



(10) **DE 10 2012 018 816 A1** 2014.03.27

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 018 816.1**

(22) Anmeldetag: **25.09.2012**

(43) Offenlegungstag: **27.03.2014**

(51) Int Cl.: **A61C 13/09 (2006.01)**

**A61L 27/30 (2006.01)**

**A61L 27/04 (2006.01)**

**C23C 14/02 (2006.01)**

**C23C 14/24 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**MDI Dental- und Implantattechnik GmbH, 47057,  
Duisburg, DE**

(72) Erfinder:

**Erfinder wird später genannt werden**

(74) Vertreter:

**Schneiders & Behrendt Rechts- und  
Patentanwälte, 44787, Bochum, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Pharmazeutische Beschichtung für Aufbauten von Zahnimplantaten**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine pharmazeutische Formulierung zur Verhinderung von Gingivitis und Periimplantitis bei einem Patienten durch Beschichtung von Aufbauten von Zahnimplantaten 8. enthaltend Zirkoniummetall und/oder Zirkoniumnitrid. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Schicht auf Zahnimplantaten und deren Aufbauten.

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine pharmazeutische Formulierung zur Prophylaxe von Gingivitis und Periimplantitis bei einem Patienten durch Beschichtung von Aufbauten von Zahnimplantaten.

**[0002]** Die Osseointegration von dentalen Implantaten ist inzwischen eine weit verbreitete Technik zur Verankerung von Zahnersatz. Nach dem Stand der Wissenschaft sind die Probleme der Osseointegration selbst weitgehend gelöst. Nicht gelöst ist aber das Problem des Langzeiterhalts der Implantate. Untersuchungen haben gezeigt, dass ein recht hoher Prozentsatz der Implantate nach etwa 10 Jahren mit einer Periimplantitis einhergehen.

**[0003]** Der Langzeiterfolg von dentalen Implantaten hängt u. a. von einer guten Zelladhäsion im Bereich der zervikalen Abutmentregion und diese wiederum von den Oberflächeneigenschaften des Abutmentmaterials ab. Dabei spielen Rauheit; Morphologie und Textur eine Rolle. Weiterhin spielen bakterielle Einflüsse eine große Rolle. Die Materialien dürfen nicht zur Bakterienadhäsion führen; vielmehr sind bakterienabweisende Eigenschaften gefragt. Eine ideale transgingivale Abutmentoberfläche sollte deshalb nicht nur die Bakterienadhäsion verhindern, sondern auch gleichzeitig die epitheliale Anhaftung fördern. Die Folge einer unzureichenden Zelladhäsion und/oder einer vermehrten Bakterienadhäsion sind entzündliche Prozesse, die zu Gingivitis und letztendlich zu einer Periimplantitis führen.

**[0004]** Zirkoniumnitrid ist in der Medizintechnik aufgrund seiner Härte, Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Biokompatibilität verbreitet und findet Anwendung bei der Herstellung chirurgischer Werkzeuge oder zur Beschichtung von Implantaten. In der WO 2008/009474 A1 ist beispielsweise die Beschichtung von Zahnimplantaten mit Zirkoniumoxid und/oder Zirkoniumnitrid beschrieben, wobei das Zirkoniumnitrid insbesondere als Grundierung oder Deckschicht für das Zirkoniumoxid dient. Derartige Implantate haben sich bewährt, wobei aber die Biokompatibilität im Vordergrund stand. Erkenntnisse über eine medizinische Wirkung von Zirkoniumionen auf die Langzeitstabilität des Implantats sind dort nicht beschrieben und waren seinerzeit auch nicht bekannt.

**[0005]** Aus der WO 2004/043474 sind medizinische Implantate bekannt, die aus einer Magnesiumlegierung unter Zusatz von Yttrium, Neodym und insbesondere auch Zirkonium bestehen. Diese Implantate sind für das vaskuläre System bestimmt und liegen zumeist in der Form von Stents vor. Der Zusatz von Zirkonium wird mit einer proliferationshemmenden Wirkung auf humane Muskelzellen in Verbindung gebracht. Die Legierung soll sklerotischen Läsionen

vorbeugen. Diese vaskulären Implantate sind selbstauflösend, d. h. sie werden im Blutstrom langsam abgebaut.

