

Naturidentische Schichtungen und Ihre Vorbilder unter der Lupe

Zahn vs Zahntechniker

Ein Beitrag von Ztm. Sascha Hein, Balcatta/Australien

Keramischer Zahnersatz, der sich natürlich integriert, der sich auch unter wechselnden extremen Lichtbedingungen von einem echten Zahn nicht unterscheiden lässt – das ist das, was Zahntechniker und Patienten wollen. In diesem Beitrag beschäftigt sich Ztm. Sascha Hein mit dem Wunderwerk Zahn und seinem einzigartigen Aufbau, den er mit natürlichen Mineralien und Edelsteinen vergleicht. Er geht auf die Tücken und Probleme ein, die bei der Herstellung und Umsetzung von Zahnersatz mit keramischen Massen auftreten. Dabei vertritt er interessante Ansätze, die bei vielen Zahntechnikern auch kontrovers diskutiert werden.

Indizes: amorphe Werkstoffe, Anisotropie, Dentin, kollagene Faserbündel, naturidentische Schichtungen, polychrome Schichttechnik, Schmelzprismen

Die spektakulären, farbenfrohen Abbildungen von Zahnschnitten sind jedem Zahntechniker präsent: Manche wurden aufwändig mit Kunstlicht ins rechte Licht gerückt, andere vor einer sinnlichen Abendstimmung fotografiert. Der große Bekanntheitsgrad dieser Aufnahmen ist nicht nur aufgrund ihrer Schönheit kein Wunder. Seit mehr als 15 Jahren sind sie in zahlreichen Fachveröffentlichungen und in unzähligen Hochglanzprospekten verschiedenster Hersteller und Anbieter von Dentalkeramiken zu finden (Abb. 1).

Gegen Ende der 80er Jahre erlebte die Keramikindustrie geradezu einen Boom: Es gab – neben den Keramikern mit Pionierfunktion – erstmals Stareramiker mit Weltruf. Seit dieser Zeit darf in fast keinem Vortrag und fast keiner Veröffentlichung mit künstlerischem Anspruch, die sich um die Keramikschichtung dreht, die Abbildung eines Zahnschnittes fehlen. Meist lautet der Untertitel zu diesen Aufnahmen „Die Natur sollte unser Vorbild sein“. Welche Bedeutung haben natürliche Zahnschnitte jedoch wirklich für die Herstellung ästhetischer Keramikrestaurationen? Welche Lehren lassen sich daraus ableiten – und ist es vielleicht nicht an der Zeit, sich über die Bedeutung dieser Illustrationen noch einmal kritisch und mit Abstand Gedanken zu machen (Abb. 2)?



Abb. 1

Welche bedeutenden Lehren lassen sich tatsächlich aus den Zahnschnitten ziehen? Sind sie wirklich für die Ableitung von Schichtschemas sinnvoll?



Abb. 2

Seit Jahren haben die spektakulären Aufnahmen mit Zahnschnitten Hochkonjunktur.

3



Abb. 3 bis 5
Lichtoptische „Streiche“. Hierbei handelt es sich um ein und die selbe Situation, kurz hintereinander unter wechselnden Lichtbedingungen fotografiert. – Welche Farbe darfs denn sein?

4



5



Die Alltagsproblematik

Kennen Sie das? Ein Patient sitzt zur Farbnahme in ihrem Labor, weil der Behandler sich bei der Farbwahl nicht sicher ist. Während der Farbnahme fällt ihnen das immense Wechselspiel besonders im Inzisalbereich des betreffenden Zahnes ihres Mitte-Ende 20-jährigen Patienten auf. Sobald das Licht von oben über die Lippe einen Schatten auf die Inzisalkante wirft, kommt dieses intensive rot-bräunliche Leuchten zum Vorschein (Abb. 3 bis 5).

Was tun? Welche Farbe soll man wählen? Was rät uns die Bioästhetik in diesem Falle? Wie würde ein „Starkeramiker“ handeln? Oder hatte der Vertreter neulich doch recht und ich verwende tatsächlich das falsche Keramiksystem? Viele Fragen und keine Antworten ...

Allmählich tauchen weitere Fragen auf: Wie macht der Zahn das bloß und warum kann meine Keramik das nicht? Das Zauberwort lautet: Anisotropie!

