

CLINICAL GUIDE III
SCIENTIFIC COMPENDIUM



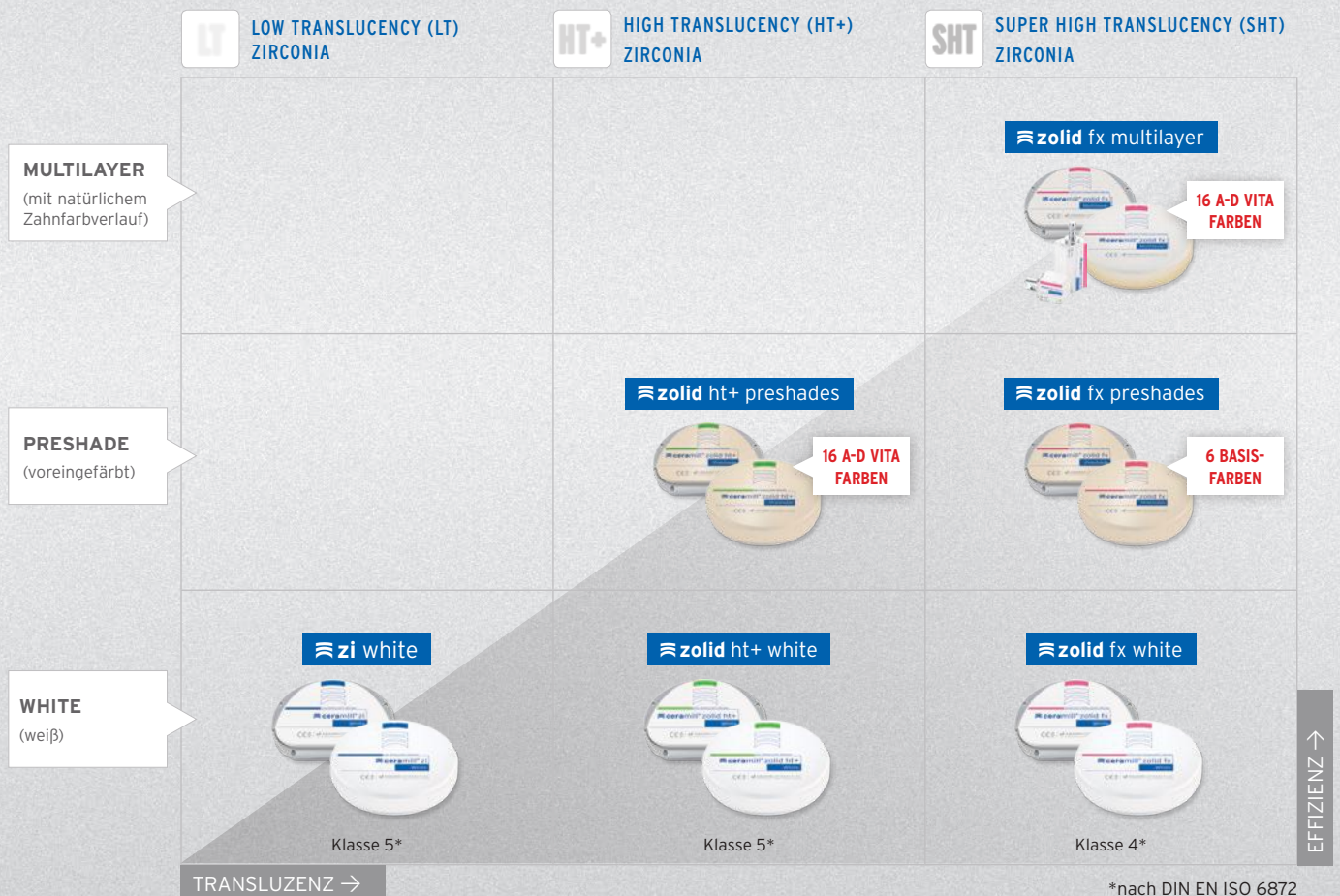
zolid
/// DNA GENERATION

ZOLID ZIRKONOXID - VIEL MEHR ALS NUR EINE WEISSE SCHEIBE

Mit Zolid Zirkonoxid stellt Amann Girrbach ein umfassendes Vollkeramiksystem für hochwertigen und ästhetischen Zahnersatz aus Zirkonoxid zur Verfügung. Die komplette Integration in den CAD/CAM-Workflow sorgt für maximale Prozesssicherheit und kontinuierlich hohe Qualität.

In diesen Produkten stecken mehr als ein Jahrzehnt Erfahrung in Entwicklung und Inhouse-Produktion von Zirkonoxiden für den Zahnersatz. Den Grundstein legte Amann Girrbach vor über 10 Jahren mit den Ceramill ZI-Rohlingen für das Kopierfräsen. Seither wurden weltweit mehr als 10 Millionen Einheiten aus den Zirkonoxid-Rohlingen von Amann Girrbach gefertigt. Die extrem hohe Qualität zeigt sich unter anderen an der kaum wahrnehmbaren Reklamationsquote von < 0,1% (Risiko-Management-Bericht Amann Girrbach 2017). Die hervorragenden Materialeigenschaften der Zolid Produkte spiegeln sich auch in etlichen Studien wider, die die klinische Evidenz der Produkte nochmals unterstreichen.

Heute bietet Amann Girrbach seinen Kunden mit dem „Zolid Vollkeramik System“ eine Vielzahl unterschiedlicher Rohlinge für die CAD/CAM-Fertigung an. Dank des breiten Portfolios entstehen individuell an jede Patientensituation angepasste Restaurationen, die in puncto Langlebigkeit und Ästhetik kaum zu übertreffen sind.



ZOLID ZIRKONOXID - EIN WERKSTOFF AUS DEM DENTALE TRÄUME SIND

Zirkoniumdioxid oder auch kurz Zirkonoxid (ZrO_2) bildet die ideale Basis für vollkeramische Restaurationen, denn dieser Werkstoff besticht durch hervorragende Eigenschaften, die kaum ein anderes Material erreicht.

MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN

Im Vergleich zu anderen keramischen Werkstoffen ist ZrO_2 absoluter Spitzenreiter in puncto mechanischer Eigenschaften. Die Festigkeit ist mit bis zu 1200 MPa deutlich höher, als die von marktüblichem Lithiumdisilikat (500 MPa) oder Feldspat-Keramiken (160 MPa). Darüber hinaus besitzt Zirkonoxid eine hervorragende Risszähigkeit und eine außerordentliche Alterungsbeständigkeit.

OPTISCHE EIGENSCHAFTEN

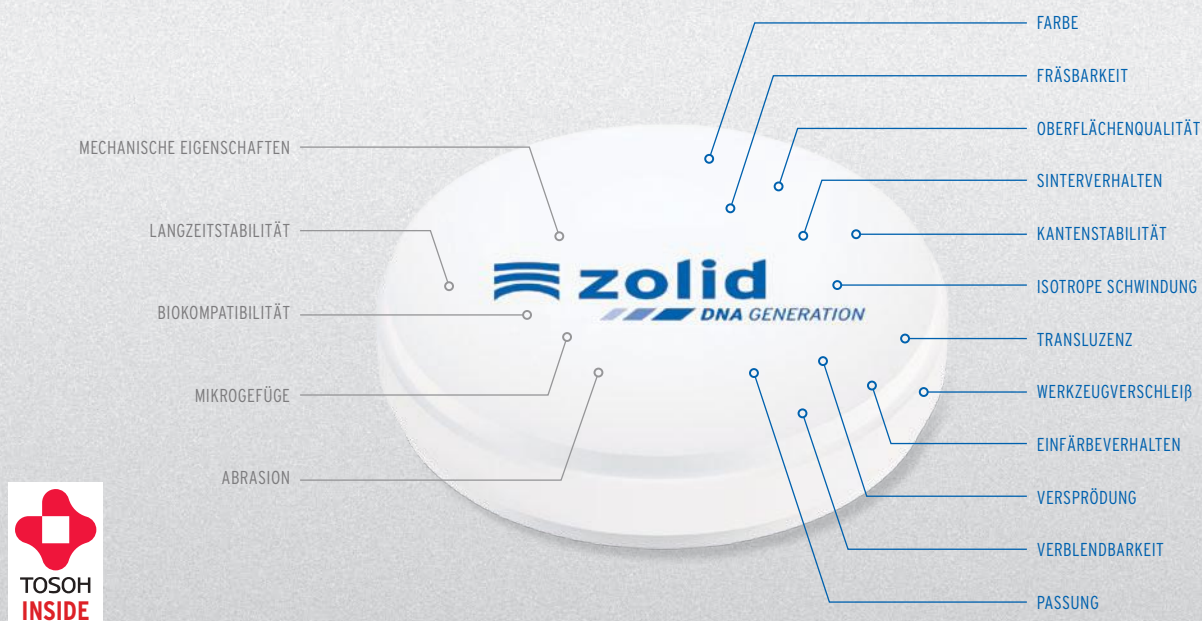
Dank der weißen, zahnähnlichen Grundfarbe bildet Zirkonoxid die perfekte Basis für hochästhetischen, vollkeramischen Zahnersatz. Durch neue Rohstoff-Generationen, die durch einen erhöhten kubischen Phasenanteil bestechen, konnte die Transluzenz von ZrO_2 massiv gesteigert werden. In Sachen natürlicher Ästhetik stehen die neuen Zirkonoxid-Werkstoffe Glaskeramiken wie Lithiumdisilikat in nichts nach.

BIOKOMPATIBILITÄT

Neben den hervorragenden mechanischen und optischen Eigenschaften besitzt Zirkonoxid eine außerordentlich hohe Biokompatibilität. Dies wird unter anderem durch die kaum messbare chemische Löslichkeit belegt. Diese Eigenschaft macht Zirkonoxid zu einer echten Alternative zu metallischen Werkstoffen, die sich insbesondere für Allergiepationen eignet.

ZOLID PROZESS-ENGINEERING - ZIRKONOXID AUF HÖCHSTEM NIVEAU

Zolid Rohlinge werden zu 100 Prozent inhouse in der Amann-Girrbach-Zentrale in Österreich gefertigt. Ausschließlich die besten Rohstoffe werden dort unter strengsten Kontrollen und nach festgelegten, zertifizierten Prozessen zu Rohlingen verarbeitet. Nur so kann sichergestellt werden, dass alle Materialparameter optimal auf die zahntechnischen Anforderungen abgestimmt sind. Durch die Inhouse-Entwicklung und -Produktion der Zolid-Rohlinge kann Amann Girrbach deutlich mehr Einfluss auf alle materialrelevanten Parameter nehmen.



■ sicherheitsbezogene Eigenschaften (teilweise normativ)
 ■ anwendungsbezogene Eigenschaften, zusätzlich überprüft von Amann Girrbach (nicht normativ)

STUDIEN

Das Kapitel „Studien“ der Scientific Compendium zeigt den aktuellen Stand aus den wichtigsten externen Studien, welche die klinische Evidenz der Zolid Produkte unterstreichen. Die Ergebnisse der Studien spiegeln die hervorragenden Eigenschaften der Rohlinge von Amann Girrbach wieder und sichern diese zusätzlich wissenschaftlich ab.

In Vitro - Mechanische/Optische Eigenschaften	5
In Vitro - Passung	13
In Vitro - Verbundfestigkeit	15
In Vivo - Klinische Studien	17

BIEGEFESTIGKEIT, BRUCHZÄHIGKEIT UND TRANSLUZENZ VON KUBISCH/TETRAGONALEN ZIRKONOXIDMATERIALEN

Material:	Ceramill Zolid FX
Schlagwörter:	Biegefestigkeit, Bruchzähigkeit, Transluzenz, Zirkonoxid, Lithiumdisilikat
Ort:	München, Deutschland
Autoren:	P. Zadeh, N. Lümekemann, B. Sener, M. Eichberger, B. Stawarczyk
Publiziert in:	The Journal of Prosthetic Dentistry, 2018
Originalarbeit:	Flexural strength, fracture toughness and translucency of cubic/tetragonal zirconia materials

UNTERSUCHUNGSZIEL

Vergleich der mechanischen und optischen Eigenschaften von kubisch/tetragonalen Zirkonoxiden mit einer Lithiumdisilikatkeramik

MATERIAL UND METHODE

Untersucht wurden sechs unterschiedliche Zirkonoxide (Ceramill Zolid FX, Amann Girrbach; CopraSmile, Whitepeaks Dental Solutions; DD cubeX², Dental Direkt; NOVAZIR MaxT, Novadent Dentaltechnik; Priti multidisc ZrO₂, Pritidenta; StarCeram Z-Smile, H.C. Stark) und eine Lithiumdisilikatkeramik (IPS e.max Press LT A2, Ivoclar Vivadent AG) als Kontrollgruppe. Gemessen wurden jeweils die 4-Punkt-Biegefestigkeit (N = 105/n = 15) und die Bruchzähigkeit (N = 105/n = 15) (DIN EN ISO 6872). Des Weiteren ist die Transluzenz (N = 70/n = 10) mithilfe eines Ultraviolett-Spektrometers untersucht worden. Zusätzlich erfolgte eine Korngrößenanalyse (N = 6/n = 1) der Zirkonoxide mit einem Rasterelektronenmikroskop. Die statistische Auswertung wurde anhand des Kolmogorov-Smirnov-Tests, einer mehrfaktoriellen Analyse, einer One-Way-ANOVA, gefolgt von Post-Hoc-Scheffé-, Kruskal-Wallis- und Mann-Whitney-U-Tests durchgeführt. Zusätzlich erfolgte eine Weibull-Analyse mithilfe der Maximum-Likelihood-Methode bei einem Konfidenzintervall von 95 % ($\alpha = 0,05$).

