

# Die klinisch relevanten Vorteile von PEEK (Poly-Ether-Ether-Keton) in der zahnärztlichen Prothetik

Bernd Siewert

Die außergewöhnlichen Materialeigenschaften des Hochleistungspolymers PEEK ermöglichen in der zahnärztlichen Prothetik einerseits vollkommen neue Therapiekonzepte und andererseits Verbesserungen im klinischen Verhalten im Vergleich mit herkömmlichen Materialien. Das mit spongiösem Knochen vergleichbare Elastizitätsmodul in Kombination mit der hohen Bruchfestigkeit, hervorragenden Gleiteigenschaften, niedrigem spezifischem Gewicht sowie die Metallfreiheit machen diese neue Materialklasse zu einer Basis für physiologischen und biokompatiblen Zahnersatz. An klinischen Fallbeispielen werden die Indikationen erläutert unter besonderer Berücksichtigung von implantatgetragenen Zahnersatz.

*Schlüsselwörter: PEEK, Polyetheretherketone, Polymer, Dental, Prothetik.*

## Einleitung

Unsere klinischen Erfahrungen mit Polyether-Etherketon (PEEK) in der zahnärztlichen Prothetik gehen auf das Jahr 2008 zurück. Damals wurde das teilkristalline Polymer bei der Einzelstück-Anfertigung im Spritzgussverfahren in einer Thermopressanlage verarbeitet (Abb. 1). Es wurden bis 2012 neun kieferumspannende Implantat- bzw. Zahnimplantat getragene Brücken mit PEEK als vollanatomischer Brückenkörper am Patienten eingegliedert (SIEWERT & PARRA 2013). Die Verblendung erfolgte mit verklebten Polymethylmetacrylat (PMMA) Schalen. Die Verbindung zum



Abb. 2. Verblendete Brücke mit Veneers und rosafarbenem Composite (Foto: B. Siewert).



Abb. 1: Analoges Workflow: Brückengerüst aus Wachs eingebettet zum Spritzguss (Foto: M. Parra)

Implantat erfolgte mit den entsprechenden eingeklebten verschraubten Titanhülsen und bei natürlichen Pfeilerzähnen teleskopisch. (Abb. 2). Alle Arbeiten sind bis heute nachuntersucht und in Funktion. 2012 stellten wir bei der PEEK-Verarbeitung vom Spritzgussverfahren auf das CAD/CAM-Verfahren um und erstellten damit 13 Brücken gleicher Bauart. Das Fräsverfahren, unter Anwendung von Juvora Dental Discs (Abb. 3), ermöglichte durch den digitalen Workflow mehr Präzision, einfachere und schnellere Arbeitsabläufe und erweiterte das Anwendungsspektrum erheblich (SIEWERT 2014).

## Klinische Fallbeispiele

Die Erkenntnisse aus sechs Jahren können, gegliedert in material-technische Aspekte, wie folgt dargestellt werden:

### Biokompatibilität

Reines PEEK ohne Beimischungen (Juvora Dental PEEK) hat sich als Implantatmaterial in der Traumatologie (Bandscheibenersatz, Fingerknochen- und Fingergelenkprothesen, Ersatz bei Defekten der Schädelkalotte etc.) seit über einem Jahrzehnt bewährt und ist wissenschaftlich bestens dokumentiert (KURTZ & DEVINE 2007). Auch dentale einteilige Implantate aus reinem PEEK sind von einem CE zertifizierten Hersteller auf dem Markt, und Universitäten entwickeln zweiteilige PEEK basierte Zahnimplantate. Die Oberfläche von 100 % reinem PEEK ist gut polierbar und zeichnet sich durch eine geringe Plaqueanlagerung aus. Bei direktem Gingivakontakt kommt es auch bei nicht optimaler Mundhygiene zu keinen nennenswerten Irritationen (Abb. 4). Deshalb halten wir es für sinnvoll, überall dort, wo die Ästhetik



Abb. 4: Nach Abnahme einer PEEK Brücke im Recall: gesunde Gingiva und keine Korrosion an Implantatabutments (Foto: B. Siewert).



Abb. 3: Digitaler Workflow: Gefräste Struktur im Juvora PEEK Blank in der Fräsmaschine (Foto: B. Siewert).