Anisotropie

Begriffserklärung Anisotropie:

Anisotropie stammt aus dem Griechischen und bezeichnet die Richtungsabhängigkeit der physikalischen Eigenschaften eines Stoffes.

Bei **Kristallen** begünstigt das regelmäßige, periodische Gitter von **Atomen** die Richtungsabhängigkeit (Anisotropie) vieler physikalischer Eigenschaften.

Die Antwort liegt im anisotropen Aufbau des Schmelzes. Biologisch betrachtet besteht die natürliche Zahnkrone lediglich aus zwei „Schichten“: dem Enamelum und dem Dentinum (eine Art biologische Kassenschichtung). Die dazwischen liegende Dentin-Enamel-Grenze ist noch nicht genauer definiert und sollte daher eher als Übergangs- oder Interface-Zone bezeichnet werden. Sie besteht aus kollagenen Faserbüscheln und ist wellen- beziehungsweise lamellenartig geformt. Die Dentin-Enamel-Grenze ist die Ursache für die ungewöhnliche physikalische Belastbarkeit des Zahnes. Ihre Fähigkeit zwei verschieden mineralisierte und somit unterschiedlich harte Materialien zu verbinden, machte sie in letzter Zeit interessant für die Forscher der Biomimetik, die sich erhoffen, aus den Untersuchungen neue Erkenntnisse für den Einsatz in anderen Disziplinen zu gewinnen.



Perikymatien



Hunter-Schreger-Streifen



Retzius-Streifen



Dentin-Enamel-Grenze

Abb. 6 Lichtoptische Phänomene und Strukturmerkmale des Zahnschnittes. Ursache der Phänomene ist die unterschiedliche Anordnung der Prismen. Sie werden in licht- und polarisationsmikroskopischen Aufnahmen sichtbar.

Die in den besagten Zahnschliffen zu beobachtenden optischen Phänomene wie zum Beispiel die Hunter-Schreger-Streifen oder die Retziusstreifen haben ihren Ursprung im kristallinen Aufbau des Schmelzes und dessen Anisotropie (Abb. 6). Die kleinste strukturelle Einheit des Schmelzes sind die Hydroxylkristallite. Sie haben eine beachtliche Größe von zirka 160 nm Länge, 40 bis 70 nm Breite und 26 nm Dicke. Sie sind von einer Hydrat-Ion-Schale ummantelt, welche aus kristallinem Wasser, adsorbierten Ionen, Lipiden und Proteinen besteht. Man findet jedoch auch ungebundenes Wasser im natürlichen Zahnschmelz, welches übrigens zum Aus-

Zur Erinnerung einige wichtige Begriffe:

Perikymatien

Die Sekretion der Schmelzmatrix und die Mineralisation läuft nicht kontinuierlich ab, sondern in rhythmischen Schüben. Dadurch entstehen im Zahnschmelz im Abstand von etwa neun Tagen die Perikymatien. Sie entstehen zwischen den Einmündungen der Retziusstreifen und sind mit bloßem Auge auf der Schmelzoberfläche als wellenförmige Erhebungen zu erkennen, die meist parallel zur Schmelz-Zement-Grenze verlaufen.

Hunter-Schreger-Streifen

Bei den Hunter-Schreger-Streifen handelt es sich um ein optisches Phänomen im Zahnschliff, bei dem abwechselnd dunkle und helle Linien auftreten. Bedingt durch den wellenförmigen Verlauf der Schmelzprismen können im Schliff längsgetroffene (helle Streifen) und quergetroffene Bündel (dunkle Streifen) abwechseln.

Retziusstreifen

sind Wachstumslinien. Sie sind Mineralisationsstreifen im Zahnschmelz, die im Querschliff des Zahnes als konzentrische Kreise erscheinen. Im Längsschnitt stellen Sie sich von der Schmelz-Dentin-Grenze zur Zahnoberfläche verlaufend dar. Bei Milchzähnen und den Sechsjahresmolaren tritt der sogenannte Geburtsstreifen besonders hervor. Grund ist die Ernährungsumstellung.

