, muss durch weitere klinische Studien geklärt werden.

## Literatur

- Kaiser W. Kunststoffchemie für Ingenieure. Von der Synthese bis zur Anwendung. Polyaryletherketone (PAEK)-Eigenschaften und Anwendung. 2015;4:470–471.
- Horak Z, Pokorny D, Fulin P et al. Polyetheretherketone (PEEK). Part I: prospects for use in orthopaedics and traumatology. Acta Chir Orthop Traumatol Cech 2010;77:463–469.
- Najeeb S, Zafar MS, Khurshid Z, Siddiqui F. Applications of polyetheretherketone (PEEK) in oral implantology and prosthodontics. J Prosthodont Res 2016;60:12–19.
- Wang L, He S, Wu X et al. Polyetheretherketone/nanofluorhydroxyapatite composite with antimicrobial activity and osseointegration properties. Biomaterials 2014;35:6758–6775.
- Wang X, Lu T, Wen J et al. Selective responses of human gingival fibroblasts and bacteria on carbon fiber reinforced polyetheretherketone with multilevel nanostructured TiO<sub>2</sub>. Biomaterials 2016;83:207–218.
- Schweyen R, Ellmann D, Arnold C, Setz J, Hey J. Klinisch prospektive Untersuchung PEEK-basierter Suprakonstruktionen. Quintessenz Zahntech 2015;41:860–864.
- Hutsky A, Ellmann D, Schwitalla A. Polyether-Ether-Keton (PEEK) – Biokompatible Hochleistungspolymere erobern die digitale Zahntechnik. NZB 2014;4–11.
- Schwitalla A, Spintung T, Kallage I, Wagner R, Müller WD. Polyetheretherketon (PEEK) – ein vielversprechender Werkstoff für die Zukunft. Umwelt-medizin-gesellschaft 2014;4:255–261.
- Arnold C, Hey J, Schweyen R, Setz J. Accuracy of CAD-CAM-fabricated removable partial dentures. J Prosthet Dent 2017;pii:S0022-3913(17)30305-0. doi:10.1016/j.prosdent.2017.04.017.
- Holzer N, Roggendorf HC, Faber FJ. Examinations with PEEK-polymer as a telescopic-crown material. Dent Mater 2014;30:e52.
- Do T, Devine D, Marsh PD. Oral biofilms: molecular analysis, challenges, and future prospects in dental diagnostics. Clin Cosmet Investig Dent 2013;5:11–19.
- Teughels W, Van Assche N, Sliepen I, Quirynen M. Effect of material characteristics and/or surface topography on biofilm development. Clin Oral Implants Res 2006;17(Suppl 2):68–81.
- Heimer S, Schmidlin PR, Stawarczyk B. Effect of different cleaning methods of polyetheretherketone on surface roughness and surface free energy properties. J Appl Biomater Funct Mater 2016;3:e248–255.
- Heimer S, Schmidlin PR, Roos M, Stawarczyk B. Surface properties of polyetheretherketone after different laboratory and chairside polishing protocols. J Prosthet Dent 2017;3:419–425.



**Dr. Christin Arnold**

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik  
Universitätsklinikum Halle (Saale)

E-Mail:

christin.arnold@medizin.uni-halle.de



**ZT Bernadett Klar**

Rübeling & Klar Dental-Labor GmbH,  
Berlin

E-Mail: bernadett.klar@ruebeling-klar.de