ERGEBNISSE

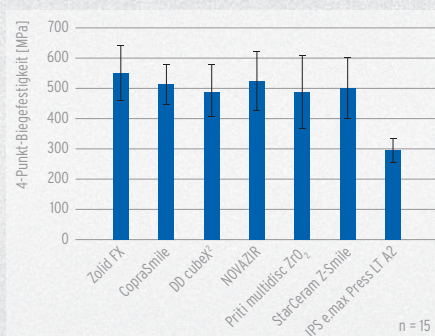


Abb. 1 Mittelwerte 4-Biegefestigkeit

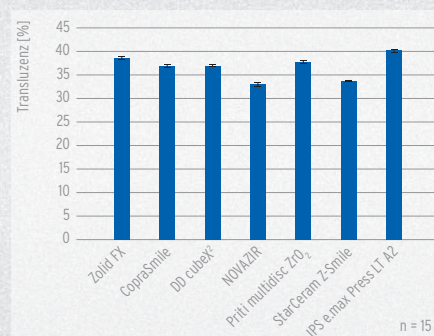


Abb. 2 Mittelwerte der Transluzenz

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Ceramill Zolid FX erreicht mittelwertig die höchste Biegefestigkeit (557 ± 88 MPa) aller getesteten Materialien (siehe Abb. 1). Mit einem Weibull-Modul von 6,9 zeigt sich das Material als eines der drei zuverlässigsten Materialien der Untersuchungen. Bei den optischen Eigenschaften erzielt Ceramill Zolid FX die höchste Transluzenz (38,3 ± 0,3 %) der untersuchten Zirkonoxide (siehe Abb. 2). Lediglich die Lithiumdisilikatkeramik erreicht höhere Messwerte (40,4 ± 0,4 %). Die Bruchzähigkeitsuntersuchung zeigt, dass Ceramill Zolid FX mit einem Mittelwert von 3,56 ± 0,47 MPa*√m eine höhere Bruchzähigkeit als die getestete Lithiumdisilikatkeramik (2,10 ± 0,14 MPa*√m) aufweist. Ceramill Zolid FX erzielt damit höhere mechanische Eigenschaften als die getestete Lithiumdisilikatkeramik und weist unter allen getesteten Zirkonoxiden die höchste Biegefestigkeit und Transluzenz auf.

4-PUNKT-BIEGEFESTIGKEIT VON FÜNF VERSCHIEDENEN KUBISCH/TETRAGONALEN ZIRKONOXIDMATERIALIEN

Material:	Ceramill Zolid HT+ Preshade A4, Ceramill Zolid FX
Schlagwörter:	4-Punkt-Biegefestigkeit
Ort:	München, Deutschland
Autoren:	B. Stawarczyk
Publiziert in:	Auftragsstudie von Amann Girrbach an der LMU Universität München, April 2018
Originalarbeit:	Four-point flexural strength of five different cubic/tetragonal zirconia materials

UNTERSUCHUNGSZIEL

Vergleich der 4-Punkt-Biegefestigkeit unterschiedlicher Zirkonoxide.

MATERIAL UND METHODE

Untersucht wurden fünf unterschiedliche Zirkonoxide der 4. Generation mit Biegefestigkeiten der Klasse 5 (> 800 MPa, DIN ISO 6872) (Argen Z HT+, Argon; Ceramill Zolid HT+, Amann Girrbach; DD cubeX2 HS, Dental Direkt; IPS e.max ZirCAD/MT BL, Ivoclar Vivadent; NexxZr+, Sagemax). Zusätzlich wurden ein voreingefärbtes Zirkonoxid der 4. Generation (Ceramill Zolid HT+ Preshade A4, Amann Girrbach) sowie ein nicht eingefärbtes Zirkonoxid der 3. Generation mit Biegefestigkeit der Klasse 4 (> 500 MPa, DIN ISO 6872) (Ceramill Zolid FX, Amann Girrbach) untersucht. Für jedes Material sind jeweils 15 Proben für die 4-Punkt-Biegeprüfung frästechnisch hergestellt worden (Ceramill Motion 2, Amann Girrbach). Die Biegeprüfung wurde mit einer universalen Testmaschine bis zum Bruch der Probe durchgeführt. Die Versuchsreihen sind mithilfe von deskriptiven Statistiken mit dem Kruskal-Wallis-Test und dem Mann-Whitney-Test ausgewertet worden.

ERGEBNISSE

Zirconia generation	Zirconia	Mean ± SD	MIN/Median/MAX	Weibull modulus
4.	Argen Z HT+	757 ± 129 ^{cd}	535/740/948	6.6
	Ceramill Zolid HT+	801 ± 129 ^{cd}	606/759/1006	7.0
	DD cubeX2 HS	593 ± 107 ^{ab}	263/609/724	4.3
	IPS e.max ZirCAD/MT BL	631 ± 108 ^{abc}	425/623/835	6.3
	NexxZr+	521 ± 81 ^a	369/514/702	7.3
	Ceramill Zolid HT+ PS A4	698 ± 69 ^{bcd}	581/696/826	11.7
3.	Ceramill Zolid FX	510 ± 100	279/503/643	5.1

Tab. 1 Biegefestigkeit [MPa] der Zirkonoxide

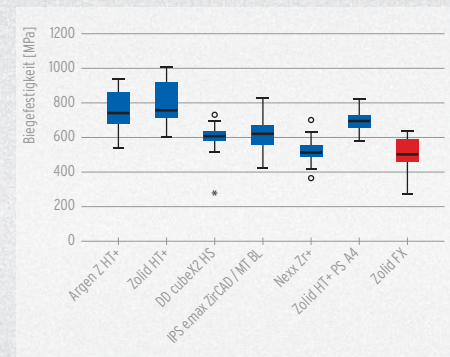


Abb. 1 Boxplot-Biegefestigkeiten

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Ceramill Zolid HT+ erreicht im Vergleich zu den anderen gemessenen Zirkonoxidmaterialien mittelwertig die höchste Biegefestigkeit (801 ± 129 MPa). Das voreingefärbte Material Ceramill Zolid HT+ Preshade A4 erreicht mit 698 ± 129 MPa die dritthöchste Biegefestigkeit. Das Material der Klasse 4 Ceramill Zolid FX erzielt geringe Biegefestigkeiten als die Klasse-5-Materialien, liegt aber mit (510 ± 100 MPa) im normativ geforderten Bereich für die Klasse 4. Das höchste Weibull-Modul von 11,7 wird von Ceramill Zolid HT+ Preshade A4 erreicht. Das Material zeigt infolgedessen die höchste Zuverlässigkeit. Generell ist zu anmerken, dass die Ermittlung der Biegefestigkeit stets von der Probenpräparation und der jeweiligen Auswertungsmethode abhängig ist. Dadurch können Abweichungen zu den Herstellerangaben entstehen.

VERGLEICH VON VIER MONOLITHISCHEN ZIRKONOXIDMATERIALIEN MIT KONVENTIONELLEN MATERIALIEN: KONTRASTWERTE, KORNGRÖÙE, 4-PUNKT-BIEGEFESTIGKEIT, ALTERUNG UND VERSCHLEIÙ

Material:	Ceramill ZI, Ceramill Zolid
Schlagwörter:	Monolithisches Zirkonoxid, Biegefestigkeit, Alterung, Verschleiß
Ort:	München, Deutschland
Autoren:	B. Stawarczyk, K. Frevert, A. Ender, M. Roos, B. Sener, T. Wimmer
Publiziert in:	Journal of the mechanical behavior of biomedical materials 59, 2016,128-138
Originalarbeit:	Comparison of four monolithic zirconia materials with conventional ones: Contrast ratio, grain size, four-point flexural strength and two-body wear

UNTERSUCHUNGSZIEL

Untersuchung der mechanischen und optischen Eigenschaften von monolithischem Zirkonoxid im Vergleich zu konventionellem Zirkonoxid.

MATERIAL UND METHODE

Es wurden vier unterschiedliche monolithische Zirkonoxidmaterialien (Zenostar (ZS), Wieland-Dental; DD Bio ZX² hochtransparent (DD), Dental Direkt; Ceramill Zolid (CZ), Amann Girrbach; InCoris TZI (IC), Sirona) auf ihre optischen und mechanischen Eigenschaften im Vergleich zu einem konventionellen Zirkonoxid (Ceramill ZI (CZI), Amann Girrbach) untersucht. Für die optischen Eigenschaften sind die Kontrastwerte der Zirkonoxide (n = 15/Zirkonoxid) mithilfe eines Spektrometers nach ISO 2471 gemessen worden. Zusätzlich wurden anhand der Proben für die Kontrastwerte die Korngrößen der Zirkonoxide mithilfe eines Rasterelektronenmikroskops gemessen. Für die mechanischen Eigenschaften ist eine 4-Punkt-Biegefestigkeit nach ISO 13356 mit einer universellen Testmaschine für drei unterschiedliche Gruppen (N = 45/n = 15) durchgeführt worden. Die Proben der ersten Gruppe wurden bei 134°C für 5 h bei 2,3 bar Druck in einem Autoklav hydrothermal gealtert. Die zweite Gruppe (n = 15) wurde in einem Kausimulator bei 100 N für 1,2 Mio. unter thermozyklischer (5°C/55°C) Belastung gealtert. Die dritte Gruppe wurde keiner Alterung unterzogen. Für die Verschleißuntersuchung sind jeweils zwölf Proben für die vier monolithischen Zirkonoxide hergestellt worden. Die Proben wurden in zwei Gruppen mit sechs Proben (poliert, glasiert) unterteilt. Das konventionelle Zirkonoxid wurde keramisch verblendet und fungierte als Kontrollgruppe. Die Verschleißsimulation wurde gegen Antagonisten aus Zahnschmelz in einem Kausimulator unter thermozyklischer (5°C/55°C) Belastung bei 50 N durchgeführt. Die statistische Auswertung der Untersuchungen erfolgte anhand einer 2-/1-Way-ANOVA mit Post-Hoc-Scheffé, Kruskal-Wallis-H, Mann-Whitney-U, Spearman-Rho, Weibull-Statistiken und linear gemischten Modellen (p < 0,05).

ERGEBNISSE

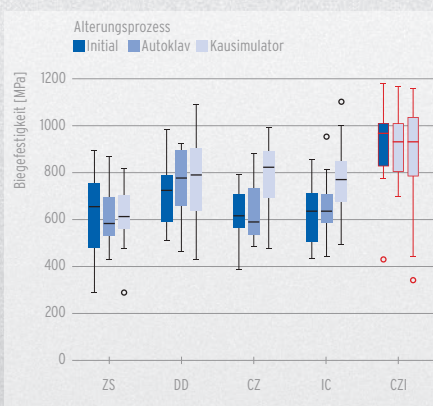


Abb. 1 Boxplot mit Biegefestigkeiten der getesteten Zirkonoxidgruppen

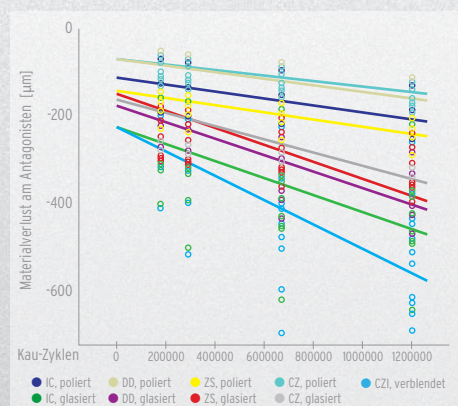


Abb. 2 Streuungsdiagramm mit Masseverlust der Antagonistenseite der getesteten Zirkonoxidgruppen

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Die monolithischen Zirkonoxide erzielten geringere Kontrastwerte als das konventionelle Zirkonoxid. Es konnte kein Zusammenhang zwischen den Kontrastwerten und der Korngröße beobachtet werden. Die ermittelten Biegefestigkeiten (siehe Abb. 1) zeigen, dass die monolithischen Zirkonoxide geringere Biegefestigkeiten im Vergleich zum konventionellen Zirkonoxid aufweisen. Die Alterung der Materialien hat keinen signifikanten Einfluss auf die Biegefestigkeit. Für Ceramill Zolid erhöht sich die Biegefestigkeit nach der hydrothermalen Alterung und weist nach der mechanischen Alterung die höchsten Biegefestigkeiten im Vergleich zu den restlichen drei monolithischen Zirkonoxidmaterialien auf. Weiterhin erzielt Ceramill Zolid in allen drei Gruppen unter den monolithischen Materialien die höchsten Weibull-Module. Es ergeben sich keine signifikanten Unterschiede innerhalb der Biegefestigkeiten für die nicht gealterten und hydrothermal gealterten monolithischen Zirkonoxide. Die Verschleißuntersuchungen (siehe Abb. 2) zeigen, dass das konventionelle Zirkonoxid den höchsten Material- und Antagonistenverschleiß erzielt. Die monolithischen Zirkonoxide dagegen zeigen einen signifikant geringeren Verschleiß, wobei die polierten Proben den geringsten Verschleiß im Vergleich zu den glasierten zeigten. Es zeigte sich kein Zusammenhang zwischen Oberflächenrauigkeit und Verschleiß.