Abb. 7
Der histologische Aufbau des Enamelums: Unten links: Man unterscheidet schlüsellochartige, hufeisenartige und zylindrische Prismenkonfigurationen. Mitte: Im Prismenzentrum verlaufen die Kristallite parallel zur Prismenlängsachse. Zur Prismenperipherie hin fiedern sie immer mehr auf. Oben links: Die kleinste Einheit des Schmelzes ist das Hydroxylapatitkristallit.

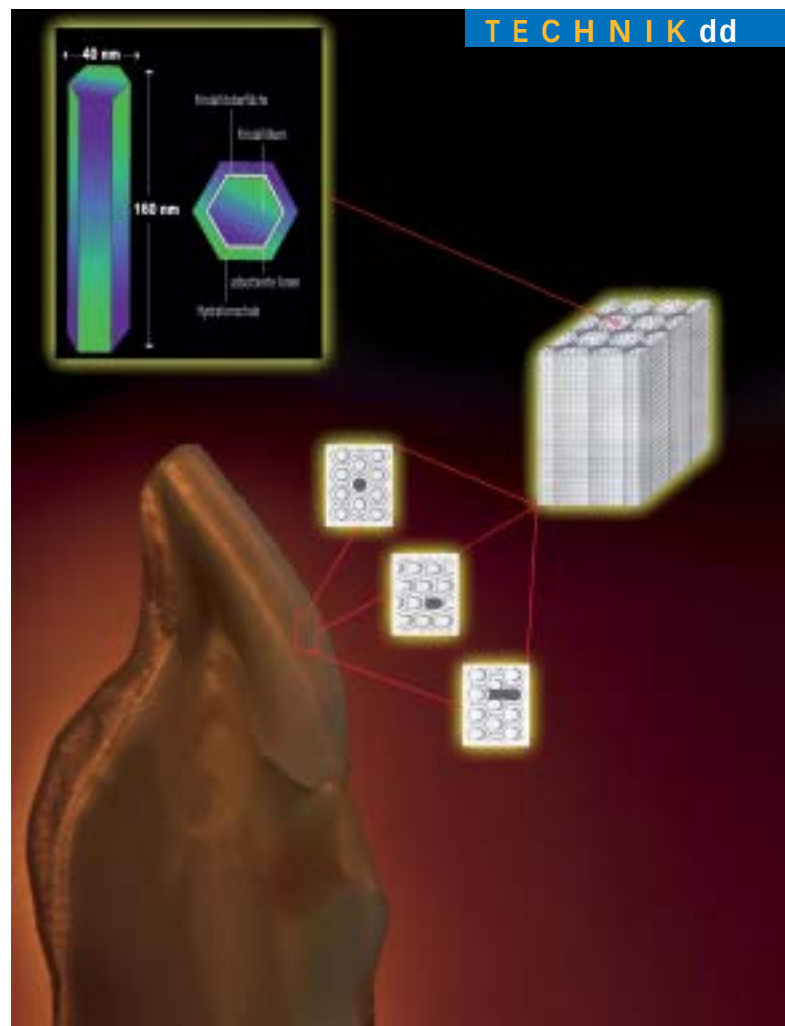


Abb. 8
Der Schimmer des Bundkupferkies (Bornit)

Abb. 9
Der Labradorit hat wie die meisten Kristalle eine triklin Kristallstruktur.



trocknen des Zahnes nach der Extraktion und somit zur farblichen Veränderung führt. Etwa einhundert dieser Schmelzkristallite liegen im Querschnitt eines Zahnes zusammengefügt und bilden die nächstgrößere Struktureinheit: Die Schmelzprismen. Diese kann man erst mit Hilfe einer 6000-fachen REM-Vergrößerung deutlich erkennen. Im Zentrum dieser Prismen sind die Hydroxylkristallite parallel zur Prismenlängsachse angeordnet. Zur Prismenperipherie hin fiedern sie immer mehr auf, was zu weiteren, komplizierten optischen Wechselspielen führt. Die interprismatische Substanz besteht aus weiteren, regellos angeordneten Schmelzkristalliten. Man unterscheidet Prismenverbände die in einer Art Schlüselloch-

struktur geordnet sind von solchen, die als Pferdefuhtyp oder zylindrischer Typ beschrieben werden (Abb. 7).

