

IPS e.max[®] ZirCAD



Wissenschaftliche Dokumentation

Inhalt

1.	Einleitung.....	3
1.1	IPS e.max Produktsystem – ein System für alle Indikationen	3
1.2	Werkstoffkunde und Begriffe	4
1.3	IPS e.max ZirCAD	6
1.4	IPS e.max ZirCAD Colouring Liquids	7
1.5	Voreingefärbte Blöcke: IPS e.max ZirCAD MO1 und MO2	7
2.	Technische Daten.....	8
3.	Werkstoffkundliche Untersuchungen	9
3.1	Physikalische Eigenschaften: IPS e.max ZirCAD eingefärbt mit Colouring Liquids ...	9
3.2	Physikalische Eigenschaften: IPS e.max ZirCAD MO0, MO1 und MO2	11
4.	<i>In vitro</i> – Untersuchungen	13
4.1	Einleitung	13
4.2	Bruchkraft von Brücken.....	13
4.3	Einfluss der Oberflächenbehandlung	14
4.4	Sintern im Programat S1.....	20
5.	Externe klinische Studien	22
5.1	Universität Iowa	22
5.2	Pacific Dental Institut	22
5.3	Universität Michigan	22
5.4	Universität München	23
5.5	Universität Aachen	23
5.6	Clinicians Report	23
5.7	Universität Zürich	24
5.8	The State University of New York, Buffalo.....	24
5.9	Zusammenfassung.....	24
6.	Biokompatibilität	25
6.1	Einleitung	25
6.2	Chemische Beständigkeit.....	25
6.3	Zytotoxizität	25
6.4	Genotoxizität.....	25
6.5	Implantation	26
6.6	Weitere Biokompatibilitäts-Untersuchungen	26
6.7	Radioaktivität	26
6.8	Schlussfolgerung	26
7.	Quellenverzeichnis.....	27

1. Einleitung

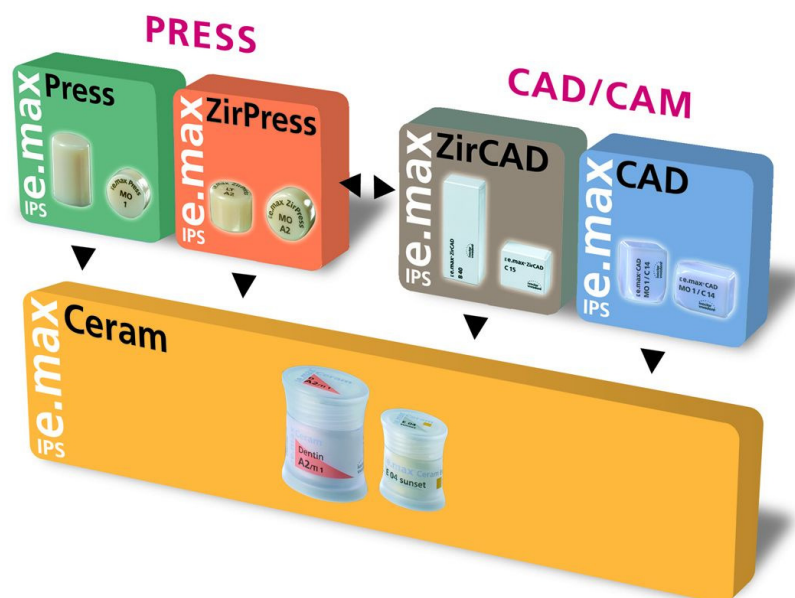
1.1 IPS e.max Produktsystem – ein System für alle Indikationen

IPS e.max ist ein innovatives Vollkeramiksystem, mit dem Sie alle vollkeramischen Indikationen – vom dünnen Veneer bis zur 12-gliedrigen Brücke – realisieren können.

IPS e.max umfasst hochästhetische und hochfeste Materialien sowohl für die Press- als auch die CAD/CAM-Technologie. Zum System gehören innovative Lithiumdisilikat-Glaskeramiken v.a. für Einzelzahnrestorationen und hochfestes Zirkoniumoxid für weitspannige Brücken.

Jeder Patientenfall hat seine eigenen Anforderungen und Ziele. IPS e.max wird diesen Ansprüchen gerecht, denn dank seiner Systemkomponenten bekommen Sie genau das, was Sie brauchen:

- Im Bereich der Press-Technologie steht mit IPS e.max Press eine hochästhetische Lithiumdisilikat-Glaskeramik und mit IPS e.max ZirPress ein Fluor-Apatit Glaskeramikrohling für die schnelle und effiziente Überpresstechnik von Zirkoniumoxid zur Verfügung.
- Im Bereich der CAD/CAM-Technologie verwenden Sie je nach Patientenfall den innovativen Lithiumdisilikat-Block IPS e.max CAD oder das hochfeste Zirkoniumoxid IPS e.max ZirCAD.
- Die Nano-Fluor-Apatit Schichtkeramik IPS e.max Ceram, die als verbindendes Glied zur Charakterisierung/Verblendung aller IPS e.max Komponenten eingesetzt wird – egal ob Glas- oder Oxidkeramik – vervollständigt das IPS e.max System.



1.2 Werkstoffkunde und Begriffe

1.2.1 Begriffe [1-3]

- Zirkon ist die Bezeichnung für das Mineral ZrSiO_4 (Zirkoniansilikat). Es ist Bestandteil der Erdkruste und wird als natürlicher Rohstoff zur Herstellung von Zirkoniumoxid-Strukturkeramiken verwendet.
- Zirkonium (Zr) ist ein silbrig glänzendes Metall. Es ist in hochreiner Form relativ weich und dehnbar. Seine wichtigste Verbindung ist das Zirkoniumoxid ZrO_2 .
- Mit Zirkoniumoxid oder Zirkoniumdioxid (ZrO_2) wird die technische Oxidkeramik bezeichnet. Es ist auch die Bezeichnung für das natürlich vorkommende ZrO_2 (Baddeleyit). Baddeleyit liegt bei Raumtemperatur in monokliner Form vor. Er ist stark verunreinigt und als Rohmaterial für Zirkoniumoxid-Strukturkeramiken nicht geeignet.
- Y-TZP: **T**etragonal **Z**irconia **P**olycrystal; Durch Zugabe von Yttriumoxid (Y_2O_3) teilstabilisiertes ZrO_2 . Das Gefüge besteht bei Raumtemperatur aus feinkristallinem tetragonalen Zirkoniumoxid.
- PSZ: **P**artially **S**tabilized **Z**irconia; Durch Dotierung mit z.B. MgO entsteht bei Raumtemperatur eine Keramik bestehend aus einem tetragonalem Phasenanteil, eingebettet in eine Matrix aus kubischem ZrO_2 .
- Grünling oder Grünkörper: Pressling ohne Wärmebehandlung, d.h. ein aus Keramikpulver und Bindemitteln gepresstes Objekt. Da keine Vorsinterung erfolgte, ist das Objekt kreideweich. Dies erlaubt eine sehr leichte Bearbeitung, bringt jedoch aufgrund der niedrigen Eigenfestigkeit grosse Probleme bei Transport und Handling. Der Grünling hat eine offene Porosität, beim Sintern ist ein linearer Schwund von ca. 25% einzuberechnen.
- Weißling oder Schrühkörper: Vorgesinterter Rohling. Durch die thermische Vorbehandlung haben sich die organischen Presshilfsmittel verflüchtigt und der Rohling verfügt über eine ausreichende Eigenfestigkeit. Durch das Vorsintern hat der Weissling bereits einen Schwund von ca. 5% erfahren. Bei der CAD/CAM-Herstellung von Objekten aus Weisslingen muss der nachträgliche Sinterschwund von 20% (linear) berücksichtigt werden.
- Martensitische Umwandlung: Diffusionslose Umwandlung der Gitterstruktur ohne thermische Aktivierung.

1.2.2 Werkstoffkunde: Zirkoniumoxid [1; 2; 4]

Reines Zirkoniumoxid (ZrO_2) liegt je nach Temperatur in verschiedenen Kristallstrukturen vor (Abb. 1).

Bei der Abkühlung aus der Schmelze durchlaufen die Zirkoniumoxidkörner die Kristallphasen kubisch (k), tetragonal (t) und monoklin (m) (Abb. 2).

Bei der Phasenumwandlung $t \rightarrow m$ handelt es sich um eine diffusionslose Umklappung (martensitische Umwandlung). Diese Umwandlung ist mit einer Volumenzunahme von 3-5% verbunden. Dies bedeutet, dass Bauteile aus reinem ZrO_2 durch die Volumenzunahme der Körner und den damit verbundenen Spannungen und Mikrorissen zerspringen würden. Durch verschiedene Zusätze wie z.B. Y_2O_3 , MgO , CeO_2 kann diese Phasenumwandlung zu tieferen Temperaturen verschoben werden, was eine Stabilisierung der t-Phase bei Raumtemperatur ermöglicht. Dies geschieht z.B. durch Dotieren von ZrO_2 mit 3 Mol-% (entspricht 5,1 Gew.-%) Y_2O_3 , genannt 3Y-TZP.

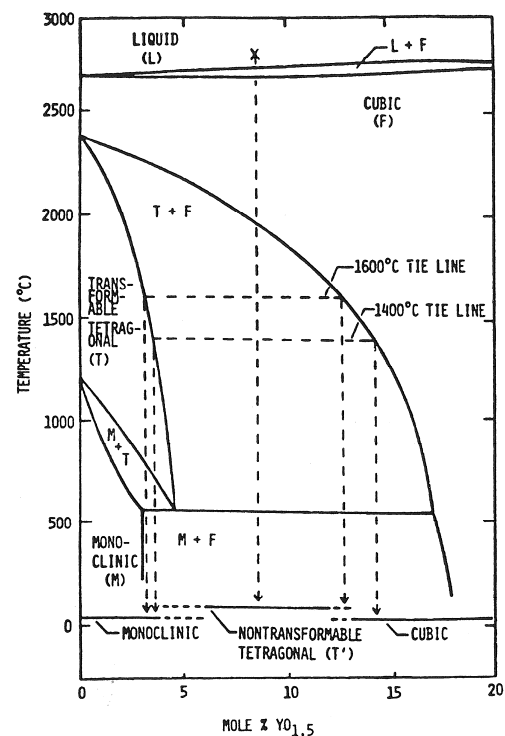


Abb. 1: Yttriumoxidreiche Seite des Phasendiagramms im System Y_2O_3 - ZrO_2 [4]

Die tetragonalen Körner von 3Y-TZP sind bei Raumtemperatur in einem metastabilen Zustand. Metastabil deshalb, weil die Umwandlung $t \rightarrow m$ durch äußere Einwirkungen wie Spannungen, Temperatur und Milieu induziert werden kann. Diese Phasenumwandlung und die damit verbundene Volumenzunahme kann sich sehr vorteilhaft auswirken, man spricht dann von *spannungsinduzierter Umwandlungsverstärkung*. Die gefürchtete Rissausbreitung bei Keramik und der nachfolgend katastrophale Bruch des Bauteils kann verzögert werden. Das Spannungsfeld an einer Risspitze bewirkt die Phasenumwandlung $t \rightarrow m$. Die damit verbundene Volumenzunahme der umgewandelten Körner führt einerseits zur Aufweitung der Risspitze und damit zur Entschärfung der Situation, andererseits zum Zusammendrücken der Rissflanken. Dies verleiht dem Werkstoff Y-TZP die für Keramik aussergewöhnlich hohe Festigkeit und hohe Bruchzähigkeit.

