

Einfluss verschiedener Sinterparameter auf Farbe, Festigkeit und Oberflächengüte dentaler Verblendkeramiken

Inaugural - Dissertation
Zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Niebuhr, geb. Rapp, Claudia Christine
aus Pforzheim

2015

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. J. Geis-Gerstorfer

2. Berichterstatter: Professor Dr. L. Pröbster

Meinen lieben Eltern

Ihr seid die Besten!

Inhalt

1 Einleitung und Problemstellung	6
2 Schrifttum	7
2.1 Dentalkeramik - Allgemeines	7
2.2 Werkstoffkundliche Grundlagen	8
2.3 Zusammensetzung Verblendkeramik	10
2.4 Brennvorgang und Brennunterlagen.....	13
2.5 Biegefestigkeit und Weibullstatistik.....	15
3 Ziele der Arbeit	17
4 Material und Methode	18
4.1 Versuchsaufbau	18
4.2 Prüfkörperherstellung	19
4.3 Brennvorgang	26
4.4 Farbmessung.....	31
4.4.1 Durchführung	31
4.4.2 Der L*a*b*-Farbraum	35
4.4.3 Delta E (ΔE).....	35
4.5 Rauheit und Krümmung	37
4.5.1 Rauheit	37
4.5.2 Krümmung.....	42
4.6 Festigkeit	44
4.6.1 Vermessen der Prüfkörper	44
4.6.2 Biaxiale Biegeprüfung	48
5 Ergebnisse	52
5.1 Brennergebnisse	52
5.1.1 Tableau Zirox – subjektive Beschreibung der Sichtungsdifferenzen.....	52
5.1.2 Tableau Zenoflex - subjektive Beschreibung der Sichtungsdifferenzen	54
5.1.3 Vergleich Zirox – Zenoflex	55
5.2 Vermessung der Prüfkörper	56
5.2.1 Probendicke.....	56
5.2.2 Durchmesser	59
5.3 Farbmessung.....	62
5.3.1 Farbtonbestimmung.....	62

5.3.2 L*a*b*-Werte (Zahn/A3)	62
5.3.3 ΔE-Werte (Gerät/Formel).....	69
5.4 Rauheit	72
5.4.1 Zirox.....	72
5.4.2 Zenoflex.....	73
5.5 Krümmung.....	75
5.6 Maximalbelastung und Biegefestigkeit	76
5.6.1 Gegenüberstellung Zirox – Zenoflex	76
5.6.2 Bruchstücke.....	83
5.6.3 Weibullmodul und Weibullfestigkeit	86
6 Diskussion.....	87
6.1 Material- und Methodenkritik.....	87
6.1.1 Bewertung Pellettor®-System	87
6.1.2 Bewertung Brennparameter	88
6.2 Ergebnisse	91
6.2.1 Herstellung und Vermessung der Prüfkörper	91
6.2.2 Farbmessung	93
6.2.3 Rauheit und Krümmung	95
6.2.4 Biegetest.....	98
6.3 Schlussfolgerungen	100
7 Zusammenfassung	101
8 Literaturverzeichnis.....	103
9 Anhang	109
9.1 Tabellen und Diagramme	109
9.2 Interview mit ZTM Markus Eichin	191
10 Danksagung	193
11 Eidesstattliche Erklärung.....	194
12 Lebenslauf.....	195

1 Einleitung und Problemstellung

Verblendkeramiken haben in den letzten Jahren im Rahmen der zahnärztlichen Restaurationsmaterialien immer mehr an Bedeutung gewonnen und stellen den wichtigsten Teil in der Kette der prothetischen Werkstoffe dar [45,10].

Da die gängigen Gerüstwerkstoffe, sowohl bei den Metallkeramik- als auch bei den Vollkeramikrestorationen keine ausreichende Ästhetik bieten, ist die Verblendkeramik verantwortlich für das optische Endresultat und muss mit ihrer Oberfläche sowohl der Masse an mechanischen Belastungen als auch den chemischen Angriffen des Mundmillieus standhalten [45,10].

Um optimale Ergebnisse zu erzielen, sind Zahntechniker neben ihrer Erfahrung auf detaillierte, materialspezifische Verarbeitungsempfehlungen von Seiten der Hersteller angewiesen. Werden diese im Praxisalltag jedoch missachtet, sei es aus Zeitmangel oder aus Unwissenheit, können wichtige Eigenschaften eines Materials wie Festigkeit, Sprödigkeit, Härte oder Farbe negativ beeinflusst werden [10].

Ziel dieser Arbeit war es, zu untersuchen, wie sich Veränderungen der Brenntemperatur und die Verwendung unterschiedlicher Brennunterlagen auf die Eigenschaften wie Farbe, Festigkeit und Oberflächengüte einer Verblendkeramik auswirken. Es galt, die Brennparameter möglichst realistisch und praxisnah zu verändern. Zu diesem Zweck wurden im Vorfeld Gespräche mit Zahntechnikern geführt, um herauszufinden, worauf im Laboralltag der Fokus gelegt wird – Herstellerempfehlung oder Erfahrungswerte, und in welchem Rahmen sich gängige Parametervariationen bewegen (exemplarisches Interview, siehe Anhang 9.2). Als Referenzwerte innerhalb der Versuchsreihen sollten stets die Ergebnisse der jeweils exakt nach Herstellerempfehlung gebrannten Kontrollcharge dienen.

Basis der Untersuchung waren zwei Verblendkeramikmassen (Wieland Dental+Technik GmbH & Co. KG, Pforzheim), die es sowohl innerhalb des jeweiligen Systems als auch miteinander zu vergleichen galt.

2 Schrifttum

2.1 Dentalkeramik - Allgemeines

Historisch betrachtet hat die heutige Dentalkeramik ihren Ursprung in der Verwendung von Porzellan (Hauptbestandteile: Kaolin, Quartz, Feldspat). Aufgrund seiner Eigenschaften eignete es sich sehr gut, echt wirkenden Zahnersatz daraus zu gestalten [45].

Porzellan bot die Möglichkeit, Zähne mit einem zahnschmelzähnlichen Erscheinungsbild nachzubilden, ist korrosionsfest und ein überaus biokompatibler Werkstoff [33]. Im Laufe der Zeit erkannte man, dass durch die Veränderung der Zusammensetzung wesentliche Eigenschaften für den Gebrauch in der Dentalindustrie optimiert werden konnten. Es wurden unzählige Untersuchungen durchgeführt und mit dem wachsenden Fundus an Wissen und Erkenntnissen wandelte sich auch die Bezeichnung, weg von Porzellan hin zu Dentalkeramik (Hauptbestandteile: Feldspat, Quartz, Aluminiumoxid) [10,33].

In den Anfängen (18. Jhd) wurden zunächst Prothesenzähne und später Porzellan-Jacket-Kronen (Charles Land, 1886) hergestellt, letztere fanden ihren Einsatz in der Frontzahnrestauration [10,33]. Da sie jedoch nicht dafür geeignet waren, okklusale Belastungen standzuhalten und ihr Einsatzbereich somit stark eingeschränkt war, erlangte die Keramik den endgültigen Durchbruch erst in den 60er Jahren mit der Entwicklung von mit Aufbrennkeramik verblendeten Metallkronen [10,33].

Bis heute ist diese Art der ästhetischen Versorgung das häufigste Anwendungsgebiet der Keramik, auch wenn sich in den letzten Jahren durch verbesserte Technik und stabiler werdende Materialien die metallfreien Vollkeramikrestaurationen, die erstmals in den 80er Jahren eingeführt wurden, mehr und mehr ihren Platz erkämpfen [10,33].