OPTISCHE UND MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN EINES NEU ENTWICKELTEN MONOLITHISCHEN MULTILAYER-ZIRKONOXIDS

Material:	Ceramill Zolid FX Multilayer
Schlagwörter:	Monolithisches Multilayer-Zirkonoxid, mechanische Eigenschaften, Transluzenz
Ort:	Mansoura, Ägypten
Autoren:	S. Elsaka
Publiziert in:	The Journal of Prosthodontics 2017 Dec 14
Originalarbeit:	Optical and Mechanical Properties of Newly Developed Monolithic Multilayer Zirconia

UNTERSUCHUNGSZIEL

Bewertung der optischen und mechanischen Eigenschaften eines monolithischen Multilayer-Zirkonoxids und Vergleich mit zwei weiteren monolithischen, monochromen voreingefärbten Zirkonoxiden.

MATERIAL UND METHODE

Untersucht wurden das monolithische Multilayer-Zirkonoxid von Amann Girrbach (Ceramill Zolid FX Multilayer Shade O/B1, CZF, Klasse 4 ISO 6872), das monolithische Zirkonoxid von Zirkozahn (Prettau Anterior Shade T0, PA, Klasse 4 ISO 6872) und ein monolithisches Zirkonoxid von Wieland (Zenostar Translucent Shade T0, ZT, Klasse 5 ISO 6872). Für die Ermittlung der optischen Eigenschaften wurden der Transluzenz-Parameter TP und das Kontrastverhältnis CR mithilfe eines Spektrophotometers (n = 30/Material) ermittelt. Für die mechanischen Eigenschaften wurden folgende Parameter ermittelt: 3-Punkt-Biegefestigkeit und Bruchzähigkeit (SEVNB-Verfahren) nach ISO 6872 (n = 30/Material), Vickers-Härte HV1 und der Sprödigkeitsindex (n = 30/Material). Mit Rasterelektronenmikroskopaufnahmen wurde die Mikrostruktur der Materialien (n = 10/Material) untersucht. Die statistische Auswertung der Testreihen erfolgte anhand einer One-Way-ANOVA und einem Tukey's Test. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt. Mit den Messwerten aus der Festigkeitsprüfung wurde zusätzlich eine Weibull-Analyse durchgeführt.

ERGEBNISSE

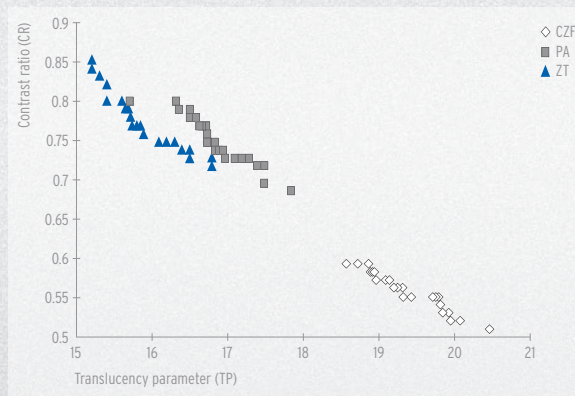


Abb. 1 Zusammenhang zwischen TP und CR von CAD/CAM gefertigten, monolithischen Zirkonoxid-Materialien

Material	Biegefestigkeit (MPa)	Charakteristische Festigkeit (σ_0) (MPa)	Weibull Modul (m)	Bruchzähigkeit ($MPa \cdot m^{0.5}$)
CZF	676 (49,75) ^b	698	14,46	3,7 (0,27) ^b
PA	595,5 (51,19) ^c	594	12,07	1,72 (0,12) ^c
ZT	960,1 (70,22) ^a	995	15,84	4,7 (0,34) ^a

Material	Härte (GPa)	Sprödigkeitsindex ($\mu m^{-1/2}$)	Transluzenz Parameter (TP)	Kontrastverhältnis (CR)
CZF	11,36 (0,61) ^a	3,08 (0,21) ^a	19,41 (0,49) ^a	0,56 (0,02) ^c
PA	5,41 (0,26) ^c	3,15 (0,29) ^a	16,83 (0,41) ^b	0,74 (0,03) ^b
ZT	7,09 (0,40) ^b	1,52 (0,14) ^b	15,88 (0,45) ^c	0,76 (0,03) ^a

Tab. 1 Mittelwerte und statistische Analyse der Messwerte (Mittelwerte mit unterschiedlichen Indexbuchstaben sind statistisch signifikant)

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Das Material Ceramill Zolid FX Multilayer erzielt, verglichen mit den getesteten Zirkonoxidmaterialien, die signifikant höchste Transluzenz und das niedrigste Kontrastverhältnis. Innerhalb der vergleichbaren Material Klasse 4 erreicht Ceramill Zolid FX Multilayer eine signifikant höhere Biegefestigkeit, Bruchzähigkeit und einen höheren Weibullmodul als Prettau Anterior. Lediglich Zenostar Translucent aus der nicht vergleichbaren Materialklasse 5 erzielt signifikant höhere Biegefestigkeiten, Bruchzähigkeiten und einen höheren Weibullmodul als die Klasse 4 Materialien. Zusammenfassend erzeugte der Ceramill Zolid FX Multilayer die höchste Transluzenz aller Materialien und die höchsten mechanischen Eigenschaften innerhalb der Klasse 4 Materialien.

BEWERTUNG DER BIEGEFESTIGKEITEN VON GEHIPPTEN UND VORGESINTERTEN ZIRKONOXIDEN

Material:	Ceramill ZI
Schlagwörter:	3-Punkt-Biegefestigkeit, Zirkonoxid, Weibull-Modul, Weibull-Statistiken
Ort:	Zürich, Schweiz
Autoren:	B. Stawarczyk, M. Özcan, A. Trottmann, C.Hämmerle, M. Roos
Publiziert in:	Journal of the mechanical behavior of biomedical materials 10 (2012) 227-234
Originalarbeit:	Evaluation of flexural strength of hiped and presintered zirconia using different estimation methods of Weibull statistics

UNTERSUCHUNGSZIEL

Ermittlung der 3-Punkt-Biegefestigkeit und der Weibull-Parameter von neun verschiedenen Zirkonoxidkeramiken mithilfe von unterschiedlichen statistischen Methoden.

MATERIAL UND METHODE

Die Zirkonoxidproben ZENO ZR (ZE), Wieland; GC ZR Disc CIP (GC), GC Europe; Ceramill ZI (CZ), Amann Girrbach; Copran YZ (CY), White Peak; InCoris ZI FO.5 (IC), Sirona Dental; Vita In-Ceram YZ (VI), Vita Zahnfabrik; Cercon ZR (CC), DeguDent; LAVA Zirkon (LZ), 3M Espe) wurden im Weißlingszustand präpariert und nach Herstellerangaben gesintert. Die Kontrollgruppe bildete ein gehipptes Zirkonoxid (DC-Zirkon, DCS). Die Proben wurden in einer Universalprüfmaschine gemäß ISO 6872 geprüft und damit die 3-Punkt-Biegefestigkeit ermittelt. Die statistische Analyse erfolgte anhand der normal- (Levene Test, One-way ANOVA, Scheffé-Test) und Weibull-Verteilung, berechnet durch unterschiedliche Auswertungsmethoden.

ERGEBNISSE

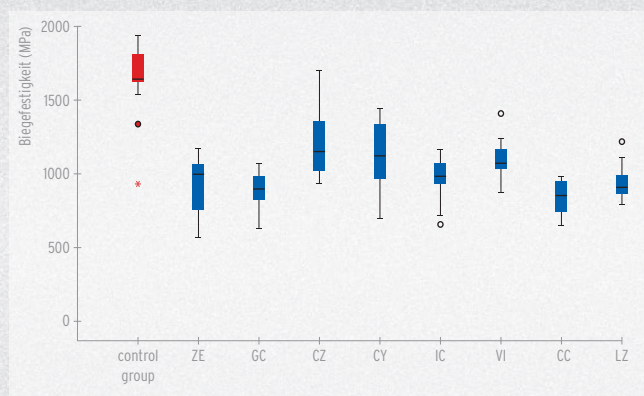


Abb.1 Boxplot der 3-Punkt-Biegefestigkeit aller getesteten Zirkonoxidgruppen

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Das gehippte Zirkonoxidmaterial (Kontrollgruppe) erzielt die signifikant höchsten Biegefestigkeiten im Vergleich zu den restlichen getesteten Zirkonoxiden. Ceramill ZI (CZ) erzielt unter den restlichen sieben Zirkonoxiden mittelwertig die höchste Biegefestigkeit.

DER EINFLUSS DER SINTERTEMPERATUR VON ZIRKONOXID AUF DIE BIEGEFESTIGKEIT, KORNGRÖÖE UND DAS KONTRASTVERHÄLTNISS

Material:	Ceramill ZI
Schlagwörter:	Zirkonoxid, Biegefestigkeit, Transluzenz, Korngröße, Sintertemperatur
Ort:	Zürich, Schweiz
Autoren:	B. Stawarczyk, M. Özcan, L. Hallmann, A. Ender, A. Mehl, C. Hämmerle
Publiziert in:	Clinical Oral Investigations, 2013 Jan;17(1):269-74
Originalarbeit:	The effect of zirconia sintering temperature on flexural strength, grain size, and contrast ratio

UNTERSUCHUNGSZIEL

Bestimmung des Effekts der Sintertemperatur auf Biegefestigkeit, Kontrastverhältnis und Korngröße von Zirkonoxid.

MATERIAL UND METHODE

Untersucht wurden Zirkonoxidproben aus dem Material Ceramill ZI (Amann Girrbach). Für die 3-Punkt-Biegefestigkeit wurden die (N = 198; n = 22/Gruppe) Proben vor der Sinterung mit SIC-Schleifpapier auf die finalen Dimensionen präpariert. Gesintert wurden die Proben bei einer Aufheizrate von 8°C/min bei den folgenden Endsinteremperaturen: 1300°C (Gruppe a), 1350°C (Gruppe b), 1400°C (Gruppe c); 1450°C (Gruppe d), 1500°C (Gruppe e), 1550°C (Gruppe f), 1600°C (Gruppe g), 1650°C (Gruppe h), 1700°C (Gruppe i), mit einer Haltezeit von 120 Minuten. Die 3-Punkt-Biegefestigkeit ist gemäß der ISO 6872 mithilfe einer universalen Testmaschine ermittelt worden. Das Kontrastverhältnis wurde anhand weiterer (N = 90, n = 10/Gruppe) Proben mithilfe eines Spektrometers nach ISO 2471 gemessen. Für die Korngrößenanalyse ist jeweils eine Probe pro Gruppe poliert (N = 9, n = 1) und mit Gold besputtert und dann mithilfe eines Rasterelektronenmikroskops analysiert worden. Die statistische Auswertung wurde anhand einer 1-Way-ANOVA mit Scheffé und Weibull-Statistik ($p < 0,05$) durchgeführt. Zusätzlich ist der Pearson-Korrelationskoeffizient zwischen Biegefestigkeit/Kontrastverhältnis und den Sintertemperaturen berechnet worden.

ERGEBNISSE

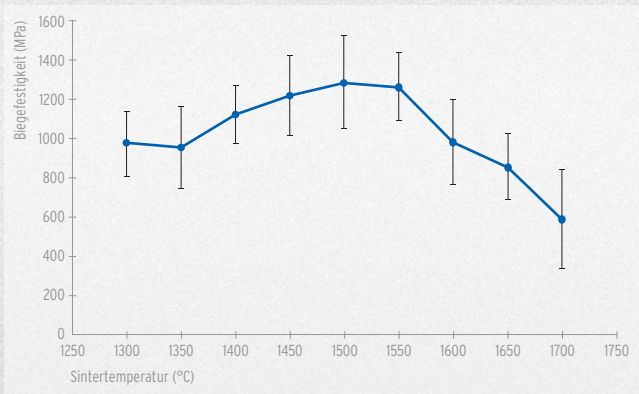


Abb. 1 Mittelwerte der Biegefestigkeit in Abhängigkeit unterschiedlicher Sintertemperaturen

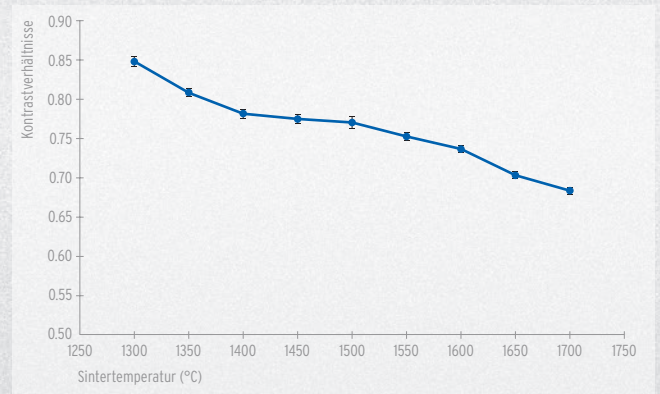


Fig. 2 Kontrastverhältnis von Zirkonoxid durch unterschiedliche Sintertemperaturen

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Die Ergebnisse zeigen, dass mit einer Erhöhung der Sintertemperatur das Kontrastverhältnis und die Korngröße steigt, aber die Biegefestigkeit ab einer Temperatur von 1550°C fällt (siehe Abb. 1). Dieses spiegelt sich auch in Defekten innerhalb der Mikrostruktur bei Endsinteremperaturen über 1650°C wieder. Ceramill ZI liegt mit einer Sintertemperatur von 1450°C in dem Bereich, in dem die höchsten Biegefestigkeiten erzielt wurden.