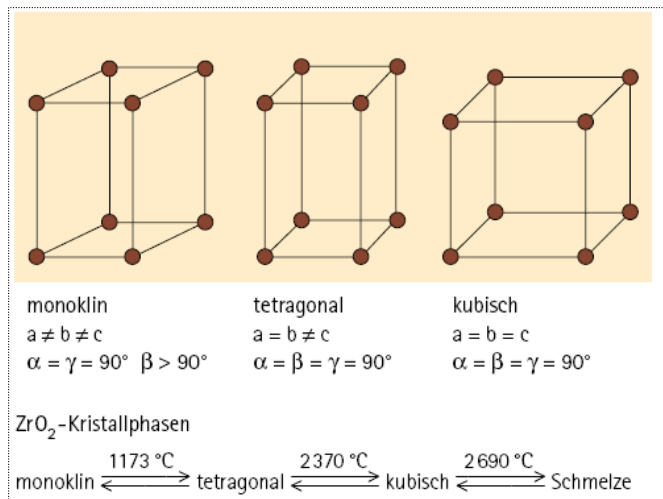


Abb. 2: Kristallphasen und Übergangstemperaturen des reinen Zirkoniumoxids.

1.3 IPS e.max ZirCAD

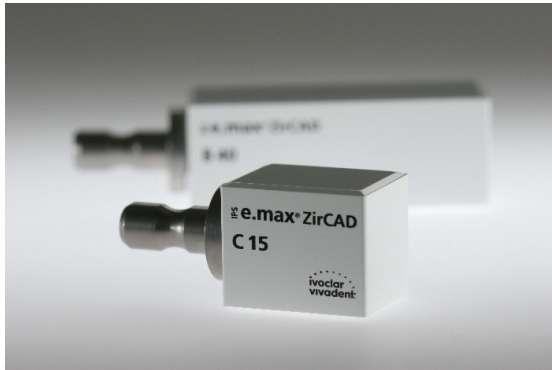


Abb. 3: IPS e.max ZirCAD.

IPS e.max ZirCAD ist ein vorgesinterter Block aus Yttriumoxid-stabilisiertem Zirkoniumoxid (Y-TZP) für die CAD/CAM Technik (Abb. 3)

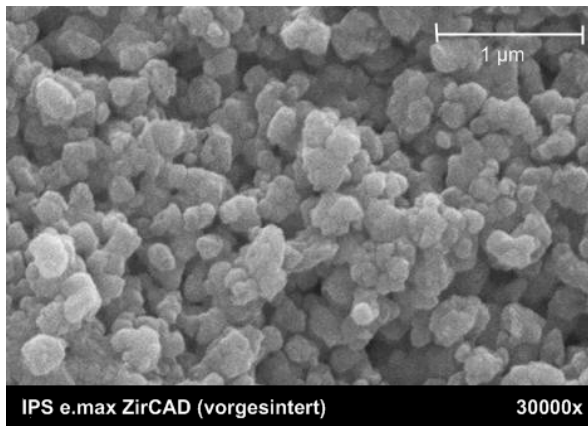


Abb. 4: Gefüge des IPS e.max ZirCAD – Blocks (vorgesintert). REM-Aufnahme der Bruchfläche.

Das Gefüge des Blocks ist sehr porös. Durch das Vorsintern sind die Körner lediglich leicht durch schwache Sinterhalse miteinander verbunden (Abb. 4).

Die Porosität beträgt etwa 50%. Die Festigkeit des Materials ist noch sehr gering, was eine einfache Bearbeitung ermöglicht.

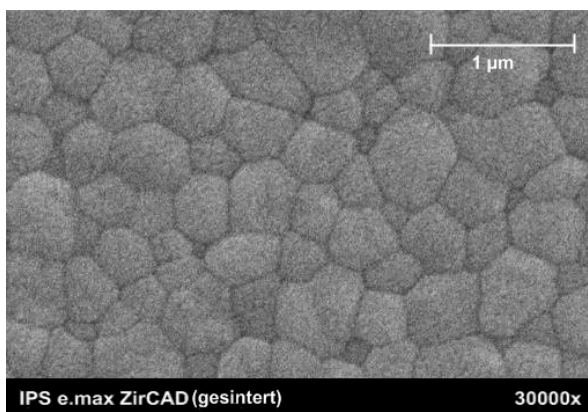


Abb. 5: Sintergefüge von IPS e.max ZirCAD. Thermisch geätzt 1420°C 15 min REM.

Nach der Formgebung mittels CAM (Computer aided manufacturing) folgt die Verdichtung des Gefüges durch Sintern. Die Restauration ist dicht gesintert und besteht aus tetragonalen Körnern (Abb. 5).

Die Dichte beträgt ca. 99,5% der theoretischen Dichte (TD). Festigkeit und Zähigkeit haben nun die gewünschten hohen Werte erreicht.

1.4 IPS e.max ZirCAD Colouring Liquidsⁱ

Die IPS e.max ZirCAD Colouring Liquids dienen zur Einfärbung von weißen IPS e.max ZirCAD Gerüsten vor der Sinterung und sind in vier Farben (CL1 –CL4) erhältlich. Die IPS e.max ZirCAD Colouring Liquids ermöglichen auf einfache Weise eine Anpassung der Gerüstfarbe an das IPS e.max Farbkonzept (MO1 - MO4).

Die Einfärbung des porösen Zirkoniumoxids erfolgt über die Einbringung von färbenden Metallionen ins Gefüge. Die färbenden Ionen werden in einem Liquid gelöst und durch einen Infiltrationsprozess in das gefräste und getrocknete Gerüst eingebracht.

Durch den geringen Anteil an färbenden Ionen wird die kristallographische Struktur nicht beeinflusst. Im Vergleich zum ungefärbten Zirkoniumoxid kann tendenziell eine Verfeinerung der Kristallitgröße beobachtet werden. Die Kornverfeinerung hat jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften (siehe Kap. 3.1).

1.5 Voreingefärbte Blöcke: IPS e.max ZirCAD MO1 und MO2

IPS e.max ZirCAD MO1 bzw. MO2 sind voreingefärbte Zirkoniumoxid-Blöcke für die Bearbeitung mit CAD/CAM-Technik. Die Blöcke entstehen durch Pressen / Vorsintern von eingefärbtem Pulver. Sie müssen nicht mehr mit den Colouring Liquids eingefärbt werden.

Die Einfärbung erfolgt über den „Einbau“ von färbenden Metallionen im Zirkoniumoxidgitter. Die Metallionen sind im Gitter eingebunden und liegen als Sauerstoffverbindungen vor.

ⁱ IPS e.max ZirCAD Colouring Liquids sind in Nordamerika nicht erhältlich

2. Technische Daten

IPS e.max ZirCAD

Keramik Blöcke für die CAD/CAM Technologie

Standard – Zusammensetzung:

(in Gew.-%)

ZrO ₂	87,0 – 95,0
Y ₂ O ₃	4,0 – 6,0
HfO ₂	1,0 – 5,0
Al ₂ O ₃	0,0 – 1,0
Weitere Oxide	< 0,2

Physikalische Eigenschaften:

In Anlehnung an:

ISO 6872 Dental ceramic

ISO 9693 Metal-ceramic dental restorative systems

Biegefestigkeit (Biaxial)		≥ 900 MPa
Chemische Löslichkeit		< 10 µg/cm ²
Ausdehnungskoeffizient	(100 - 400 °C)	10,75 ± 0,25 10 ⁻⁶ K ⁻¹
Ausdehnungskoeffizient	(100 - 500 °C)	10,80 ± 0,25 10 ⁻⁶ K ⁻¹

3. Werkstoffkundliche Untersuchungen

3.1 Physikalische Eigenschaften: IPS e.max ZirCAD eingefärbt mit Colouring Liquids

Durch den geringen Anteil an färbenden Ionen der Färbelösungen (IPS e.max ZirCAD Colouring Liquids) wird die kristallographische Struktur des ungefärbten Zirkoniumoxids nicht beeinflusst (siehe Kapitel 1.4). Die physikalischen Eigenschaften sind durch das weiße Grundmaterial gegeben. Durch die zusätzlich eingebauten Metallionen kann tendenziell eine Verfeinerung der mittleren Kristallitgröße (Abb. 6) beobachtet werden. Diese Kornverfeinerung hat jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften (Abb. 7).

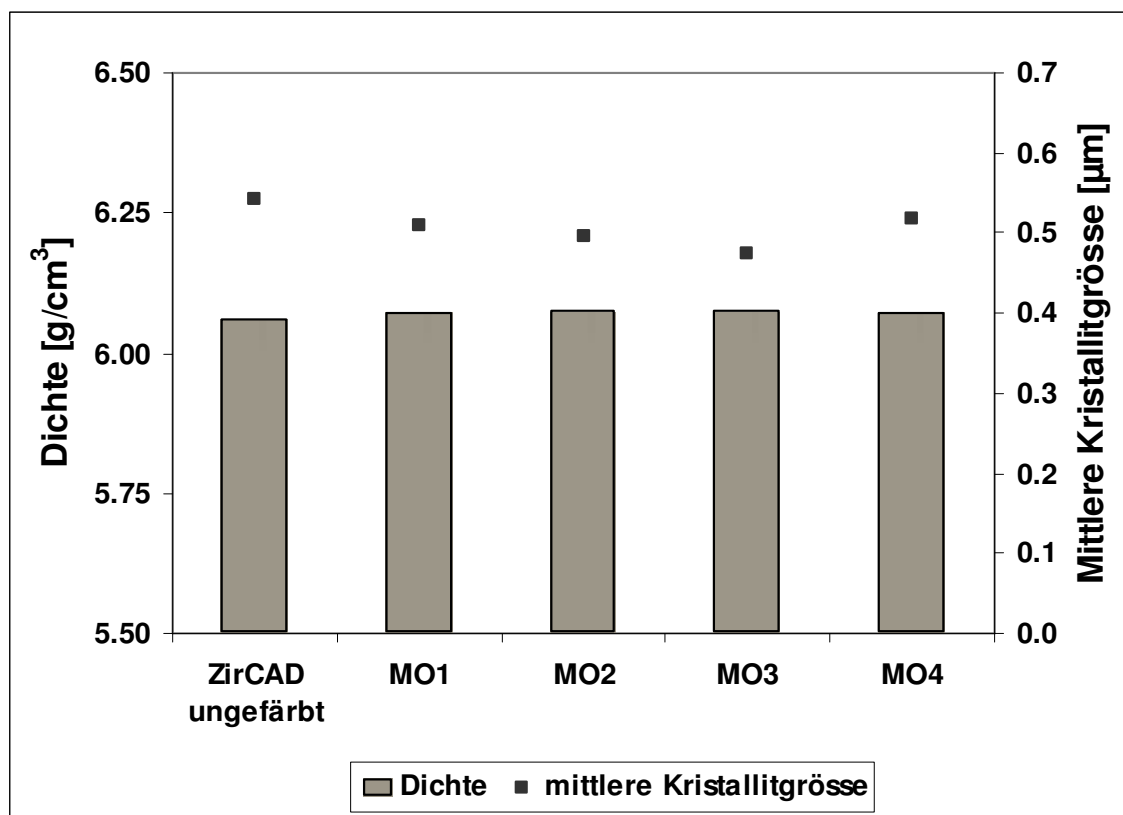


Abb. 6: Dichte und mittlere Kristallitgröße von IPS e.max ZirCAD (Beispielbatches): ungefärbt und eingefärbt mit IPS e.max ZirCAD Colouring Liquids CL1 – CL4 (MO1 – MO4).