**[0006]** Im Rahmen von Studien wurde nun gefunden, dass dentale Implantate und deren Aufbauten, soweit sie mit einer Beschichtung versehen sind, die Zirkoniumionen abgibt, ein signifikant besseres Einheilverhalten aufweisen und insbesondere eine sehr viel geringere Tendenz zur Ausbildung von Gingivitis und der damit einhergehenden Periimplantitis aufweisen. Überraschenderweise ist dieser Effekt mit Zirkoniummetall verbunden wie auch mit Zirkoniumnitrid, nicht jedoch mit Zirkonoxidbeschichtungen.

**[0007]** Unter Gingivitis wird erfindungsgemäß eine zumeist bakteriell verursachte Entzündung des Zahnfleisches – der Gingiva – verstanden. Von einer Gingivitis sind tiefer liegende Strukturen des Zahnhalteapparate – Parodonts – nicht betroffen. Eine Gingivitis kann aber bei längerem Anhalten auf den Zahnhalteapparat ausstrahlen und zu einer Parodontitis führen.

**[0008]** Unter einer Periimplantitis wird eine Erkrankung des Halteapparats eines Zahnimplantats verstanden. Sie ähnelt in vieler Hinsicht der Parodontitis des natürlichen Zahns. Eine Periimplantitis geht einher mit der Entzündung und dem Rückgang von Schleimhaut und Knochen im Bereich eines oder mehrerer Implantate und führt unbehandelt zum Verlust des Implantats.

**[0009]** Erfindungsgemäß wird unter Periimplantitis auch eine Parodontitis verstanden, die durch entzündliche Erscheinungen im Zusammenhang mit Zahnprothetik auftritt. Insbesondere kann sich eine Periimplantitis auch auf den Halteapparat benachbarter Zähne ausdehnen und dort zur Ausbildung einer Parodontitis führen.

**[0010]** Die Erfindung betrifft eine pharmazeutische Formulierung der eingangs bezeichneten Art, bei der die Oberfläche des Aufbaus eines Implantats eine Schicht aufweist, die Zirkonium enthält, insbesondere Zirkoniumnitrid.

**[0011]** Die erfindungsgemäße pharmazeutische Formulierung ist geeignet, das Auftreten von Gingivitis und Parodontitis im Zusammenhang mit Zahnimplantaten signifikant abzusinken. Insbesondere ist dies der Fall, wenn die Formulierung als Schicht in den Bereichen des Implantats oder seines Aufbaus aufgebracht wird, die in Kontakt mit der Gingiva stehen. Besonders wichtig ist im Zusammenhang die Anordnung einer solchen Zirkoniumionen abgebenden Schicht im Randbereich der Gingiva zur Mundhöhle.

**[0012]** Der Effekt wird fest gemacht an entzündungshemmenden und bakteriziden Eigenschaften von Zirkoniumionen.

**[0013]** Bevorzugte Lieferanten von Zirkoniumionen sind zum einen Zirkoniummetall und anderen Zirkoniumnitrid. Kombinationen von beiden sind möglich, beispielsweise in Form einer Zirkoniummetallgrundierung und Zirkonium nitridbeschichtung wie auch einer Mischbeschichtung aus Zirkoniummetall und Zirkoniumnitrid. Im Vergleich zu nicht beschichteten oder anders beschichteten Substratoberflächen hat Zirkoniumnitrid eine signifikant niedrigere Bakterienkolonisation bei gleichzeitig höherer Fibroblastenzelladhäsion.

**[0014]** Bevorzugtes Substrat für die erfindungsgemäß zum Einsatz kommenden Aufbauten von Zahnimplantaten ist Titan. Des Weiteren können Titanlegierungen verwandt werden.

**[0015]** Die pharmazeutische Formulierung wird als Schicht ganz oder teilweise auf die entsprechenden Aufbauten aufgebracht, insbesondere auf die Teile, die mit der Gingiva in Kontakt stehen. Die Schichtdicke beträgt im Allgemeinen nicht mehr als 5 µm und liegt vorzugsweise im Bereich von 1 bis 3 µm. Diese geringen Schichtdicken haben sich für die erfindungsgemäß zu erzielende Effekte als vollständig ausreichend erwiesen. Insbesondere sind sie in der Lage, hinreichende Konzentrationen an Zirkoniumionen bereit zu stellen.

