

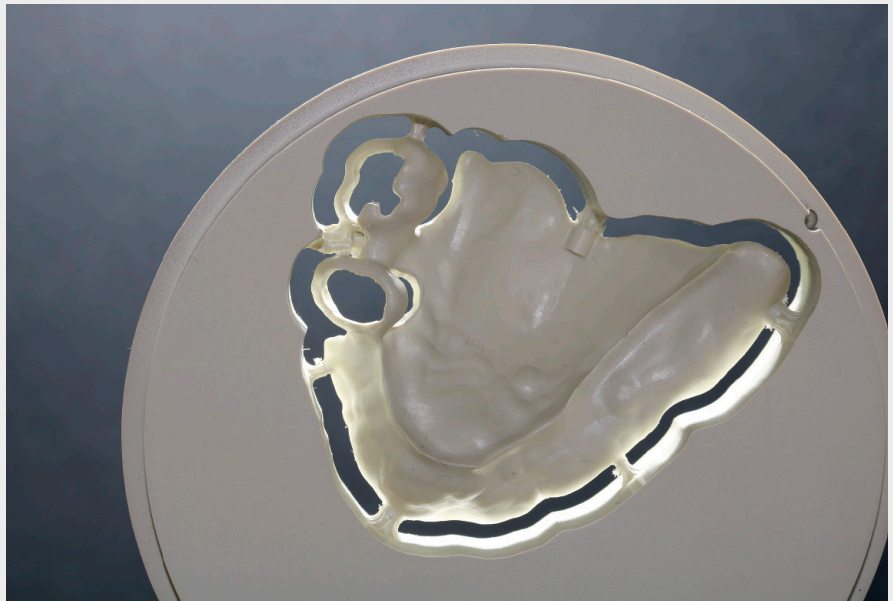
# Hygienefähigkeit von Hochleistungskunststoffen

## Teil 2

Hochleistungskunststoffen liegen voll im Trend. Doch bei aller Euphorie stellt sich die Frage, wie es denn eigentlich um die Hygienefähigkeit, die Pflege und Wartung von Arbeiten aus diesen Materialien bestellt ist.

**ERST DIE CAD/CAM-TECHNOLOGIE** hat es möglich gemacht, industriell, auf höchstem Fertigungsniveau hergestellte thermoplastische Kunststoffe und Komposite zu verarbeiten. Ob dies einen relevanten Einfluss auf die Hygienefähigkeit hat, soll betrachtet werden. Wir dürfen nicht den Fehler begehen, alle Kunststoffe, die uns zur Verfügung stehen, über einen Kamm zu scheren.

► Eine perfekt gefräste, dichte Oberfläche mit weichen, fließenden Objekt-Geometrien sorgt für eine gute Hygienefähigkeit



**Autor**  
**ZTM Martin Wepler**  
dentalgerade  
76356 Weingarten  
weplerschwarzwald@gmail.com

Im Bereich der manuellen Zahntechnik sind drei Verarbeitungsverfahren vorherrschend:

- Pulver-Flüssigkeit/chemoplastisch/autopolymerisierend
- Spritzguss-/Injektionsverfahren/thermoplastisch/Druck
- Pastös/Photo-Polymerisation