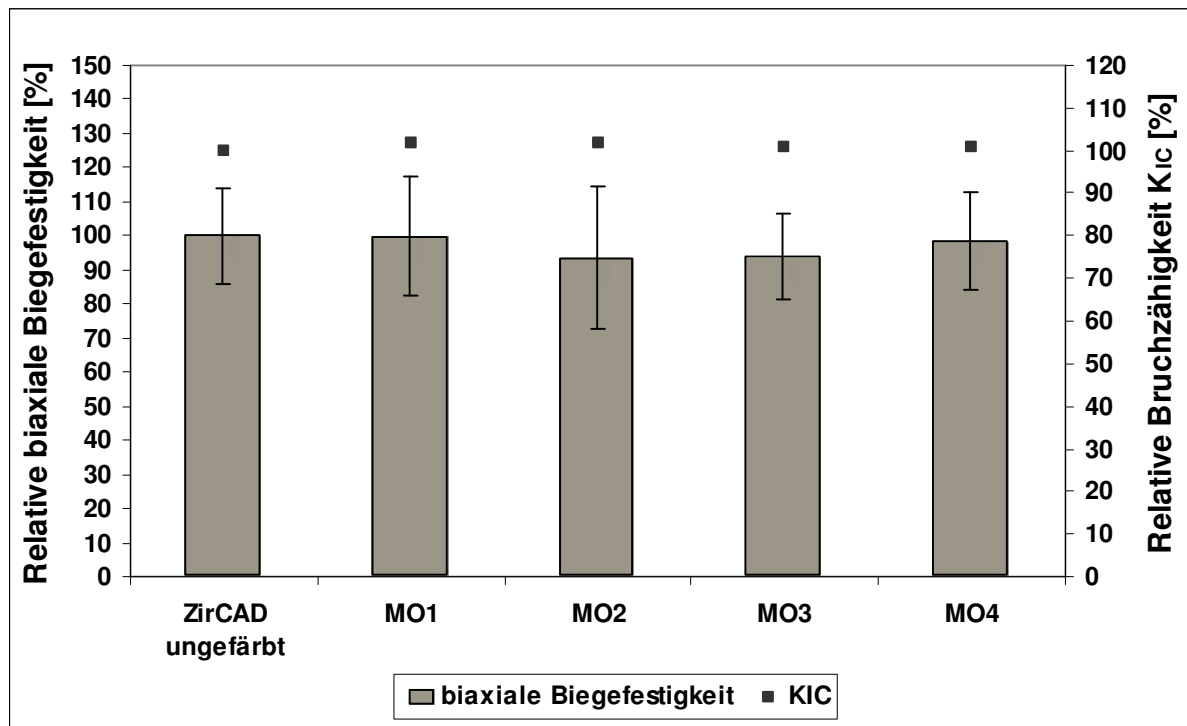


Abb. 7: Biaxiale Festigkeit und Bruchzähigkeit von IPS e.max ZirCAD (Beispielbatches): ungefärbt und eingefärbt mit IPS e.max ZirCAD Colouring Liquids CL1 – CL4 (MO1 – MO4).

- Festigkeit und Bruchzähigkeit der eingefärbten Blöcke unterscheiden sich nicht signifikant von ungefärbten. Sie liegen innerhalb herstellungsbedingter Schwankungen.

3.2 Physikalische Eigenschaften: IPS e.max ZirCAD MO0, MO1 und MO2

Die physikalischen Daten einiger Batches von IPS e.max ZirCAD sind in Tab. 1 aufgeführt. Hierbei handelt es sich um effektiv gemessene Werte, die je nach Batch variieren.

Die Herstellung der farbigen Blöcke MO1 und MO2 erfolgt durch Pressen/Sintern von gefärbten Pulvern. Die physikalischen Eigenschaften unterscheiden sich jedoch nicht signifikant von den weißen Blöcken MO0 (Tab. 1, Abb. 8, Abb. 9).

Eigenschaft	IPS e.max ZirCAD MO0 (weiss)	IPS e.max ZirCAD MO1	IPS e.max ZirCAD MO 2
WAK (100°-400°C) [$10^{-6}K^{-1}$]	10,6 ± 0,1	10,6 ± 0,2	10,6 ± 0,0
Biaxialfestigkeit [MPa] ⁱⁱ	1073 ± 148	1136 ± 99	1040 ± 160
Härte HV (F=98.1N) [MPa]	13147 ± 90	13083 ± 49	12906 ± 74
Bruchzähigkeit [$MPa m^{1/2}$]	5,14 ± 0,07	5,11 ± 0,03	5,07 ± 0,05
Dichte [g/cm^3]	6,061 ± 0,001	6,063 ± 0,003	6,060 ± 0,002
Mittlere Kristallitgrösse [μm]	0,538 ± 0,074	0,581 ± 0,074	0,566±0.092
Chemische Löslichkeit [$\mu g/cm^2$] ⁱⁱⁱ	1	4	8

Tab. 1: Physikalische Eigenschaften (Beispielbatches): IPS e.max ZirCAD MO0, MO1, MO2 (farbige Zirkoniumoxidblöcke)

ⁱⁱ Norm-Vorgabe gem. ISO 6872:2008 (Type II, Class 6): ≥ 800 MPa

ⁱⁱⁱ Norm-Vorgabe gem. ISO 6872:2008 (Type II, Class 6): ≤ 100 $\mu g/cm^2$

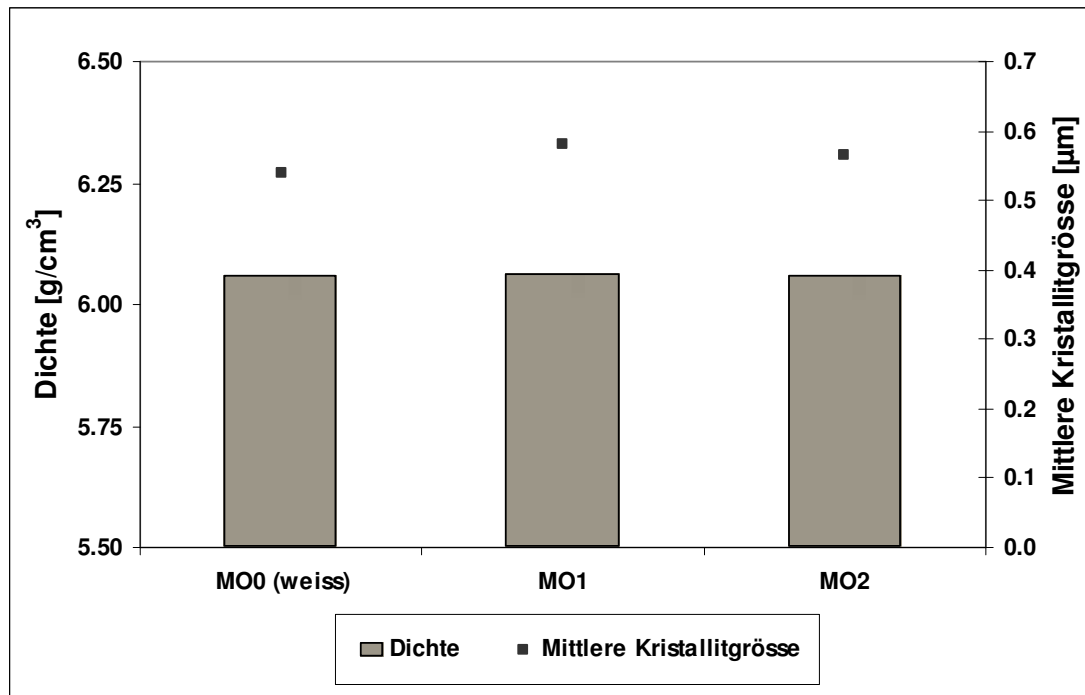


Abb. 8: Dichte und mittlere Kristallitgröße (Beispielbatches): IPS e.max ZirCAD farbigen Blöcken (MO1 und MO2) im Vergleich zu weißen Blöcken (MO0).

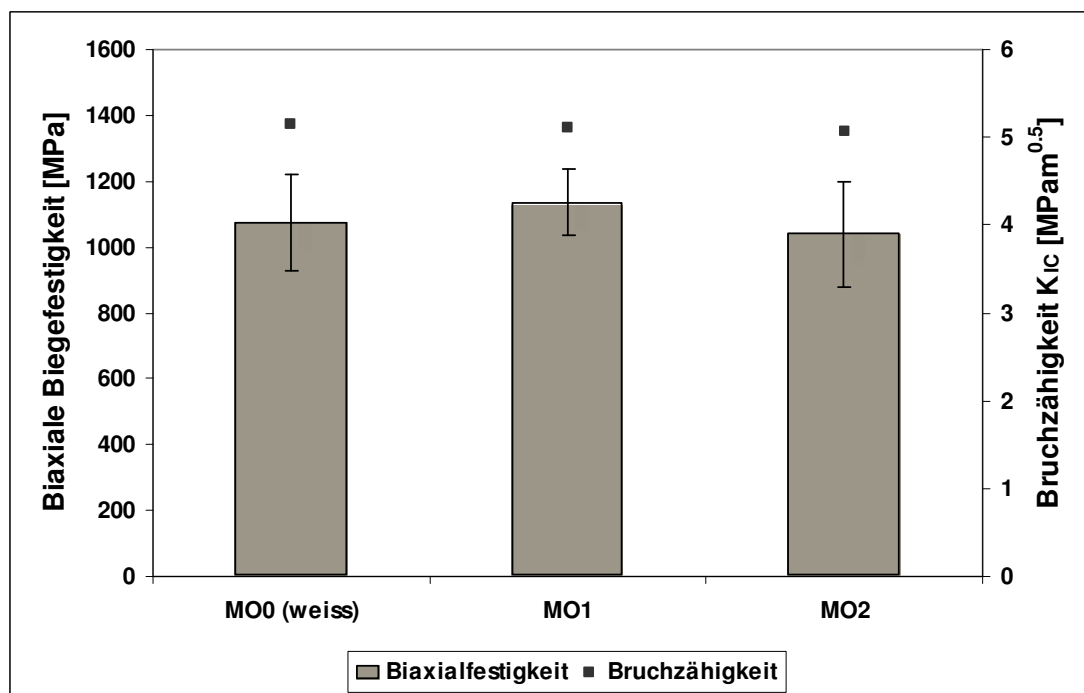


Abb. 9: Biaxiale Festigkeit und Bruchzähigkeit (Beispielbatches): IPS e.max ZirCAD farbigen Blöcken (MO1 und MO2) im Vergleich zu weißen Blöcken (MO0).