**[0016]** Insbesondere kommt die erfindungsgemäße pharmazeutische Beschichtung bei auf Zahnimplantate aufgebrachten Abutments zum Einsatz. Diese befinden sich im Grenzbereich der Gingiva zur Mundhöhle, der besonders für entzündliche Prozesse und bakterielle Infektionen empfänglich ist. Hier setzt der prophylaktische/therapeutische Effekt der zirkoniumhaltigen Beschichtung an, indem entzündliche Prozesse oder eine bakterielle Versiegelung von vornerein unterbunden werden. Überraschend hat sich gezeigt, dass der mit Zirkoniummetall und Zirkoniumnitrid verbundene Effekt bei Zirkonoxidbeschichtungen nicht oder nicht im nennenswerten Umfang auftritt. Zurückgeführt wird dies auf die außerordentlich feste Bindung zwischen Zirkonium und Sauerstoff, die einer Abspaltung von Ionen entgegensteht.

**[0017]** Der therapeutische Effekt der erfindungsgemäßen Beschichtungen von Implantataufbauten kann auch genutzt werden, um bei vorhandenen Implantaten und Aufbauten aufgetretene entzündliche Erscheinungen der Gingiva zu behandeln. In diesem Fall wird beispielsweise ein unbeschichtetes Abutment durch eine mit Zirkoniumnitrid und/oder Zirkoniummetall beschichtetes Abutment ersetzt.

**[0018]** Der erfindungsgemäße Effekt tritt auch ein, wenn Zirkoniummetall in ansonsten therapeutisch nicht wirksame Schichten eingebracht wird, beispielsweise auch in Zirkoniumoxid.

**[0019]** Der hier geltend gemachte therapeutische Effekt kann dadurch verstärkt werden, dass die erfindungsgemäße Beschichtung zusätzlich Silber enthält. Es ist bekannt, dass Silberionen auf zahlreiche Mikroorganismen toxisch wirken, nicht jedoch auf den menschlichen Körper. Eine solche bakterizide Wirkung tritt auch im Bereich der Gingiva ein. Soweit die erfindungsgemäßen Beschichtungen zusätzlich mit Silber dotiert sind, wird der hier beschriebene prophylaktische und therapeutische Effekt verstärkt.

**[0020]** Im Allgemeinen reicht es aus, die zirkoniumhaltige Beschichtung mit geringen Mengen so zu dotieren. Der Anteil an Silber kann deutlich unter 1% liegen, beispielsweise im Bereich von 0,1 bis 0,5%. Da Silber sehr gut auf einem Titanuntergrund haftet, kann auch eine dünne Silberschicht auf das Implantat bzw. den Implantataufbau aufgebracht werden, wobei Schichtdicken von weniger als 1 µm völlig ausreichend sind, beispielsweise im Bereich von 0,1 bis 0,3 µm.

**[0021]** Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Beschichtung eines Zahnimplantats zur Verankerung von Zahnersatz und/oder dessen Aufbaus mit einer Zirkonium enthaltenden Schicht mit den Schritten

- Bereitstellen des Zahnimplantats oder dessen Aufbaus,
- reinigen der Oberfläche,
- Ionen-Ätzen der Oberfläche im Gasplasma, und
- Aufbringung einer zirkoniumhaltigen Schicht im Arc-Prozess.

**[0022]** Das Aufbringen der zirkoniumhaltigen Schicht ist grundsätzlich bekannt. Es handelt sich dabei um eine in der Industrie häufig praktizierte Beschichtungsverfahren (PVD-Beschichtung). Im Zusammenhang ist allerdings die Einhaltung gewisser Parameter sowie die Vorbereitung der Oberfläche des Implantats beziehungsweise dessen Aufbaus, insbesondere eine gründliche Reinigung von oxidischen Bestandteilen, von Bedeutung. Diese ist notwendig, um eine hinreichende Haftung der Beschichtung und damit Dauerhaftigkeit der Beschichtung auf dem Substrat zu gewährleisten.