2.2 Werkstoffkundliche Grundlagen

Keramiken lassen sich nach ihren Brenntemperaturen in drei Klassen einteilen:

1 Hochschmelzende Massen (1288 bis 1371°C) - Prothesenzähne

2 Mittelschmelzende Massen (1093 bis 1260°C) - Jacket-Kronen

3 Niedrigschmelzende Massen (871 bis 1066°C) - Aufbrennkeramiken

Die heute in der Dentalkeramik verwendeten Massen lassen sich alle der dritten Klasse zuordnen.

In der Art der Restauration unterscheidet man Metallkeramik-Restaurationen von vollkeramischen Restaurationen [10].

Basis der Metallkeramik-Restaurationen ist ein Metallgerüst, auf das in mehreren Schichten Keramikmassen aufgebracht werden. Im ersten Schritt wird eine Keramikmasse aufgetragen, die die dunkle Farbe des Metallgerüsts maskieren soll (*Opaker*). Diese Schicht bindet im Optimalfall chemisch über ein sich auf der Metalloberfläche befindendes Oxid an das Gerüst. In diesem Bereich gibt es somit drei Phasen, die fließend ineinander übergehen: Metall, Metalloxid und Keramik. Alle folgenden Keramikmassen (Zahnhalssmasse, Dentinmasse, Schneidmasse) werden nun auf den Opaker geschichtet und in mehreren Bränden gesintert [10,48]. Diese Schichttechnik ermöglicht sowohl die individuelle Gestaltung der Verblendung als auch die Anpassung der optischen Eigenschaften [48].

Die Verbindung zwischen Metall und Keramik ist jedoch auch die Schwachstelle dieser Restaurationen. Wenn die Keramik abfrakturiert (*Chipping*), kommt es zu ästhetischen Einbußen und oftmals muss die Restauration unter beträchtlichem Aufwand vollständig erneuert werden. Ursachen für ein Versagen der Metall-Keramik-Bindung können zum einen eine zu schwache oder zu dicke Oxidschicht, zum anderen aber auch Frakturen innerhalb der grenznahen Keramikschicht sein [10].

Entscheidend für eine gute Bindung ist die Anpassung des Wärmeausdehnungskoeffizienten (WAK), wobei der der Keramik etwas geringer sein sollte als der des Metalls. Metall dehnt sich unter diesen Voraussetzungen während der Erhitzung stärker aus und zieht sich beim Abkühlen stärker zusammen, wobei die Keramik mitschrumpft, mehr als sie es alleine tun würde. Dadurch wird sie unter Druck gesetzt und ist resistenter gegen Rissbildungen. Da es eine Vielzahl an Gusslegierungen und Keramiken gibt, die alle unterschiedliche Koeffizienten haben, liegt es auf der Hand, dass sie nicht beliebig miteinander kombiniert werden können. Hier muss sich der Anwender auf die jeweilige Verarbeitungsempfehlung des Herstellers verlassen können [10].

Der Wunsch nach metallfreien Restaurationen wird aufgrund steigender ästhetischer Ansprüche jedoch immer größer. Inlays, Onlays, Veneers, Teilkronen und Kronen bis max. zum 2. Prämolare können aus Silikatkeramik hergestellt werden, jedoch besitzt diese keine ausreichende Biegefestigkeit (bis 250 MPa), um den Belastungen im Seitenzahngewebete standzuhalten [34]. Hier hat sich eine Kombination aus Oxidkeramikgerüsten (Aluminiumoxid, Zirkonoxid), deren Stärke ihre hohe Biegefestigkeit ist (600 bis 1100MPa), und herkömmlichen Verblendkeramiken (Silikatkeramik) bewährt [34].

Die Kernkeramik ist ausschließlich kristallhaltig und wird überwiegend durch CAD/CAM-Verfahren (Computer Aided Design / Computer Aided Machining) hergestellt, was sie zum einen deutlich belastbarer macht und zum anderen eine konstante Materialqualität sichert [18]. Jedoch kann sie nicht für die gesamte Restauration verwendet werden, da ihre ästhetischen Eigenschaften (v.a. die Transluzenz) nicht ausreichen. Verblendet werden die Gerüste mit Keramikmassen, die entweder manuell aufgetragen oder per Überpressverfahren aufgebracht werden und deren WAK auch hier zu dem der Kernkeramik passen muss [10].

Die Herstellung von vollkeramischen Restaurationen, bestehend aus einem stabilen, belastbaren Gerüst und hochästhetischen Verblendmaterialien ermög-

licht es, auch Seitenzähne metallfrei zu restaurieren, jedoch kommt die Stabilität noch immer nicht an die der Metallkeramik-Restaurationen heran.

2.3 Zusammensetzung Verblendkeramik

Werden Verblendkeramiken als Glaskeramik bezeichnet, so meint dies eigentlich einen Werkstoff, der aus einer Glasmatrix (meist Quarz), eingelagert in die keramischen Phasen (deren Gehalt stark variieren kann) besteht [48].

Keramische Phasen bestehen aus Kristallgittern, deren Struktur klar definiert ist und die für die mechanische Stabilität sorgen. Die Glasphase hingegen ist strukturlos und verbindet die einzelnen keramischen Phasen miteinander [48].

Hauptbestandteile sind Feldspat, Quarz und Kaolin.

Feldspate kommen in der Natur in Gesteinsform vor, haben einen Schmelzbereich, der zwischen 1250°C und 1550°C liegt und werden auch als Gerüstsilikate bezeichnet. Es gibt sowohl kongruent also auch inkongruent schmelzende Feldspate. Bei den inkongruent schmelzenden (z.B. Kalium-Feldspat) kommt es während des Sinterns zu einer Zersetzung. Es entsteht eine siliziumdioxidreiche Schmelze, die beim Erstarren die Glasphase bildet und ein Zerfallsprodukt - das Leuzit (KAlSi_2O_6). Leuzit bildet eine siliziumdioxidarme, kristalline Phase und sorgt dadurch, dass es in die Glasmatrix eingebettet ist, dafür, dass die Form der keramischen Masse auch während des Brennvorgangs erhalten bleibt. Außerdem erhöht es den Wärmeausdehnungskoeffizienten (WAK) [10,48].

Quarz, das ebenfalls zu den Gerüstsilikaten zählt, hat einen Schmelzbereich zwischen 1400°C und 1600°C. Es dient der Erhöhung der Glasphase, benötigt jedoch, um es zu schmelzen, die Zugabe von Netzwerkwandlern wie beispielsweise Calciumcarbonat oder Alkalioxiden. Diese lagern sich ins Quarzgitter ein und senken den Schmelzbereich [48,32]. Was bei der Herstellung der Dentalkeramik ebenfalls von großer Bedeutung ist, ist die Höhe des in natürlich vorkommendem Quarz enthaltenen Eisenanteils (sehr gering!) - je höher dieser Anteil, desto größer ist die Gefahr der Verfärbung [32].

Kaolin ist ein Gemisch aus Tonmineralien, welches man in Dentalkeramiken jedoch kaum mehr findet, da es keine ausreichende mechanische Festigkeit besitzt [48].

Zu den Nebenbestandteilen zählen Metalloxide, organische Farbstoffe, Pigmente, Flussmittel und Bindemittel.

