

Abschlußbericht zur Auswirkung der Sinterzeit auf die Biegefestigkeit von Zirkonzahn-Zirkonoxid

1. DER WERKSTOFF

Zirkonoxid hat sich als Gerüstwerkstoff seit mehr als 10 Jahren in der Zahnheilkunde bewährt. Dieses Material ermöglicht erstmals auch langspannige Brücken im Seitenzahnggebiet herzustellen. Da Zirkonoxid ein weißer Werkstoff ist bzw. mit Färbelösungen dentinähnlich gefärbt werden kann, ist eine deutliche Steigerung der Ästhetik im Vergleich zur Metallverblendkeramik möglich.

2. VERSUCHSAUFBAU:

Alle untersuchten Proben wurden anhand des biaxialen Bruchversuches nach ISO 6872 aufbereitet. Kreisrunde Prüfkörper aus ungefärbtem, nach Anleitung gesintertem Zirkonoxid, ungefärbtem, speed-gesintertem Zirkonoxid, eingefärbtem, nach Anleitung gesintertem Zirkonoxid und eingefärbtem, speed-gesintertem Zirkonoxid wurden analog der Versuchsbeschreibung mit 40 µm und 20 µm Körnung planparallel geschliffen.

Acht Proben wurden aus jeder Gruppe zufällig gezogen und durch den Münchener Kausimulator (Willytec, Gräfelfing) nach dem von *Krejci* etablierten Protokoll künstlich gealtert. Dies sieht 1,2 Mio. mechanische Belastungen mit einer Kraft von 50 N vor. Gleichzeitig erfolgen 10000 Thermolastwechsel von 5° C auf 55° C. Dies entspricht laut Literatur einer Alterung von 5 Jahren Tragedauer.

Alle Proben wiesen einen Durchmesser von 16 mm und eine Dicke von 1,2 mm auf. Die Überprüfung dieser Parameter erfolgte an zwei (Durchmesser) bzw. neun (Dicke) Punkten. Anschließend wurden alle Prüfkörper analog des biaxialen Bruchversuches in der Universalprüfmaschine (Zwick/Ulm) bis zu ihrem Bruch belastet und die erhaltenen Werte niedergeschrieben. Die Vorschubgeschwindigkeit der Prüfmaschine betrug 0,5 mm in der Minute.

Aus den so gewonnenen Bruchwerten konnten dann die Biegefestigkeit und der Weibull-Modul m errechnet werden.

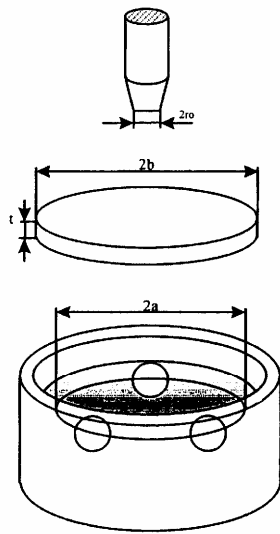


Abb. 1: Versuchsaufbau biaxialer Bruchversuch

Probenverteilung:

65 Proben, weiß (ohne Färbelösung):

davon 32 Proben, Standard-Sinterprogramm

davon 24 Proben ohne Alterung und

8 Proben mit Alterung über fiktive Tragedauer von 5 Jahren

und 33 Proben, Speed-Sinterprogramm

davon 25 Proben ohne Alterung und

8 Proben mit Alterung über fiktive Tragedauer von 5 Jahren

65 Proben, eingefärbt

davon 32 Proben, Standard-Sinterprogramm

davon 24 Proben ohne Alterung und

8 Proben mit Alterung über fiktive Tragedauer von 5 Jahren

und 33 Proben, Speed-Sinterprogramm

davon 25 Proben ohne Alterung und

8 Proben mit Alterung über fiktive Tragedauer von 5 Jahren

Die Auswertung erfolgt mit dem Statistikprogramm SPSS 14.0 (SPSS Inc., Chicago/U.S.A.) in Form einer deskriptiven Statistik und dem parameterfreien Test nach Mann-Whitney.

