

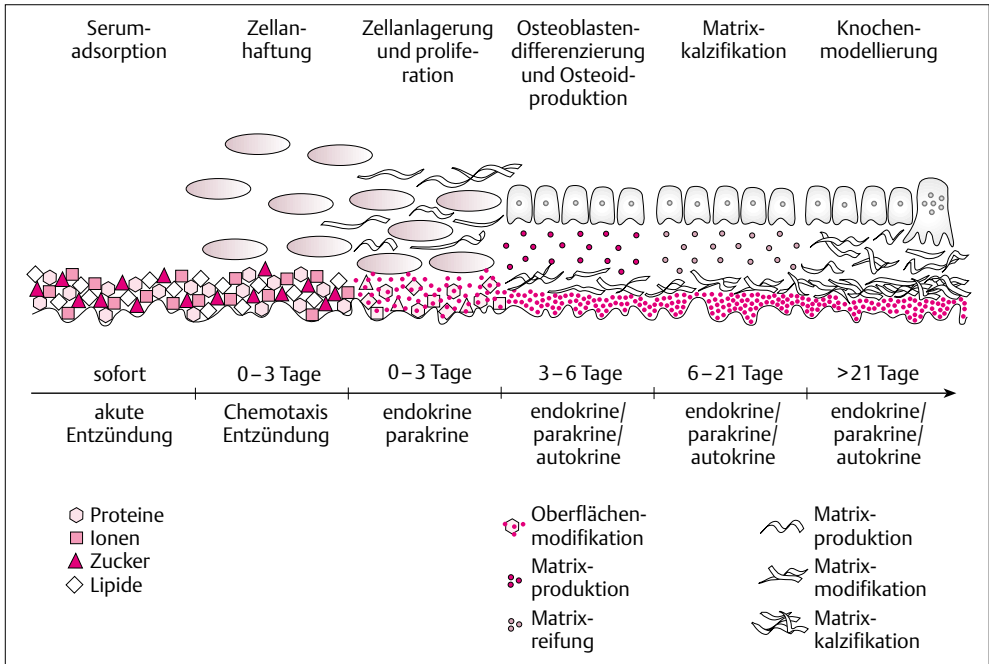


Abb. 1.1 Ablauf der Osseointegration an der Implantatoberfläche innerhalb der ersten Wochen. Die initialen Entzündungsreaktionen werden von einer Knochenneubildung und letztendlich von einer kontinuierlichen Umbauregeneration abgelöst.

Material

- **Titan** hat sich durch seine an der Atmosphäre bildende Passivierungsschicht als Implantatmaterial bewährt. Durch die verschiedenen Arten der Oberflächenkonditionierung kann eine unterschiedliche Geweheadaptation erreicht werden. Je nach Dotierung, im wesentlichen mit Sauerstoff, werden unterschiedliche Gütegrade unterschieden:
 - Titan mit der geringsten Dotierung wird als *Grad 1* bezeichnet und zeigt die geringste mechanische Festigkeit.
 - Implantate mit *Grad 4* zeigen eine erhöhte Bruchfestigkeit, aber auch ein spröderes Verhalten, was die Festigkeit bei Wechselbiegebelastungen reduziert.
- **Zirkoniumoxid-Keramik** hat neben Aluminumoxid-Keramik heute bereits einen festen Stellenwert in der Anwendung für Sekundärteile. Erste Implantatsysteme werden in ZrO-Keramik angeboten. Die hohen mechanischen Festigkeitswerte für ZrO-Keramik sind mit denen von Metallen vergleichbar. Aufgrund der schwierigen Formgebung und der Gefahr der Bauteilfraktur werden Implantate aus diesem Material in der Regel als einteilige, transgingival einheilende Implantate angeboten.

Titan ohne zusätzliche Oberflächenbearbeitung

Durch die zerspannende Bearbeitung bei Drehen der Implantate kann eine relativ glatte Implantatoberfläche erzeugt werden.