Metalloxide haben den Zweck, die Bruchfestigkeit der Keramik zu erhöhen und den WAK an den der Dentallegierung anzugleichen. Hierzu zählen beispielsweise Aluminiumoxid, Titanoxid oder auch Zirkoniumdioxid (Gerüstkeramiken). Chemisch betrachtet gehören auch Feldspäte und Trübungsmittel dazu, jedoch werden sie bei den Verblendkeramiken nicht zu dieser Gruppe gezählt [48]. Man kann Dentalkeramiken anhand ihres Metalloxidgehalts in folgende 3 Gruppen einteilen:

- Keramik (wenig bis kein Metalloxid)
- Herkömmliche Keramiken mit Metalloxid-Zusätzen
- Metalloxidkeramiken

Mit der Zugabe von Trübungsmitteln (z.B. Mullit) können sowohl die Transparenz als auch die Opaleszenz beeinflusst werden. Entscheidend für die Menge der Trübungsmittel ist das jeweilige Einsatzgebiet der Keramiken. Opakermassen beispielsweise müssen die dunkle Farbe des Gerüsts abdecken, hier ist eine geringe Transparenz erwünscht. Mit Schmelzmassen hingegen werden die sichtbaren, den natürlichen Zähnen nachempfundenen Oberflächen gestaltet, hier sind Transparenz und Opaleszenz neben der Farbgebung die wichtigsten Parameter [48].

Organische Farbstoffe werden zugegeben, um dem Techniker die Unterscheidung der einzelnen Massen zu erleichtern. Sie verbrennen restlos.

Die Farbkennzeichnung erfolgt nach DIN EN ISO 6872 [12] wie folgt:

Dentinkeramik	<i>Rosa</i>
Schmelzkeramik	<i>Blau</i>
Stark fluoreszierende Keramik	<i>Gelb</i>
Hoch chromatische Dentinkeramik	<i>Orange</i>
Opaleszierende Schmelzkeramik	<i>Blaugrün</i>
Modifikationsschmelzkeramik	<i>Purpur</i>

Im Gegensatz dazu bleiben zugegebene Pigmente (z.B. Indium oder Chrom) während und auch nach dem Brennen erhalten und geben der Keramik ihre endgültige Farbe [48].

Flussmittel (u.a. Kaliumoxid, Natriumoxid) dienen dazu, die keramischen Massen fließfähiger zu machen und Schmelzintervalle einzelner Bestandteile, wie beispielsweise von Quarz, zu senken [48]. Durch sie bilden die restlichen Bestandteile ein nicht-kristallines Glas [10].

Bindemittel werden als Ersatz für Kaolin zugegeben, verbrennen rückstandslos und erhöhen die Bildsamkeit bei der Modellation. Verwendet werden hier Leim oder Stärke [48].

2.4 Brennvorgang und Brennunterlagen

Zu jeder Keramik gibt es eine individuelle Herstellerempfehlung, die den Anwender im Verarbeitungsprozess anleiten und ihm zu qualitativ einwandfreien Ergebnissen, sowohl was die Optik als auch die mechanischen Eigenschaften angeht, verhelfen soll. Entscheidend sind hierbei vor allem die Brennprogrammeinstellungen. Hierzu zählen beispielsweise das Aufheizintervall, die Abkühlzeit und auch die Brenntemperatur. Werden diese Parameter nach eigenem Ermessen variiert, können unkalkulierbare Veränderungen der Werkstoffeigenschaften die Folge sein.

Dass eine Veränderung der Brenntemperatur deutlichen Einfluss auf das Brennergebnis haben kann, beschreiben bereits Klinke et al. [36,38]. Durch eine leichte Erhöhung der Brenntemperatur wird die Oberflächenstruktur der gebrannten Keramik deutlich glatter [36]. Zu demselben Ergebnis kann es auch durch unbemerkte Temperaturerhöhung innerhalb der Brennkammer kommen. Es zeigte sich ebenfalls, dass der Einfluss einer Temperaturdifferenz auf niedrigschmelzende Keramik signifikant höher ist als auf herkömmliche Dentalkeramik [38].

Auch die Abkühlzeit nach dem Brennvorgang kann erheblichen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften einer Keramik haben. So kommen Anusavice et al. [1] zu dem Ergebnis, dass eine auf 45sec beschleunigte Abkühlphase (von 982°C auf 30°C) das Bruchverhalten der verwendeten 2-schichtigen Keramikprüfkörper signifikant verbessert. Eine Referenzgruppe wurde langsam abgekühlt (auf 30°C in 4 Stunden) und eine schnell (auf 30°C in 7,5min). Auch wurde aus den signifikanten Untersuchungsergebnissen geschlossen, dass die temperaturbedingten Spannungen die durch die Verformung der äußeren Keramikschicht entstehenden Oberflächenspannungen dominieren [1]. Dass eine direkte Abkühlung im Vergleich zu langsam / schnell abgekühlten Referenzgruppen deutlich bessere Biegefestigkeitswerte zur Folge hat und dass die Biegefestigkeit von der Kühltemperatur abhängt, beschreiben auch Hojjatie et al. [20].

Das Brennen von dentaler Keramik erfolgt in extra dafür konzipierten Dentalkeramiköfen, die die Möglichkeit bieten, alle herstellerepezifischen Brennparameter manuell einzustellen. Die so definierten Temperaturprofile können gespeichert und jederzeit wieder aufgerufen werden.

Von Zeit zu Zeit sollten die Ofenbrandführung und die Brennergebnisse jedoch überprüft werden.

Ob die Brandführung und damit verbunden der Brenngrad des Endprodukts noch korrekt sind, erkennt man beispielsweise optisch an einer gebrannten Krone, anhand derer man visuell die Transluzenz, den Oberflächenglanz, die Farbintensität und den Erhalt der Kantenschärfe beurteilt [9]. Dies setzt allerdings voraus, dass ein erfahrener Zahntechniker die Beurteilung vornimmt. Ob die Restauration bei Brenngradunterschieden eine Veränderung der Materialeigenschaften (z.B. WAK) erlitten hat, ist so allerdings kaum beurteilbar, dies kann nur über experimentelle Untersuchungen festgestellt werden. Bei der Herstellung von genormten Prüfkörpern macht es Sinn, sie nach dem Brand mit einem vom Hersteller bereitgestellten Referenzprüfkörper zu vergleichen.

Liegen unterschiedliche Ergebnisse im Brenngrad vor, so muss der Ofen nachkalibriert werden. Dies wird anhand eines in der DIN 13905-02 aufgeführten Brenngradbestimmungsverfahrens gemacht [8,13]. Klinke et al. kamen im Rahmen mehrerer Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass sowohl die routinemäßige Kalibrierung der Brennöfen als auch die individuelle Überprüfung der Sinterqualität die wichtigsten Bestandteile sind, um bestmögliche Qualität zu erhalten und somit die intraorale Halt- und Belastbarkeit zu optimieren [37,38].

Neben all diesen Details, die beim Brennen beachtet werden müssen, spielt auch die Brennunterlage eine entscheidende Rolle. Zu deren Auswirkung auf die Sintergüte gibt es bisher allerdings nur bedingt Literatur.

Buchheimer et al. [8] führten eine Untersuchung bezüglich des Einflusses von Brenngutträgern auf den Brenngrad von Keramik durch. Verwendet wurden ein

heller und ein dunkler Wabenträger sowie Brennwatte. Brennwatte wird hauptsächlich bei der Herstellung von Veneers oder Inlays verwendet. Sowohl helle als auch dunkle Brennträger haben Einsteckhilfen, die eine individuelle Platzierung der Restauration ermöglichen. Bei den hellen ist deren Anzahl jedoch um ein Vielfaches höher, weshalb sie beliebter bei den Anwendern sind. Fazit dieser Studie war, dass alle Brenngutträger im Vergleich Temperaturdifferenzen aufwiesen (bei Brennwatte sogar 30°C), was zeigt, dass jede Oberfläche Wärme anders aufnimmt, abgibt und speichert. Dementsprechend muss der Brenngradtest bei jedem Brenngutträger aufs Neue durchgeführt und die Brennparameter angepasst werden, um ein optimales Ergebnis zu erhalten. Tut er dies nicht, können die Brennergebnisse, auch wenn alle anderen Einstellungen vorschriftsmäßig sind, massiven ästhetischen und qualitativen Schwankungen unterliegen [8].