Beispiele aus der Natur

Die bekanntesten Vertreter anisotroper Stoffe in der Natur sind die Kristalle. Betrachtet man einige von ihnen, so findet man ähnliche lichteptische und physikalische Eigenschaften wie beim natürlichen Zahn (Abb. 8 bis 13). Kennt man zum Beispiel seine kristallographische Textur, so kann man einen Kri-



Abb. 10
Ein Bergkristall aus
den Schweizer Alpen

Abb. 11
Anisotrope Stoffe bringen oftmals
skurille Kristallmodifikationen zum
Vorschein wie diesen Wismutkristall.
Fundort: Wittichen / Schwarzwald

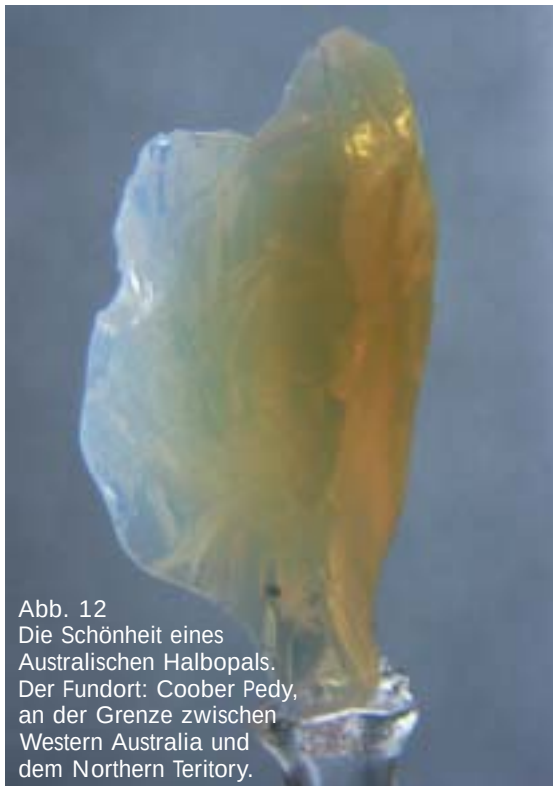


Abb. 12
Die Schönheit eines
Australischen Halbopals.
Der Fundort: Coober Pedy,
an der Grenze zwischen
Western Australia und
dem Northern Territory.



Abb. 13
Eine Desert Rose.
Sie besteht über-
wiegend aus kri-
stallisiertem Salz.
Fundort: Sultanat
of Oman.

Abb. 14
Kennt man die kristallographische Textur
eines Kristalls so kann man ihn spalten. Die
Anisotropie verleiht diesen Disthen-
fragmenten (Cyanit) ein schmelzähnliches,
lichtoptisches Wechselspiel.



stall spalten (Abb. 14). Das bedeutet, er wird auf eine definierte Art und Weise brechen. Da der Zahnschmelz genauso aufgebaut ist, finden wir bei natürlichen Zahnkronen für gewöhnlich vertikale Schmelzsprünge und keine horizontalen (Abb. 15 bis 17). Auch weisen Kristalle ein ähnliches, optisches Wechselspiel auf wie der natürliche Zahn. Das Prinzip ist dabei immer gleich: Die in größeren

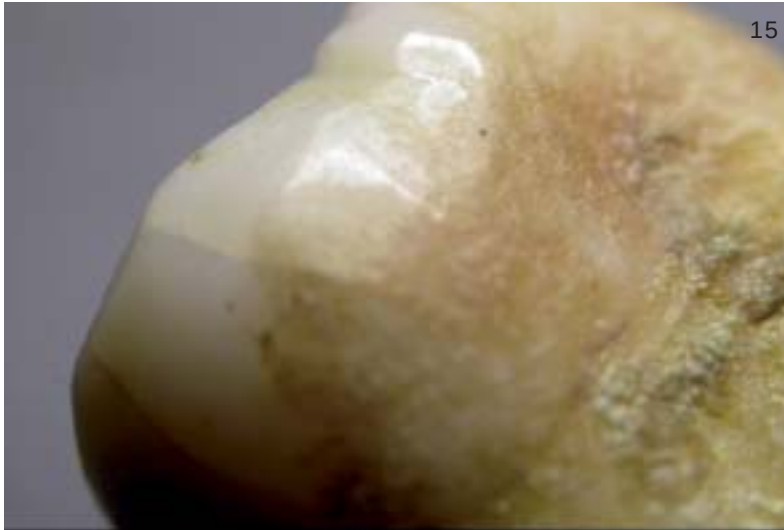


Abb. 15 bis 17
Aufgrund der kristallographischen Textur des Schmelzes, kann man in der Regel lediglich vertikale Sprünge am natürlichen Schmelz beobachten.