- ▶ Vorteile:
 - gute epitheliale Anlagerung im Durchtrittsbereich
 - einfache periimplantäre Reinigungsmöglichkeit
- ▶ Nachteile:
 - Ausbildung von Distanzosteogenese mit geringer Verankerungsqualität bei reduzierter Knochenqualität (D4-Knochen)
 - geringe Anlagerung von Bindegewebe.

Titan mit Oberflächenbearbeitung durch mineralische Säuren

Durch die Kombination von verschiedenen Säuren wird das Titan angegriffen und die Oberfläche wird im Mikrometerbereich aufgeraut. Mikro-Pits mit 1 µm Durchmesser entstehen, die ein Verankern der Osteoblastenausläufer in der Implantatoberfläche ermöglichen.

- ▶ Vorteil:
 - gegenüber gedrehter Oberfläche verbesserte Knochenanlagerung.
- ▶ Nachteil:
 - keine zusätzliche Verankerung im makroskopischen Bereich.

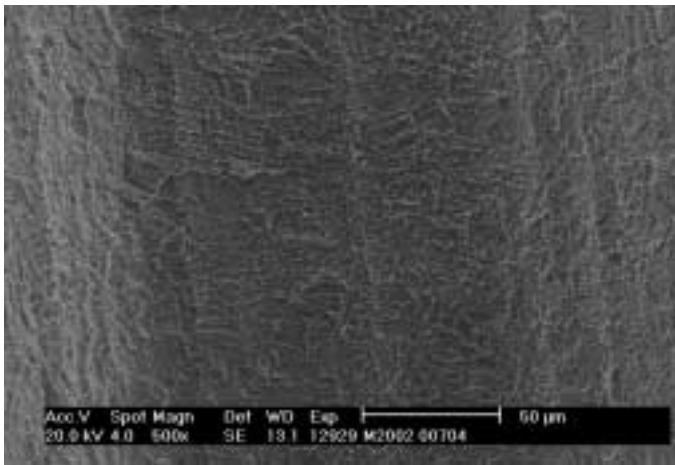


Abb. 1.2 Rasterelektronenmikroskopische (REM-Aufnahme) der mikrostrukturierten Oberfläche mit feinen Vertiefungen und erkennbarer gedrehter Oberfläche als Grundlage: Osteotite (Fa. 3i Implant Innovations, Palm Beach, USA).

Titan mit Oberflächenbearbeitung durch Strahlen

Das Strahlen mit unterschiedlichen Medien wie Al_2O_3 , TiO_2 ermöglicht eine tiefere Aufrauung für ein Einwachsen der Osteoblasten in die Mikrostruktur der Implantatoberfläche.

- ▶ Vorteil:
 - geringere Retentionsmöglichkeit für Plaque bei Freiliegen der Oberfläche im Vergleich zur Titan-Plasma-Beschichtung
- ▶ Nachteile:
 - Je nach Strahlmedium verbleiben Partikel in der Oberfläche.
 - Fehlen einer Porenstruktur für die Anlagerung der Osteoblastenausläufer.

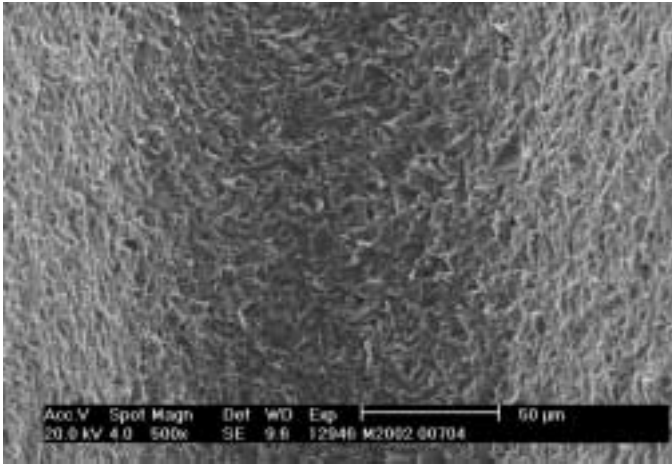


Abb. 1.3 Kraterförmige Mikrostrukturierung mit tiefer gleichmäßiger Oberflächenveränderung durch Strahlmedium (REM-Aufnahme Astra TioBlast; Fa. AstraTech, Mölndal, Schweden).