3. ERGEBNISSE:

a) Biegefestigkeit:

Farbe	Sinterung	Alterung	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
Weiß	Standard	Nein	1348,23	1739,51	1504,42	110,24
Weiß	Speed	Nein	1305,87	1887,95	1567,47	144,76
Gefärbt	Standard	Nein	994,89	1768,52	1576,36	180,97
Gefärbt	Speed	Nein	1236,665	1822,84	1610,81	125,70
Weiß	Standard	Ja	1273,02	1648,15	1437,74	128,71
Weiß	Speed	Ja	1476,12	1797,05	1595,39	106,41
Gefärbt	Standard	Ja	1273,73	1625,07	1463,02	123,66
Gefärbt	Speed	Ja	1436,99	1634,81	1542,50	63,79

Tabelle 1: Deskriptive Statistik der gemessenen Werte; Maximum = maximale Biegefestigkeit in MPa, Minimum = minimale Biegefestigkeit in MPa, Mittelwert = mittlere Biegefestigkeit in MPa, SD = Standardabweichung

Farbe	Sinterung	Alterung	Weibull-Modul m
Weiß	Standard	Nein	13,8
Weiß	Speed	Nein	11,7
Gefärbt	Standard	Nein	13,2
Gefärbt	Speed	Nein	15,9
Weiß	Standard	Ja	12,9
Weiß	Speed	Ja	15,5
Gefärbt	Standard	Ja	15,4
Gefärbt	Speed	Ja	29,4

Tabelle 2: Weibull-Module m. Da nur bei den durch Fettdruck hervorgehobenen Werten eine ausreichende Probenanzahl zur Verfügung stand, kann hier der Weibull Modul m mit hoher Zuverlässigkeit angegeben werden. Bei den gealterten Proben ist die Weibull-Wahrscheinlichkeit durch die geringe Probenanzahl nicht zuverlässig und hier nur der Vollständigkeit halber angegeben.