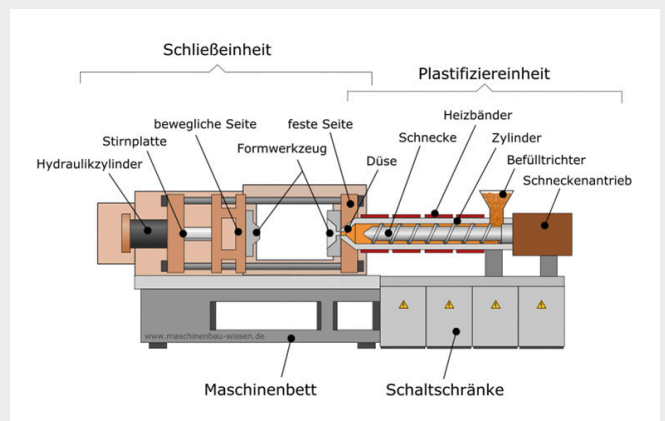
Thermoplaste und Chemoplaste sind grundsätzlich keine Unbekannten. Vieles, was uns als präfabrizierte CAD/CAM-Blanks angeboten wird, steht als Materialkomponente auch für die manuelle Fertigung zur Verfügung. Vom Grundsatz unterscheiden sich die Prozesse in der Industrie nicht von denen der manuellen und laborseitigen Herstellung. Auch in der Industrie werden die Blanks oder andere Halbzeuge mit chemoplastischen und thermoplastischen Verfahren hergestellt. Die dort angewandten technischen Verfahren und eingesetzten Maschinen unterscheiden sich jedoch, bei seriösen Herstellern, deutlich von den manuellen Herstellungstechniken und Prozessen. So entstehen präfabrizierte Werkstoffe, die messbar bessere chemische, biologische und mechanische Eigenschaften besitzen. Bezogen auf die Hygienefähigkeit liegt das Hauptaugenmerk auf der Oberflächenhärte und der relativen Wasseraufnahme im dauerhaft feuchten Milieu (Mund). Eine Ausnahme im Bereich der „Kunststoffe“ bilden die sogenannten Hybridkeramiken. Diese „Zwitter“-Werkstoffe bestehen aus einer porösen keramischen Matrix, in die Kunststoff infiltriert ist.

### Industrielle Herstellungsverfahren

Um die in der Zahntechnik verwendeten Kunststoffe beurteilen zu können, muss man grob die Verfahrenswege kennen, mit denen sie hergestellt werden. Niedrig-Temperatur-Thermoplaste zum Beispiel PMMA/POM (Acetal) et cetera: Der am meisten verwendete Kunststoff PMMA (Acrylglas) ist ein thermoplastischer Kunststoff. Dieser wird in der Zahntechnik überwiegend auf chemoplastischem Wege in Form gebracht und verarbeitet – in der Gieß-, Injektions-, Spritzguss- oder Streutechnik. Hierbei wird bereits polymerisiertes Pulver mit Monomer angerührt. Leider wird es mit den korrekten Mischverhältnissen nicht immer so genau genommen, und es entstehen, je nach Herstellungsart, unter Umständen Gefüge mit relativ hohen Restmonomer-Anteilen und erhöhter Wasseraufnahme. Hochwertige CAD/CAM-Blanks aus PMMA werden hingegen aus industriell bereits hochgradig polymerisierten Granulaten in großen industriellen Spritzgussmaschinen gefertigt, die mit speziellen Förderschnecken und sehr hohem Druck in gekühlten Werkzeugen hergestellt werden.



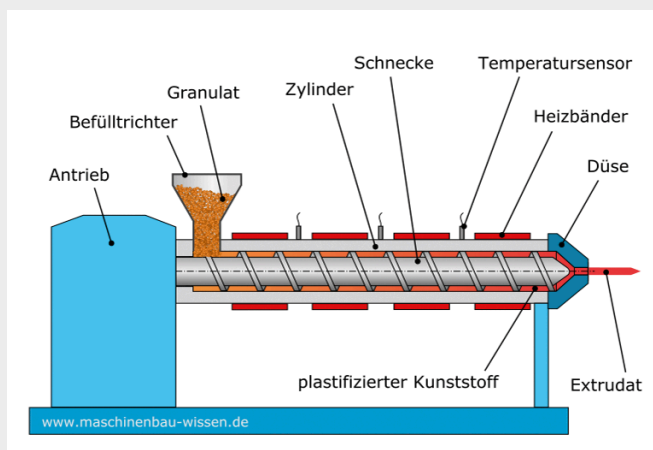
► Hier entstehen hochwertige Polymer-Blanks. Industrieller Maßstab beim Spritzguss: auspolymerisierte Basis-Polymere, riesige Maschinen mit extrem hohen Fertigungsdrücken und computergesteuerten Aufschmelz- und Abkühlbedingungen.