Kombination von Strahlen und Ätzen

Das primäre Strahlen und anschließende Ätzen schafft eine Oberfläche, die eine kombinierte biologische und mechanische Verankerung im Mikrobereich ermöglicht. Je nach Temperaturführung des Ätzvorgangs wird eine unterschiedlich tiefe Porenstruktur erreicht. Die Neutralisation des Ätzmediums ermöglicht eine Veränderung des Benetzungsverhaltens von lipophil zu hydrophil.

- Vorteile:
 - zusammen mit beschichteten Oberflächen beste Knochenanlagerung
 - hydrophile Oberflächen sind gut benetzbar und zeigen frühe Anlagerung von Proteinen.
- Nachteil:
 - Je nach Reinigungsverfahren und Strahlmedium verbleiben Partikel auf der Oberfläche.

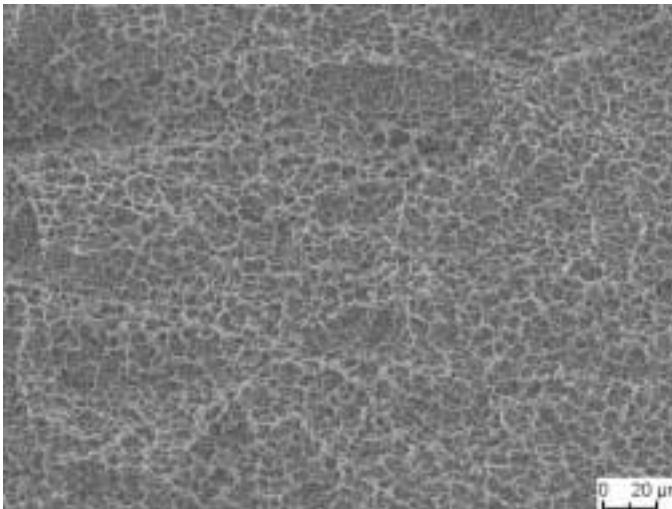


Abb. 1.4 Bimodale Oberflächenstrukturierung mit deutlicher Berg- und Talstruktur durch Strahlen und feinen Poren durch Ätzen (REM-Aufnahme Plus; Fa. Dentsply Friadent, Mannheim).

Titan mit anodischer Oxidation

Durch Funkenentladung wird eine anodische Oxidschicht in einem wässrigen Elektrolyten erzeugt. Die Stimulation der Entladung erfolgt in Form von Anionen und/oder Kationen, die sich in der Oberfläche einlagern (vorzugsweise Calcium- oder Phosphationen).

- Vorteil:
 - poröse Implantatoberfläche mit Einlagerung von die Knochenregeneration beschleunigenden Ionen.
- Nachteile:
 - Je nach Prozessparameter treten auch Areale mit glatter Oberflächenstruktur auf, die keine Retention von Osteoblasten ermöglichen.
 - Durch die anodische Oxidation wird die Passivierungsoxidschicht des Titans aufgebaut, sodass es im harten Knochen zu einer Lösung von Titanpartikeln bei der Implantatinserterion kommen kann.



Abb. 1.5 Kegelförmige Porenstruktur durch anodische Oxidation mit glatten Arealen in den Zwischenbereichen (REM-Aufnahme TiUnite; Fa. Nobel Biocare, Göteborg, Schweden).

Titanbeschichtung

In einem Schutzgas wird Titanpulver in einem Hitzekegel im Millisekundenbereich aufgeschmolzen und auf eine durch Strahlen vorbereitete raue Oberfläche aufgesprüht. Das Titanpulver erstarrt auf den Implantaten und bildet eine dreidimensionale Oberfläche mit ca. 1–4 µm großen Lumina.

- Vorteil:
 - zusammen mit den gestrahlten und geätzten Oberflächen beste Knochenanlagerung
- Nachteile:
 - Bei Freiliegen der Oberfläche muss die Beschichtung prophylaktisch entfernt werden, um die Plaqueadhäsion zu verringern.
 - Sehr hohe Friktion bei Verwendung auf Schraubenimplantaten mit der Gefahr des Abscherens von Titanpartikeln bei der Implantatinserterion. Jedoch bisher kein Nachweis einer klinischen Relevanz dieser Beobachtung.