Abb. 18
Zahnschnitt eines frisch extrahierten Weisheitszahn – Lösungsversuche der Vergangenheit.



Verbänden organisierten Kristallite nehmen das natürliche Tageslicht auf und reflektieren, je nach Einfallswinkel, unterschiedliche Bereiche des Lichtspektrums. Welche beziehungsweise wie viele Be-

reiche des Spektrums reflektiert werden, hängt von der vorliegenden Kristallmodifikation ab zum Beispiel triklin, monoklin, hexagonal et cetera (Abb. 18). Dies ist die Ursache für das regenbogenartige



Abb. 19 bis 22
Lichtbrechung des
Schmelzes unter
wechselnden
Lichtbedingungen.

Schimmern des natürlichen Schmelzes im Zahnschnitt (Abb. 19 bis 22). Das einfallende Licht wird durch die Kristallite und besonders durch ihre Ausrichtung in spektrales Licht aufgebrochen.

Der Herausforderer: Keramik!

Im Vergleich zum natürlichen Vorbild ist die Keramik einfacher gestrickt. Wir Zahntechniker verwenden die Verblendkeramik seit ihrer Patentierung im Jahre 1962. Seit dieser Zeit, als die Herren *Weinstein*, *Kuwata* und *Katz* den Grundstein für eine ganze Industrie legten, hat sich nichts mehr derart Revolutionäres getan. Nach wie vor sind meines Wissens alle im Markt verfügbaren Keramiken zweiphasige Leucitkeramiken, genau wie damals. Und genau wie damals handelt es sich dabei um einen amorphen beziehungsweise isotropen Werkstoff.

Begriffserklärung isotrop/amorph:
amorph (v. griech. a ohne, morphé Gestalt): ungeformt, gestaltlos. Gegenteil: anisotrop

In der Physik ist ein amorphes Material ein Stoff, bei dem die Atome keine geordneten Strukturen, sondern ganz unregelmäßige Muster bilden. Glas ist ein typisches amorphes Material (Abb. 23 und 24). Es ist die amorphe Form von Siliziumdioxid (SiO_2). Eine der kristallinen Formen heißt Quarz. Quarz beziehungsweise, Siliziumdioxid ist ebenfalls nach wie vor der Hauptbestandteil der Dentalkeramik. Betrachtet man eine Probe nach dem Anätzen unter einem Rasterelektronenmikroskop, so kann man die Leucitkristalle und die umgebende Glasmatrix erkennen. Ein amorpher Werkstoff verhält sich erheblich anders wie ein anisotroper. Er bricht nicht nur völlig anders, sondern hat leider auch andere, eingeschränkte, lichtoptische Eigenschaften die mit denen kristalliner Stoffe wie zum Beispiel dem Zahnschmelz nicht mithalten können. Dies hat auch die Firma Ivoclar Vivadent erkannt und vor einigen Jahren die IPS d.sign entwickelt. Der Unterschied zur herkömmlichen Leucitkeramik liegt in der Beigabe von Fluorapatitkristallen. Diese entstehen nicht, wie die zur WAK-Steuerung wichtigen Leucitkristalle, wäh-