Zu einem ähnlichen Fazit kam auch Lehmann [39]. Im Rahmen seiner Studie untersuchte er die Abhängigkeit der Sintergüte bei Metallverblendkeramiken von der verwendeten Brennunterlage. Er kam zu dem Ergebnis, dass die Verwendung verschiedener Brenngutträger sowohl die mechanischen als auch die optischen Eigenschaften (Sinterschrumpfung, Oberflächengüte, Porosität) deutlich beeinflussen und sie in ihrer Qualität herabsetzen. Er empfiehlt abschließend, die verwendeten Keramikbrennöfen für jeden Brenngutträger neu zu kalibrieren, um eine gleichbleibende Qualität der Sinterobjekte zu gewährleisten [39].

2.5 Biegefestigkeit und Weibullstatistik

Um die Biegefestigkeit eines Werkstoffs zu ermitteln, stehen mehrere Prüfmethoden zur Wahl:

Dreipunkt-Biegeversuch (DIN EN 843-1)

Vierpunkt-Biegeversuch (DIN EN 843-1)

Biachsiale Biegeprüfung (DIN EN ISO 6872)

Die Prüfmethode der Wahl für die Biegefestigkeit keramischer Werkstoffe ist die Biaxiale Biegeprüfung nach DIN EN ISO 6872.

Hierbei wird eine den Vorgaben entsprechende Universalprüfmaschine verwendet. Der jeweilige Prüfkörper wird wie in der schematischen Darstellung auf drei Stahlkugeln konzentrisch platziert und über einen Stempel mittig bis zum Probenbruch belastet [12].

Anhand der so ermittelten Maximalbelastung F_{\max} [N] kann die Biegefestigkeit $\bar{\sigma}$ [MPa] errechnet werden. Diese ist ein Wert für die Biegespannung in einem auf Biegung beanspruchten Bauteil, bei dessen Überschreiten das Versagen durch Bruch des Bauteils eintritt [12,21].

Im Anschluss daran können die Werte in Form einer Weibullstatistik im Bruchwahrscheinlichkeits- / Belastungsdiagramm dargestellt werden.

Der **Weibullmodul m** gilt hierbei als Maß für die Streuung der Festigkeit, je kleiner der Weibullmodul, desto größer ist die Streuung der Daten und desto inhomogener ist der Werkstoff [12].

Die **charakteristische Weibullfestigkeit $\bar{\sigma}_0$ [MPa]** entspricht einer Versagenswahrscheinlichkeit von 63,2% für einen bestimmten Probekörper [12].

Die Weibull-Verteilungsfunktion verknüpft diese beiden Parameter mit der Versagenswahrscheinlichkeit P_f . Die Festigkeitswerte werden in aufsteigender Reihenfolge sortiert, nach den in DIN EN ISO 6872 beschriebenen Vorgaben in ein Diagramm eingetragen und eine Regressionsgerade durch die Punkte gelegt. Daraus können der Weibullmodul m (Geradensteigung) bestimmt und auch die charakteristische Weibullfestigkeit $\bar{\sigma}_0$ [MPa] den Vorgaben entsprechend errechnet werden [12].

3 Ziele der Arbeit

Ziel der hier vorliegenden Arbeit ist es, den Einfluss von verschiedenen Sinterparametern auf optische (Farbe) und mechanische Werkstoffeigenschaften (Oberflächengüte, Festigkeit) von Verblendkeramik zu prüfen.

Die in dieser Studie relevanten Sinterparameter sind sowohl die Brenntemperatur als auch die verwendete Brennunterlage.

Die zentralen Fragen der vorliegenden Studie sind:

1. Hat die Veränderung der Brenntemperatur (+25°C / - 25°C / -50°C) und der Brennunterlage (Wabenträger hell / Brennwatte dick / Brennwatte dünn) einen Einfluss auf
 - die Form
 - die Farbgebung
 - die Oberflächengüte (Rauheit)
 - die Maximalbelastung und die Biegefestigkeitder jeweiligen Verblendkeramik?
2. Haben die erlangten Ergebnisse eine Bedeutung für die zahntechnische Verarbeitung der Werkstoffe?

Die Ergebnisse einer ersten Sichtprüfung sollen, basierend auf Tests, die den jeweiligen Fragenstellungen entsprechen, entweder bestätigt oder widerlegt werden.

Hierzu zählen die Vermessung der Prüfkörper, Farb- und Rauheitsmessungen, die Bestimmung des Krümmungswinkels, die biachsiale Biegeprüfung und die jeweils dazu gehörende analytische Auswertung der Ergebnisse.

4 Material und Methode

Ausgangsmaterial waren folgende Keramiksysteme: Zirox und Zenoflex dimension (Wieland Dental+Technik GmbH & Co. KG, Pforzheim).

Bei beiden wurde zugunsten der Vergleichbarkeit eine Dentinmasse aus jeweils einer Charge mit demselben Farbton (A3) verwendet.

Bei ZIROX handelt es sich um eine leuzitfreie Keramik zur Verblendung von vollkeramischen Gerüsten, Zenoflex dimension hingegen ist eine leuzithaltige Keramik [51,52].

4.1 Versuchsaufbau

Für beide Keramiksysteme wurden jeweils folgende 6 Versuchsgruppen angelegt:

Gruppe 1: Regulärer Brand

Gruppe 2: überbrennen +25°C

Gruppe 3: unterbrennen -25°C

Gruppe 4: unterbrennen -50°C

Gruppe 5: auf Brennwatte (dick)

Gruppe 6: auf Brennwatte (dünn)

Jede dieser sechs Gruppen bestand aus N=30 runden Prüfkörpern (Durchmesser: 12mm, Dicke: 2mm), die mithilfe des Pelletor®-Systems (entwickelt nach DIN 13905-2 von ZTM Gerald Wölz) hergestellt wurden.

4.2 Prüfkörperherstellung

Anhand der folgenden Bilder werden zunächst alle Bestandteile des Pellettor®-Systems und die verwendeten Materialien dargestellt und benannt.



- (1) PELLETTOR®
- (2) Portionierer
- (3) Al_2O_3 -Pulverdose, Pinsel und Platinfoolie
- (4) Spatel
- (5) Pinzette
- (6) Klopfinstrument
- (7) CARVING LIQUID Keramik-Anmischflüssigkeit (Wieland Dental+Technik GmbH & Co. KG, Pforzheim)
- (8) CARAT Isolierflüssigkeit (Hager & Werken GmbH & Co. KG, Duisburg)
- (9) Edelstahlkartusche mit Kolben, Vliespapier und Unterlegblock
- (10) Schieber

Abb.1: Zur Prüfkörperherstellung verwendete Instrumente und Materialien



Abb.2: Verwendete Keramikmassen

Um mit der Herstellung der Prüfkörper beginnen zu können, musste zunächst die Edelstahlkartusche vorbereitet werden. Dazu nahm man den dazugehörigen Kolben, gab einen Tropfen der Isolierflüssigkeit darauf und verteilte diesen mit dem Pinsel auf der gesamten Oberfläche. Dann wurde der Kolben in die dafür vorgesehene Öffnung der Kartusche gesteckt und mit dem Ende des Pinsels in die Vertiefung gedrückt.



Abb.3: Aufbringen der Isolierflüssigkeit auf den Kolben

Anschließend wurde die Kartusche auf den Block mit der für den Kolben passenden Vertiefung gesetzt. Dadurch lag sie plan auf und es kam nicht zu ungewollten Verschiebungen des Kolbens während der Keramikportionierung.



Abb.4: Platzieren der Kartusche

Nun wurde mit dem Keramikportionierer das Pulver aus der jeweiligen Verpackung entnommen. Hierzu musste der Stift entlang der Führungsrille so positioniert werden, dass am unteren Ende ein Hohlraum entstand.