- Festigkeit und Bruchzähigkeit der einzelnen Farben unterscheiden sich nicht signifikant vom weißen Block. Sie liegen innerhalb herstellungsbedingter Schwankungen.

4. *In vitro* – Untersuchungen

4.1 Einleitung

Die Resultate von *in vitro*-Untersuchungen können nicht direkt auf die klinische Eignung des Materials übertragen werden, sie geben jedoch wichtige Hinweise, wie sich das Produkt unter bestimmten Testbedingungen verhält.

Die Werte dürfen nicht absolut benutzt werden, sondern müssen immer in Zusammenhang mit den Versuchsanordnungen und -bedingungen interpretiert / verwendet werden.

4.2 Bruchkraft von Brücken

Drei Gruppen mit je 8 Brücken bzw. Brückengerüsten wurden statisch auf ihre Bruchkraft geprüft. Es waren dies mit IPS e.max Ceram verblendete Gerüste aus IPS e.max ZirCAD, und aus In-Ceram YZ Cubes und unverblendete Gerüste aus IPS e.max ZirCAD. Die Prüfung erfolgte mittels einer Universalprüfmaschine. Die Kraft wurde jeweils auf das Zwischenglied aufgebracht.

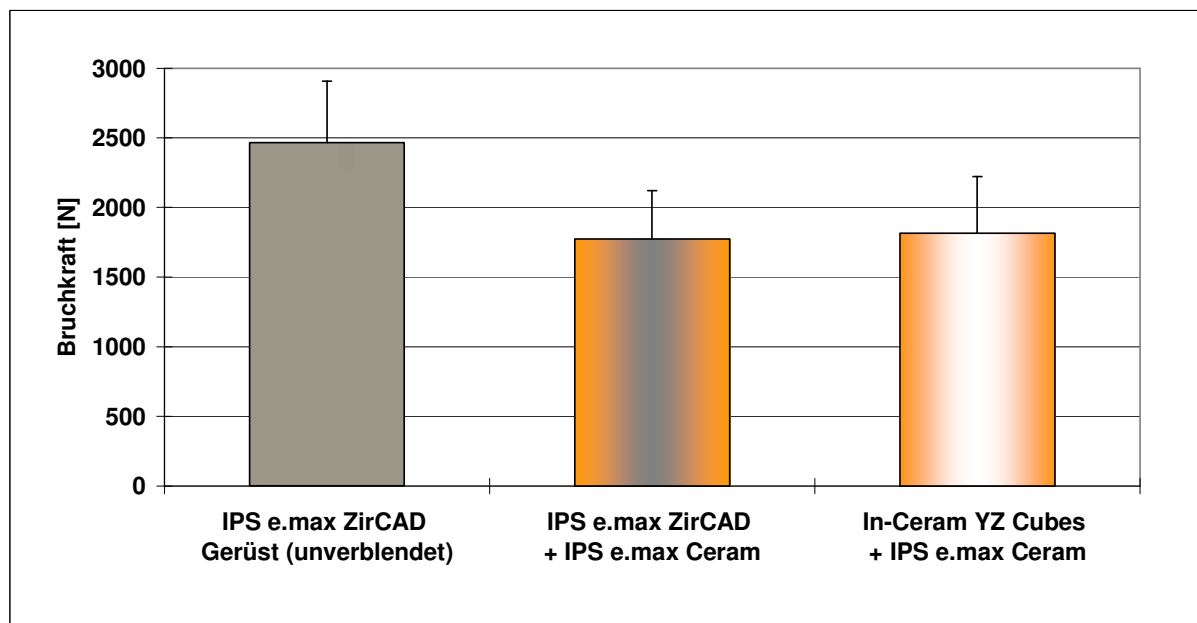


Abb. 10: Bruchkraft verblendeter und unverblendeter Zirkoniumoxidbrücken [5].

Die verblendeten Gerüste aus IPS e.max ZirCAD und aus In-Ceram YZ Cubes weisen keinen signifikanten Unterschied in der Bruchkraft auf. Hingegen waren die Werte für die unverblendeten Gerüste signifikant höher als die der verblendeten (Abb. 10). Eine Untersuchung der Objekte nach der Prüfung zeigte, dass keines der verblendeten Gerüste gebrochen war. Die Brüche verliefen immer innerhalb der Verblendung oder innerhalb des Verbundes [5].

- Verblendete IPS e.max ZirCAD - Gerüste haben eine niedrigere Bruchfestigkeit als unverblendete Gerüste.

4.3 Einfluss der Oberflächenbehandlung

Der Einfluss der Oberflächenbearbeitung auf die Festigkeit von IPS e.max ZirCAD, sowie auf das Gesamtsystem mit Verblendung soll ermittelt werden. Dazu wurden die Oberflächen gesinterter IPS e.max ZirCAD-Proben unterschiedlich behandelt und der Einfluss auf die biaxiale Biegefestigkeit und die Oberflächenrauigkeit ermittelt. Zusätzlich wurden die Auswirkungen eines Regenerationsbrandes von IPS e.max ZirCAD auf die Festigkeit des Gerüstmaterials bzw. der verblendeten Proben (IPS e.max Ceram) untersucht. (Siehe auch [6]).

! Die hier aufgeführten Untersuchungen beziehen sich auf die Verbundzone zwischen Gerüstmaterial und Verblendung. Die untersuchten Oberflächenbehandlungen sind nicht zu verwechseln mit der Konditionierung der Restaurationen für die Befestigung.

Bezeichnung	Oberflächenbehandlung
„as fired“	keine
poliert	mit 1 µm Diamantpaste
SiC Papier	1000er bzw. 400er SiC- Papier, gekühlt
SiC-Schleifer	Jota Zirkonflex, 100 µm SiC, 15000 min ⁻¹
Diamant-Schleifer	Bredent Diagen Turbo-Grinder, 15000 min ⁻¹
Diamant-Schleifer gekühlt	Komet/Brasseler, wassergekühlt, 100 µm Diamant, 200000 min ⁻¹
Korund-gestrahlt	Al ₂ O ₃ , 100 µm, 2-3 bar

Tab. 2: Übersicht der angewendeten Oberflächenbehandlungen

4.3.1 Einfluss der Oberflächenbearbeitung auf die Festigkeit des Gerüstmaterials

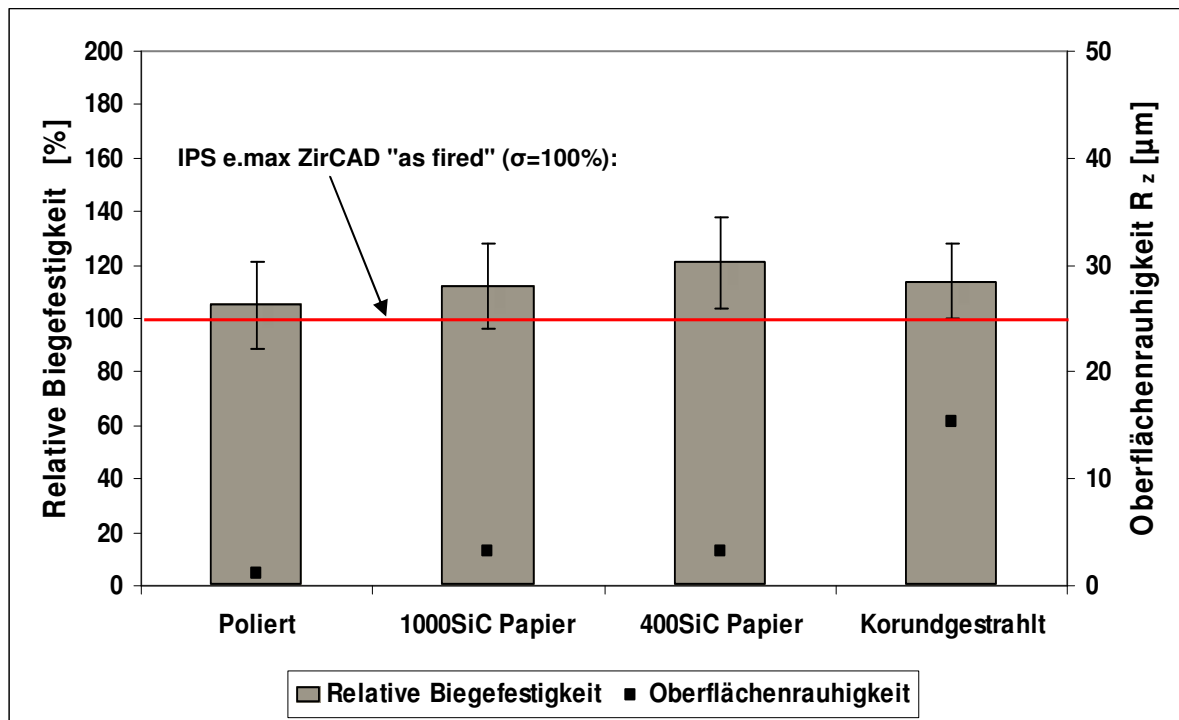


Abb. 11: Änderung der Biegefestigkeit (% im Vgl. zu „as fired“) und der Oberflächenrauigkeit von IPS e.max ZirCAD durch verschiedene Oberflächenbehandlungen.

Abbildung 11 zeigt den Einfluss verschiedener Oberflächenbehandlungen auf die Biegefestigkeit und die Oberflächenrauigkeit von IPS e.max ZirCAD.

Die Biegefestigkeit und die Rauigkeit von IPS e.max ZirCAD werden durch die Oberflächenbehandlungen erhöht. Es ist kein direkter Zusammenhang zwischen Biegefestigkeit und Rauigkeit erkennbar.

- Die Oberflächenbehandlung erhöht den Mittelwert der biaxialen Biegefestigkeit von IPS e.max ZirCAD (Gerüstmaterial), trotz zunehmender Oberflächenrauigkeit.