EINFLUSS DER PROBENPRÄPARATION UND DER TESTMETHODE AUF DIE BIEGEFESTIGKEIT VON MONOLITHISCHEN ZIRKONOXIDMATERIALIEN

Material:	Ceramill Zolid
Schlagwörter:	Monolithisches Zirkonoxid, Probenpräparation, Biegefestigkeit, Testmethoden
Ort:	München, Deutschland
Autoren:	B. Schatz, M. Strickstroch, M. Roos, D. Edelhoff, M. Eichberger, I.M. Zylla, B. Stawarczyk
Publiziert in:	Materials, 2016; 9(3): 180
Originalarbeit:	Influence of Specimen Preparation and Test Methods on the flexural Strength Results of Monolithic Zirconia Materials

UNTERSUCHUNGSZIEL

Ermittlung des Einflusses unterschiedlicher Probenpräparationen und Testmethoden auf die Biegefestigkeit von monolithischen Zirkonoxiden.

MATERIAL UND METHODE

Untersucht wurden drei verschiedene Zirkonoxidmaterialien für monolithische Restaurationen: Ceramill Zolid (C) (Amann Girrbach), Zenostar Zr (Z) (Wieland Dental) und Bio z^{x2} (D) (Dental Direkt). Verglichen wurde trockenes Polieren vor und ein Nasspolieren nach dem Sintern. Hieraus entstehen zwei Hauptgruppen für die jeweils die Biegefestigkeiten anhand von drei Testmethoden (Biaxiale-, 3-Punkt-, 4-Punkt-Biegefestigkeit) ermittelt wurden. Jede Gruppe besteht aus n = 40 Proben. Die Biegefestigkeitstests wurden nach DIN EN ISO 6872 mit einer universalen Prüfmaschine durchgeführt. Um die Oberflächenrauigkeiten nach der Präparation zu messen, wurde ein Profilmeter verwendet. Mithilfe eines Rasterelektronenmikroskops wurde der Einfluss der Probenpräparation auf die Oberfläche der Probe analysiert. Die statistische Auswertung erfolgte anhand einer 3-faktoriellen ANOVA (Faktoren: Zirkonoxid, Probenpräparation und Testmethode) sowie einer 1-faktoriellen ANOVA (Faktoren: Testmethode, Zirkonoxide mit der Kombination der zwei anderen Faktoren). Zusätzlich wurde eine 2-Parameter-Weibullverteilungsannahme zur Zuverlässigkeitsbestimmung unter den verschiedenen Testbedingungen durchgeführt.

ERGEBNISSE

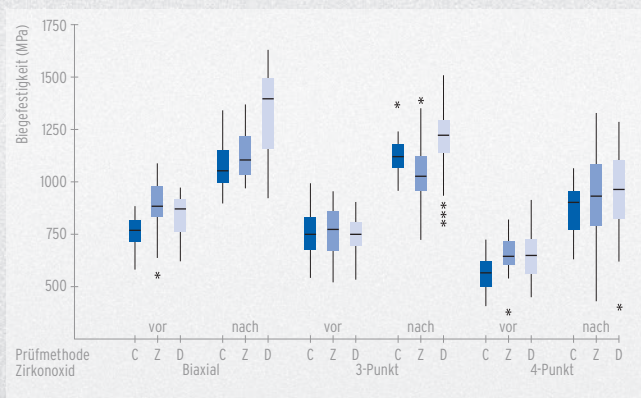


Abb. 1 Einfluss der Probenpräparation und Testmethode auf die Biegefestigkeit unterschiedlicher Zirkonoxidmaterialien

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Aus der Untersuchung ergibt sich eine Abhängigkeit der Biegefestigkeit vom jeweiligen Testverfahren. Die höchsten Werte ergeben sich bei der Messung der biaxialen Biegefestigkeit. Gefolgt wird dieses Verfahren von den Messungen der 3-Punkt-Biegefestigkeit und der 4-Punkt-Biegefestigkeit, die die niedrigsten Werte generiert. Die Proben-Präparationsmethode hat einen signifikanten Einfluss auf die Biegefestigkeit. Es ergab sich eine höhere Oberflächenrauigkeit bei den trocken polierten Proben. Die gemessenen Biegefestigkeitswerte der unterschiedlichen Zirkonoxide befinden sich innerhalb der Gruppen in den gleichen Wertebereichen und zeigen somit keinen Effekt des Materials.

IN-VITRO-AUSWERTUNG DER ABWEICHUNG DER MARGINALEN PASSUNG VON MIT UNTERSCHIEDLICHEN CAD/CAM-SYSTEMEN GEFERTIGTEN MONOLITHISCHEN ZIRKONOXID-RESTAURATIONEN

Material:	Ceramill Zolid White
Schlagwörter:	CAD/CAM-System, marginale Passung, Zirkonoxid
Ort:	Kairo, Ägypten
Autoren:	T. Hamza, R. Sherif
Publiziert in:	The Journal of Prosthetic Dentistry, 2017 Jun;117(6):762-766
Originalarbeit:	In vitro evaluation of marginal discrepancy of monolithic zirconia restorations fabricated with different CAD-CAM systems

UNTERSUCHUNGSZIEL

Untersuchung der marginalen Passung von fünf verschiedenen, monolithischen Zirkonoxid-Restaurationen, die mit unterschiedlichen CAD/CAM-Systemen hergestellt wurden.

MATERIAL UND METHODE

Modellgrundlage für die Untersuchung ist ein individuell hergestellter Stumpf aus rostfreiem Stahl, der einen ersten Prämolaren des Oberkiefers simuliert. Es wurden 30 monolithische Zirkonoxidkronen hergestellt, welche in die folgenden fünf Gruppen untergliedert sind: Gruppe TZI InCoris TZI (Sirona), gefräst mit der MC XL Fräsmaschine (Sirona), Gruppe CZ Ceramill Zolid White (Amann Girrbach), gefräst mit Ceramill Motion 2 (Amann Girrbach), Gruppe ZZ Zenostar Zirkonoxid (Wieland), gefräst mit Wieland-Dental-Fräsmaschine (Wieland), Gruppe PZ Prettau Zirkonoxid (Zirkonzahn), gefräst mit der Fräsmaschine M1 (Zirkonzahn) und Gruppe BZ Bruxzir solid Zirkonoxid (Glidewell), gefräst mit der S1-Dental-Fräsmaschine (CNC machine, VHF). Die marginale Passungsabweichung wurde mit einem Mikroskop bei 100-facher Vergrößerung gemessen. Die erzeugten Daten sind statistisch anhand einer 1-Way-ANOVA ausgewertet worden. Zusätzlich wurden Post-Hoc-Tests und eine Bonferroni-Korrektur ($\alpha = 0,05$) durchgeführt.

ERGEBNISSE

Oberfläche	N	Mittelwert (μm)	$\pm\text{SD}$	$\pm\text{SE}$	95 % CI für Mittelwert		Minimum	Maximum
					Untere Grenze	Obere Grenze		
TZI	24	39.3	2.3	0,47	38.29	40.23	34.42	43.67
PZ	24	19.4	7.1	1.4	16.39	22.37	7.72	30.06
CZ	24	25.1	8.2	1.68	21.63	28.60	13.44	40.05
BZ	24	22.8	8.9	1.82	19.04	26.60	9.86	35.77
ZZ	24	27.3	11.4	2.32	22.45	32.05	9.95	43.60
Total	120	26.8	10.5	0.96	24.86	28.66	7.72	43.67

TZI Incoris TZI
 PZ Prettau zirconia translucent zirconia
 CZ Ceramill Zolid translucent zirconia
 BZ Bruxzir solid zirconia
 ZZ Zenostar zirconia
 CI Confidence interval

Tab. 1 Ergebnisse der deskriptiven Statistik

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Die höchste marginale Abweichung wurde in der Sirona-Gruppe mit InCoris TZI erreicht. Der Bonferroni-Post-Hoc-Test zeigt, dass sich die Sirona-Gruppe signifikant von allen anderen getesteten Gruppen unterscheidet. Es wurden keine signifikanten Unterschiede innerhalb der 4 anderen Gruppen (Amann Girrbach, Wieland, Zirkonzahn, Glidewell) ermittelt (siehe Tab. 1). Das getestete Amann Girrbach CAD/CAM-System mit der Ceramill Motion 2 erzeugte für das Material Ceramill Zolid White klinisch akzeptable marginale Passungen. Mit einem Mittelwert der marginalen Abweichung von $25,1 \pm 8,2 \mu\text{m}$ liegt die marginale Passung deutlich unter der von McLean und Fraunhofer [1] geforderten marginalen Passung und dem von beiden geforderten Klebespalt von weniger als $120 \mu\text{m}$, die erforderlich sind, um eine klinisch erfolgreiche Restauration zu erzielen.

LITERATURVERZEICHNIS

[1] J. Mc Lean und J. von Fraunhofer, „The estimation of cement film thickness by an vivo technique,“ Br Dent J, Nr. 131(3), pp. 107-11, 1971.

VERGLEICH DER PASSGENAUIGKEIT VON ZIRKONOXID-BASIERTEM ZAHNERSATZ, HERGESTELLT MIT ZWEI CAD/CAM-SYSTEMEN

Material:	Ceramill Zolid FX
Schlagwörter:	Zirkonoxid, Passgenauigkeit, CAD/CAM-Systeme
Ort:	Daegau, Republic of Korea
Autoren:	S. Ha, J. Cho
Publiziert in:	The Journal of Advanced Prosthodontics, 2016;8:439-48
Originalarbeit:	Comparison of the fit accuracy of zirconia-based protheses generated by two CAD/CAM systems

UNTERSUCHUNGSZIEL

Bewertung der inneren und marginalen Passung von zwei CAD/CAM-Systemen sowie die Bewertung des Effekts von Presskeramik auf die Passung der Konstruktion.

MATERIAL UND METHODE

Als Modellgrundlage für die Untersuchung wurde der erste Molar eines Unterkieferkunststoffmodells verwendet. Der Zahn wird mit einer 1 mm umlaufenden Hohlkehle präpariert und okklusal 2 mm reduziert, der Konvergenzwinkel betrug 5°. Hieraus wurde ein abrasionsresistenter Meisterstumpf erstellt. Es wurden jeweils 20 Zirkonoxidkonstruktionen (10 x monolithische Kronen, 10 x Verblendkäppchen) aus dem Ceramill CAD/CAM-System (Ceramill Motion 2, Ceramill Zolid FX; Amann Girrbach) und dem Zirkonzahn CAD/CAM-System (Milling UNIT M5, Prettau; Zirkonzahn) hergestellt. Die Gesamtpassgenauigkeit wurde mithilfe der Gewichtstechnik bestimmt. Als weiteres Verfahren wurde die Replikationstechnik verwendet, um so die innere und marginale Passung von definierten Bereichen der Krone zu untersuchen. Die statistische Auswertung erfolgte mit einem Shapiro-Wilk-Test, einer 1-Way-ANOVA und einem Levene's-Test bei einem Signifikanzlevel von 0,05.

ERGEBNISSE

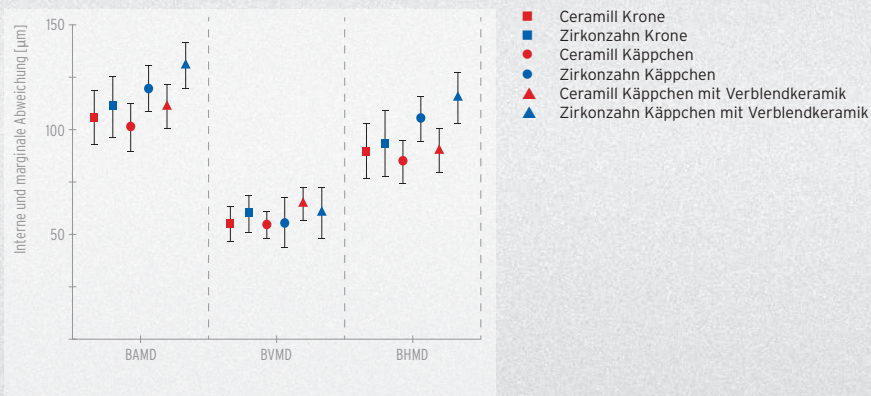


Abb. 1 Marginale Abweichung der monolithischen Kronen, Verblendkäppchen und verblendeten Käppchen (BAMD= bukkale-absolute-Kronenrand-Abweichung; BVMD= bukkale-vertikale-Kronenrand-Abweichung; BHMD bukkale-horizontale-Kronenrand-Abweichung)

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Das Ceramill CAD/CAM-System erzielt mit Ceramill Zolid FX geringere marginale Abweichungen als das Zirkonzahn CAD/CAM-System. Die innere Abweichung ist bei Zirkonzahn geringer als bei Ceramill, wobei dieses aufgrund unterschiedlich festgelegter Zementspalte in den Systemen keine Vergleichbarkeit zulässt. Beide Systeme erzielen klinisch akzeptable Abweichungen am marginalen Kronenrand.