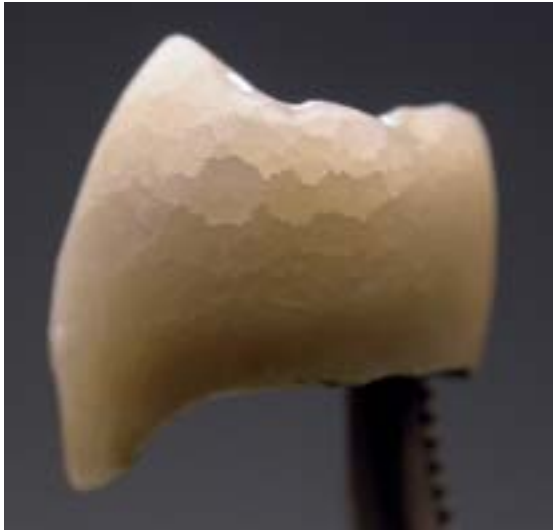
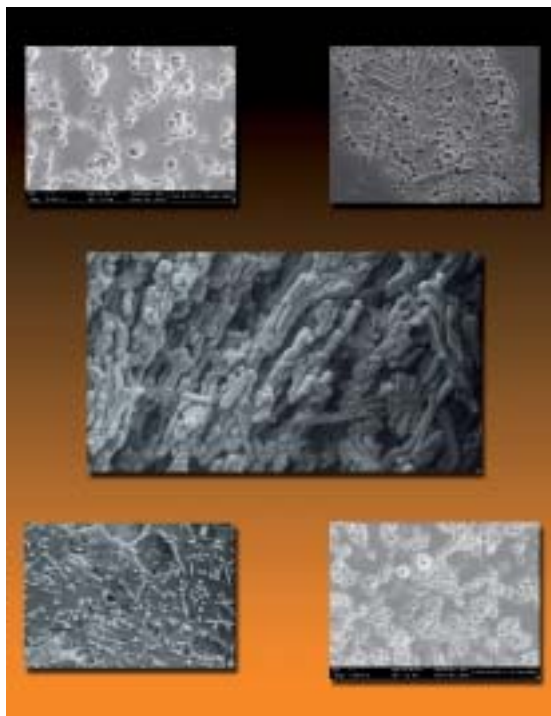


Abb. 23 Die amorphe Dentalkeramik nach der „Hitzebehandlung“. Zu sehen ist das typische Bruchmuster amorpher Stoffe. Es weist sowohl vertikale als auch horizontale Sprünge auf.



Abb. 24 Ein amorphes Material bricht ähnlich wie eine Glasscheibe in Scherben.

Abb. 25
REM-Aufnahme des natürlichen Schmelzes (Mitte) im Vergleich mit seinen keramischen „Herausforderern“. Beim natürlichen Schmelz kann man die Kristallorientierung (Anisotropie) der Prismenstränge erkennen. Die Keramiken hingegen sind weitestgehend amorph. Als Besonderheit ist hier die d.Sign Keramik-Probe zu erwähnen (unten links). Um der Anisotropie des Schmelzes und den damit verbundenen, lichtoptischen Eigenschaften näher zu kommen, wurden der Glasphase Fluorapatitkristalle beigemischt.



rend des Abkühlens. Sie werden bereits vorher, aus rein optischen Gründen, beigemischt.

Vergleicht man jedoch eine REM-Aufnahme einer Keramik-Probe im Vergleich mit der des Schmelzes, erkennt man die geringe Ähnlichkeit beider Materialien (Abb. 25). Die Prismen des Schmelzes sind zum einen deutlich konzentrierter und zum anderen geordnet. In der Keramik hingegen liegen die Fluorapatitkristalle in deutlich geringerer Anzahl eher chaotisch, ähnlich wie Mikadostäbchen, „herum“. Der Schmelz wurde ja auch schließlich von Ameloblasten während der Entwicklung konstruiert: Es handelt sich hier um eine gewachsene

Struktur. Aufgrund seines kristallinen, isotropen Aufbaus vereint der natürliche Zahnschmelz viele vorzügliche, physikalische Eigenschaften, wie zum Beispiel seine außergewöhnliche Lichtbrechung auf kleinstem Raum. Anders ausgedrückt könnte man sagen, dass man – um sehr ähnliche Eigenschaften mit Dentalkeramik zu erreichen – eigentlich deutlich mehr Schichtstärke beziehungsweise Platz benötigen würde. Dies ist wohl eine der bekanntesten Alltagssorgen des Zahntechnikers.

Lösungsversuche der Vergangenheit

Mit der Problematik der Lichtdynamik – wie es *Paul Fiechter* so treffend Anfang der 90er Jahre beschrieb – im Bewusstsein und mit einem anderen meiner Ansicht nach eher empirischen Ansatz im Kopf, begannen die Zahntechniker dem Objekt ihrer Begierde auf den Pelz zu rücken: Man zersägte Zähne in hauchdünne Scheiben und fotografierte sie im Gegenlicht. Sie wurden unter Schwarzlicht sowie unter wechselnden Lichtbedingungen fotografiert. Zähne wurden mit Säure behandelt um zu erfahren, was sich hinter dem schützenden Schmelzmantel verbirgt (Abb. 26 bis 28). Aus den so gewonnen empirischen Erkenntnissen, leitete man dann Schichtschemas ab.