Die statische Festigkeitszunahme erklärt sich durch den Aufbau von Druckspannungen. Diese Druckspannung werden durch die Phasenumwandlung $t \rightarrow m$ der Kristalle induziert. Obwohl durch die Bearbeitung die Anzahl und die Größe der Materialfehler zunimmt, findet eine für Keramiken unübliche Erhöhung der Festigkeit statt.

4.3.2 Einfluss des Regenerationsbrandes auf die statische Festigkeit des Gerüstmaterials

Ein Regenerationsbrand beeinflusst die biaxiale Biegefestigkeit des oberflächenbehandelten Gerüstmaterials (siehe Abb. 12). Der Regenerationsbrand ermöglicht die Rückumwandlung der monoklinen in die tetragonale Phase $m \rightarrow t$. Dabei werden Druckspannungen abgebaut. Das Ausmaß des Spannungsabbaus ist von Temperatur und Dauer des Regenerationsbrandes abhängig. Der Abbau von Druckspannungen führt zu einer Reduktion der biaxialen Biegefestigkeit.

Rauhigkeit und Oberflächenfehler werden durch den Regenerationsbrand nicht beseitigt. Die Auswirkungen des Regenerationsbrandes auf die Langzeitfestigkeit des Materials sind noch unklar.

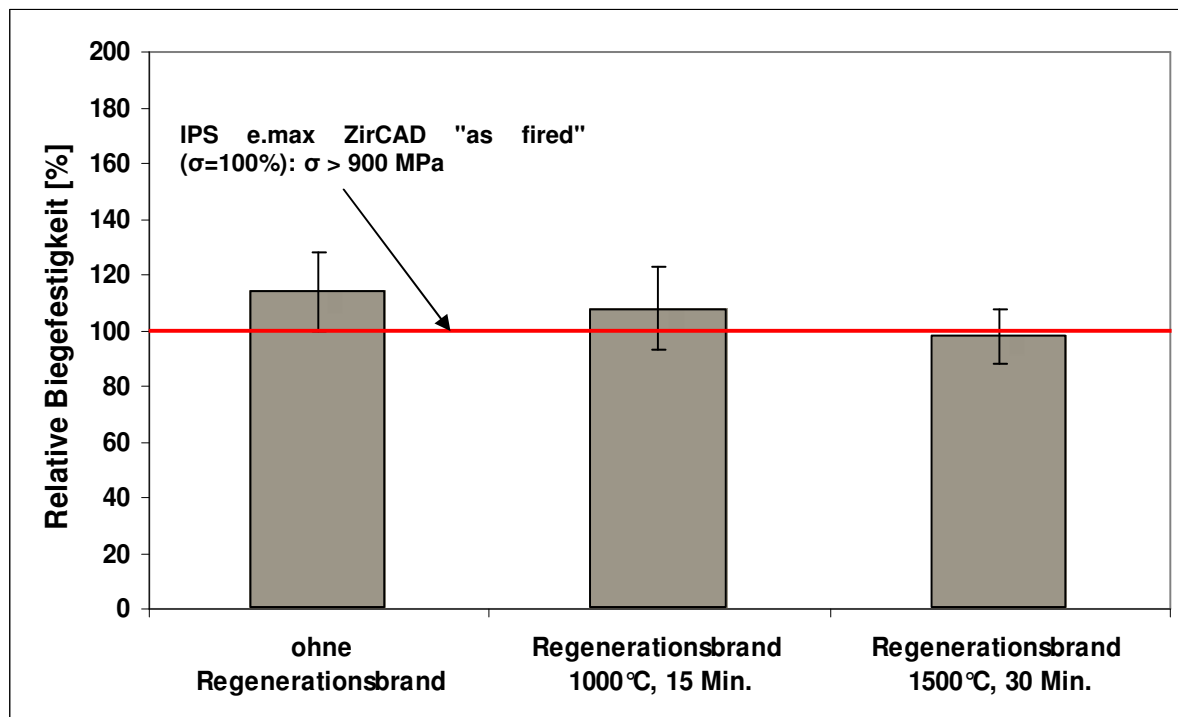


Abb. 12: Einfluss des Regenerationsbrandes auf die Biegefestigkeit (% im Vgl. zu „as fired“) des Gerüstmaterials IPS e.max ZirCAD (korundgestrahlt, Alox 100 μm , 2-3 bar)

- Ein Regenerationsbrand verkleinert die biaxiale Biegefestigkeit von gesinterten IPS e.max ZirCAD Proben.
- Die Abnahme der biaxialen Biegefestigkeit ist von der Dauer und der Temperatur des Regenerationsbrandes abhängig.

4.3.3 Einfluss der Oberflächenbearbeitung des Gerüstmaterials auf die Festigkeit verblendeter Proben

Probenpräparation:

Die Oberflächen von IPS e.max ZirCAD-Scheiben erfahren unterschiedliche Oberflächenbehandlungen. Anschließend wird die behandelte Oberfläche mit IPS e.max Ceram beschichtet. Der Versuchsaufbau ist in Abb. 13 dargestellt. Als biaxiale Bruchkraft wurde die Last definiert, bei der erstmals ein Riss in der Verblendung auftritt.

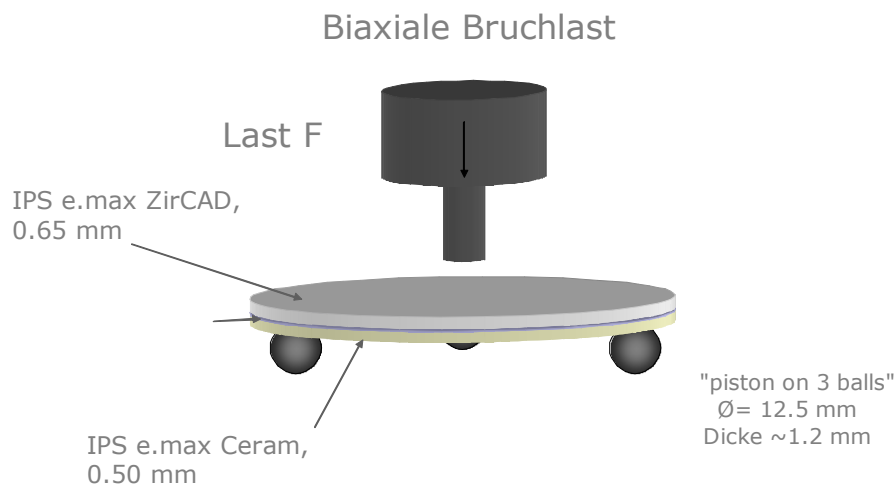


Abb. 13:
Versuchsanordnung
zur Ermittlung der
biaxialen Bruchlast
von beschichteten
IPS e.max ZirCAD
Proben

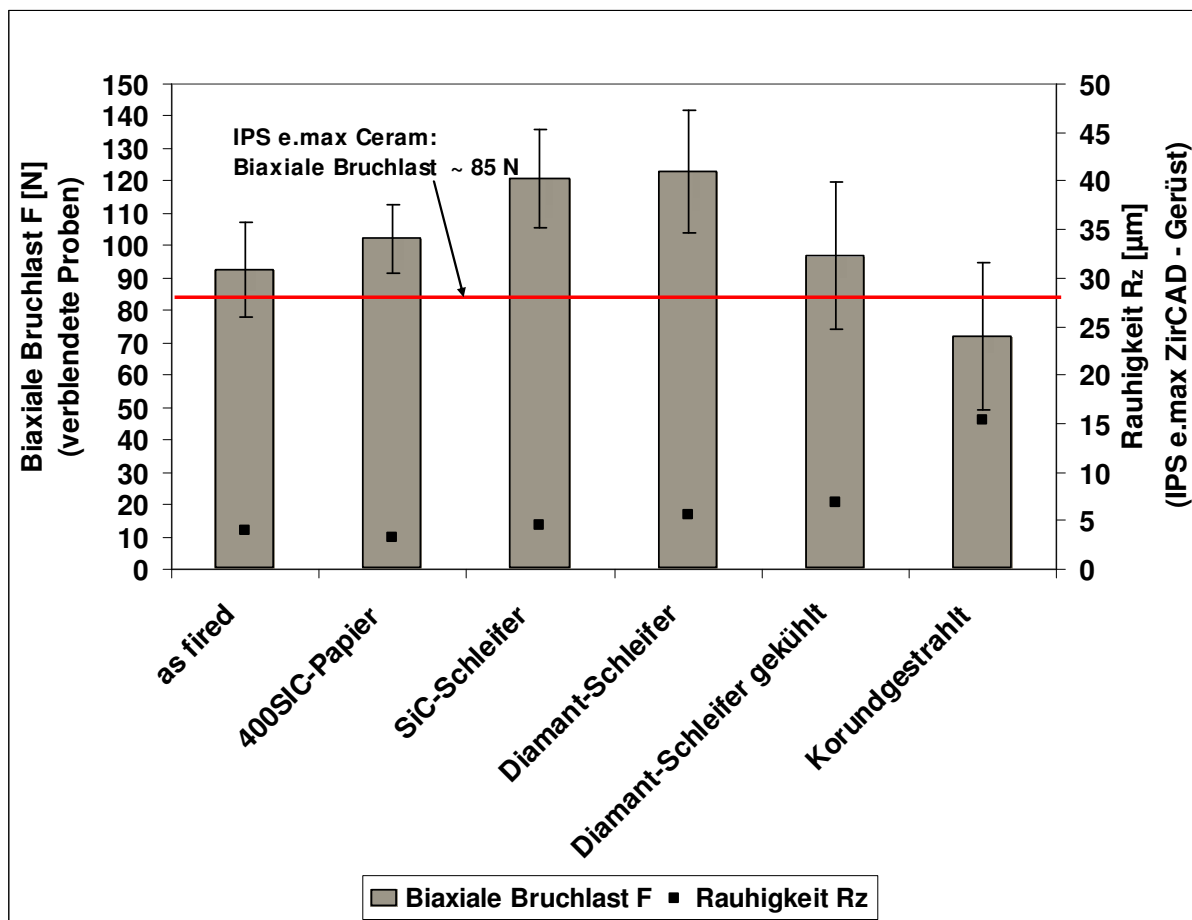


Abb. 14: Biaxiale Bruchlast und Rauigkeit oberflächenbehandelter IPS e.max ZirCAD-Proben nach Beschichtung mit IPS e.max Ceram.

- Die biaxialen Bruchlasten der verblendeten Proben sind je nach Art der vorangegangenen Oberflächenbehandlung sehr unterschiedlich.
- Korund-Strahlen reduziert die biaxiale Bruchlast der Probe unter den Wert des Verblendmaterials.

Sanfte Oberflächenbehandlungen reinigen die Oberfläche des Gerüstmaterials (IPS e.max ZirCAD) und erhöhen den Verbund zur Verblendung (IPS e.max Ceram) (Abb. 14).

Korund-Strahlen führt zu einer massiven Schwächung des Verbundes (Abb. 14). Bei Korundgestrahlten Proben, sowie teilweise auch beim gekühlten Diamantschleifer, wurden unter dem REM Abplatzungen der Verblendung vom Gerüstmaterial beobachtet.