**[0023]** Die Oberfläche wird zunächst zumindestens mit Ultraschall gereinigt, vorzugsweise in Verbindung mit einer nass-chemischen Ätzung mit einer aggressiven Säure, beispielsweise HF, gegebenenfalls in Verbindung mit H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. die Ätzung dient dazu, die sich auf der Metalloberfläche befindliche Oxidschicht nachhaltig zu entfernen. Die Ultraschallbehandlung führt dabei zu einer auch in die Poren eindringenden Ätzung und Reinigung.

**[0024]** Im Anschluss an den ersten Reinigungsschritt wird die Metalloberfläche im Gasplasma Ionen-geätzt. Vorzugsweise findet dies im Argonplasma statt. Die Ionen-Ätzung garantiert einen weiteren Abtrag von Verunreinigungen an der Oberfläche.

**[0025]** Es hat sich gezeigt, dass die gründliche Reinigung der Oberfläche und insbesondere die Befreiung der Oberfläche von oxidischen Bestandteilen wesentlich für die gute Haftung der Deckschicht auf den Substrat ist. Dies gilt insbesondere für Zirkoniumnitrid, aber auch für Zirkoniummetall.

**[0026]** Im Allgemeinen hat sich eine Schichtdicke von nicht mehr als 5 µm, insbesondere im Bereich von 1 bis 3 µm als völlig ausreichend erwiesen, um die prophylaktischen und therapeutischen Effekte zu erzielen. Mit einer größeren Schichtdicke können zwar glattere Oberflächen erzielt werden, die an und für sich schon eine schlechtere Versiegelung mit einer Bakterienflora gewährleisten, jedoch werden auf diese Art und Weise auch Rauigkeiten ausgeglichen. Rauigkeiten sind aber im Zusammenhang mit der epithelialen Anhaftung wünschenswert.

**[0027]** Auf die gereinigte Oberfläche wird anschließend die zirkoniumhaltige Schicht im Arc-Prozess aufgebracht. Die Aufbringung erfolgt dabei insbesondere in Gegenwart von Stickstoff, wobei die Einstellung derart sein kann, dass zunächst eine Grundierung mit Zirkoniummetall stattfindet, auf die anschließend Zirkoniumnitrid abgeschieden wird. Der Stickstoffgehalt der Beschichtungsatmosphäre kann dabei so ausgewählt werden, dass die Zirkoniumnitridschicht Zirkoniummetall enthält, also Zirkoniumnitrid im unterstöchiometrischen Verhältnis gebildet wird.

**[0028]** Für den Fall, dass auf das Substrat Silber aufgebracht werden soll, kann dies unmittelbar auf die Substratoberfläche erfolgen, aber auch durch eine Dotierung einer Zirkoniummetallgrundierung mit Silber. Für sich ist es ebenfalls möglich, geringe Mengen Silber in die Zirkoniumnitridschicht einzubringen. Dies sollte aber nicht in einer stickstoffhaltigen Atmosphäre erfolgen.

**[0029]** Die Beschichtung findet bei einem Druck von  $10^{-2}$  bis  $10^{-4}$  mbar statt. Die Temperatur ist erhöht und liegt zwischen 100°C und 400°C. Das Targetmaterial (Zirkonium) wird im Lichtbogen aufgeschmolzen und verdampft. Das verdampfte Targetmaterial wird ionisiert und schlägt sich aufgrund der gewählten Potenzialunterschiede auf dem Substrat nieder. Ist in der Beschichtungsatmosphäre Stickstoff als Reaktivgas vorhanden, wird automatisch Zirkoniumnitrid gebildet, das sich als goldgelber Niederschlag auf dem Substrat abscheidet.