Abb.5: Stiftpositionierung



Abb.6: Hohlraum für die Pulveraufnahme

Der Portionierer musste so gehalten werden (am besten zwischen Daumen und Mittelfinger), dass der Zeigefinger den Stift fixieren konnte. Der Portionierer wurde nun mit dem Hohlraum voran in den Keramikbehälter gedrückt bis man einen deutlichen Widerstand des Pulvers spürte. Jetzt war die richtige Menge an Keramikpulver im Hohlraum vorhanden.



Abb.7: Pulveraufnahme

Um Unregelmäßigkeiten zu vermeiden, wurde überschüssiges Pulver am Packungsrand leicht abgestriffen, um einen planen Abschluss zu erhalten.



Abb.8: Abstreifen von überschüssigem Pulver



Abb.9: Mit Pulver gefüllter Hohlraum

Das aufgenommene Keramikpulver wurde in den Hohlraum der Kartusche eingebracht, indem der Führungsstift entlang der Rille geführt und nach unten gedrückt wurde, bis der gesamte Hohlraum entleert war.



Abb.10: Einbringen des Pulvers in den Kartuschenhohlraum

Angemischt wurde das Ganze mit der dazugehörigen Modellierflüssigkeit. Das Gemisch wurde mit dem dünnen Ende des Spatels verrührt, bis eine homogene Masse entstanden war (die Menge der Anmischflüssigkeit musste stets dieselbe sein). Anschließend wurde mit dem Klopfer seitlich leicht an die Kartusche geklopft, um einen gewissen Grad der Vorverdichtung zu erreichen.

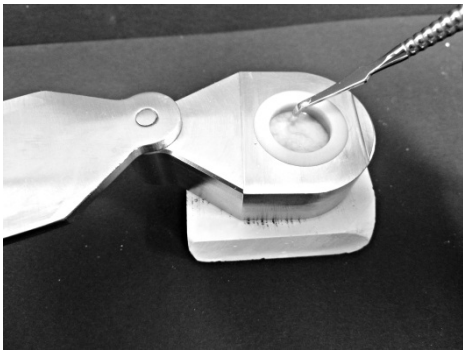


Abb.11: Pulver wird verrührt

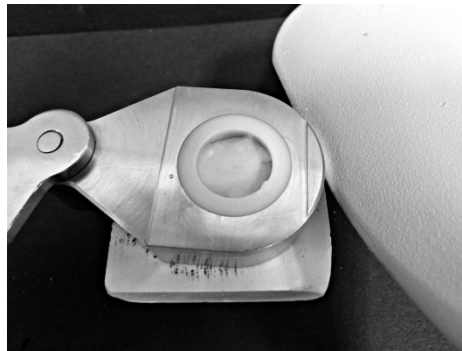


Abb.12: Pulver wird verdichtet

Nun wurden zwei der vorgestanzten Vliespapiere übereinander und auf die Vertiefung mit dem Keramikschlicker gelegt, so dass die komplette Vertiefung abgedeckt war. Die Kartusche wurde geschlossen und um 180° gedreht.

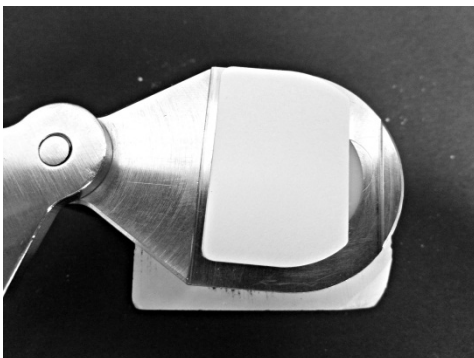


Abb.13: Aufgelegtes Vliespapier



Abb.14: Verschließen der Kartusche

Die Kartusche musste bis zum Anschlag in den Pelletor® geschoben werden, der Schlagbolzen muss sich dabei in der oberen Position befinden.



Abb.15: Pelletor® mit eingeführter Kartusche



Abb.16: Gelöster Schlagbolzen

Der Schlagbolzen wurde nun aus seiner Verriegelung gelöst, entlang der Führungsrinne bewegt und über der Kartusche nach unten fallen gelassen. Dieser Vorgang wurde ca. dreimal wiederholt, bis sich das dabei ertönende Geräusch nicht mehr dumpf anhörte.

War dieser Vorgang abgeschlossen, wurde der Schlagbolzen wieder in seiner Ausgangsposition fixiert, die Kartusche entnommen und geöffnet. Das Vliespapier hatte die überschüssige Flüssigkeit nun aufgenommen. Mit der flachen Seite des Spatels wurde zunächst das obere Papier abgenommen und dann, unter vorsichtigem, beidseitigem Lösen, auch das untere.



Abb.17: Lösen des oberen Vliespapiers

Wurde das Vliespapier gleichmäßig abgenommen und beim Verdichten kein Material aus dem Hohlraum gepresst, schaute man nun auf die gleichmäßige Oberfläche des entstandenen Grünlings.

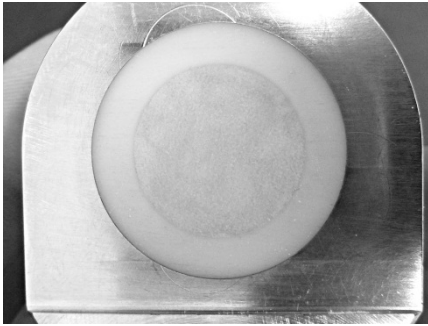


Abb.18: Grünling in der Hohlform

Nun wurde der Kolben von unten so lange nach oben gedrückt, bis er mit samt dem Grünling aus dem Hohlraum austrat.

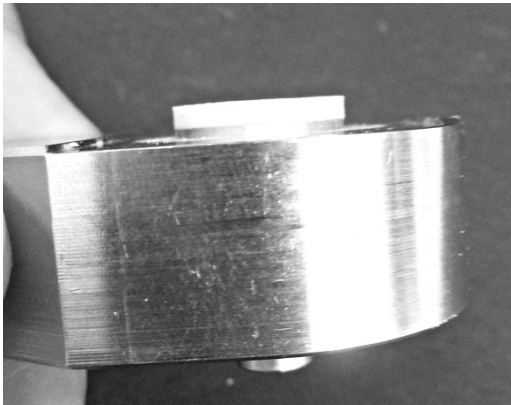


Abb.19: Gepresster Grünling auf dem Kolben

Im nächsten Schritt wurde der Grünling mit dem Schieber vom Kolben geschoben, mit dem Spatel aufgenommen und auf die vorbereitete Platinfoolie gelegt.



Abb.20+21: Abnehmen des Grünlings mit dem dafür vorgesehenen Schieber

Die Platinfolie wurde zuvor mit ein wenig Al_2O_3 -Pulver bestäubt, um den fertigen Prüfkörper nach dem Brennen gut lösen zu können.

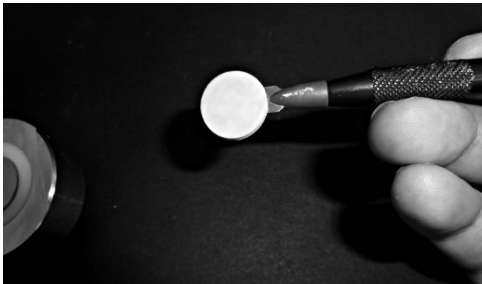


Abb.22: Transportieren des Grünlings zur Platinfolie mittels Spatel



Abb.23: Grünling auf bestäubter Platinfolie

Nun wurde der Prüfkörper mitsamt der Platinfolie auf einem Brenngutträger platziert.