Die Einflüsse der verschiedenen Oberflächenbehandlungen mit/ohne Kühlung auf die Verbundfestigkeit zwischen Verblendung und Gerüst sind sehr komplex und nicht restlos geklärt. XRD-Analysen, die Ermittlung physikalischer Werte sowie mikroskopische Aufnahmen helfen jedoch einige Zusammenhänge und Einflüsse zu verstehen.

4.3.4 Einfluss des Regenerationsbrandes auf die statische Festigkeit verblendeter Proben

Probenpräparation:

Mit Korund-gestrahnten IPS e.max ZirCAD-Proben wird ein Regenerationsbrand durchgeführt. Erst danach werden die Proben mit IPS e.max Ceram beschichtet und die biaxiale Bruchlast ermittelt.

Durch den Regenerationsbrand des oberflächenbehandelten Gerüsts erfahren monokline Phasen wieder eine Umwandlung zur tetragonalen Struktur. Dies verbessert den Verbund zwischen Gerüst und Verblendung und erhöht somit die biaxiale Bruchlast (Abb. 15) des Gesamtsystems.

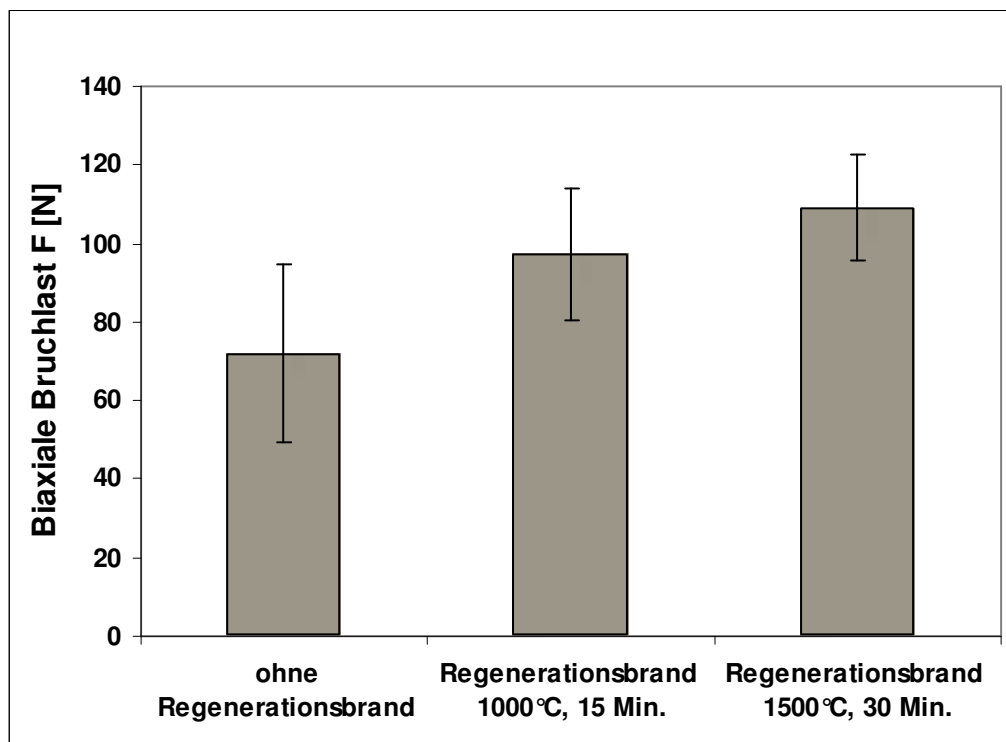


Abb. 15: Einfluss des Regenerationsbrandes auf die Bruchlast mit IPS e.max Ceram-verblendeter IPS e.max ZirCAD-Proben. Gerüstmaterial Korundgestrahlt; (Alox 100 µm, 2-3 bar) statischer Test.

- Ein Regenerationsbrand erhöht die biaxiale Bruchlast
- Die Erhöhung der biaxialen Bruchlast hängt von Temperatur und Dauer des Regenerationsbrandes ab.

Korund-Strahlen von IPS e.max ZirCAD schwächt den Verbund zwischen Verblendung und Gerüstmaterial (siehe Abb. 14). Der Verbund des Verblendmaterials mit der tetragonalen Phase von IPS e.max ZirCAD ist stärker als mit monoklinem ZrO_2 .

Ein Regenerationsbrand des Gerüsts erhöht die biaxiale Bruchlast (Abb. 15). Dies ist sehr wahrscheinlich durch die Rückumwandlung $m \rightarrow t$ und dadurch besseren Verbund zwischen IPS e.max Ceram und IPS e.max ZirCAD bedingt. Durch die Oberflächenbearbeitung werden jedoch starke Oberflächendefekte produziert, die nicht alle durch den Regenerationsbrand ausgeheilt werden. Daher besteht eine große Gefahr, dass sich diese Defekte bei Belastung längerfristig durch Risswachstum bemerkbar machen und zum Versagen der Restauration und/oder zu Umwandlung $t \rightarrow m$ an der Rissspitze und nachfolgender Delamination der Verblendung führen können. Statische Versuche ergeben

wohl mit Hilfe von Regenerationsbränden eine höhere Verbundfestigkeit, wie sich jedoch die erwähnten Oberflächendefekte auf das Ermüdungsverhalten auswirken ist nicht geklärt.

4.3.5 Schlussbemerkung zur Oberflächenbehandlung von IPS e.max ZirCAD

Die Einflüsse von Oberflächenbehandlungen und Regenerationsbränden auf die fertige, verblendete Restauration sind komplex. Das Sinterregime, die Art der Oberflächenbehandlung, Dauer und Temperatur des Regenerationsbrandes; all das sind Parameter, welche ein komplexes Zusammenspiel ergeben, das nicht vollständig erforscht ist. Ungeklärt ist auch der Einfluss der festigkeitssteigernden Oberflächenbehandlungen auf die Langzeitfestigkeit. Es ist zu berücksichtigen, dass Oberflächenrisse entstehen, welche durch die Wechselbelastung im Mund wachsen und bei Erreichen kritischer Länge zum Versagen der Restauration führen können.

Die aufgeführten Untersuchungen beziehen sich auf die Fläche zwischen Gerüstmaterial und Verblendung. Diese Oberflächenbehandlungen sind nicht zu verwechseln mit der Konditionierung der Restaurationen vor der Befestigung.

Die Herstellerangaben zur Oberflächenbehandlungen sind strikt einzuhalten.

4.4 Sintern im Programat S1

Mit dem Programat S1 bietet Ivoclar Vivadent einen Sinterofen an, der besonders schnelle Sinterzyklen ermöglicht. So können Kronen aus IPS e.max ZirCAD in nur 90 min, Brücken in circa 165 min dicht gebrannt werden. Vergleicht man diese Zeiten mit den Sinterzeiten in herkömmlichen Öfen, die mit 5 bis 15 Stunden um ein vielfaches höher liegen, stellt sich natürlich die Frage, ob mit dem schnellen Sintern im Programat S1 dieselbe Qualität erreicht werden kann wie in konventionellen, lang dauernden Sinterprogrammen.

Ivoclar Vivadent hat hierzu verschiedene vergleichende Untersuchungen durchgeführt. In Tabelle 3 sind die untersuchten Öfen und die jeweiligen Programme aufgeführt, die in die Tests einbezogen wurden.

Pos	Firma	Ofen/Programm	Max. Temperatur [°C]	Haltezeit [min]	Zykluszeit gesamt [min]
1	IVAG	Sintramat / P1	1500	30	ca. 500
2	IVAG	Programat S1 / Krone	1500	25	90
3	IVAG	Programat S1 / Brücke	1500	30	165
4	Vita	Zyrcomat	1530	120	ca. 500
5	Naber-therm	LHT02-16 / Sonderprogramm	1600	180	ca. 600
6	KaVo	Everest Therm / ZS Blanks	1450	120	ca. 840

Tab. 3: Übersicht über die untersuchten Brennöfen und thermischen Prozesse / Programme

Als wichtigstes Merkmal wurde die Dichtheit des Materials überprüft. Abbildung 16 zeigt, dass mit allen Brennkurven eine ausreichend hohe Enddichte erreicht wird. Der untere Grenzwert von 6.04 g/cm^3 wird bei allen Brennkurven überschritten. Damit liefern auch die schnellen Sinterprogramme des Programat S1 ein qualitativ hochwertiges Sinterergebnis.

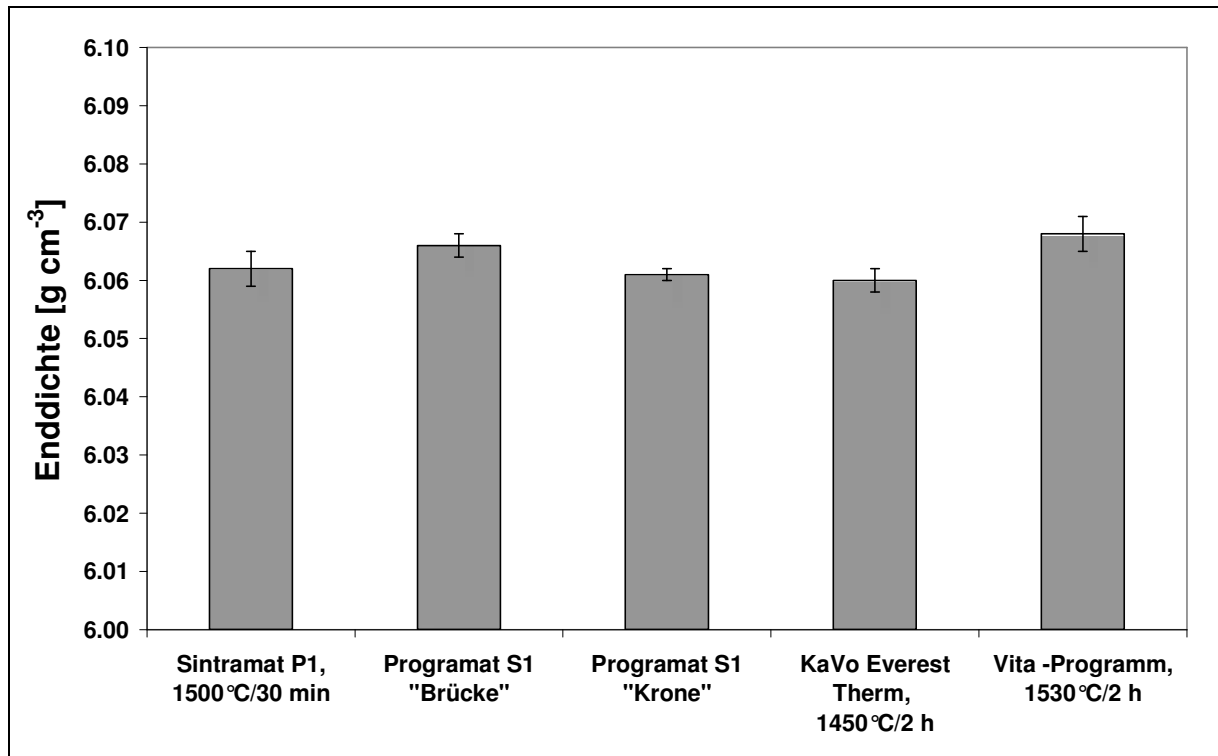


Abb. 16: Enddichte von IPS e.max ZirCAD nach Sinterung in unterschiedlichen Öfen und mit unterschiedlichen Programmen.