EINFLUSS DER KONZENTRATION UND ÄTZDAUER VON FLUSSSÄURE AUF AUSGEWÄHLTE OBERFLÄCHEN-RAUIGKEITSPARAMETER VON ZIRKONOXID

Material:	Ceramill ZI
Schlagwörter:	Zirkonoxid, Oberflächenrauigkeit, Ätzverfahren, Flusssäure
Ort:	Lodz, Poland
Autoren:	B. Smielak, L. Klimek
Publiziert in:	The Journal of Prosthetic Dentistry, 2015 Jun;113(6):596-602
Originalarbeit:	Effect of hydrofluoric acid concentration and etching duration on select surface roughness parameters for zirconia

UNTERSUCHUNGSZIEL

Ermittlung der Auswirkungen von Flusssäure (HF) auf die Oberflächenrauigkeit von Zirkonoxid.

MATERIAL UND METHODE

Es wurden 100 zylindrische Disks ($d = 9 \text{ mm}$; $h = 5 \text{ mm}$) aus dem Material Ceramill ZI (Amann Girrbach) hergestellt. Diese werden in 3 Gruppen mit jeweils 30 Prüfkörpern und eine Kontrollgruppe mit 10 Prüfkörpern unterteilt. Die 3 Gruppen unterteilen sich jeweils in eine Behandlung mit 40% HF, 9,5% HF und 5% HF. Dabei werden die Gruppen in jeweils 10 Prüfkörper für die jeweilige Ätzzeit 1, 5 und 10 Minuten unterteilt. Die Kontrollgruppe ($n = 10$) blieb unbehandelt und wurde mit SIC-Schleifpapier poliert. Für die Auswertung wurde die Probenoberfläche mit einem Rasterelektronenmikroskop untersucht. Profilometrische Untersuchungen sind mit einem konfokalen Laser-Scanning-Mikroskop durchgeführt und die Rauigkeitsmesswerte Ra_{mean} und Rz_{mean} für die geätzte und die ungeätzte Oberfläche bestimmt worden. Die statistische Auswertung erfolgte über einen Student-T-Test mit einem Vergleich von jeweils 2 Gruppen (geätzt und Kontrollgruppe) miteinander. Eine Testwahrscheinlichkeit von $P < 0,05$ gilt als signifikant und eine Testwahrscheinlichkeit von $P < 0,01$ gilt als statistisch signifikant.

ERGEBNISSE

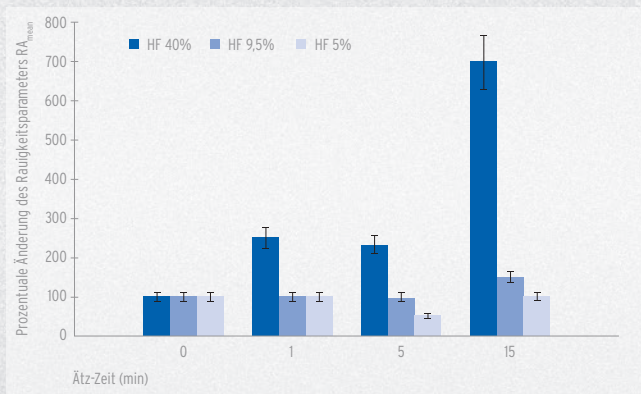


Abb. 1 Prozentuale Änderung des Rauigkeitsparameters Ra_{mean} in Abhängigkeit von der Ätzdauer

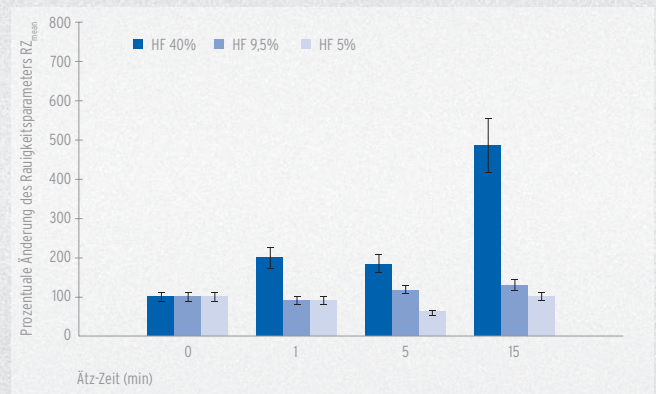


Abb. 2 Prozentuale Änderung des Rauigkeitsparameters Rz_{mean} in Abhängigkeit von der Ätzdauer

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Die Ergebnisse zeigen, dass eine steigende Ätzdauer einen positiven Effekt auf die Qualität (erhöhte Ra_{mean} -, Rz_{mean} -Werte) der behandelten Zirkonoxidoberfläche hat (siehe Abb. 1 und Abb. 2). Weiterhin beeinflusst auch die Konzentration der Ätzlösung die Zirkonoxidoberfläche. Hier erzielt die höher konzentrierte (40%) Flusssäure die besten Ergebnisse. Es werden statistisch signifikante Unterschiede zur unbehandelten Oberfläche erzielt. Das Ätzen mit einer 5%-igen Flusssäure wird nicht als Methode zur Steigerung der Oberflächenrauigkeit von Zirkonoxid empfohlen.

VERBUNDFESTIGKEITEN NACH SIMULIERTER ALTERUNG VON ZWEI KERAMISCHEN INLAYMATERIALIEN ZU DENTIN

Material:	Ceramill ZI
Schlagwörter:	Keramik, Inlays, Verbundfestigkeit, Befestigungstechniken, Kunststoffzement
Ort:	Abha, Saudi-Arabien
Autoren:	A. Khalil, K. Abdelaziz
Publiziert in:	The Journal of Advanced Prosthodontics, 2015; 7: 446-53
Originalarbeit:	Bonding values of two contemporary ceramic inlay materials to dentin following simulated aging

UNTERSUCHUNGSZIEL

Vergleich der Verbundfestigkeit von CAD/CAM-gefertigten Feldspatkeramik- und Zirkonoxid-basierten Inlays, befestigt auf Dentin mittels Ätz- und Bondtechnik. Hierbei werden dualhärtende und Onestep-Systeme selbstklebender Kunststoffzemente, vor und nach der künstlichen Alterung, mittels zyklischer Dauerbelastung und Thermocycling getestet.

MATERIAL UND METHODE

Die Grundlage der Untersuchung bildeten okklusale Kavitäten von 80 extrahierten Zähnen, welche in zwei Gruppen mit einerseits (n = 40) Feldspatkeramik-Inlays ((FP) Vitablocs Trilux forte) und andererseits mit (n = 40) Zirkonoxid-basierten Inlays ((ZR) Ceramill ZI) versorgt wurden. Die zwei Gruppen wurden jeweils in zwei Untergruppen mit jeweils 20 Proben für die Ätz-Bond-(RelyX Ultimate Clicker) und die selbstadhäsive (RelyX Unicem Aplicap) Klebtechnik unterteilt. Nach der Verklebung der Inlays mit den Kunststoffzementen werden jeweils 10 Inlays der Untergruppe mithilfe einer Universalprüfmaschine mit einer vertikalen Dauerbelastung von 50 N in 240.000 Zyklen belastet. Dieselben Proben wurden dann einer thermozyklischen Belastung (5-55°C) nach ISO-TR 11405 Standard für 3.500 Zyklen mit einer Verweilzeit von 30 Sekunden belastet. Die restlichen 10 Proben der Untergruppe dienen als Kontrollgruppe. Aus den restaurierten Zähnen wurden in einem nächsten Schritt 3 mm dicke Proben herausgetrennt, welche dann der Verbundfestigkeitsprüfung unterzogen wurden. Die statistische Auswertung der Messreihen erfolgte mit 1-Way-ANOVA- und Tukey´s-Vergleichen ($\alpha = 0,05$), um so die Signifikanz der ermittelten Unterschiede darzustellen. Zusätzlich wurde der Bruchmodus der Keramik-Zement-Dentin-Verbindung ermittelt.

ERGEBNISSE

Material	Mittlere Haftfestigkeit			
	Ätz-Bond-Zement (EB)		Selbstadhäsiver Zement (SA)	
	Nicht gealtert	Gealtert	Nicht gealtert	Gealtert
Feldspat-basierte Keramik (FP)	6.33 ± 1.80 ^a	5.74 ± 1.71 ^a	5.55 ± 1.46 ^a	5.23 ± 1.09 ^a
Zirkonoxid-basierte Keramik (ZR)	5.77 ± 0.96 ^a	5.10 ± 0.97 ^a	4.62 ± 1.59 ^a	4.41 ± 1.12 ^a

FP = Feldspat-basierte Keramik
 ZR = Zirkonoxid-basierte Keramik
 EB = Ätz-Bond-Zement
 SA = Selbstadhäsiver Zement

Gleiche hochgestellte Buchstaben zeigen keine signifikanten Unterschiede in den Klassen der Probekörper Tukey'scomparisons, $P > .05$).

Tab. 1 Verbundfestigkeitswerte [MPa] unterschiedlicher keramischer Inlays zu Dentin

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Es wurden keine signifikanten Unterschiede in der Verbundfestigkeit zwischen den Vitablocs-Trilux-forte-Inlays und den Ceramill-ZI-Inlays festgestellt (siehe Tab. 1). Die unterschiedlichen Kunststoffzemente zeigten bei beiden eingesetzten Keramiken ebenfalls keine signifikanten Unterschiede. Die simulierte Alterung mittels Dauerbelastung und Thermocycling führte ebenfalls nicht zu signifikanten Unterschieden bei der Verbundfestigkeit der unterschiedlichen Gruppen.

KLINISCHE BEWERTUNG VON 1.132 ZIRKONOXID-BASIERTEN EINZELZAHNKRONEN: EINE RETROSPEKTIVE BEOBACHTUNGSSTUDIE VON DER AIOP CLINICAL RESEARCH GROUP

Material:	Ceramill ZI
Schlagwörter:	Zirkonoxid, keramisch verblendete Einzelzahnkronen, Erfolgsrate, Überlebensrate
Ort:	Bologna, Italien
Autoren:	C. Monaco, M. Caldari, R. Scotti
Publiziert in:	The International Journal of Prosthodontics, 2013 Sep-Oct ;26(5): 435-42
Originalarbeit:	Clinical evaluation of 1,132 zirconia-based single crowns: a retrospective cohort study from the AIOP clinical research group

UNTERSUCHUNGSZIEL

Ermittlung der klinischen Ergebnisse (1-5 Jahre) von Zirkonoxid-basierten Einzelzahnkronen. Aus den Ergebnissen sollen die Hauptrisikofaktoren, die zu einem Zirkonoxidversagen führen, ermittelt werden.

MATERIAL UND METHODE

Es wurden 398 Patienten mit 1132 Zirkonoxid-basierten Einzelzahnkronen, sowohl zahn- als auch implantatgetragen, in einem Zeitraum von Januar 2005 bis Juli 2010 in die Studie einbezogen. Von den Restaurationen entfielen 343 (30,3%) auf den Frontzahnbereich und 789 (69,7%) auf den Seitenzahnbereich. Für die Zirkonoxidgerüste wurden 16 verschiedene Arten von Zirkonoxid (Gruppeneinteilung siehe Tab. 1, Gruppe 2 Ceramill ZI, Amann Girschbach) verwendet. Die Zahnpräparation erfolgte mittels Tangential- oder Hohlkehlpräparation. Die Patienten wurden auf Basis der AIOP-Richtlinie untersucht. Um einen Zusammenhang zwischen Parafunktionen und mechanischem Versagen der Restaurationen zu schaffen wurden Patienten mit Bruxismus (n = 125, Teilgruppe) in die Studie eingeschlossen. Für die statistische Auswertung wurde eine kumulative Überlebensrate (CSR) bestimmt, bei der Chipping-Frakturen der keramischen Verblendung (Grad 1-2) oder Dezementierung nicht als Versagen gelten. Zusätzlich wurde eine kumulative Erfolgsrate (SR) berechnet, bei der Chipping-Frakturen (Grad 2-3) und Dezementierungen oder Sekundärkaries (Level 3) als Versagen gelten. Weiterhin wurde das Mantel-Haenszel-Chancenverhältnis (OR) in Bezug auf die Parafunktion von allen Restaurationen berechnet.