### Abstract

#### The clinical relevant advantages of PEEK in dental prosthetics

The exceptional properties of the high-end polymer PEEK enable the dental technician and the prosthodontist to do on one side completely new concepts of therapy and on the other side improvements of the clinical behavior compared with commonly used materials. The elasticity module similar to trabecular bone in combination with a high breaking strength, exceptional tribological properties, low specific weight and being metal free provide this new class of materials to be a basis for physiological and biocompatible dental prostheses. Clinical case reports describe the indications with special interest on implant supported dentures.

*Key words: PEEK, Polyetheretherketone, Polymer, Dental Prosthetics.*

nicht zwingend ist, die Prothesenoberfläche in PEEK zu gestalten. Die Wasseraufnahme bei wässriger Einlagerung liegt bei unter 0,5 % und ist damit deutlich geringer als bei PMMA. Dieses hat unter anderem zur Folge, dass es bei der Nachbearbeitung von getragenen PEEK-Prothesen zu keiner Geruchsbildung kommt. Die in der CAD/CAM Verarbeitung verwendeten Juvora Dental Disks enthalten kein Restmonomer. Der Anteil so genannter Leachables (= herauslösbare Bestandteile) ist bei diesen Scheiben extremst gering, alle gemessenen Werte liegen im ppm-Bereich, und damit weit unterhalb der für Implantatmaterialien zulässigen Grenzwerte.

### Biegebruchfestigkeit

PEEK hat eine Reißfestigkeit von 90-100 MPa und bricht erst, wenn es über 30-60 % seiner Länge gestreckt wird. Wird die Bruchfestigkeit in Relation zum Gewicht gestellt, so gibt es keinen anderen Werkstoff, der PEEK übertrifft, was die Anwendung in der Weltraumfahrt erklärt. In der Prothetik ist diese Eigenschaft besonders bei all-on-four-Versorgungen (= festsitzende Versorgung auf 4 Implantaten) mit teilweise langen Cantilevern (distalen Anhängern) von Vorteil. Reines PEEK ist nicht röntgenopak und deshalb im Röntgenbild nur schemenhaft zu erkennen. Bei keiner der eingegliederten Brücken konnten Risse oder Brüche in der PEEK-Struktur beobachtet werden.

Mit diesem Polymer ist es nun möglich, den herausnehmbaren Teil von kombiniertem Zahnersatz dauerhaft und metallfrei zu fertigen. Die erforderlichen Materialstärken sind ähnlich wie bei Chrome-Kobalt-Konstruktionen (Abb. 5 und 6).

### Materialermüdung

Jeder Werkstoff zeigt eine mehr oder weniger große Materialermüdung bei zyklischer Krafteinwirkung. Bei PEEK ist dieser Wert erstaunlich gering, nahezu unbedeutend, und wird nicht durch Einlagerung in Flüssigkeiten beeinflusst. Hier als Beispiel eine Brücke mit gefrästem Gerüst aus Juvora Dental PEEK bei einer Patientin mit starkem Bruxismus und nach 3 Jahren Funktion. Erkennbar sind die „physiologischen Abrasionen“ im Bereich der Frontzahnführung (Abb. 7).



Abb. 5: Metallfreier kombinierter Zahnersatz mit unverblendeter PEEK (Foto: B. Siewert).



Abb. 6: Fertiggestellte kombinierte Prothese (Abb. 5) in situ (Foto: B. Siewert).



Abb. 7: Klinische Situation nach 3 Jahren Tragezeit bei Patienten mit ausgeprägtem Bruxismus (Foto: B. Siewert).

### Elastizität

Das Elastizitätsmodul (3-4GPa) von PEEK liegt im Bereich des spongiösen Knochens. Dies macht den Kunststoff, in Kombination mit den vorab genannten Eigenschaften, für die zahnärztliche Prothetik sehr interessant. PEEK übernimmt sozusagen die am

Implantat fehlenden kaukraftdämpfenden Eigenschaften des periodontalen Ligamentes. Die Nachuntersuchungen an den 22 inserierten kieferumspannenden Brücken bestätigen dies und haben gezeigt, dass die kaukraftdämpfende Wirkung natürliche Pfeilerzähne, Implantate und die Strukturen im Gegenkiefer schützt. In den 1990er-Jahren wurde von Dr. Axel Kirsch dieser Ansatz in Form des Intramobilen Zylinderimplantates (IMZ-System) durch das intramobile Element aus Polyoxymethylen (POM) in der Praxis umgesetzt (BABBUSH et al. 1987). POM war dafür nicht fest genug und es kam zu Brüchen. PEEK hätte wahrscheinlich den Kaukräften standgehalten.