► Schematischer Aufbau einer industriellen Spritzgussmaschine

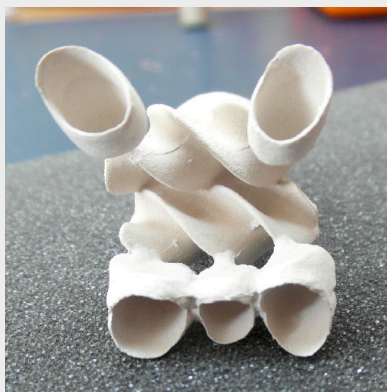


▣ Industriell auspolymerisierte, voreingefärbte PMMA-Granulate für die CAD/CAM- Blankherstellung



▣ PEEK wird in der Regel, aufgrund seiner hohen Verarbeitungstemperatur, in solchen Extrudern hergestellt

▣ Zahntechnisches „Heimwerker“-Verfahren: PEEK-Teile, die mit Injektions-Verfahren in Einbettmasse-Formen gespritzt werden



Handelt es sich um eingefärbtes Granulat, ist jedes Teilchen des Granulats eingefärbt. Durchlaufen die bereits auspolymerisierten, transparenten Granulate einen erneuten thermischen Prozess, kann der Gehalt an Restmonomer nochmals gesenkt werden.

Dieser sehr aufwendige, computergesteuerte Vorgang ist in keinem Fall mit den einfachen Injektions- oder Spritzgussverfahren zu vergleichen, die für das zahntechnische Labor angeboten werden. Die einfachere industrielle Variante wäre, transparentes, nicht eingefärbtes Granulat zusammen mit Farbpigmenten innerhalb eines Prozesses zu spritzen.

Nun werden auch sehr preisgünstige CAD/CAM-PMMA-Blanks angeboten, die nicht in solchen Verfahren, sondern rein chemoplastisch hergestellt werden. Hier gilt es zu unterscheiden.

## Hochtemperatur-Thermoplaste

### CAD/CAM-Blanks aus PEEK

CAD/CAM-Blanks aus PEEK werden wegen ihrer hohen Schmelztemperatur ( $> 340^{\circ}\text{C}$ ) im Extruder-Verfahren hergestellt. Beim Extrudieren gelangt das Kunststoff-Granulat durch einen Trichter in einen Zylinder. Dort wird es aufgeschmolzen, homogenisiert und verdichtet und dann mittels einer Schnecke durch eine Düse gepresst.

Die so hergestellten Profile werden dann mit spanabhebenden Verfahren in die benötigte Geometrie gebracht. Auch beim PEEK wird für das Labor ein einfaches Spritzguss-Verfahren angeboten, welches mit einer industriellen Extrusion nicht vergleichbar ist.

Bei beiden Herstellungsverfahren kann der Hersteller die fertigen Werkstücke (Blanks) anschließend noch einer Vergütung (beispielsweise durch Tempern) unterziehen. Dies kann je nach Werkstoff einen zusätzlichen Benefit in der Verarbeitung und Qualität herbeiführen (zum Beispiel Verhinderung von Spannungsrisskorrosion).

Vorteile einer hochwertigen industriellen Herstellung sind:

- ▣ Gesteuerte Prozesse (Trocknung, Aufschmelzen, Abkühlen)
- ▣ Material wird unter sehr hohen Drücken verdichtet (500 – 2000 bar)
- ▣ Hochwertige Materialeigenschaften der Rohstoffe (Hochgradig polymerisiert, Trocknungsgrad, Reinheit)

- ▣ Mess- und validierbarer Restmonomer-Gehalt
- ▣ Mess- und validierbare Wasseraufnahme
- ▣ Kontrolle der Werkstücke (zum Beispiel Gefüge) während des Herstellungsprozesses möglich

### **Glasfaserverstärkte CAD/CAM-Blanks auf Harzbasis (Fiberglass)**

Diese Werkstoffe finden noch relativ wenig Anwendung in der dentalen Prothetik. Sie besitzen, auf den Bereich der Kunststoffe bezogen, hohe E-Module und Bruchfestigkeiten und sind deshalb, rein mechanisch, für belastbare Gerüststrukturen einsetzbar. Die industriellen Herstellungsverfahren reichen vom Pressen, Spritzen und Extrudieren bis hin zur manuellen und industriellen Laminierung.