b) Statistische Auswertung

Vergleich ungefärbtes Zirkonoxid ohne Alterung

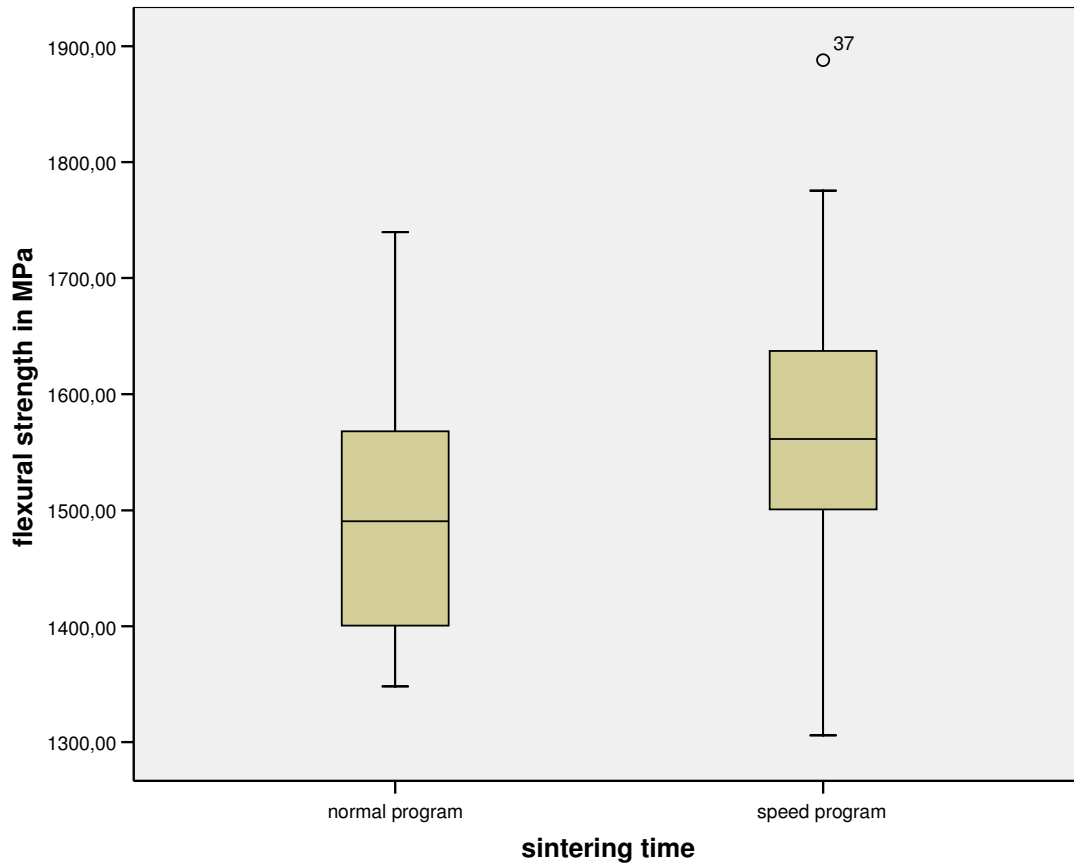


Abbildung 2: Boxplots zum Vergleich des Standard-Sinterprogramms und des Speed-Sinterprogramms bei ungefärbtem, nicht gealtertem Zirkonoxid

Zur statistischen Vergleich der einzelnen Probengruppen kam der parameterfreie Test nach Mann-Whitney zum Einsatz. Liefert dieser Test Werte kleiner als $p=0,05$, so spricht man von statistisch signifikanten Unterschieden.

Ausgehend von der Nullhypothese „die untersuchten Zirkonoxidproben unterscheiden sich nicht in der Biegefestigkeit“, wird diese für speed-gesintertes Zirkonoxid mit einem Wert von $p=0,072$ erfüllt. Die Sintergeschwindigkeit hat keinen nachweisbaren Einfluss auf die Biegefestigkeit von ungefärbten, nicht gealterten Zirkonoxidproben.

Vergleich ungefärbtes Zirkonoxid nach Alterung

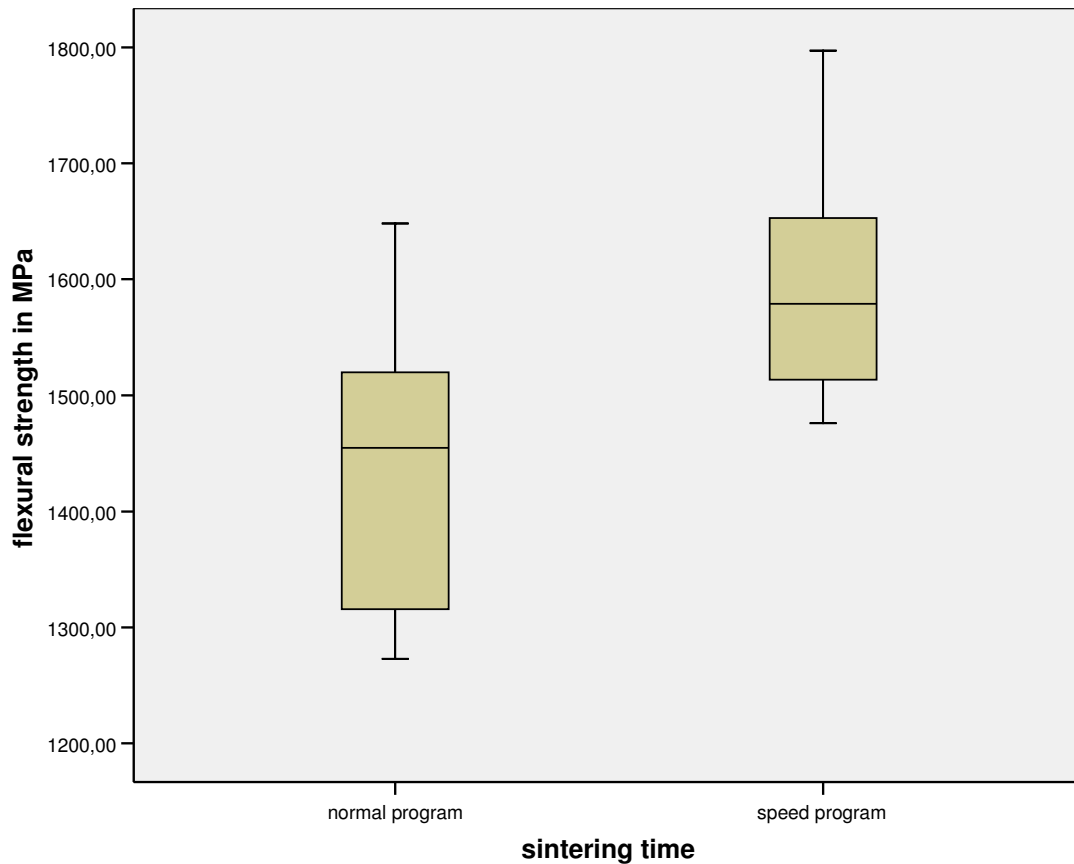


Abbildung 3: Boxplots zum Vergleich des Standard-Sinterprogramms und des Speed-Sinterprogramms bei ungefärbtem, gealtertem Zirkonoxid