Auch die Passgenauigkeit von Werkstücken, die mit dem Programat S1 gesintert wurden, ist hervorragend, wie Abbildung 17 zeigt. Es ist lediglich zu beachten, dass die Lagerung der Gerüste gemäß den Anweisungen in der Verarbeitungsanleitung erfolgt.

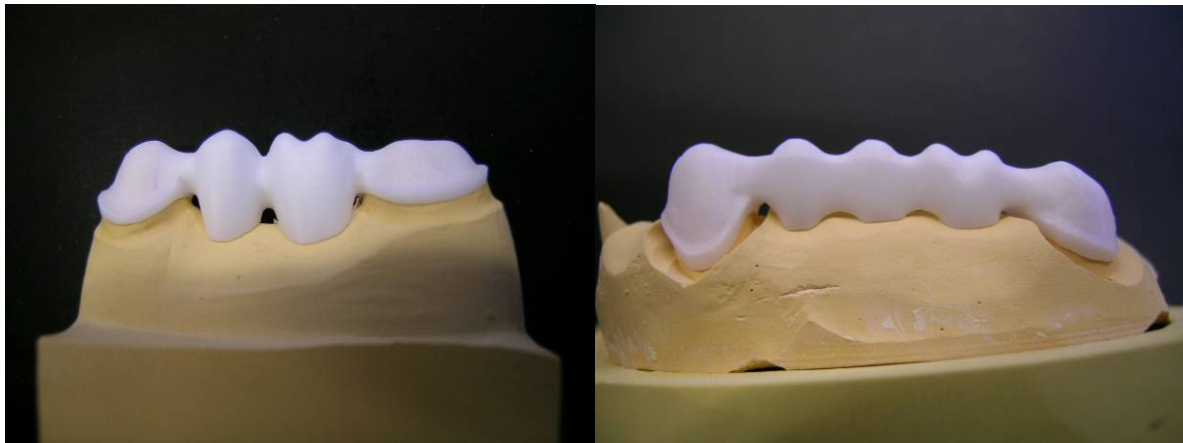


Abb. 17: 4-Gliedrige und 5-Gliedrige Seitenzahnbrücke auf Modell nach Programat S1-Sinterung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass mit dem Programat S1 hervorragende Sinterergebnisse erreicht werden, und das erst noch mit einer erheblichen Zeit- und Energieersparnis gegenüber konventionellen Sinteröfen und -programmen.

5. Externe klinische Studien

5.1 *Universität Iowa*

Studienleiter:	Prof. Stanford, Dental Clinical Research Center, University of Iowa, Iowa City, USA
Titel / Ziel	Klinische Bewährung von IPS e.max Ceram auf IPS e.max ZirCAD
Studienaufbau:	Eingliederung von 50 Kronen und 11 Brücken aus IPS e.max ZirCAD mit IPS e.max Ceram beschichtet.
Resultate:	In einem Beobachtungszeitraum nach 24 Monaten sind bei den Kronen eine Fraktur und 3 Brüche im Verblendmaterial (Chippings) aufgetreten. Bei den Brücken wurde ein Fall von Chipping berichtet.

5.2 *Pacific Dental Institut*

Studienleiter:	Prof. Sorensen, Pacific Dental Institut, Portland, Oregon, USA
Titel:	Klinische Bewährung von IPS e.max Ceram auf IPS e.max ZirCAD
Ziel:	Die klinische Bewährung von IPS e.max ZirCAD als Gerüstmaterial für Seitenzahnbrücken
Studienaufbau:	Eingliederung von 20 Brücken aus IPS e.max ZirCAD mit IPS e.max Ceram beschichtet.
Resultate:	Bei einem Beobachtungszeitraum von $46,7 \pm 5$ Monaten traten keine absoluten Misserfolge auf. Die Überlebensrate beträgt 100%. Es wurden 2 kleine (kohäsive) Abplatzungen innerhalb der Verblendkeramik berichtet.

5.3 *Universität Michigan*

Studienleiter:	Prof. Fasbinder, University of Michigan, Ann Arbor, USA
Titel / Ziel:	Klinische Bewährung von IPS e.max Ceram auf IPS e.max ZirPress und IPS e.max ZirCAD
Studienaufbau:	Eingliederung von 31 Kronen und 10 Brücken aus IPS e.max ZirCAD/ IPS e.max ZirPress / IPS e.max Ceram.
Resultate:	Nach einer Beobachtungszeit von bis zu 3 Jahren wurden 3 Brüche im Verblendmaterial der Kronen berichtet. Bei einer Krone versagte das Gerüst und machte einen Ersatz nötig. Bei den Brücken gab es nur ein Versagen auf Grund einer endodontischen Behandlung.

5.4 Universität München

Studienleiter:	Dr. Beuer, Universitätsklinikum, München, Deutschland
Titel:	Klinische Studie zu vollkeramischen Restaurationen aus Zirkonoxid-Keramik verblendet mit einer neuen Verblendkeramik
Ziel:	Die klinische Bewährung von IPS e.max ZirCAD als Gerüstmaterial für Kronen und Brücken
Studienaufbau:	Eingliederung von 50 Kronen und 18 Brücken (3- bis 4-gliedrig) aus Zirkoniumoxid (Y-TZP), verblendet mit IPS e.max Ceram.
Resultate:	Nach einer Beobachtungszeit bis zu drei Jahren gab es keine Ausfälle bei den Kronen. Bei den Brücken wurden 5 Fälle von Chipping berichtet [7].

5.5 Universität Aachen

Studienleiter:	Dr. Tinschert, Universitätsklinikum, Aachen, Deutschland
Titel:	Klinisch prospektive Studie zur Überlebensrate von überpressten Seitenzahnkronen aus Zirkonoxid
Ziel:	Die klinische Bewährung von IPS e.max ZirCAD-Molarenkronen
Studienaufbau:	Eingliederung von je 30 Seitenzahnkronen mit Zirkoniumoxidkappen aus DC-Zirkon, Lava und IPS e.max ZirCAD. Die Kappen werden mit IPS e.max ZirPress überpresst und mit IPS e.max Ceram verblendet.
Resultate:	Bei einer Beobachtungsdauer bis zu 2 Jahren wurden keine Gerüstfrakturen oder Abplatzungen des Verblendmaterials berichtet.

5.6 Clinicians Report

Studienleiter:	Dr. Rella Christensen, Clinicians Report, Provo, UT, USA
Titel:	Clinical performance of PFM, zirconia and alumina three-unit posterior prostheses
Ziel:	Vergleich der klinischen Bewährung von Metall- und Keramikgerüsten, herkömmlich beschichtet oder im Pressverfahren verblendet.
Studienaufbau:	293 dreigliedrige Brücken aus Metall- bzw Keramikgerüsten wurden verblendet und von 116 Zahnärzten eingesetzt. Bei regelmässigen Recalls wurden die Restaurationen auf ästhetische und funktionelle Parameter überprüft.
Resultate:	Von den 33 Brücken aus IPS e.max ZirCAD verblendet mit IPS e.max ZirPress musste nach einer Beobachtungszeit von 2 Jahren eine Brücke ersetzt werden [8].

5.7 Universität Zürich

- Studienleiter: Dr. Sailer und Dr. Bindl, Universität Zürich, Schweiz
- Titel / Ziel: Vergleich von Brücken aus IPS e.max ZirCAD verblendet mit IPS e.max Ceram bzw. IPS e.max ZirPress
- Studienaufbau: Eingliederung von 50 Restaurationen aus IPS e.max ZirCAD Gerüsten beschichtet mit IPS e.max Ceram (30) bzw. überpresst mit IPS e.max ZirPress (20).
- Resultate: Nach einer mittleren Beobachtungszeit von 19,4 Monaten traten keine Gerüstfrakturen auf. Bei den überpressten Brücken wurden mehrere lokale Chippings beschrieben, die durch Beschleifen ausgebessert werden konnten.

5.8 The State University of New York, Buffalo

- Studienleiter: Prof. Carlos A. Muñoz, State University of New York, Buffalo, USA
- Titel: Clinical evaluation of a self-adhesive resin cement on all-ceramic crowns
- Ziel: Klinischen Bewährung von IPS e.max ZirCAD befestigt mit einem semi-adhäsiven Befestigungskomposit.
- Studienaufbau: 42 Kronen aus IPS e.max ZirCAD werden mit einem semi-adhäsiven Befestigungskomposit befestigt.
- Resultate: Nach 3 Jahren mussten lediglich 2 Kronen ersetzt werden.

5.9 Zusammenfassung

IPS e.max ZirCAD ist ein Yttriumoxid-stabilisiertes Zirkoniumoxid. Diese Oxidkeramiken sind seit mehr als 5 Jahren im klinischen Einsatz und konnten sich dort bewähren. Bei einer Biegefestigkeit von 900 MPa können fast alle Indikationen, die bisher ausschließlich von Metallen abgedeckt wurden, freigegeben werden. Über die Verwendung und die klinischen Untersuchungen der Verblendmaterialien wird in den Wissenschaftlichen Dokumentationen von IPS e.max Ceram und IPS e.max ZirPress eingegangen.

6. Biokompatibilität

6.1 Einleitung

IPS e.max ZirCAD ist ein Yttrium-stabilisiertes Zirkoniumoxid (Y-TZP). Y-TZP gilt als ein sehr biokompatibles Material, das auch für künstliche Hüftgelenke verwendet wird. Der Wurzelkanalstift CosmoPost besteht aus dem gleichen Material.

Die Biokompatibilität von IPS e.max ZirCAD kann von den Biokompatibilitätsuntersuchungen an Y-TZP übernommen werden.

6.2 Chemische Beständigkeit

Dentalwerkstoffe sind im Mund einer großen Bandbreite von pH-Werten und Temperaturen ausgesetzt. Chemische Beständigkeit ist daher eine wichtige Voraussetzung für alle Dentalmaterialien.

Gemäß Anusavice [9] gelten Keramiken als die beständigsten Dentalmaterialien.

Chemische Beständigkeit nach ISO 6872:

	Chem. Löslichkeit [$\mu\text{g}/\text{cm}^2$]	Grenzwert nach Norm [$\mu\text{g}/\text{cm}^2$]
IPS e.max ZirCAD (weiß)	1	< 100
IPS e.max ZirCAD Color Blocks	4	< 100

(Ivoclar Vivadent AG, Schaan, 2005/2008)

- Die chemische Löslichkeit von IPS e.max ZirCAD liegt weit unter dem in der Norm festgelegten Grenzwert.