### **Dentale Kunststoffe und die Bewertung ihrer Hygienefähigkeit**

Die zur Verfügung stehenden Kunststoffe sind hier aufgelistet. Schwerpunktmäßig betrachten wollen wir diejenigen, aus denen stabile, selbsttragende Gerüste angefertigt werden können bzw. denen dies zumindest zugeschrieben wird. Hierbei müssen wir zwischen herausnehmbar und festsitzend klar trennen. Anhand der bereits oben genannten Bewertungskriterien versuchen wir diese einzuordnen.

### **Biofilm – Besiedelung auf metallfreien Materialien**

Eine Studie der Uni Regensburg<sup>[1]</sup> zeigte, dass hochglanzpolierte PMMA- und PEEK- Abutments im Durchschnitt glattere Oberflächen zeigten als Zirkonoxid oder Titan. Interessant war die Feststellung, dass deutlich die geringste Zellaktivität und auch geringste Anlagerung von Biofilm und abgestorbenen Zellen auf hochglanzpoliertem PEEK (Vestakeep /Evonik) nach 20 und 44 Stunden Lagerung im Vergleich zu den Proben aus Zirkonoxid, PMMA und Titan zu verzeichnen war. Diese Aussage bezieht sich auf glatte, polierte Oberflächen. Es gilt daher, diese glatten Oberflächen beim PEEK nicht nur herzustellen, sondern auch in situ zu erhalten. Gerade dieser Punkt ist jedoch nur schwer zu gewährleisten, da er stark von der Konstruktion, der Situation und dem Putz-Verhalten des Patienten abhängt.

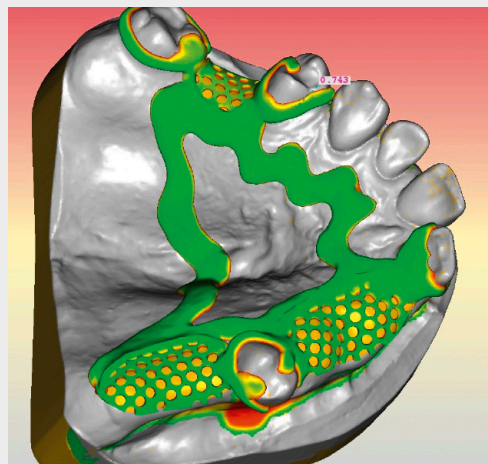
### **Polierverhalten und Oberflächenfinish**

Gut ausgebildete Zahntechniker sind in der Lage, eine spiegelnd glatte Oberfläche bei freiliegenden Zirkonoxid-Teilen zu erzeugen. Wir bewegen uns dann durchaus in einem Bereich des Mittenrauwertes Ra von 0,05 µm. Dies haben Messungen an eigenen polierten Proben ergeben. Dies ist jedoch auch mit einem PEEK-Material möglich. Zirkonoxid besitzt eine extrem hohe Oberflächenhärte und ist zudem sehr homogen glatt. Die einmal hergestellte Oberfläche ist weder mit den Mitteln einer Zahnreinigung noch durch Lösungsmittel, Färbemittel oder nahrungsbedingte Abrasion negativ veränderbar. Man könnte beinahe von einem Lotus-Effekt sprechen. Ganz anders verhält es sich bei den Kunststoffen.

Die Aufgabe des Zahntechnikers ist es, glatte Oberflächen mit organischen Formen und Oberflächen und einer weichen Topographie ohne scharfe Kerben, Kanten und Rillen herzustellen.