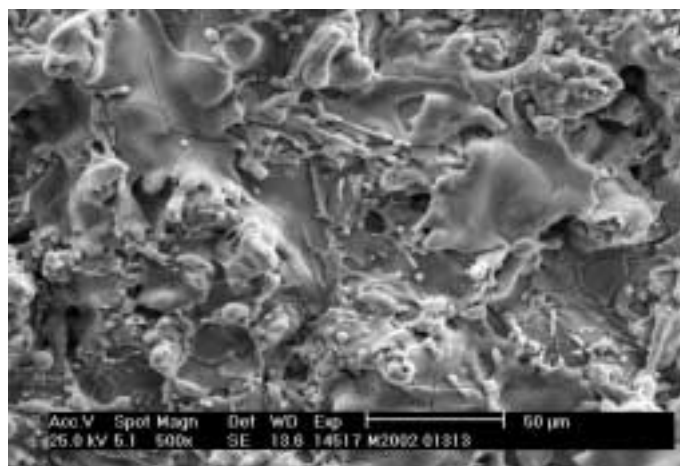


Abb. 1.6 TPS-Beschichtung: polymorphe Oberfläche mit tiefen Höhlen und Rissen durch Aufschmelzen des Titanpulvers (Fa. Dentsply Friadent, Mannheim).

HA-Beschichtung

Ähnlich wie bei der Titan-Plasma-Beschichtung oder durch Aufsintern im Tauchbad wird Hydroxylapatit auf die Implantatoberfläche aufgetragen.

- Vorteil:
 - schnelle Osseointegration mit hohen Knochen-Implantat-Kontaktwerten besonders bei eingeschränkter Knochenqualität
- Nachteil:
 - Gefahr des Verlusts der HA-Beschichtung durch Resorption, besonders bei umfangreichen Augmentationen, Applikation von plättchenreichem Plasma (PRP), Sofortimplantation und Periimplantitis.

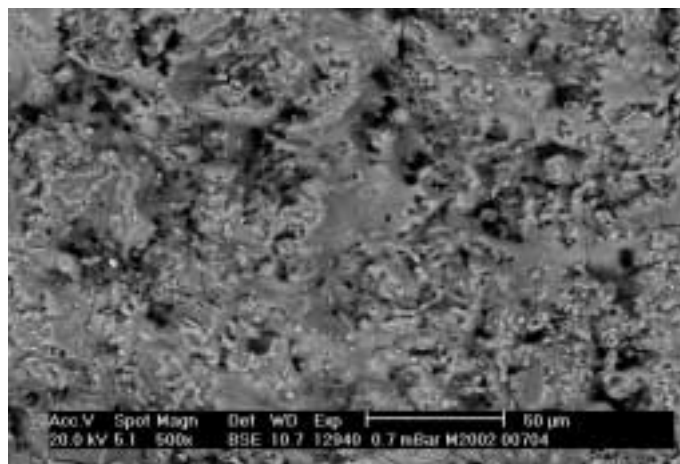


Abb. 1.7 Hydroxylapatit-(HA-)Beschichtung: feine Polymorphe Oberflächenstruktur mit kleinen Aufschmelzungen des Hydroxylapatitpulvers (Fa. Dentsply Friadent, Mannheim).

Prinzip

- Die Verankerung erfolgt im Knochen durch rotationssymmetrische normierte Implantatkörper, die durch Presspassung oder durch Schraubengewinde im Knochen fixiert werden.
- Im Übergangsbereich von knöcherner Verankerung zur Aufnahme der Suprastruktur erfolgt die Weichgewebeanlagerung.