Die Sintergeschwindigkeit hat einen signifikanten Einfluss auf die Biegefestigkeit von nicht gefärbtem, gealtertem Zirkonoxid ($p=0.028$). Die mit dem Speed-Programm gesinterten Proben verfügen über eine statistisch nachweisbar höhere Biegefestigkeit.

Vergleich gefärbtes Zirkonoxid ohne Alterung

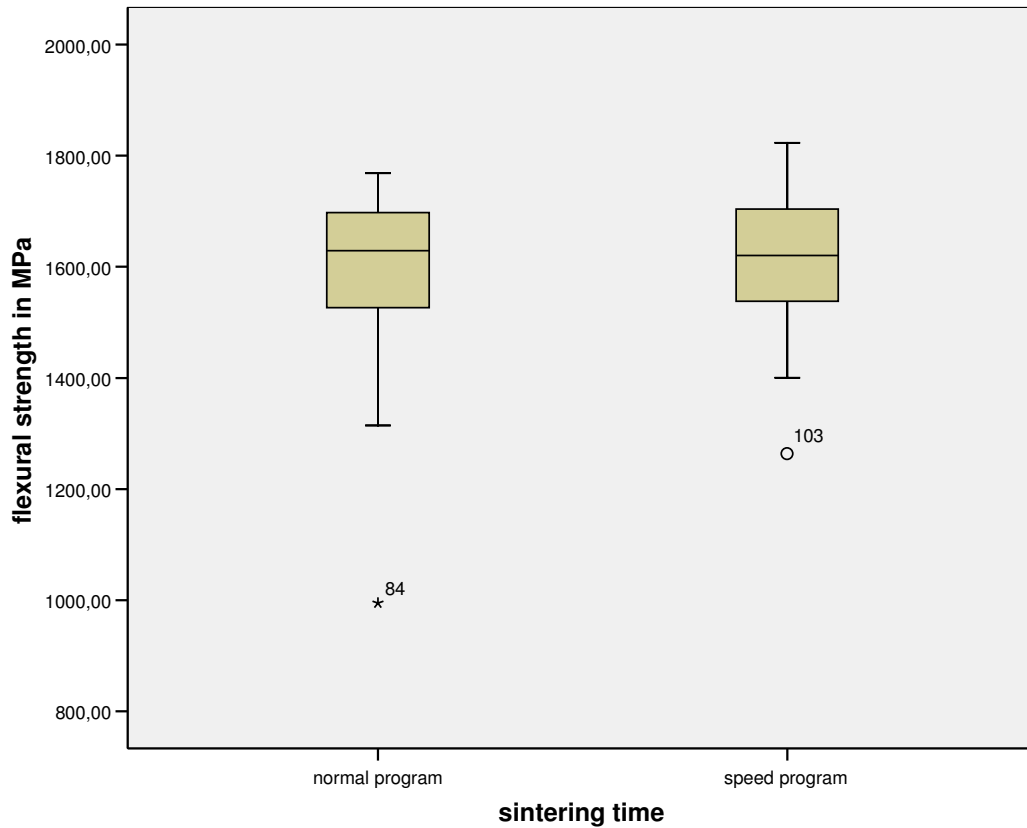


Abbildung 4: Boxplots zum Vergleich des Standard-Sinterprogramms und des Speed-Sinterprogramms bei gefärbtem, nicht gealtertem Zirkonoxid

Auf die Biegefestigkeit von gefärbten Zirkonoxid-Proben lässt sich kein Einfluss der Sintergeschwindigkeit nachweisen ($p=0,857$).