► Was hier glänzt, ist kein Lack! PEEK-Materialien lassen sich, je nach Komposition, mit normalen Werkzeugen und Mitteln sehr gut auf Hochglanz polieren



► Die zur Verfügung stehenden, diversen CAD-Software-Lösungen erlauben das Design bionischer, weicher und fließender Geometrien. Auf Stippelungen, Narbungen und scharfe Einkerbungen et cetera sollte verzichtet werden. Polierbar und reinigungsfreundlich konstruieren lautet die Prämisse.

### Oberflächenhärte, Widerstand gegen Aufrauung und Abrasion/Attrition

Alle Hochleistungskunststoffe haben eine relativ geringe Oberflächenhärte bzw. einen geringen Widerstand gegen Aufrauung. Zudem haben sie eine höhere Wasseraufnahme als Keramik, bei Zirkonoxid beträgt sie gar Null Prozent. Hinzu kommt, dass durch die Aufrauung eine Oberflächenvergrößerung entsteht und damit auch mehr Fläche für eine Benetzung und Feuchtigkeitsaufnahme vorhanden ist. Eine Studie<sup>[2]</sup> beschäftigte sich mit der Problematik, wie stark die Abrasion diverser Zahnpasten zu bewerten ist. Hierzu wurden in einem Zahnbürsten-Abrasionstest Oberflächen von unbehandelten, absolut glatten PMMA (Plexiglas)-Proben einem Zerkratzungstest unterzogen. Die unbehandelte PMMA-Platte wies nach fünf Stunden Wasserlagerung einen Ra (Rauwert) von lediglich 0,01 µm auf. Es wurden Putzvorgänge von einer Dauer von fünf Stunden simuliert. Dies entspräche, bei einer gesamten Putzzeit von zehn Minuten pro Tag, einer Putzdauer von 30 Tagen. Die maximal gemessene Rautiefe betrug 84,8 µm. Zahnpasten, wie sie für Milchzahngebisse empfohlen werden, realisierten einen Rmax Wert von nur 24,8 µm. Den mit Abstand geringsten Wert erbrachte jedoch eine Zahnpasta, bei der die Schleifkörper durch EVA-Kügelchen ersetzt worden sind. Dieses Verfahren sorgt für eine gute Reinigung bei geringer Abrasion. Zur Verdeutlichung: Bei zweimal täglicher Reinigung mit einer Zahnpasta, die einen RDA-Wert (RadioactiveDentinAbrasion) von 75 besitzt, wird nach drei Monaten bereits ein Dentinabrieb von bis zu 51 µm gemessen werden. Raucherzahncremes besitzen sogar RDA-Werte von 100 oder mehr und zerkratzen Kunststoffprothesen in hohem Maße. Dies ist ein deutlich höherer Wert als er für die physiologische Abrasion von natürlichen Zähnen in der Literatur angegeben wird. So wird sorgfältiges Putzverhalten zum Problem.

## Zahnersatz aus Hochleistungspolymeren

Dabei ist (beinahe) jeder Patient bestrebt, seinen Zahnersatz akribisch zu reinigen. Dies geschieht beim festsitzenden Zahnersatz abrasiv mit Zahnbürste plus Zahnpasta, Interdentalbürsten und Zahnseide, unterstützt durch diverse Mundspülungen und professionelle Zahnreinigung. Dies sind die ihm zur Verfügung stehenden Mittel. Sein Putzverhalten ist geprägt von der Reinigung seiner natürlichen Zähne. Es gibt Patienten, die minutenlang mit relativ harten Zahnbürsten und abrasiven Zahnpasten, mehr „schrubben“ als sanft zu reinigen. Diese Vorgehensweise ist insofern richtig, als dass sich grundsätzlich nur durch intensives Putzen, mit einer nicht zu weichen Zahnbürste, mikrobielle Plaque und oberflächliche Verfärbungen entfernen lassen. Allerdings werden durch eine professionelle Zahnreinigung die Oberflächen zusätzlich angeraut und somit vergrößert, wodurch die Anlagerung von Rückständen wiederum erleichtert wird. Ein Teufelskreis von Reinigen, Aufrauen und Anlagern beginnt. Speziell in Bereichen, bei welchen eine Glättung oder Politur solch aufgerauter Areale (beispielsweise basale Bereiche, Bereiche im Sulcus, in der Innenfläche von Teleskopen) nicht möglich ist, ist dies kritisch zu bewerten.