Bei den 22 bisher eingegliederten kieferumspannenden Brücken hat sich in den Nachuntersuchungen klinisch und radiologisch folgendes Bild ergeben:

- Keine Anzeichen für Periimplantitis (BERGLUNDH et al. 2002);
- Keine Myoarthropathien;
- Stabiler bzw. verbesserter Gesundheitszustand des Gegenkiefers;
- Keine Riss- oder Bruchbildung in der PEEK Gerüststruktur;
- Patient empfindet den Zahnersatz vom ersten Augenblick an als natürlich und angenehm;
- Keine Korrosionserscheinungen am Titanabutment oder Implantat;
- Stabiler Knochen am Implantatthals;
- Geringe Plaqueanlagerung;
- Gesundes Weichgewebe;
- Keine Anzeichen von materialbedingter Sensibilisierung.

Ein 100%iger PassivFit (spannungsloser Sitz) im Mund ist mit starren Strukturen, wenn überhaupt, nur mit sehr hohem Aufwand zu realisieren. Durch die Elastizität und das Kriechverhalten von PEEK werden Passungenauigkeiten kompensiert und damit einer lokalen Überbeanspruchung von Implantaten vorgebeugt, was bei occlusaler Verschraubung durch die Zuggurtung leicht passieren kann. Die horizontale Art der Verschraubung ist im Vergleich dazu eher passiver Natur und nicht so problematisch. Wird eine starre kieferumspannende (metallkeramisch oder vollkeramisch) Brücke auf Implantate im Unterkiefer verschraubt, so führt dies durch die Flexion der Unterkieferspange beim Kauvorgang zu Spannungen, besonders an den posterioren Implantaten, und in der Folge zu Komplikationen (Periimplantärer Knochenverlust, Schraubenlockerung oder -bruch, Implantatbruch). Brücken mit vollanatomischem PEEK Brückengerüst schlucken diese Verwindung (Abb. 8 und 9).

### Spezifisches Gewicht

PEEK hat ein spezifisches Gewicht von 1,32 g/cm<sup>3</sup>. Die vorab erwähnten kieferumspannenden zwölfgliedrigen Brücken wiegen dadurch lediglich zwischen 9 und 13 Gramm. Da heutzutage bei geringem vertikalen Knochenangebot kurze Implantate erfolgreich zum Einsatz kommen, ermöglicht PEEK auch bei sehr großvolumigem Zahnersatz mit großem vertikalem Cantilever extrem leichte Konstruktionen und damit physiologischen Zahnersatz.

### Tribologische Eigenschaften

Die Gleiteigenschaften von PEEK auf PEEK, beziehungsweise PEEK auf Zirkon, sind als außergewöhnlich gut zu beschreiben. Bei teleskopierenden Arbeiten und gefrästen Stegversorgungen kommt dies zur Anwendung. Jeder Kollege, der solch eine



Abb. 8: Verblendete Brücke mit vollanatomischem PEEK Gerüst und gefräster Abutment Geometrie auf 4 Implantaten (Foto: B. Siewert).



Abb. 9: Brücke aus Abb. 8 in situ (Foto: B. Siewert).

Arbeit am Patienten in situ „gerollt“ hat, wird wohl diese seidige Empfindung nicht so leicht vergessen (Abb. 10, 11 und 12).

### Metallfreiheit

Last but not least die Metallfreiheit. Die Vorteile dieser Eigenschaft werden in der wissenschaftlichen Gemeinschaft sehr kontrovers diskutiert. Allerdings bin ich bei Literaturrecherchen bisher nicht auf den Standpunkt gestoßen, dass Metallfreiheit schädlich sein könnte.