Vergleich gefärbtes Zirkonoxid nach Alterung

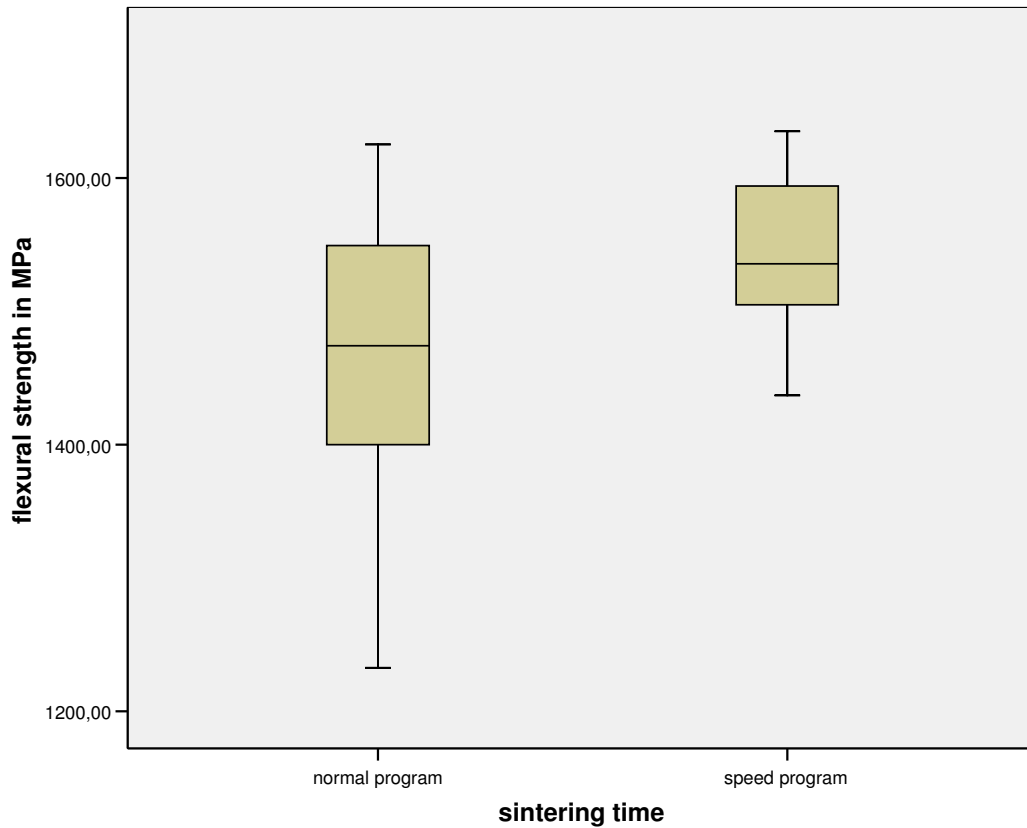


Abbildung 5: Boxplots zum Vergleich des Standard-Sinterprogramms und des Speed-Sinterprogramms bei gefärbtem, gealtertem Zirkonoxid

Der Einfluss der Sintergeschwindigkeit auf die Biegefestigkeit von gefärbten Zirkondioxid-Proben ist nach Alterung nicht statistisch nachweisbar ($p=0,130$).

4. ZUSAMMENFASSUNG:

Ausgangspunkt dieser Untersuchung war die Frage, ob sich eine Verkürzung der Sinterzeit negativ auf die Biegefestigkeit auswirken wird. Als Ergebnis der vorliegenden Ergebnisse kann dies klar verneint werden. Die Speed-gesinterten Proben verfügen teilweise sogar über höhere Biegefestigkeitswerte als die nach dem Standardprotokoll gesinterten. Die Weibull-Module m für die gealterten Proben sind aufgrund der geringen Probenanzahl nicht aussagekräftig.

Die niedrigen Standardabweichungen in allen Probengruppen sprechen zum einen für die Zuverlässigkeit des Materials, die sich auch in den relativ hohen Weibull-Modulen widerspiegelt, und zum anderen für die saubere Durchführung der Untersuchung. Die Aussagekraft und die Zuverlässigkeit der Ergebnisse sind vor diesem Hintergrund als hoch zu bewerten.

München, den 01.02.07

gez.

Dr. Florian Beuer

Oberarzt der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
der LMU München

Direktor: Prof. Dr. Dr. h.c. Wolfgang Gernet

Goethestr. 70

80336 München