Ziel

- Die normierte Implantatbettauflbereitung ermöglicht eine atraumatische Präparation des Knochenlagers und ein schnelles Ausheilen der Knochenwunde nach Osseointegration.
- Für unterschiedliche anatomische Strukturen (Knochenqualität) stehen je nach Konzeption des Implantatsystems verschiedene Implantatkörper zur Verfügung. Durch die verschiedenen Geometrien sollen die Kaukräfte funktionell entsprechend dem vorhandenen Knochenangebot in den Alveolarknochen geleitet werden.
- Der transgingivale Bereich zeigt bei vielen Implantatsystemen eine unterschiedliche Konditionierung durch modifizierte Oberflächenstrukturierung oder durch mechanische Retentionen. Dadurch wird in diesem Übergangsbereich von Knochen zu Weichgewebe die Anlagerung von Knochen, Bindegewebe und Epithel möglich.

Schrauben

- Der Großteil der Implantatsysteme beruht heute auf Retention durch Gewinde. Dabei werden Schraubenimplantate mit selbstschneidendem Gewinde und Gewindeaufbereitung unterschieden. Die Gewindeaufbereitung im Knochen bei klassischen Schraubenimplantaten erfordert einen zusätzlichen Arbeitsschritt für die Anwendung des Gewindeschneiders.
- Bei weichen Knochenqualitäten kann das aufbereitete Gewinde durch das Eindrehen des Implantats überschritten werden, dadurch kann das Implantatlager beschädigt werden und die primäre Stabilität verloren gehen.

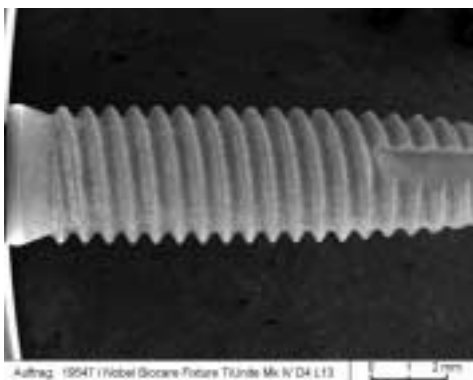


Abb. 1.8 Parallelwandiges Schraubenimplantat mit gleichmäßigen Gewinde und apikaler Schneidnute. (Fixture MK IV D4 L13, Fa. Nobel Biocare, Göteborg, Schweden).

- Bei selbstschneidenden Implantaten erfolgt die Gewindeaufbereitung mit der Implantatinsertion. Die Kavitätenpräparation muss so abgestimmt sein, dass die Knochenspäne in entsprechenden Hohlräumen gesammelt und nicht zu stark komprimiert werden.

- Schraubenimplantaten mit selbstschneidenden Gewinde ist der Vorzug zu geben, da sie sich sicher auch bei lokal unterschiedlichen Knochenqualitäten inserieren lassen. Das bei Insertion aufgebrachte Drehmoment gilt als Maß für die Primärstabilität:
 - Für subgingival einheilende Implantate ist ein erreichtes Eindreh-Drehmoment von 10 – 15 Ncm ausreichend.
 - Für die Sofortbelastung von Implantaten ist ein Drehmoment von 25 – 45 Ncm notwendig, die einzelnen Werte hängen aber vom jeweiligen Implantatdesign ab.
 - Bei Drehmomenten von über 50 Ncm wird das periimplantäre Knochenlager zu stark komprimiert, was zu einer Knochenresorption führt. Das Risiko einer bindegewebigen Einscheidung und das Ausbleiben der Osseointegration ist bei hohen Eindrehmomenten vergrößert.

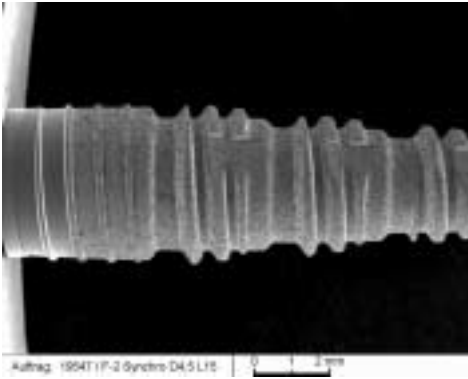


Abb. 1.9 Stufenförmiges Schraubenimplantat mit konischer Grundform und verschiedenen Gewindetiefen im apikalen und krestalen Bereich (Frialit-Stufenschraube, Fa. Dentsply Friadent, Mannheim).