6.3 Zytotoxizität

Die Zytotoxizität von Zirkoniumoxiden wurde von verschiedenen Autoren untersucht. Josset *et al.* [10] verglichen die Biokompatibilität von zwei Implantatmaterialien, Zirkoniumoxid und Aluminiumoxid, an Osteoblast-Zellkulturen. Für beide Materialien wurde weder kein toxisches Potential festgestellt. Ein ähnliches Ergebnis für die Zytotoxizität in Zellkulturversuchen berichtete Rieger [11].

Außerdem wurden von Ivoclar Vivadent Zytotoxizitätstests mit IPS e.max ZirCAD-Materialien in Auftrag gegeben. Im XTT-Test wurde die *in vitro*-Zytotoxizität von IPS e.max ZirCAD-MO4 (eingefärbt mit CL 4) und von IPS e.max ZirCAD Color untersucht. Unter den gewählten Versuchsbedingungen wurde weder für IPS e.max ZirCAD-MO4 noch IPS e.max ZirCAD Color ein zytotoxisches Potential festgestellt [12; 13].

6.4 Genotoxizität

Josset *et al.* [10] untersuchten weiterhin die Genotoxizität der Implantatmaterialien Zirkoniumoxid und Aluminiumoxid, das heisst, ob die Materialien DNA-Schäden verursachen können. Dazu wurden Osteoblast-Zellkulturen verwendet. Für keines der beiden Materialien fand sich ein genotoxisches Potential. Auch in einem bakteriellen Mutagenitätstest (AMES-Test) wurde keine Genotoxizität von Zirkoniumoxiden festgestellt [11].

6.5 Implantation

Die Biokompatibilität von Zirkoniumoxid wurde auch mit Implantationstests untersucht. Warashina *et al.* [14] implantierten diverse Materialien (u.a. Y-TZP) in Schädeldecken von Mäusen und verfolgten die biologischen Reaktionen (Entzündungsparameter, Knochenresorption). Die biologischen Eigenschaften bekräftigen die Biokompatibilität von Y-TZP zur Verwendung bei künstlichen Hüftgelenken. Rieger berichtete ebenfalls von einer guten Verträglichkeit von Zirkoniumoxidmaterialien in Kurzzeit- (90 Tage) und Langzeit- (24 Monate)-Implantationsversuchen [11].

6.6 Weitere Biokompatibilitäts-Untersuchungen

Eine Reihe weiterer Tests bestätigt die Biokompatibilität von Zirkoniumoxid. *In vivo*-Versuche in Kaninchen, Mäusen, Meerschweinchen und Schafen zeigten weder eine akute, systemische Toxizität, noch wirkten Zirkoniumoxide reizend (irritierend), sensibilisierend, hämolytisch (Zerstörung der roten Blutkörperchen) oder lösten Fieber aus (Pyrogenität) [11].

6.7 Radioaktivität

Im Zusammenhang mit Dentalkeramik gibt es immer wieder kritische Anmerkungen zu einer möglichen Radioaktivität. Der Ursprung liegt darin, dass in den 70er Jahren in einigen Metallkeramikprodukten sehr geringe Mengen an radioaktiven Fluoreszenzstoffen eingesetzt wurden [15-17]. Dazu gab es auch Berechnungen über eine mögliche Strahlenbelastung ausgehend von der im Mund eingesetzten Keramik [18]. Da es seit Anfang der 80er Jahren ausreichend Alternativen gibt, die Fluoreszenz ohne radioaktive Zusätze zu erreichen, ist davon auszugehen, dass alle wichtigen Hersteller schon in den 80er Jahren auf solche Zusätze verzichteten. Trotzdem können mögliche Quellen von Radioaktivität nicht so einfach ausgeschlossen werden. Geringste Verunreinigungen an Uran oder Thorium in den zum Teil natürlich eingesetzten Rohstoffen oder den Farbzusätzen sind nicht einfach zu eliminieren [15]. Daher wurde in den Keramiknormen (EN ISO 6872; EN ISO 9693; ISO 13356) bestimmt, dass keine radioaktiven Zusätze erlaubt sind und Grenzwerte für die maximal tolerierbare Radioaktivität festgelegt.

Im Untersuchungsbericht von Rieger [11] wird für die Zirkoniumoxid Biokeramik eine Aktivität U^{238} von 0,003 Bq/g angegeben.

Mittels γ -Spektrometrie wurden folgende Radioaktivitäten für Y-TZP-Materialien gemessen.

	^{238}U [Bq/g]	^{232}Th [Bq/g]	Referenz
Cosmo-Post (Y-TZP)	< 0,005	< 0,003	[19]
IPS e.max ZirCAD Color Block	< 0,03	< 0,03	[20]
Grenzwert nach ISO 6872:1995/Amd.1:1997(E)	1,000	-	-

6.8 Schlussfolgerung

Aufgrund der vorhandenen Daten und dem heutigen Wissensstand kann festgehalten werden, dass IPS e.max ZirCAD kein toxisches Potential aufweist. Bei Anwendung gemäß Herstellervorschriften besteht weder für Patienten, Zahntechniker noch Zahnärzte eine Gefährdung der Gesundheit.

7. Quellenverzeichnis

1. Schweiger M. Zirkoniumdioxid - Hochfeste und bruchzähe Strukturkeramik. *Ästhetische Zahnmedizin* 2004;5:248-257.
2. Cramer von Clausbruch S. Zirkon und Zirkonium. *Dent Labor* 2003:1137-1142.
3. Helbig J, Schönholzer U (2001). Grundzüge der Keramik; Skript zur Vorlesung Ingenieurkeramik I. Professur für nichtmetallische Werkstoffe ETH Zürich. 37-43.
4. Kriegesmann J, Burger W. Technische Keramische Werkstoffe; Deutscher Wirtschaftsdienst Köln; April 1996; Kapitel 8.7.2.0. "Zirkonoxid in der Medizintechnik"; S. 1-45.
5. Schröder S, Spiegel M. Vollkeramische Systeme - Festigkeitsuntersuchung und Betrachtung der Wirtschaftlichkeit. Diplomarbeit, FH Osnabrück. 2005.
6. IPS e.max: all ceramic...all you need, Report Nr.17, Ivoclar Vivadent, Schaan, Juni 2006
7. Beuer F, Stimmelmayer M, Gernet W, Edelhoff D, Güth J-F, Naumann M. Prospective study of zirconia-based restorations: 3-year clinical results. *Quintessence Int* 2010;41(8):631-7.
8. Christensen RJ, Eriksson KA, Ploeger BJ. Clinical performance of PFM, zirconia and alumina three-unit posterior prostheses. IADR abstract #1566. Toronto, 2008.
9. Anusavice KJ. Degradability of dental ceramics. *Adv Dent Res* 1992;6:82-89.
10. Josset Y, Oum'Hamed Z, Zarrinpour A, Lorenzato M, Adnet JJ, Laurent-Maquin D. In vitro reactions of human osteoblasts in culture with zirconia and alumina ceramics. *J Biomed Mater Res* 1999;47:481-493.
11. Rieger W. Studies of Biocompatibility of ZrO₂ and Al₂O₃ ceramics. Contribution 6th Biomaterial Symposium. Göttingen, 1994.
12. Meurer K. Cytotoxicity assay in vitro: Evaluation of materials for medical devices (XTT-test). RCC-CCR Report No. 1015500. 2006.
13. Heppenheimer A. Cytotoxicity assay in vitro: Evaluation of materials for medical devices (XTT-Test). RCC-CCR Report No. 1120101. 2007.
14. Warashina H, Sakano S, Kitamura S, Yamauchi KI, Yamaguchi J, Ishiguro N, Hasegawa Y. Biological reaction to alumina, zirconia, titanium and polyethylene particles implanted onto murine calvaria. *Biomaterials* 2003;24:3655-3661.
15. Fischer-Brandies E, Pratzel H, Wendt T. Zur radioaktiven Belastung durch Implantate aus Zirkonoxid. *Dtsch Zahnärztl Z* 1991;46:688-690.
16. Moore JE, MacCulloch WT. The inclusion of radioactive compounds in dental porcelains. *Br Dent J* 1974;136:101-106.
17. Viohl J. Radioaktivität keramischer Zähne und Brennmassen. *Dtsch Zahnärztl Z* 1976;31:860.
18. Sairenji E, Moriwaki K, Shimizu M, Noguchi K. Estimation of radiation dose from porcelain teeth containing uranium compound. *J Dent Res* 1980;59:1136-1140.
19. Petri H. Analysenbericht: Bestimmung der Radioaktivität von 9 Keramikproben mittels gamma-Spektroskopie, Forschungszentrum Jülich, 1997.
20. Küppers G, Analysis Report: Activity measurements of the nuclides ²³⁸U and ²³²Th in dental ceramic, Forschungszentrum Jülich, 2007.

Diese Dokumentation enthält einen Überblick über interne und externe wissenschaftliche Daten ("Informationen"). Die Dokumentation und die Informationen sind allein für den internen Gebrauch von Ivoclar Vivadent und externen Ivoclar Vivadent-Partnern bestimmt. Sie sind für keinen anderen Verwendungszweck vorgesehen. Obwohl wir annehmen, dass die Informationen auf dem neuesten Stand sind, haben wir sie nicht alle überprüft und können und werden nicht für ihre Genauigkeit, ihren Wahrheitsgehalt oder ihre Zuverlässigkeit garantieren. Für den Gebrauch der Informationen wird keine Haftung übernommen, auch wenn wir gegenteilige Informationen erhalten. Der Gebrauch der Informationen geschieht auf eigenes Risiko. Sie werden Ihnen "wie erhalten" zur Verfügung gestellt, ohne explizite oder implizite Garantie betreffend Brauchbarkeit oder Eignung (ohne Einschränkung) für einen bestimmten Zweck.

Die Informationen werden kostenlos zur Verfügung gestellt und weder wir, noch eine mit uns verbundene Partei, können für etwaige direkte, indirekte, mittelbare oder spezifische Schäden (inklusive aber nicht ausschließlich Schäden auf Grund von abhanden gekommener Information, Nutzungsausfall oder Kosten, welche aus dem Beschaffen von vergleichbare Informationen entstehen) noch für poenale Schadenersätze haftbar gemacht werden, welche auf Grund des Gebrauchs oder Nichtgebrauchs der Informationen entstehen, selbst wenn wir oder unsere Vertreter über die Möglichkeit solcher Schäden informiert sind.

Ivoclar Vivadent AG
Forschung und Entwicklung
Wissenschaftlicher Dienst
Bendererstrasse 2
FL - 9494 Schaan
Liechtenstein

Inhalt: Dr. Kathrin Fischer / Petra Bühler-Zemp / Dr. Thomas Völkel
Ausgabe: Februar 2011