ERGEBNISSE

Gruppe (Anzahl an Restaurationen)	Anzahl an Restaurationen (Zirkonoxid Marken)
Gruppe 1 (1 to 20)	3 Everest ZS (KaVo) 9 Zirconia dioxide Cara (Heraeus) 19 Biotech (Biotech) 19 New Ancorvis zirconia (New Ancorvis) 17 Echo (Sweden & Martina) 14 Kéramo zirconia (Kéramo) 11 e.max. ZirCad (Ivoclar Vivadent)
Gruppe 2 (21 to 50)	32 Byoziram (Cyrtina) 31 Zircodent (Orodent) 27 Ceramill ZI (Amann Girschbach) 30 BB Bio Z (Dental Direkt) 21 Diazir (Diadem) 21 Zenostar (Wieland Dental)
Gruppe 3 (51 to 100)	74 ICE (Zirkonzahn)
Gruppe 4 (101 to 500)	180 NobelProcera zirconia (Nobel Biocare)
Gruppe 5 (>500)	624 Lava (3M ESPE)
Total	1,132

Tab. 1 Zirkonoxidgruppen 1-5

Gruppen	Versagen Anterior		Versagen Posterior		Versagen Total	
	CSR (%)	SR (%)	CSR (%)	SR (%)	CSR (%)	SR (%)
Alle Gruppen (n = 1,132; 100%)	2 (99.4)	13 (96.2)	19 (97.6)	52 (93.4)	21 (98.1)	65 (94.3)
Gruppe 5: LAVA (anterior = 178, posterior = 446, n = 624, 55.1%)	0 (100)	3 (98.3)	10 (97.7)	23 (94.8)	10 (98.4)	26 (95.8)
Gruppe 3: ICE (anterior = 9, posterior = 65, n = 74, 6.5%)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)
Gruppe 2: Byoziram Cyrtina (32), Zircodent (31), Ceramill ZI (27), DD Bio Z (30), Diazir (21), Zenostar (21) (anterior = 51, posterior = 111, n = 162, 14.3%)	0 (100)	7 (86.3)	0 (100)	9 (91.9)	0 (100)	16 (90.1)
Gruppe 1: Biotech (19), New Ancorvis (19), Echo (17), ZirCad (11), Cara (9), Kéramo (14), Everest (3) (anterior = 30, posterior = 62, n = 92, 8.2%)	0 (100)	0 (100)	3 (95.2)	7 (88.7)	3 (96.7)	7 (92.4)

CSR = Kumulative Überlebensrate; SR = Kumulative Erfolgsrate

Tab. 2 Überlebensrate CSR und Erfolgsraten (SR) der Zirkonoxid-basierten Restaurationen

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Die kumulative Überlebensrate belief sich für alle Konstruktionen auf 98,1%, wobei sich die kumulative Erfolgsrate auf 94,3% belief (siehe Tab. 2). Ein Zusammenhang zwischen Parafunktionen und mechanischem Versagen konnte bei Patienten mit schweren Parafunktionen festgestellt werden. Keramisch verblendete Zirkonoxid-Einzelzahnkronen mit Tangential- und Hohlkehlpräparation zeigen somit gute klinische Resultate über eine Zeitspanne von bis zu fünf Jahren. Technisches Versagen konnte nur vereinzelt beobachtet werden und war vornehmlich limitiert auf Patienten mit Parafunktionen. Gruppe 2, in der unter anderem Ceramill ZI vertreten war, zeigte eine Überlebensrate von 100% und eine Erfolgsrate von 91,9%.

ZAHN- UND IMPLANTATGETRAGENE, MONOLITHISCHE ZIRKONOXID-RESTAURATIONEN: 1-3-JAHRES-ERGEBNISSE EINER FALLSERIE/KLINISCHEN STUDIE

Material:	Ceramill Zolid
Schlagwörter:	Monolithisches Zirkonoxid, Zahn- und Implantatgetragen, Ästhetik, marginale Passung, Überlebensrate
Ort:	Bern, Schweiz
Autoren:	A. Worni, J. Katsoulis, L. Kolgeci, M. Worni, R. Mericske-Stern
Publiziert in:	Quintessence International, 2017;48(6):459-467
Originalarbeit:	Monolithic zirconia reconstructions supported by teeth and implants: 1-3-year results of a case series.

UNTERSUCHUNGSZIEL

Bewertung und Evaluation der Leistungsfähigkeit/des Erfolgs von Zahn- und Implantatgetragenen, monolithischen Zirkonoxid-Restaurationen.

MATERIAL UND METHODE

Einbezogen wurden sowohl Zahn- als auch Implantatgetragene monolithische Einzelkronen (SCs) und festsitzende Restaurationen (FDPs) aus Zirkonoxid (Ceramill Zolid, Amann Girrbach). Das Einsetzen der Implantate und die anschließende prothetische Versorgung erfolgten im gleichen klinischen Umfeld. Ein Techniker führte alle Laborarbeiten mit dem gleichen CAD/CAM-Workflow durch (DentalDesigner, Ceramill Motion 2). Dokumentiert wurden die technischen Ergebnisse, Ästhetik (Farb-übereinstimmung), marginale Passung, anatomische Form sowie biologische Aspekte. Angepasste Kriterien des United States Public Health Service (USPHS) und parodontale Parameter wurden für die klinische Bewertung durch zwei unabhängige Prüfer angewandt. Für statistische Vergleiche wurden deskriptive Statistiken und nicht-parametrische Tests verwendet.

ERGEBNISSE

Vierzig Patienten (17 Männer, 23 Frauen, Durchschnittsalter $59,1 \pm 14,7$ Jahre) mit 109 Rekonstruktionen (74 SCs, 35 FDPs), getragen von 38 Implantaten und 71 Zähnen, mit insgesamt 238 monolithische Zirkonoxideinheiten (davon 62 Pontics und 18 Cantilever) wurden in die klinische Untersuchung einbezogen. Die mediane Nachbeobachtungszeit betrug 23,8 Monate (12 bis 36 Monate). Es wurde kein technisches Versagen beobachtet. Die Gesamtüberlebensrate der Restaurationen betrug 99,6% (Zahngetragen: 100%; Implantatgetragen: 98,4%) aufgrund des Verlustes eines Implantats. Die erhobenen parodontalen/peri-implantären Parameter deuten auf gesundes Weichgewebe hin, Karies wurde nicht beobachtet. Die von der USPHS erhaltenen Aufzeichnungen zeigten gute klinische Ergebnisse.

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Die Kurzzeit-Ergebnisse der vorliegenden Studie deuten darauf hin, dass monolithische Zirkonoxid-Restaurationen (Ceramill Zolid, Amann Girrbach), sowohl Zahn- als auch Implantatgetragen, insbesondere im Seitenzahnbereich eine zufriedenstellende Behandlungsoption sein können. Die Überlebensraten sind innerhalb der ersten 23,8 Monate sehr hoch (99,6%) und müssen im weiteren Verlauf innerhalb von Langzeitstudien beobachtet werden.

SCIENTIFIC FACTS

Biokompatibilität	20
Zytotoxizität	20
Chemische Löslichkeit	20
Materialklassen & Generation Zirkonoxid	21
Biegefestigkeit/Weibullstatistik	22
E-Modul	22
Bruchlast	22
Risszähigkeit	23
Mechanische Alterung/Kausimulation	23
Hydrothermale Alterung	24
Härte	24
Abrasion	24
Verbundfestigkeit	25
Randspaltanalyse	25
Transluzenz/Kontrastwert	26
Gefüge/Korngrößen	26
Konfidenzintervall/P-Wert	27

BIOKOMPABILITÄT

Als biokompatibel bezeichnet man in der Medizin Materialien bzw. Werkstoffe, die im direkten Kontakt mit lebenden Geweben keinen negativen Einfluss auf deren Stoffwechsel ausüben.

Eine besonders wichtige Rolle spielt die Biokompatibilität in der Implantologie. Da dentale Implantate über einen langen Zeitraum in direktem Kontakt mit dem umgebenden Gewebe stehen, dürfen sie keine Abwehrreaktionen hervorrufen. Eine biologische Prüfung der Biokompatibilität eines dentalen Medizinproduktes gibt Hinweise darauf, welche Reaktionen beim Kontakt mit diesem Produkt für den Patienten zu erwarten sind.

Eine biologische Beurteilung eines Medizinprodukts stellt sicher, dass das daraus resultierende Gefährdungspotential für den Patienten beim Kontakt mit diesem Produkt tolerabel ist. Die Zertifizierung der Biokompatibilität von medizinischen Werkstoffen und Produkten erfolgt nach der Normserie ISO 10993 1-12 und ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg der CE-Kennzeichnung eines Medizinprodukts.

ZYTOTOXIZITÄT

Die Prüfung der Zytotoxizität ist ein wichtiger Teil der biologischen Beurteilung von Medizinprodukten nach ISO 10993-5 und wird als In-vitro-Zytotoxizität durchgeführt.

In dem Zelltoxizitätstest, der nach den Normrichtlinien an Mausfibroblastenzellen (L 929) ausgeführt wird, kann das Produkt auf potenzielle zellwachstumshemmende Eigenschaften geprüft werden. Daraufhin wird das Material nach den Anforderungen an die biologische Verträglichkeit entsprechend eingestuft.

CHEMISCHE LÖSLICHKEIT

Durch den Test der chemischen Löslichkeit kann die Auflösung eines Materials im Mund des Patienten simuliert werden (beschleunigtes Verfahren). Hierzu wird das Material mit einer stark aggressiven, sauren Substanz in Kontakt gebracht.

Die Löslichkeit von dentalen Werkstoffen wird gemäß DIN EN ISO 6872 ermittelt. Hierzu werden Probekörper mit spezifischer Oberfläche gewogen, in 4 %-ige Essigsäure bei 80°C gelagert, anschließend gespült, getrocknet und wieder gewogen. Aus der Gewichtsänderung wird die auf die Oberfläche bezogene Löslichkeit ermittelt.

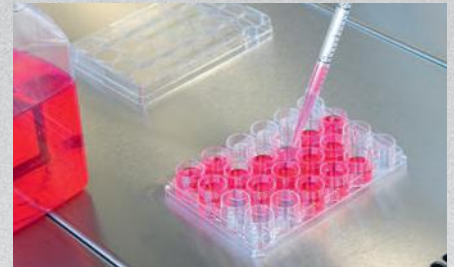


Abb. Zellfütterung mit Nährmedium

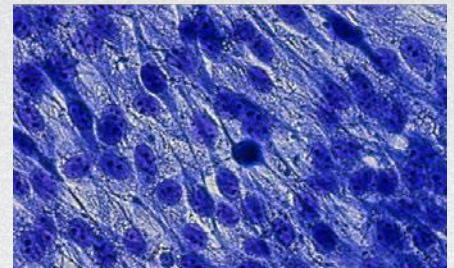


Abb. Richardsonfärbung zur Analyse vitaler Zellen



Abb. Waagenanalyse zur Ermittlung der chemischen Löslichkeit

MATERIALKLASSEN & GENERATION ZIRKONOXID

Dentalkeramiken werden in sogenannte Klassen für festsitzenden Zahnersatz nach der vorgesehenen klinischen Anwendung mit den erforderlichen mechanischen und chemischen Eigenschaften nach Norm DIN EN ISO 6872 eingeteilt. Entscheidendes Kriterium der 5 Klassen ist vor allem die Biegefestigkeit des Materials.

Die höchste Klasse 5 fordert eine Biegefestigkeit von > 800 MPa und stellt somit die größte klinische Indikationsmöglichkeit für monolithischen oder verblendeten Zahnersatz aus mehr als 4 Gliedern dar.

Die Klasse 4 mit geforderten > 500 MPa erlaubt nur 3 gliedrigen Zahnersatz aus Keramik einschließlich Molarenrestorationen. Aufgrund der grundsätzlich hohen Festigkeitseigenschaften von Zirkonoxidmaterialien liegen die meisten Typen bzw. Generationen im Bereich dieser beiden Klassen. Die Entwicklung des Werkstoffes Zirkonoxid im Dentalbereich hat verschiedene Generationen hervorgebracht welche sich teilweise deutlich in Ihren Eigenschaften unterscheiden. Durch geringe Änderungen in der chemischen Zusammensetzung, vor allem dem Gehalt von Aluminiumoxid und Yttriumoxid konnten die Transluzenzwerte aber auch die Festigkeitseigenschaften signifikant beeinflusst werden. In der Regel sinkt mit zunehmender Transluzenz die Biegefestigkeit aufgrund der Phasenmodifikation des Gefüges. Zirkonoxide der 1. und 2. Generation (bspw. Ceramill ZI und Zolid) entsprechen der höchsten Klasse 5 und unterscheiden sich grundsätzlich durch die Reduzierung des Aluminiumoxidgehalts was eine gesteigerte Transluzenz ohne Festigkeitsverlust bewirkte.

Die 3. Generation (bspw. Ceramill Zolid FX) wurde zusätzlich durch Modifikation des Yttriumgehalts und der damit verbundenen kubischen Phasenanteile im Gefüge hinsichtlich der Transluzenz deutlich gesteigert. Dieser Aspekt ist gerade für den monolithischen Zahnersatz im Frontzahnbereich interessant. Allerdings bewirkt diese Modifikation einen Festigkeitsverlust weshalb die 3. Generation nur der Klasse 4 entspricht.

Um schlussendlich ein Material auf dem Markt verfügbar zu haben, welches ohne Einbußen der Festigkeit und trotz allem gesteigerte optische Eigenschaften aufweist wurde die 4. Generation (bspw. Ceramill Zolid HT+) entwickelt, welche im Transluzenzwert zwischen der 2. und 3. Generation liegt und trotzdem die mechanischen Eigenschaften der Klasse 5 erfüllt. Aufgrund dieser Einteilung in Klassen und Generationen ist es bei vergleichenden Studien sehr wichtig diese Unterscheide deutlich herauszustellen.