► Hier hat es der Patient mit der Reinigung gut gemeint – und das Gegenteil erreicht. Zerkratzte Oberfläche durch die Zahnbürste und abrasive Pasten. Der Teufelskreis von Reinigen und Plaque begann.

Beim herausnehmbaren Zahnersatz bietet sich dem Patient zusätzlich die Möglichkeit, externe, passive Reinigungsmethoden anzuwenden. Dies sind diverse Prothesenrei-


Professionelle Prothesenreinigung

### Supersaubere Dritte


Die Zahnprothese kann man selbst reinigen. Hilfe vom Profi wird nur nötig, wenn steinharter Belag an den Dritten sitzt. Oder wenn Sie keine Kraft mehr haben, an der Prothese herumschrubben.

f t G+ e

Drucken



MEHR ZUM THEMA



ZAHNÄRZT LING: Amalgam, Gold oder Kunststoff - was ist besser?

► So wird das Zerkratzen noch beworben. Wenigstens ist der Profi erwähnt.



► Prothesenreiniger sind erlaubt. Interimsprothese aus PEEK mit gängigen Ablagerungen im Glas.



► Nach 30 Minuten und Trockenblasen leider alles wie zuvor. Bei den Prothesenreinigern gibt es große Unterschiede. Im Netz findet man hierzu gute Vergleichstests.



► Solche Nadelreinigungsgeräte eignen sich, mit entsprechenden Reinigungsfluiden, hervorragend zur Entfernung von Zahnstein und Raucherbelegen. Vorsicht: Nicht alle Fluide werden auch für alle Hochleistung-Polymere empfohlen.



► Leicht intrinsische Verfärbungen durch Blut an dieser PEEK-Arbeit

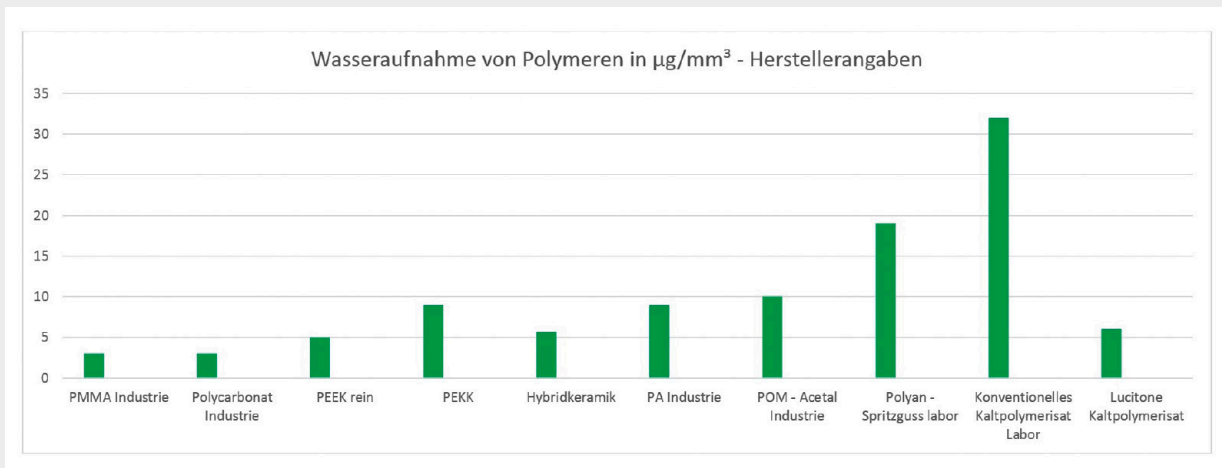


► Optimal entfernbar durch eine Politur im Labor

niger und preiswerte Ultraschallgeräte. Aber selbst eine sorgfältige und gewissenhafte Reinigung stößt letztlich an ihre Grenzen. Dann hilft nur noch die regelmäßige professionelle Wartung und Überholung durch die Zahnarztpraxis oder das Labor und eine erneute Politur freiliegender Areale.