4.3 Brennvorgang

Für die Gruppen 1 bis 4 wurde ein heller, wabenförmiger Brenngut-Träger (Megadental GmbH, Büdingen) verwendet. Die Platinfolien mit den Prüfkörpern wurden auf je 4 in Form eines Quadrats angeordneten Brennstiften (Renfert GmbH, Hilzingen) platziert. Pro Brenndurchgang konnten 3 Prüfkörper fertiggestellt werden.

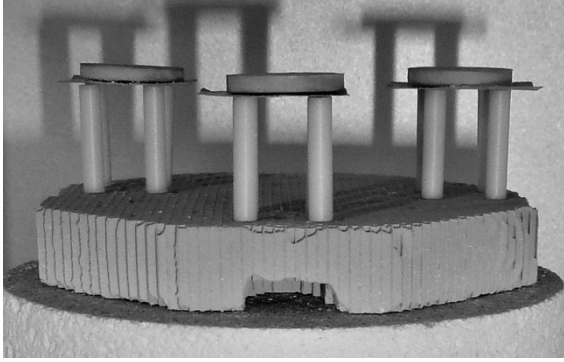


Abb.24: Platzierte Grünlinge auf dem Brenngutträger

Der von uns verwendete Dentalkeramikofen war das Modell AUSTROMAT 654 pres-i-dent (DEKEMA GmbH, Freilassing). Es handelt sich hierbei um einen Kombiofen, der sowohl zum Pressen als auch zum Brennen von Dentalkeramik unter Vakuum geeignet ist [28].



Abb.25 + 26: DEKEMA Keramikofen

Der Wabenträger wurde auf die dafür vorgesehene Fläche des Brenntischs gestellt.

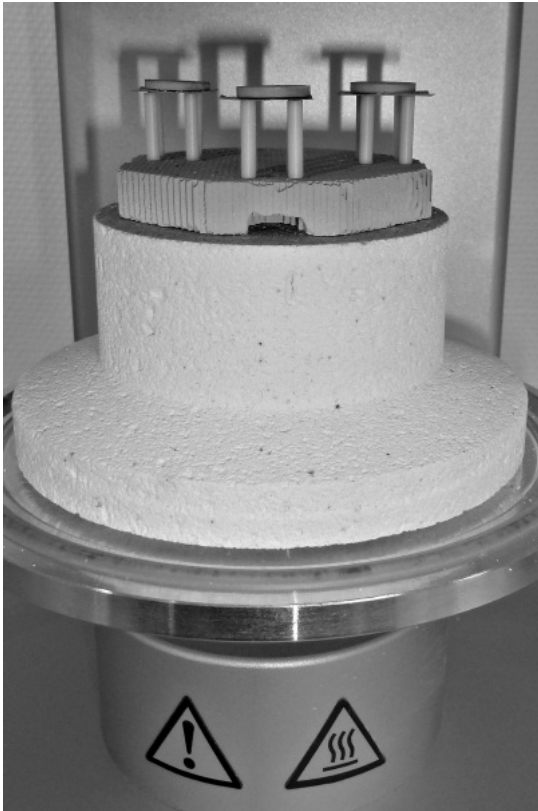


Abb.27: Wabenträger auf dem Brenntisch

Beim Herstellen der Prüfkörper für Gruppe 5 (Brennwatte dick) wurde ein Stück einer ca. 10mm dicken Brennwatte (Megadental GmbH, Büdingen) durch Zurechtschneiden in eine dem Wabenträger entsprechende Form gebracht und direkt auf diesem platziert. Grund für den Verzicht auf Keramikpins war vor allem, dass sich die Prüfkörper sonst zu nah am Hitzezentrum befunden hätten und die Brennsituation so nicht mehr mit der der Gruppen 1-4 vergleichbar gewesen wäre. Der zweite Grund war, dass nach Aussage einiger Zahntechniker die Brennwatte im täglichen Gebrauch grundsätzlich direkt auf den Wabenträger gelegt wird. Somit entspricht dieser Aufbau der Verwendung von Brennwatte im Laboralltag. Die Grünlinge wurden ohne Platinfolie direkt auf der Brennwatte platziert. Auch dies entspricht nach Aussagen der befragten Zahntechniker der Vorgehensweise beim Brennen von kleinen Keramikrestorationen wie beispielsweise Inlays.

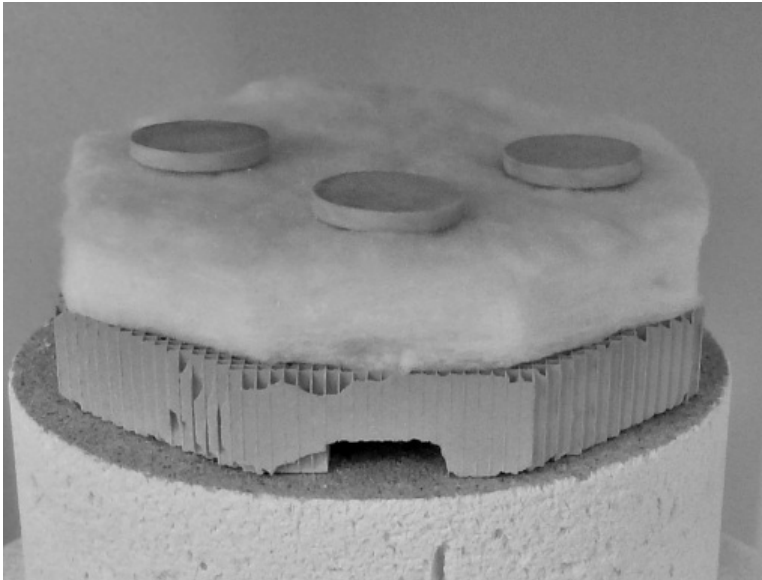


Abb.28: Auf dicker Brennwatte platzierte Grünlinge

Für Gruppe 6 wurde eine ca. 1 mm dicke Schicht der Brennwatte abgenommen und in ca. 1 x 1 cm große Vierecke geschnitten (entsprechend der Größe der Platinfolie). Die Wattedvierecke wurden, wie bei den Gruppen 1-4, auf 4 Brennstiften platziert. Zusätzlich wurde mittig ein fünfter Stift platziert, um ein Absinken der Brennwatte zu verhindern. Die Grünlinge wurden anschließend direkt oben aufgelegt. Dieser Versuchsaufbau entspricht der Empfehlung des Ofenherstellers bei Verwendung von Brennwatte.

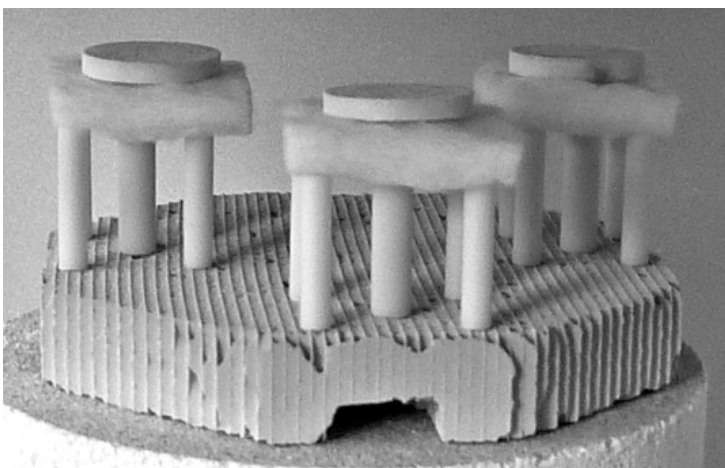


Abb.29: Auf dünner Brennwatte platzierte Grünlinge

Für das Brennen der Grünlinge der Gruppen 1,5 und 6 wurden die vom Hersteller empfohlenen Einstellungen des Programms „Dentinbrand 1 regulär“ gewählt, bei den Gruppen 2,3 und 4 wurde die Brenntemperatur dem Versuchsaufbau entsprechend angepasst.