**[0030]** An den vorstehend beschrieben entzündlichen Prozessen sind Kollagenasen maßgeb-

lich beteiligt, insbesondere Matrixmetalloproteinasen (MMPs). Deren erhöhte Aktivität wird durch Bakterien ausgelöst. Insbesondere die Matrixmetalloprotease-8 (aMMP-8) ist im Sulcusfluid nachweisbar. Für die paradontalpathologischen Prozesse stellt aMMP-8 die wichtigste Matrixmetalloprotease dar, deren Bestimmung auch eine Unterscheidung zwischen Gingivitis und Parodontitis ermöglicht. Entsprechend hat der Biomarker aMMP-8 auch eine Aussagekraft bei einer Periimplantitis, die der Parodontitis im Implantatbereich entspricht. Die Werte sind bei einer Periimplantitis signifikant erhöht. Somit kann eine aMMP-8-basierte Diagnostik bei Periimplantitisverdacht erfolgen. Da erhöhte aMMP-8-Werte bestimmt werden können noch bevor eine Gewebsdestruktion klinisch messbar ist, ist dieser Parameter von besonderer Relevanz.

#### Patientenstudie

**[0031]** In einer Studie wurde die Konzentration einer Matrixmetalloprotease (aMMP-8) in dem periimplantären Fluid bei Patienten mit gutem Allgemeinzustand (29 bis 74 Jahre, Durchschnittsalter 45 +/- 8 Jahre) bestimmt. Das Studienprotokoll sah vor, dass die Patienten mindestens zwei fehlende Zähne in unterschiedlichen Quadranten aufweisen müssen.

**[0032]** Nach den Vorgaben des Studienprotokolls wurden insgesamt 262 Implantate eines handelsüblichen Produkts inseriert. Es erfolgte weder eine Knochentransplantation noch eine Knochenregeneration. Die Implantate wurden in den abgeheilten Kieferkamm (> 4 Monate Post Extraktion) mit ausreichend Knochen eingesetzt. Nach einer gedeckten Einheilzeit von drei Monaten wurden die Implantate freigelegt und in einem Zeitraum von 2 Wochen mit individuell gefertigten Abutments und Suprakonstruktionen versorgt. Angelehnt am splitmouth Studiendesign wurden die Implantate des einen Quadranten mit konventionellen Titanabutments, die Implantate des anderen Quadranten mit zirkoniumnitridbeschichteten Implantataufbauten versorgt. Die Zirkoniumnitridbeschichtung war 2 bis 3 µm dick und hatte keinen Einfluss auf die Rauigkeit der Oberfläche, da sich das Zirkoniumnitrid beim PVD-Verfahren recht homogen auf dem Trägermaterial niederschlägt und die Rauigkeiten des Untergrundes abbildet.

**[0033]** In einem Beobachtungszeitraum von einem Jahr wurden in Abständen von 6 Wochen, 6 und 12 Monaten nach prothetischer Versorgung eine quantitative aMMP-8-Bestimmung durchgeführt. Die quantitative aMMP-8-Bestimmung wurde mit Hilfe von standardisierten PISF-Entnahmestreifen für periimplantäres Sulcusfluid – es handelt sich um spezifische löschblattähnliche Membranstreifen aus Kunststoff – durchgeführt. Die Streifen wurden im Labor mit Hilfe eines dentoELISA-aMMP-8-Tests analysiert.

**[0034]** Im Ergebnis zeigte sich, dass mit erfindungsgemäßen Beschichtungen versehene Aufbauten (Zirkoniumnitrid) eine deutlich geringere Tendenz zur Ausbildung entzündlicher Erscheinungen aufwiesen. Die aMMP-8-Werte waren gegenüber den Kontrollaufbauten signifikant herabgesetzt.

#### Beispiel

**[0035]** Das Beschichtungsverfahren der Titanaufbauten wurde mit Hilfe eines PVD-Verfahrens durchgeführt. Vor dem Beschichtungsprozess erfolgte zunächst eine Vorbehandlung der Titanaufbauten in dem diese einer nass-chemischen Reinigung (HF) mit Ultraschallunterstützung unterzogen wurden. Über einen Zeitraum von mehreren Minuten wurden diese dann einem Ionen-Ätzverfahren ausgesetzt. Das Ätzen erfolgte durch aufgeladene Teilchen (Ionen), die in einem Argon-Gasplasma erzeugt wurden.