Mancher definierte, dass die Dentin-Schmelz Grenze ganz sicher immer der Transpamasse XY entspricht. Ein andere These war und ist, dass man anhand des natürlichen Vorbildes ganz klar erkennen kann, dass im Mittelpunkt einer Schichtung immer eine fluoreszierende Masse sein muss, um die Pulpaperipherie zu imitieren.

Einige dieser Ansätze waren und sind wahrscheinlich von Bedeutung, andere halte ich eher für kurios. Weitere sind geradezu fragwürdig einzustufen ...



Abb. 26 und 27
Dem Zahn auf den Pelz
gerückt! Am besten eignet
sich für solche Experimente
die AGC-Gipslöser der
Firma Wieland.



Abb. 28
Interessant: Nach der Zersetzung des Schmelzes
sind die Schmelzkristallite in der Säure aufge-
löst. Zu beachten ist die Opaleszenz der
Flüssigkeit, die durch die nun regellos umher-
schwirrenden Kristallite verursacht wird.



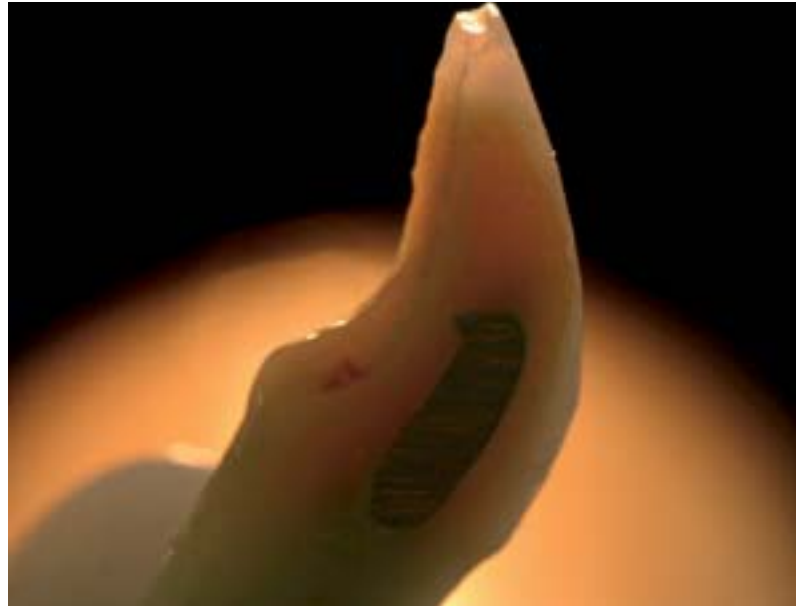


Abb. 29 und 30 Schliffe von geschichteten Keramikzähnen unter den selben Lichtbedingungen fotografiert.



Abb. 31
Implantatgetragene VMK-
Krone unter „optimalen“ ...



Abb. 32 ... und „ungünstigen“ Lichtverhältnissen. Die Keramik ist nicht der optimale Werkstoff für die Imitation von Zähnen – aber der beste Werkstoff den wir haben!

Ernüchterung und Neuorientierung

Vergleicht man den Querschnitt einer geschichteten Keramikkrone unter gleichen Lichtbedingungen mit den berühmten Längsschnitten natürlicher Zähne, so setzt schnell Ernüchterung ein (Abb. 29 und 30). Besonders eine einzelne, mit Keramik geschichtete Krone wird für ein geübtes Auge bei ungünstigen Lichtverhältnissen irgendwann entlarvbar sein – auch wenn man noch so erfahren und gut schichtet (Abb. 31 und 32).

Interessant sind die lichteptischen Eigenschaften die man bei manchen konfektionierten, PMMA Kunststoffzähnen beobachten kann. Genauso sind manche Verblendkomposite, rein von der Lichtdynamik her betrachtet, der Keramik überlegen. Der Grund dafür liegt in der Zusammensetzung dieser Materialien. Mit Hilfe von organischen Stoffen kann man damit sehr ansprechende, lichteptische Eigenschaften erzielen. Würde man dieselben organischen Stoffe für Keramikmassen verwenden, würden sie schlicht und einfach verbrennen.