Tabelle 1: Brennprogrammeinstellungen Zirox

	Dentinbrand 1 (regulär)	Überbrennen +25°C	Unterbrennen -25°C	Unterbrennen -50°C		MM:SS
Trocknen						09:00
Schließen						--:--
Vorwärmen	575°C	575°C	575°C	575°C		--:--
Brenntemperatur	900°C	925°C	875°C	850°C	45°C/min	02:00
Abkühlen						--:--
Entspannen						04:00
VAC					100%	--:--

Tabelle 2: Brennprogrammeinstellungen Zenoflex

	Dentinbrand 1 (regulär)	Überbrennen +25°C	Unterbrennen -25°C	Unterbrennen -50°C		MM:SS
Trocknen						09:00
Schließen						--:--
Vorwärmen	575°C	575°C	575°C	575°C		--:--
Brenntemperatur	900°C	925°C	875°C	850°C	45°C/min	02:00
Abkühlen						--:--
Entspannen						--:--
VAC					100%	--:--

4.4 Farbmessung

4.4.1 Durchführung

Die Farbmessung wurde durchgeführt mit dem Farbmessgerät Shadepilot (DeguDent GmbH, Hanau-Wolfgang), das anhand von digitalen Bildern die Auswertung einzelner Prüfkörper ermöglicht [11].



Abb.30: Farbmessgerät Shadepilot

Zunächst wurde die Farbkalibrierung durchgeführt. Nach der Freigabe konnte der Scanvorgang beginnen.



Abb.31+32: Scanner und die dazugehörige Kalibrierungsstation

Vorab wurde zur Probe ein Prüfkörper auf 3 verschiedenfarbigen Untergründen (weiß, schwarz und grau) gescannt, um zu prüfen, ob die Farberkennung dadurch beeinflusst wird. Ergebnis dieses Vorversuchs war, dass nur bei weißem Untergrund, auch nach mehrfacher Wiederholung des Scanvorgangs, der korrekte, der Keramik entsprechende Farbton (A3) konstant angezeigt wurde. Bei den beiden anderen Untergründen variierte der Farbton von Messung zu Messung erheblich (B3, D3, D4) und zeigte kein konstantes Ergebnis. Alle Prüfkörper wurden dementsprechend auf weißem Untergrund gescannt. Während des Scanvorgangs lagen sowohl der Prüfkörper als auch das Gerät plan auf der Unterlage auf.

Jede Scandatei wurde zunächst unter dem Bildschirmmodul „Farbe“ nach folgendem Schema benannt, abgespeichert und der Prüfkörper beschriftet:

Beispiel:	ZIR 1/25
Materialabkürzung	ZIR = Zirox ZENO = Zenoflex
Gruppennummer	1 = regulärer Brand 2 = überbrennen +25°C 3 = unterbrennen -25°C 4 = unterbrennen -50°C 5 = auf Brennwatte (dick) 6 = auf Brennwatte (dünn)
Probennummer	1 - 30



Abb.33: Die beim Prüfkörperscan erscheinende Maske

Auf dem Display konnten nun für jeden Prüfkörperscan verschiedene Auswertungsmodulare aufgerufen werden. Für die hier zu ermittelnden Ergebnisse waren zwei Unterpunkte des Moduls „Farbe“ relevant. Zum einen die Auswertung des Durchschnittsfarbtone des Prüfkörpers und zum anderen die Detailfarbverteilung.

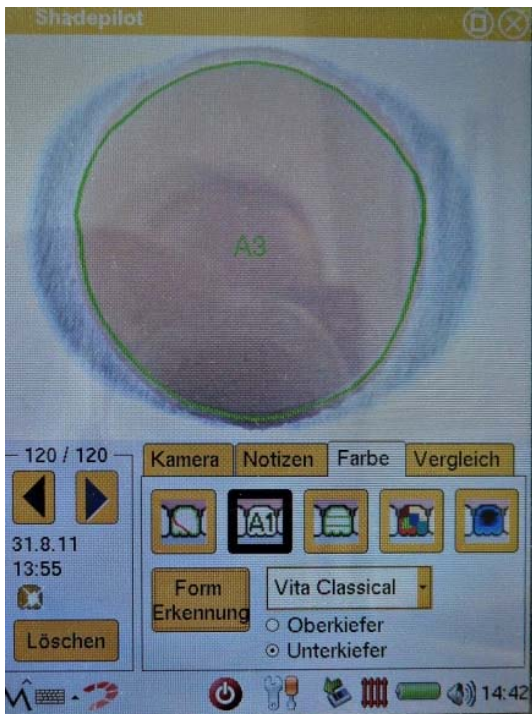


Abb.34:
Ansicht des Moduls „Durchschnittsfarbtone“



Abb.35:
Ansicht des Moduls „Detailfarbverteilung“

Anhand der detaillierten Aufschlüsselung der Farbverteilung konnte man erkennen, in welchem Bereich die Hauptfarbe (A3) angesiedelt war. Dort wurde ein beliebiger Punkt mithilfe des zum Gerät gehörenden Markerstifts ausgewählt und es wurden die dazugehörenden L*a*b*-Werte angezeigt. Pro Prüfkörper wurde dieser Vorgang an 3 Stellen innerhalb der Hauptfarbe wiederholt und die dazugehörenden Werte für die spätere Auswertung dokumentiert.