**[0036]** Die Zirkoniumnitridschichten wurden mittels Lichtbogenverdampfung aufgebracht (Arc-Prozess). Hierbei wird in einer Argonatmosphäre ( $10^{-3}$  mbar) mit Hilfe eines Lichtbogens Targetmaterial (Zirkoniummetall) aufgeschmolzen und zum Verdampfen gebracht. Das Zirkoniumnitrid ist dabei als Kathode geschaltet, das Substrat als Anode. Durch die Potenzialunterschiede zwischen dem Target und dem zu beschichteten Substrat wird das ionisierte Targetmaterial zum Substrat hin beschleunigt. Während des Beschichtungsprozesses wird kontrolliert Stickstoff als Reaktivgas in die Kammer eingebracht. Dieser verbindet sich mit dem Zirkonium zum gewünschten Zirkoniumnitrid, das sich auf der Substratoberfläche niederschlägt. Die Verfahrenstemperatur liegt im Bereich um  $180^{\circ}\text{C}$ .

**[0037]** Für den Aufbau einer dünnen Grundierungsschicht aus Zirkoniummetall wird das ionisierte Targetmaterial in Abwesenheit von Stickstoff auf dem Substrat niedergeschlagen, bis die gewünschte Schichtdicke erreicht ist. Silbermetall kann anstelle von Zirkonium oder zusammen mit Zirkonium eine solche Grundierung ausbilden. Zweckmäßigerweise wird eine Silberschicht mit einer Schichtdicke von 0,1 bis  $0,2\ \mu\text{m}$  auf dem Substrat niedergeschlagen oder aber eine Zirkoniumsicht von weniger als  $0,5\ \mu\text{m}$  mit einem Gehalt an Silber von bis zu 1%.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- WO 2008/009474 A1 [0004]
- WO 2004/043474 [0005]

**Patentansprüche**

1. Pharmazeutische Formulierung zur Prophylaxe oder Therapie von Gingivitis und Periimplantitis bei einem Patienten durch Beschichtung von Aufbauten von Zahnimplantaten, enthaltend Zirkoniummetall und/oder Zirkoniumnitrid.
2. Formulierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Aufbau aus Titanmetall besteht.
3. Formulierung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schicht eine Zirkoniumnitridschicht ist.
4. Formulierung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schicht eine Dicke von 1 bis 5  $\mu\text{m}$  hat.
5. Formulierung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schicht eine Dicke von 2 bis 3  $\mu\text{m}$  hat.
6. Formulierung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie den Aufbau des Zahnimplantats wenigstens in den Bereichen abdeckt, die in Kontakt mit der Gingiva des Patienten kommen.
7. Formulierung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie zusätzlich Silber enthält.
8. Formulierung nach einem der vorstehenden Ansprüche, zur Beschichtung von Abutments.
9. Verfahren zur Beschichtung eines Substrats in Form eines Zahnimplantats und/oder Aufbaus davon mit den Schritten
  - Bereitstellen des Substrats,
  - Reinigen der Oberfläche des Substrats mit Ultraschall,
  - Ionen-Ätzen des Substrats im Gasplasma und
  - Aufbringen einer Zirkoniummetall und/oder Zirkoniumnitrid enthaltenden Schicht im Arc-Prozess.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine nasschemische Reinigung vorgenommen wird, gegebenenfalls unter Ultraschall.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die nasschemische Reinigung eine nasschemische Ätzung ist.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ionen-Ätzen im Argonplasma vorgenommen wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schicht in Gegenwart von Stickstoff aufgebracht wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schicht Zirkoniumnitrid enthält oder aus Zirkoniumnitrid besteht.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Oberfläche zunächst mit Zirkoniummetall und anschließend mit Zirkoniumnitrid beschichtet wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf die Oberfläche und/oder in die Beschichtung Silber eingebracht wird.
17. Verwendung von Zirkonium enthaltenden Beschichtungen zur Herstellung eines Implantats und/oder Implantataufbaus, dessen Oberfläche geeignet ist, Gingivitis und Periimplantitis vorzubeugen.
18. Verwendung nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung aus Zirkoniumnitrid besteht.
19. Zahnimplantataufbau mit einer Beschichtung aus Zirkoniummetall und/oder Zirkoniumnitrid zur Verwendung bei der Prophylaxe oder Therapie von Gingivitis und Periimplantitis.
20. Zahnimplantat nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung zusätzlich Silber enthält.

Es folgen keine Zeichnungen