### Wasseraufnahme und Verfärbungssicherheit

Kunststoffe besitzen, je nach Herstellungsmethode, große Unterschiede bei der Wasseraufnahme. Diese hat in Kombination mit einer aufgerauten und vergrößerten Oberfläche unter Umständen negative Auswirkungen und führt zu intrinsischen (nicht nur oberflächlichen) Verfärbungen von Prothesen.



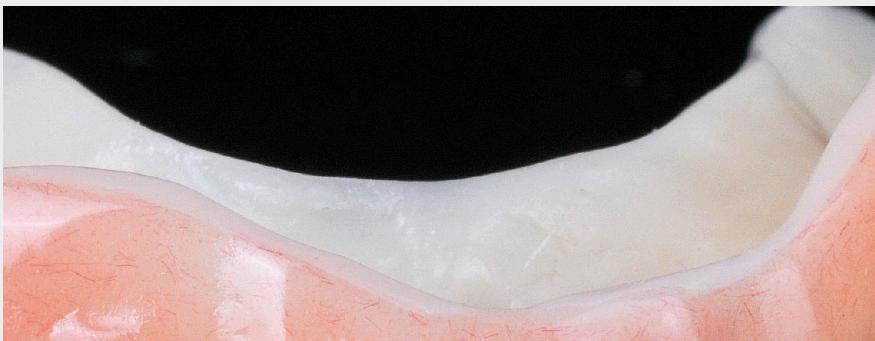
► Gradienten für die Wasseraufnahme unterschiedlicher Polymere. Nur einer der Anhaltspunkte für mögliche Verfärbungstendenzen.

### Konditionierung vor Verblendung bzw. Fertigstellung

Hochleistungspolymere gehören zu den Werkstoffen, die chemisch und aufgrund ihrer geringen Oberflächenrauigkeit mäßige bis schlechte Verbindungen zu anderen Werkstoffen eingehen. Hinzu kommen noch die unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften der zu verbindenden Werkstoffe. Wenn sehr elastische Werkstoffe, wie zum Beispiel POM (Acetal) mit Materialien verbunden werden müssen, die spröder und steifer sind (Regel-fall), dann ist eine solche Materialkombination hohem Stress ausgesetzt. Dies aufgrund der unterschiedlichen E-Module, Wasseraufnahme und den unterschiedlichen WAK. Speziell in Übergangsbereichen von unterschiedlichen Materialien besteht daher die Gefahr einer Spaltbildung. Oft handelt es sich nur um Mikrospalte, die jedoch durch Verfärbungen sichtbar werden.



► Der Horror für jede Prothese: Klebespalte, Übergänge von harten zu weichen Materialien, unterschiedliche WAK und mechanische, schwingende Belastungen



► Perfekter Übergang von PMMA zu PEEK nach Konditionierung mit Plasma und Primer



► Auch bei solchen Sätteln an PEEK-Arbeiten muss das Maximum an Oberflächenkonditionierung im Übergangsbereich getan werden


Neben den mittlerweile gängigen Verfahren der Oberflächenkonditionierung durch Strahlen, Primer, Bonder und Silane wäre das Niederdruck-Plasma-Verfahren eine äußerst wirksame Oberflächenbehandlung. Diese könnte zusätzlich bzw. solitär angewendet werden. Im industriellen Bereich müssen ständig unterschiedlich elastische Materialien miteinander verbunden werden. Dort ist die Konditionierung mittels Plasma längst Alltag, zum Beispiel bei der Herstellung von Sportschuhen. In der Zahntechnik scheitert das Verfahren noch an den teilweise hohen Gerätekosten.