Spezialgewinde

Verschiedene Gewindeformen mit nach apikal zu- oder abnehmendem Gewindeprofil vermitteln eine Verankerung in unterschiedlichen Ebenen:

- Ein reduziertes Gewindeprofil im krestalen Bereich ist besonders für die Sofortimplantation wichtig, damit die oftmals dünne vestibuläre Lamelle durch die Gewindeaufbereitung nicht geschwächt wird.

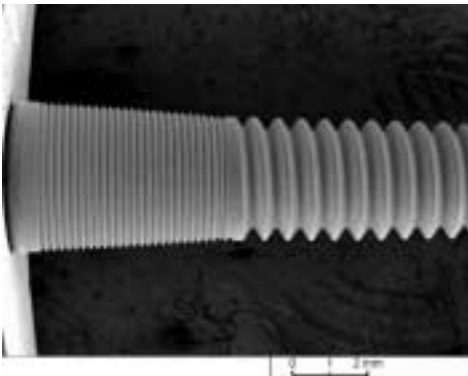


Abb. 1.10 Apikales Gewinde für stabile Verankerung im ortständigen Knochen und feiner Rillenstruktur zur knöchernen Adaptation im krestalen Bereich zur Stabilisierung des peri-implantären Knochenniveaus (MicroThread, Fa. AstraTech, Mölndal, Schweden).

- Bei Schraubenimplantaten sollten nur subtraktiv hergestellte Implantatoberflächen zur Anwendung kommen, da es bei allen additiv konditionierten Oberflächen zu Partikelabschürungen kommen kann. Die additiven Oberflächen zeigen zudem eine hohe Friktion, die eine atraumatische Insertion beeinträchtigen.

Zylinder

Zylinderimplantate zeichnen sich durch eine schnelle und sichere Insertion aus, da die Gewindeaufbereitung entfällt und die Verschlusschrauben z. T. schon vormontiert sind. Durch die Verwendung von abgestimmtem Instrumentarium und rauen Implantatoberflächen lässt sich eine ausreichende Primärstabilität erreichen. Die klinischen Erfahrungen zur Anwendung der Sofortbelastung bei Zylinderimplantaten sind beschränkt.

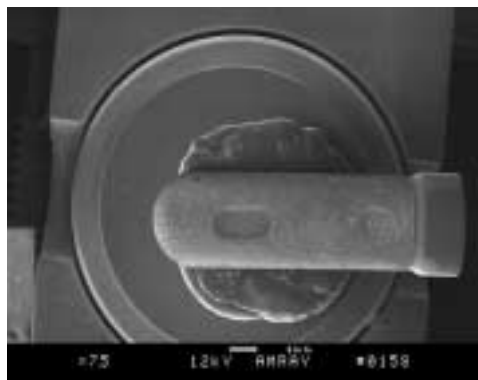


Abb. 1.11 Zylindrisches Implantatdesign mit apikaler Abrundung für Insertion über Klopfen mit Presspassung (Cylinder-Line, Fa. Camlog, Wimsheim).

Spreizverankerungen

Implantatsysteme mit apikalen mobilen Retentionen ähnlich einem Spreizdübel haben sich auf Grund der eingeschränkten mechanischen Festigkeit unter der funktionellen Dauerbelastung nicht bewährt, obwohl solche Systeme immer wieder vorgestellt werden.

Basal osseointegrierte Implantate

Unter den Basal Osseointegrierten Implantaten werden heute die sogenannten Disk-Implantate vertrieben. Dabei handelt es sich um Implantatkörper mit einer oder mehreren Scheiben, die durch einen ca. 2–4mm dicken Stab zur Aufnahme der Suprastruktur verbunden werden. Da die Scheibe von vestibulär in den Kieferkamm eingesetzt wird, ist eine besondere Anwenderschulung für die Insertion und auch bei der evt. notwendigen Entfernung Voraussetzung für eine schonende Patientenbehandlung. Die Hauptindikation dieser Implantatform wird für eine geringe Restknochenhöhe ohne der Möglichkeit einer Augmentation angegeben. Die Anwendungshäufigkeit ist auf Grund der besonderen Verarbeitungstechnik gering.