### Resümee

Wie in den Falldokumentationen ersichtlich, konnte durch gefrästes PEEK das Indikationsspektrum auf Stege, herausnehmbare Suprakonstruktionen und direktverschraubte Implantatverbindungsgeometrien erweitert werden. Dabei ist zu berücksichtigen, die Schichtstärke der Schraubkopfaufgabe bei PEEK im Vergleich zu Titanhülsen zu erhöhen. Ein Drehmomentstopp von 12 Ncm bei der Schraubenfixierung hat sich bei uns in der Praxis bewährt.

Dieser Kunststoff ist von seinen Eigenschaften im Vergleich zu anderen in der Zahnheilkunde verwendeten Materialien sehr unterschiedlich. Die Lernkurve bei der Verarbeitung ist sicherlich noch nicht abgeschlossen, aber unsere bisherigen Erfahrungen sind vielversprechend.



Abb. 10: Gefräste Stege und Sekundärstruktur aus PEEK (Foto: B. Siewert).

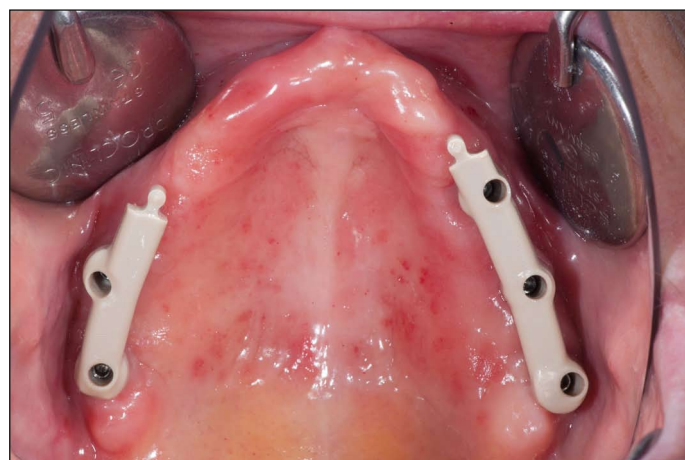


Abb. 11: Verschraubte Stege aus Abb.10 in situ (Foto: B. Siewert).



Abb. 12: Fertiggestellte Prothese mit PEEK Basis auf den Stegen in situ (Foto: B. Siewert).

**Danksagung**

*Ich bedanke mich bei dem Team der Clínica Somosaguas für die tägliche Unterstützung und bei dem zahntechnischen Labor PEEK-O-BELLO ([www.peek-o-bello.com](http://www.peek-o-bello.com)) für die Herstellung der Juvora Dental PEEK Arbeiten.*

**Kontakt:**

Dr. med. dent. Bernd Siewert  
Clínica Somosaguas  
Calle Aquilón, 2  
C.C. Prado de Somosaguas  
E-28223 Madrid  
Tel.: 0034917114265  
[siewert@dental-med.com](mailto:siewert@dental-med.com)  
[www.dental-med.com](http://www.dental-med.com)

**Nachweise**

- BABBUSH CA, KIRSCH A, MENTAG PJ, HILL B. (1987): Intramobile Cylinder (IMZ) Two-Stage Osteointegrated Implant System With the Intramobile Element (IME): Part I Its Rationale and Procedure for Use, JOMI 4: 203-216.
- BERGLUNDH T, PERSSON L, KLINGE B. (2002): A systematic review of the incidence of biological and technical complications in implant dentistry reported in prospective longitudinal studies of at least 5 years, J Clin Periodontol. 29: 197-212.
- KURTZ, S.M., DEVINE, J.N. (2007): PEEK biomaterials in trauma, ortopedic and spinal implants, Biomaterial 28: 4845-4869.
- SIEWERT, B., PARRA, M. (2013): Eine neue Werkstoffklasse in der Zahnmedizin. PEEK als Gerüstmaterial bei 12-gliedrigen implantatgetragenen Brücken, Z Zahnärztl Implantol 29: 148-159.
- SIEWERT, B. (2014): Herstellung implantatgetragener Brücken aus PEEK-Blanks, DZW 9: 14-15.

**Erratum**

Am Ende des Wiss. Originalbeitrags von Buchner et al. (2014): Reduzierte Fruchtbarkeit und vermehrte Missbildungen unter Mobilfunkstrahlung, umg 27(3): 182-191, muss ergänzt werden:

**Eingegangen:** 12.3.2014

**Revidierte Fassung angenommen:** 13.6.2014