Abb. Maximale Indikationsbreite (Klasse 5) am Beispiel einer 14-gliedrigen Zirkonoxidrestauration

BIEGEFESTIGKEIT/WEIBULLSTATISTIK

Die Biegefestigkeit beschreibt das Verhalten eines dentalen Werkstoffes wie z. B. Keramik hinsichtlich einer einmaligen Belastung bis hin zum Bruch. Sie stellt somit eine Größe für die Grenze der elastischen Belastbarkeit eines Körpers auf Biegebeanspruchung dar. Die Biegefestigkeit ist die wichtigste Größe für die Abschätzung der Festigkeit und der Dimensionierung von Werkstücken.

Die Prüfung der Biegefestigkeit und die Mindestanforderungen an Dentalkeramiken sind in der DIN EN ISO 6872 oder der Weibull-Statistik nach ISO 20501 festgelegt. Die DIN EN ISO 6872 unterscheidet hierbei zwischen der 3-Punkt und 4-Punkt Biegefestigkeit und der Biaxialfestigkeit. Um Festigkeitswerte, gemessen in MegaPascal [MPa] vergleichen zu können, ist die Angabe der verwendeten Prüfmethode, Probendimension und Präparationsmethode (as fired oder geschliffen) unbedingt erforderlich.

Der Festigkeitswert von Keramiken wird üblicherweise als Weibullfestigkeit (Versagenswert bei 63,21%) angegeben. Das Weibullmodul m ist hierbei ein statistischer Wert für die Streuung der Festigkeitswerte des keramischen Werkstoffes und wird als Maß für die Zuverlässigkeit des Bruchverhaltens von Keramik angegeben.

E-MODUL

Der Elastizitätsmodul ist ein Materialkennwert, der den Zusammenhang zwischen der Dehnung und der Spannung bei der Verformung eines festen Körpers beschreibt. Der Betrag des E-Moduls ist umso größer, je mehr Widerstand ein Material seiner Verformung entgegensetzt. Ein Material mit hohem Elastizitätsmodul (z. B. Zirkonoxid) besitzt eine hohe Steifigkeit, ein Bauteil aus einem Material mit niedrigem Elastizitätsmodul (z. B. Kunststoff) ist nachgiebiger, folglich elastischer.

BRUCHLAST

Bei bestimmten Prüfungen wird anstelle von Biegefestigkeit die Bruchlast in Newton [N] ermittelt. Das macht insbesondere bei vergleichenden Belastungstests z. B. an dentalen Kronen und Brücken Sinn, da die Festigkeit hier aufgrund der undefinierten Geometrien und Querschnittsflächen nicht eindeutig ermittelt werden kann. Die maximal ermittelte Bruchlast ist der Wert, bei dem das Bauteil versagt.

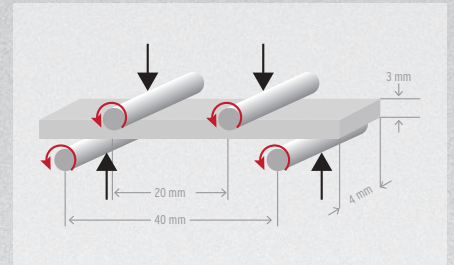


Abb. 4-Punkt-Biegeanordnung für Keramikprüfung

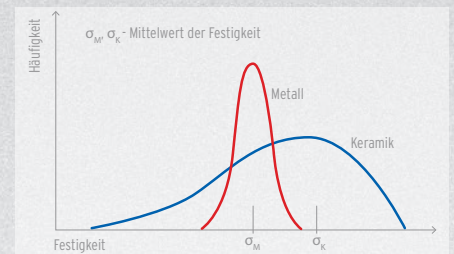


Abb. Qualitativer Vergleich der Festigkeitsverteilung von Metall- und Keramikchargen

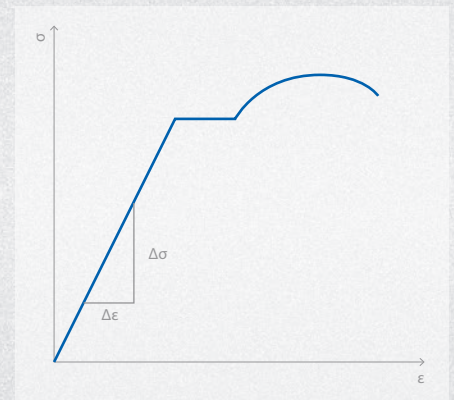


Abb. Spannungs-Dehnungsdiagramm mit Hookscher Gerade

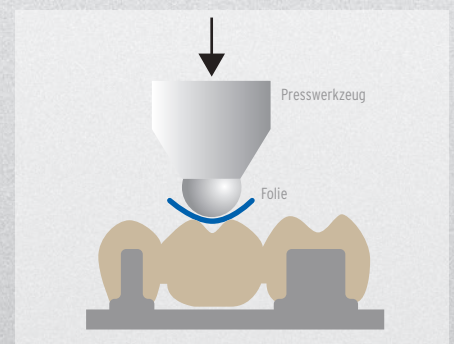


Abb. Bruchlasttest von 3-gli. Brücke

RISSZÄHIGKEIT

Die Risszähigkeit beschreibt den Widerstand eines Bauteils gegenüber einem Rissfortschritt. Die Kenngröße der Risszähigkeit ist der kritische Spannungsintensitätsfaktor K_{Ic} , ihre Einheit lautet $[MPa\sqrt{m}]$. Die Riss- oder auch Bruchzähigkeit gibt die genaue Spannung an, die bei statischer Beanspruchung einen Spröbruch verursacht. Die Risszähigkeit kann mit verschiedenen Methoden ermittelt werden und sind nur zum Teil normativ geregelt.

Wichtig für die Vergleichbarkeit der Werte ist wiederum die Angabe der verwendeten Methode, wie auch bei der Ermittlung der Biegefestigkeit. Man unterscheidet die Verfahren IF, IS, SEVNB und CNB. Nicht jedes Verfahren ist für jeden Typ Werkstoff ideal geeignet und muss daher vor der Materialprüfung sorgfältig festgelegt werden. Die Dentalnorm ISO 6872 legt das SEVNB (Single Edge V-Notched Beam) Verfahren nach ISO 23146 zur Ermittlung der Risszähigkeit von Dentalkeramiken fest.

MECHANISCHE ALTERUNG/KAUSIMULATION

Kausimulatoren kommen für die mechanisch-präklinische Prüfung zum Einsatz und sollen die mechanischen und thermischen Beanspruchungen auf den Zahnersatz in der Mundhöhle simulieren. Dazu stehen verschiedene Simulationsparameter zur Verfügung. Kausimulation mit frei einstellbaren thermozyklischen-mechanischen Lastwechseln (z. B. $5^{\circ}C/55^{\circ}C$, $37^{\circ}C$; 10-700 N; 1-5 Hz), als auch Kraftkurven und max. Kaulast sind frei steuerbar in Kombination mit Abgleitbewegungen (vertikale und horizontale Belastung).

Diese Simulation sorgt für das entsprechende Ermüdungsverhalten der getesteten Materialien durch zyklisch wechselnde Kraftbelastungen. Frakturen, Risse, Chippings und Abrasion können die Folge sein. Zur Anwendung kommen sowohl standardisierte Prüfkörper als auch Restaurationen unter Verwendung natürlicher Zähne als Basis. Natürliche Zähne aber auch Steatit oder Stahlkugeln kommen als Antagonisten zum Einsatz. Die Prüfkörper werden typischerweise einer Kausimulation von 1,2 Mio. Zyklen bei einer Kaukraft von z. B. 50-100N sowie einer simultanen thermischen Wechselbelastung zwischen $5^{\circ}C$ und $55^{\circ}C$ ausgesetzt. Dies simuliert eine Tragedauer von 5 Jahren.

Die Prüfung wird nach dem Erreichen der Bruchlast und Eintreten einer Fraktur innerhalb der Zykluszeit beendet. Tritt keine Schädigung ein welche die Prüfung beendet, werden die Prüfkörper nach Simulation initial geprüft um die verbliebene Bruchlast zu ermitteln. Daraus kann auf eine Vorschädigung durch Ermüdungsverhalten geschlossen werden.

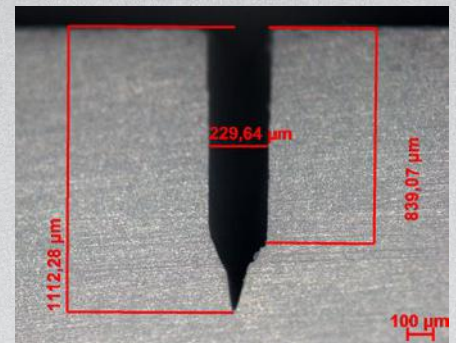


Abb. Einkerbung für Risszähigkeitstest nach SEVNB Verfahren

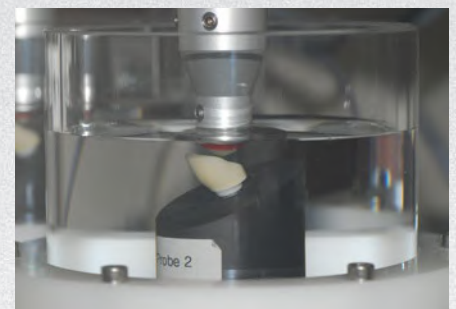


Abb. Kausimulation einer keramischen Krone in künstlichem Speichel

HYDROTHERMALE ALTERUNG

Die hydrothermale Alterung insbesondere von Zirkonoxid beschreibt die Schädigung des keramischen Gefüges durch Wasseraufnahme (Hydrolyse) und kann zu einem signifikanten Phasenübergang von der tetragonalen zur monoklinen Kristallstruktur führen, was in der Folge zur Degradation der mechanischen Eigenschaften führt.

Man spricht auch von der sogenannten „low temperature degradation“ (LTD). Diese Alterung kann im Autoklaven simuliert werden, in dem das Material einer hydrothermalen Behandlung bei 134°C, 0,2 MPa, min. 5h unterzogen wird. Die Versuche zur hydrothermalen Alterung sind in der ISO 13356 festgelegt. Unter Hydrothermalalterung zeigen ZrO₂-Keramiken das bekannte Umwandlungsverhalten, welches sich durch lineares Schichtwachstum einer umgewandelten Zone von der Oberfläche in das Material hinein auszeichnet (siehe Abbildung). Neuere Generationen Zirkonoxid mit erhöhtem Yttrium Gehalt und Stabilisierung der kubischen Phase bei Raumtemperatur zeigen hier deutlich geringere bzw. keine Umwandlungseffekte.

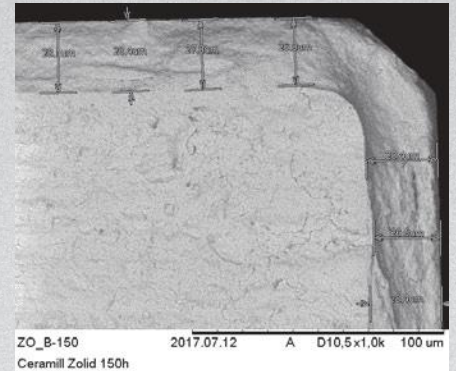


Abb. Vergrößerte Aufnahme der Randschicht nach hydrothermalen Alterung an Zirkonoxid

HÄRTE

Die Härte eines Werkstoffs ist der Widerstand, den ein Werkstoff der dauerhaften Verformung durch Eindringen eines härteren Prüfkörpers entgegensetzt. Bei der Härteprüfung wird entweder die erreichte Tiefe eines Eindringkörpers (Rockwell) oder die erreichte Größe (Vickers, Knoop, Brinell) gemessen.

Metallische und keramische Dentalwerkstoffe werden üblicherweise durch das Vickers-Verfahren (HV) nach ISO 6507 geprüft, bei dem ein pyramidenförmiger Diamant zum Einsatz kommt. Die Wahl der am besten geeigneten Härteprüfmethode hängt vom Gefüge und Homogenität des Werkstoffs ab. Bei heterogenem Gefüge ist daher ein größerer Eindruck erforderlich als bei einem homogenen Werkstoff um eine repräsentative Aussage zur jeweiligen Härte des Materials zu erhalten. Werteangaben sind daher nur vergleichbar wenn die gleiche Methode bei gleicher Last und Prüfzeit zugrunde gelegt wurde (z. B. HV10).

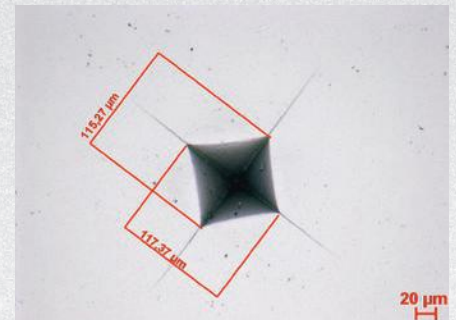


Abb. Vermessung eines Vickersindrucks zur Härtebestimmung

ABRASION

Der Verlust der Zahnhartsubstanz im menschlichen Gebiss ist eine natürliche Verschleißerscheinung und entsteht abhängig von Nahrungskonsistenz und individueller Kaukraft. Die Zahnhartsubstanz wird aufgrund der Reibung verringert. Sie kann durch pathologische Vorgänge wie Funktionsstörungen z. B. Bruxismus (nächtliches Knirschen) als auch Säureeinwirkung noch verstärkt werden.