Aus den oben beschriebenen Gründen kann unsere Dentalkeramik trotz der Entwicklungsfortschritte der letzten Jahre, nur eingeschränkt mit dem Original konkurrieren. Auch wenn wir auf einem Döschen die Aufschrift „Enamel“ oder „Dentin“ lesen, sollten wir uns bewusst darüber sein, das es sich bei

dem Inhalt lediglich um pigmentierte, amorphe Keramikmasse handelt. Egal wer welches Keramiksoriment wie benutzt, die berühmten „naturidentischen Schichtungen“ weisen aufgrund des Materialunterschiedes kleinere oder größere Abweichungen zum Original auf.

Ausblick

Uns sollte immer daran gelegen sein, unser eigenes Potential und das der verwendeten Keramikmasse voll auszus schöpfen. Um uns effektiv weiter zu entwickeln müssen wir auch einmal andere Möglichkeiten überdenken! Wie so oft findet man brauchbare, zukunftsweisende Ansätze in der Vergangenheit. Einer der bedeutendsten Pioniere der ästhetischen Keramik war meiner Meinung nach *Ludwig A. Rinn*, der 1988 seinen Klassiker „Die Polychrome Schichttechnik“ veröffentlichte. Er zog dabei Parallelen zur klassischen Malerei, die ich für sehr aufschlußreich und leicht umsetzbar erachte (Abb. 33).



Abb. 33 Meiner Meinung nach macht es aufgrund der völlig unterschiedlichen Zusammensetzung und den daraus resultierenden, unterschiedlichen, physikalischen Eigenschaften von Keramik und einer natürlichen Zahnschichtsubstanz nur wenig Sinn, natürliche Zahnschnitte als definitive Informationsquelle für Schichtschemas in Betracht zu ziehen. Als Anschauungsobjekt, um sich aktiv mit seinem Beruf auseinander zu setzen, haben sie einen eher ideellen Wert.

Wie interessant die Zukunft der Schichttechnik aussehen könnte, weiß jeder der sich schon einmal mit *Marco Beschitza* und seiner außergewöhnlichen Moons-Keramik auseinander gesetzt hat. Obwohl diese heute im Markt nicht mehr erhältlich ist, war die Philosophie hinter ihrem geradezu revolutionärem Systemaufbau wegweisend. Diese Philosophie könnte heute, mit Hilfe von anderen Keramiksyste men umgesetzt und weiterentwickelt werden.

wird fortgesetzt

Zur Person

Ztm. Sascha Hein wurde 1976 in Riyadh, Saudi Arabien geboren. Seine Ausbildung zum Zahntechniker absolvierte er von 1994 bis 1997 im Dentallabor Langerspacher und Christ in Bad Wörishofen (Unterallgäu).

Nach seinem Grundwehrdienst arbeitete er in mehreren Laboren im In- und Ausland. Im Jahr 2000 absolvierte er das Senior Dental Technician Training bei Masahiro Kuwata am gleichnamigen College in Itabashi, Tokyo. Anschließend arbeitete er zirka zwei Jahre lang als Laborleiter im Tawam Hospital, Dubai; V.A.E. Von 2002 bis Ende 2003 arbeitete er als freischaffender Zahntechniker in Perth, West Australien. 2004 besuchte er die Freiburger Meisterschule und legte als Jahrgangsbester die praktische Meisterprüfung ab. 2005 arbeitete er als Laborleiter im Praxislabor von Dr. Stefan Neumeyer, Eschlkam. Im Januar 2006 kehrte er nach Australien zurück und eröffnete sein eigenes Labor in Perth. Er hat im Laufe seiner beruflichen Karriere an zahlreichen Kursen und Vorträgen teilgenommen. Nach eigener Kurs- und Vortragstätigkeit im Ausland, gibt er seit 2005 ebenfalls in Deutschland Kurse, unter anderem auch an der Freiburger Meisterschule.



Kontaktadresse

Sascha Hein • Oral Aesthetics Perth -
Unit 4 Medical Centre 210 • Amelia Street, Balcatta
WA 6021 • Australien
ztmsaschahein@yahoo.de