► Industrielles Niederdruck-Plasma-Gerät mit Argon/Sauerstoff-Spülung für die Zahntechnik

### Fazit

Die bezüglich der Hygienefähigkeit gesetzte Benchmark des hochglanzpolierten Zirkonoxids werden die Polymere und Komposite wohl (noch) nicht erreichen. Hochleistungspolymere, wie zum Beispiel PEEK, PEKK oder harzbasierte Glasfaser-Werkstoffe, können, aus mechanischer Sicht, für herausnehmbaren oder festsitzenden Zahnersatz verwendet werden. Alle anderen Thermoplaste gehören hinsichtlich ihrer Hygienefähigkeit und Verfärbungsneigung eher in den Bereich der Langzeitprovisorien, die durchaus über viele Monate in situ verbleiben können. Der Patient muss klar aufgeklärt werden, wie sich diese Werkstoffe in situ verhalten können und welchen Einfluss er darauf hat. So stellen beispielsweise auch stark färbende Speisen und Getränke (Curry, Rote Beete, Karotten, Schwarztee et cetera), aber auch regelmäßiges Rauchen und bestimmte Medikamente eine Verfärbungsgefahr dar. Der Zahntechniker muss alle Flächen, die verblendet bzw. ummantelt werden mit der bestmöglichen Konditionierung versehen, um Spaltbildungen im Übergangsbereich der unterschiedlichen Materialien möglichst zu verhindern. Alle möglichen Oberflächen müssen akribisch auf einen homogenen Glanz poliert werden. Das Design muss weich, organisch und glatt sein. Stippelungen bzw. genarbte Platten und scharfe und tiefe

interdentale Einschnitte sollten unbedingt vermieden werden. Innenflächen, die nicht zugänglich sind oder nicht poliert werden können (zum Beispiel Teleskop-Innenseiten, Klammer-Innenseiten) müssen mit dem größtmöglichen Finish gefräst werden und glatt und homogen aus der Maschine „fallen“. Der Patient muss, wenn er Konstruktionen aus Hochleistung-Polymeren im Mund hat, seine Putzgewohnheiten und Techniken ändern bzw. anpassen. Kunststoffe und Composite-Materialien besitzen, je nach Typus und Zusammensetzung, eingeschränkte bis exorbitant geringere Oberflächenhärten als Zirkonoxid und sind demzufolge anfällig gegenüber Aufrauungen durch abrasive Vorgänge. Die Oberfläche ist mit den Mitteln einer Zahnreinigung und auch durch Lösungsmittel, Färbemittel oder nahrungsbedingte Abrasion bis zur Zerkatzung negativ veränderbar. Es sollten weiche Zahnbürsten mit gering bis nicht abrasiven Pasten bei sehr geringem Anpressdruck verwendet werden. Großflächige Areale können auch mit einem weichen Schwämmchen und Geschirrspülmittel vorgeeignet werden. Mit gängigen Reinigungsmethoden oder Reinigungstabletten, aber auch mit Ultraschall, ist der Patient dann ab einem bestimmten Punkt nicht mehr in der Lage, solche Oberflächen zu reinigen bzw. oberflächlich eindiffundierte Verfärbungen zu entfernen. Dann hilft meistens nur noch die professionelle Reinigung und Politur durch den Zahntechniker, manuell oder zusätzlich mit Ultraschall- und Nadelreinigungsgeräten mit entsprechenden Fluiden. Dies ist bei festsitzenden Arbeiten nicht möglich. Aus diesem Grunde sind basale bzw. nicht zugängliche freiliegende Areale bei Verwendung von Hochleistungskunststoffen aus Sicht der Hygienefreundlichkeit, insbesondere bei implantatgestützten Arbeiten, kritisch zu hinterfragen. Vor allem auch vor dem Hintergrund einer ebenfalls abrasiven bzw. kratzenden professionellen Zahnreinigung. 

## LITERATUR

- [1] S. Hahnel, A. Wieser, R. Lang, M. Rosentritt, Biofilm formation on the surface of modern implant abutment materials, Clin.Oral Impl. Res. 00, 2014; 1-5
- [2] C. Sander, M. Sander, C. Wiethoff, G. Sander, Abrasionswerte im Vergleich, ZM 7/2005, 44-50