Dentale Restaurationsmaterialien werden u.a. in Kausimulatoren einer Prüfung auf Abrasionsbeständigkeit unterzogen. Durch zyklische Belastungen mit Lateralbewegungen und der Möglichkeit unterschiedliche Antagonisten-Materialien zum Einsatz kommen zu lassen, hat sich diese Art der Simulation in zahlreichen Studien bewährt. Volumetrische Messungen zum Abtragswert und Rauheitsmessung (R_a und R_{max} Werte) dienen als typische Messgrößen. Der Mittenrauwert R_a ist eine Aussage über die Glätte einer Oberfläche nach erfolgtem Substanzabtrag.

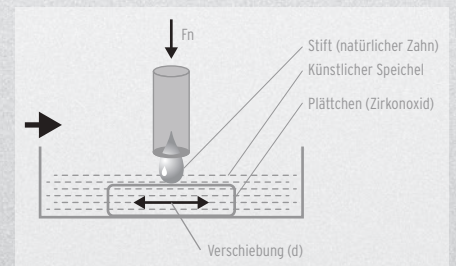


Abb. Versuchsaufbau zur Abrasionsmessung (Pin on disc Verfahren)

VERBUNDFESTIGKEIT

Im Grunde kann man zwei Arten von Verbundmöglichkeiten dentaler Restaurationen unterscheiden. Den Verbund des festsitzenden Zahnersatzes am Restzahnbestand und der zwischen zwei restaurativen Materialien wie z. B. der Metallkeramik oder dem Verbund von Verblendwerkstoffen zum Gerüstmaterial. Die Haftzugfestigkeit und Verbundfestigkeit von Dentalwerkstoffen und -klebern sind in der ISO/TS 11405 geregelt und stellen wichtige Größen bei der Bewertung der Leistungsfähigkeit von Klebstoffen im Bereich der rekonstruktiven Zahnmedizin dar. Diese Norm gibt Hinweise auf verschiedene Testmethoden zur Qualitätsprüfung des Haftverbundes zwischen restaurativen Dentalmaterialien und Zahnhartsubstanz, d.h. Schmelz und Dentin.

Zur Prüfung der Verbundfestigkeit zwischen dentalen Werkstoffen wie Legierungen und Verblendkeramiken kommt der Schwickerath-Test zum Einsatz, der in der DIN EN ISO 9693 verankert ist. Hierbei werden Plättchen mit aufgebrannter Keramik einer Biegeprüfung unterzogen um die Belastbarkeit des Verbundes auf Zug-/Druckspannung zu prüfen. Die DIN EN ISO 10477 regelt wiederum die Prüfung und Anforderungen an den Verbund von Kronen- und Brückenwerkstoffen durch Druck-Scher-Festigkeitsprüfung.

Die Testung der Haftfestigkeit der Verblendkeramik bei vollkeramischen Systemen ist grundsätzlich sowohl durch Druckbiegetests als auch durch den Schertest nach Schmitz-Schulmeyer möglich. Unter dem Aspekt der technischen Reproduzier- und Vergleichbarkeit auf die Verbundhaftung bei vollkeramischen Systemen ist die Prüfung im modifizierten Schertest nach Schmitz-Schulmeyer vorzuziehen.

RANDSPALTANALYSE

Unabhängig von Material und Herstellungsverfahren des festsitzenden Zahnersatzes sind für den dauerhaften klinischen Erfolg eine gute Passgenauigkeit und ein exzellenter marginaler Randschluss für den Langzeiterfolg ausschlaggebend. Ein schlechter Randschluss führt zu einer vermehrten Plaqueakkumulation. Durch den Mikrospalt wird das Kariesrisiko erhöht und es kann zu parodontalen Problemen bis hin zum Knochenverlust kommen. Beides steigert das Risiko eines Restorationsverlustes.

Der Randspalt ist der Abstand von der Präparationsgrenze zum Kronenrand der Versorgung. Die Kronenrandterminologie nach Holmes ist dabei die einheitlichste Definition von Randspalten. Die Forderungen an tolerierbare Randspalten gehen in Studien von $20\mu\text{m}$ - $200\mu\text{m}$ für die gemessene Spaltbreite. Bei CAD/CAM gefertigten vollkeramischen Restaurationen entscheiden unter anderem die innere Randpassung und der marginale Randschluss über ihre Langlebigkeit. Ein Randschluss von $50\mu\text{m}$ wird als klinisch tolerabel angesehen und hat sich als Maßvorgabe etabliert. Generell gibt es jedoch keine eindeutige Grenze für den Randspalt da dieser auch nicht normativ geregelt ist. Restaurationen aus Zirkonoxid sollten mindestens eine gleichwertige Passung aufweisen im Vergleich zu anderen vollkeramischen Systemen und den klassischen Metallgerüsten.

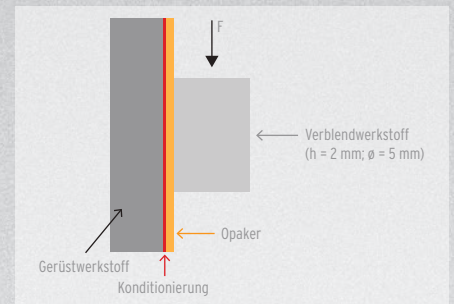


Abb. Versuchsanordnung zur Bestimmung der Verbundfestigkeit

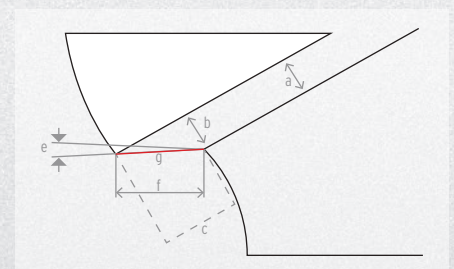


Abb. Parameter der Kronenrandterminologie nach Holmes am Randspalt zwischen Krone (weiß) und Präparationsrand (grau)

TRANSLUZENZ/KONTRASTWERT

Die partielle Lichtdurchlässigkeit eines Materials wird als Transluzenz bezeichnet. Die Opazität ist ein Maß für die Lichtundurchlässigkeit (Trübung) von Stoffen und ist der Kehrwert der Transluzenz.

Die Fähigkeit von Materie, Lichtwellen ungehindert hindurch zu lassen (Transmission) wird als Transparenz bezeichnet. Zirkonoxid-Materialien weisen aufgrund ihrer Gefügestruktur bestimmte Transluzenzen auf welche durch Faktoren wie Verunreinigungen oder Mikrodefekte (Poren) maßgeblich beeinflusst werden. Aber auch gewünschte Legierungsbestandteile wie Aluminiumoxid oder Yttriumoxid und deren Verteilung im Gefüge führen zu deutlichen Veränderungen der Transluzenz. All diese Einflussfaktoren führen zur Streuung und Absorption des Lichts und können z. T. bewusst gesteuert oder beeinflusst werden. Um die Transluzenz von Materialien ermitteln und vergleichen zu können wir das Kontrastverhältnis (CR) bestimmt. Der CR-Wert, auch contrast ratio bezeichnet, gibt das Verhältnis der Lichtreflexion eines Probekörpers auf schwarzem Hintergrund zur Lichtreflexion auf weißem Hintergrund an und dient als Maß für die Transluzenz des Materials. Je niedriger dieser Wert ist, desto höher ist die Transluzenz des Werkstoffes.

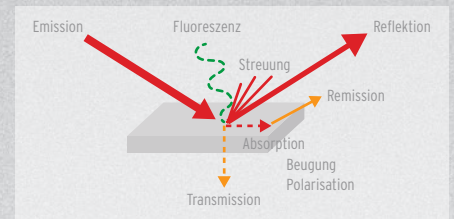


Abb. Lichtstreuungseffekte an transluzenten Keramikwerkstoffen

GEFÜGE/KORNGRÖSSEN

Ähnlich wie bei dentalen (Edelmetall)-Legierungen gewährt ein homogenes und feinkörniges Gefüge bei keramischen Werkstoffen ebenso hohe Festigkeit und eine gute Beständigkeit gegen Alterung (bei Legierungen Korrosion). Die Methode zur Ermittlung der Korngrößen von Zirkonoxid wird durch die ISO 13356 geregelt. Bei teilstabilisiertem Zirkonoxid mit 3 mol Yttrium wurde die kritische Korngröße mit 600nm festgelegt, d.h. bei größeren Körnern ist die tetragonale-monokline Phasenumwandlung nicht mehr reversibel und somit ist der Mechanismus der Umwandlungsverstärkung nicht mehr gegeben.

Dieser Sachverhalt gilt allerdings nur für 3Y TZP Zirkonoxide der 1. und 2. Generation (bspw. Ceramill ZI und Zolid) ohne sogenannte kubische Phasenteile. Die Korngrößen der neuen Generationen mit erhöhtem Yttriumgehalt und gesteigerter Transluzenz sind aufgrund der kubisch stabilisierten Phase z. T. deutlich größer. Durch diese Kombination aus Größe und isotropem Verhalten des Lichts dieser Kristallphasen erscheint das Zirkonoxid deutlich transluzenter. Aufgrund der fehlenden oder reduzierten Möglichkeit der Transformationsverstärkung liegen die Festigkeitseigenschaften unter denen der ersten Generationen, allerdings bieten die neuen Typen des hochästhetischen Zirkonoxids (bspw. Zolid HT+, Zolid FX) z. T. deutlich verbesserte Alterungsbeständigkeit trotz gesteigerter mittlerer Korngröße.

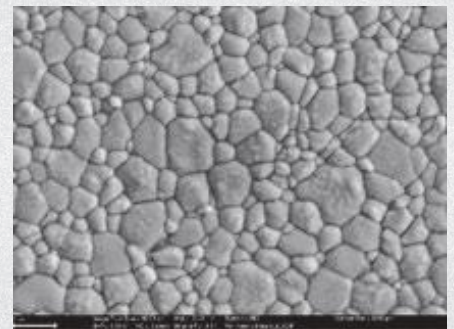


Abb. Rasterelektronische Aufnahme eines Zirkonoxidgefüges der 4. Generation

KONFIDENZINTERVALL/P-WERT

Das Konfidenzintervall oder auch Vertrauensbereich genannt wird für eine statistische Auswertung bevorzugt angewendet, wenn von einer bekannten Stichprobe auf die unbekannt Parameter der Grundgesamtheit geschlossen werden soll. In Studien aus dem Dentalbereich wird häufig ein 95%-Konfidenzintervall verwendet. Dieses bedeutet, dass mit einer 95% Wahrscheinlichkeit die Messwerte innerhalb dieses Intervalls liegen, sofern die Prüfungen unter gleichen Bedingungen wiederholt werden sollten. Je kleiner die Stichprobenanzahl gewählt wurde, desto breiter ist das 95%-Konfidenzintervall.

Zu dem Konfidenzintervall zugehörig ist der sogenannte P-Wert/ α -Wert der in dentalen Studien meistens mit $<0,05$ angenommen wird. Dieses bedeutet grundsätzlich, dass die Wahrscheinlichkeit, dass das Ergebnis zufällig ist bei $< 5\%$ liegt. In diesem Falle würde das Ergebnis bei einem P-Wert $<0,05$ statistisch signifikant sein. Ist der P-Wert wiederum $>0,05$ so ist das Ergebnis statistisch nicht signifikant.

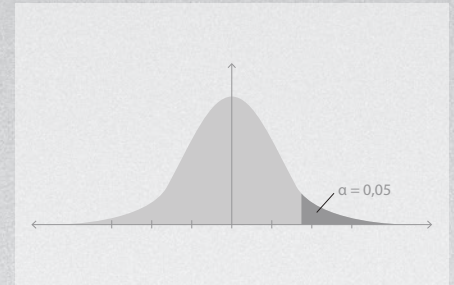


Abb. Wahrscheinlichkeitsverteilung mit 95% Konfidenzintervall (hell-grau) bei einem α Wert $\alpha = 0,05$ (dunkel-grau)

AUSTRIA (HEADQUARTERS)

Amann Girrbach AG
Koblach, Austria
Fon +43 5523 62333-105
austria@amanngirrbach.com

GERMANY

Amann Girrbach GmbH
Pforzheim, Germany
Fon +49 7231 957-100
germany@amanngirrbach.com

NORTH AMERICA

Amann Girrbach North America, LP
Charlotte, NC, U.S.A.
Fon +1 704 837 1404
america@amanngirrbach.com

BRASIL

Amann Girrbach Brasil LTDA
Curitiba, Brasil
Fon +55 41 3287 0897
brasil@amanngirrbach.com

ASIA

Amann Girrbach Asia PTE LTD.
Singapore, Asia
Fon +65 6592 5190
singapore@amanngirrbach.com

CHINA

Amann Girrbach China Co., Ltd.
Beijing, China
Fon +86 10 8886 6064
china@amanngirrbach.com