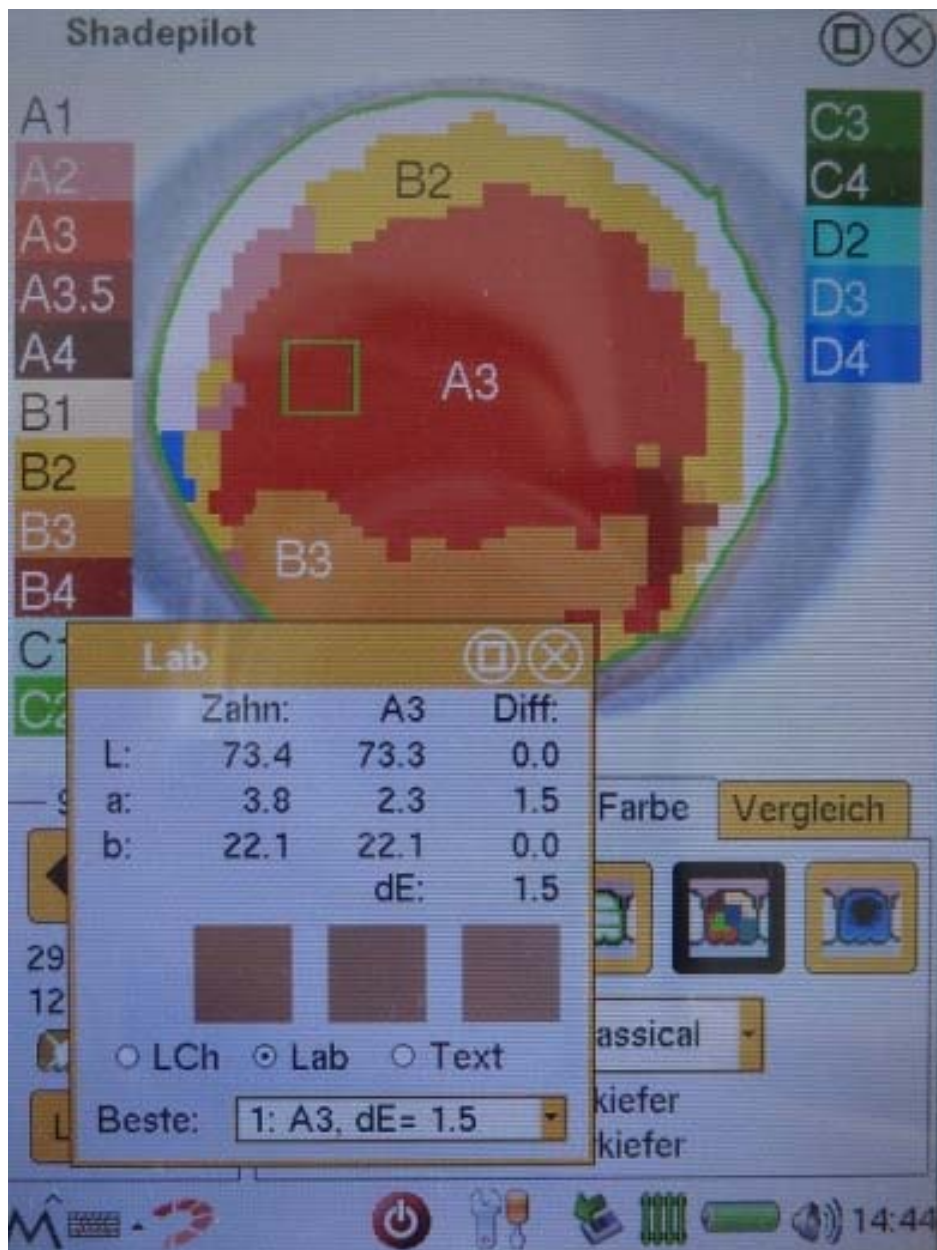


Abb.36: L*a*b*-Werte eines beliebig ausgewählten Punktes, der sich innerhalb des rot markierten Bereichs (Hauptfarbe A3 des Prüfkörpers) befindet

4.4.2 Der L*a*b*-Farbraum

Das Lab-Farbsystem dient dazu, Farben unabhängig von ihrer Erzeugung und Wiedergabetechnik zu definieren (nach der dazugehörigen DIN-Norm 6174). Es basiert auf der Gegenfarbtheorie und enthält alle wahrnehmbaren Farben, von denen jede durch einen Farbart mit den Koordinaten L, a und b definiert ist. Auf der a-Achse liegen sich die Farben Grün und Rot gegenüber, die Skala geht von -150 (negativ = grün) bis +100 (positiv = rot) und stellt die Grün- und Rotanteile einer Farbe dar. Auf der b-Achse liegen sich die Farben Blau und Gelb gegenüber. Die Skala geht von -100 (negativ = blau) bis +150 (positiv = gelb) und stellt die Blau- und Gelbanteile einer Farbe dar. Die L-Achse steht senkrecht auf der durch die a- und b-Achse gebildete Ebene und gibt die Helligkeit (Luminanz) wieder. Sie wird auch als ‚Neutralgrauachse‘ bezeichnet und geht von L = 0 (schwarz) bis L = 100 (weiß). All diese Koordinaten orientieren sich an den physiologischen Eigenschaften der menschlichen Wahrnehmung (Farbwahrnehmung) und basieren nur mittelbar auf physikalischen Farbvalenzen (Farbmetrik). Das System ermöglicht somit, dass die berechneten Farbabstände noch nicht perfekt, jedoch gut angenähert den visuell wahrgenommenen Farbabständen entsprechen [24].

Die natürlich vorkommenden Zahnfarben sind innerhalb dieses Farbraums in einem bananenförmigen Sektor mit den L*a*b*-Eckwerten 78 / 1 / 12 und 62 / 6 / 31 angesiedelt [2].

4.4.3 Delta E (ΔE)

ΔE ist ein Maß für den empfundenen Farbabstand, der möglichst von den meisten Menschen gleich wahrgenommen werden sollte, und dient der Quantifizierung von Arbeiten mit Farben [22]. Jedoch gibt ΔE nicht an, in welche Richtung die Farbabweichung geht, diese Informationen werden angegeben durch die Parameter L, a und b [3].

Den ΔE -Wert errechnet man mithilfe folgender Formel:

$$\Delta E_{p,v} = \sqrt{(L_p - L_v)^2 + (a_p - a_v)^2 + (b_p - b_v)^2}$$

L_p, a_p und b_p sind die vorgegebenen Soll-Werte für die entsprechende Farbe, L_v, a_v und b_v sind die gemessenen Ist-Werte. Das Ergebnis entspricht dem euklidischen Abstand der Lab-Werte und wird nach folgender Einteilung interpretiert:

Tabelle 3: Bewertungsskala der ΔE -Werte [22]

ΔE	BEWERTUNG
0,0 – 0,5	Kein bis fast kein Unterschied
0,5 – 1,0	Unterschied für das geübte Auge eventuell bemerkbar
1,0 – 2,0	Merklicher Farbunterschied
2,0 – 4,0	Wahrgenommener Farbunterschied
4,0 – 5,0	Wesentlicher Farbunterschied, der selten toleriert wird
> 5,0	Differenz wird als andere Farbe bewertet

4.5 Rauheit und Krümmung

Zur Bestimmung der Rauheitswerte und der Krümmungskurven wurde das Oberflächenmessgerät Perthometer PRK (Mahr GmbH, Göttingen) verwendet.



Abb.37: Oberflächenmessgerät Perthometer PRK



Abb.38+39: Detailansicht Perthometer PRK

4.5.1 Rauheit

Zunächst wurde der Prüfkörper mittels Knetmasse auf einem Objektträger fixiert und mithilfe einer Druckstempelvorrichtung (Leitz, Wetzlar) durch Druck von oben parallel zur Trägerebene ausgerichtet.



Abb.40: Druckstempelvorrichtung

Der so vorbereitete Träger wurde nun unter der noch nicht nach unten gefahrenen Tastnadel platziert und mithilfe von Knetmasse am Untergrund befestigt. Dies sollte ein Verrutschen des Objektträgers während des Messvorgangs verhindern.

Mithilfe des dazugehörigen PC-Programms wurde die Nadel positioniert und bis zu einem Wert von $0 \pm 10\mu\text{m}$ heruntergefahren.

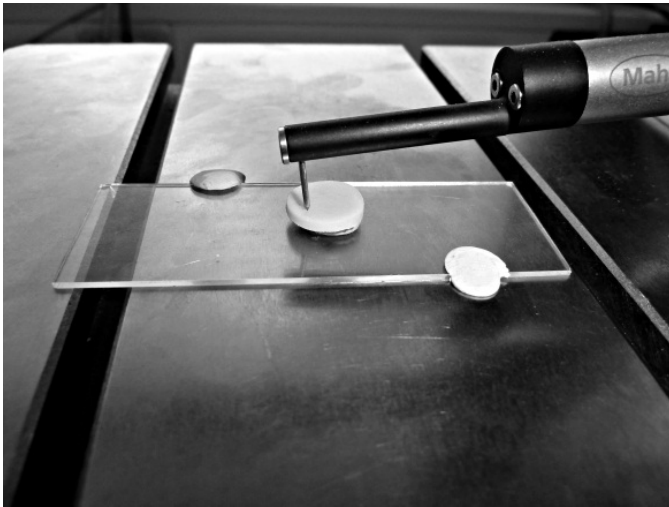


Abb.41: Platziertes Träger mit dem darauf fixierten Prüfkörper und der bis auf die Prüfkörperoberfläche heruntergefahrenen Tastnadel

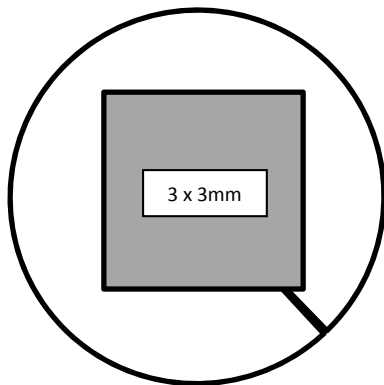


Abb.42: Schematische Darstellung des Messbereichs auf der Prüfkörperoberfläche

Die Tastfläche hatte eine Größe von 3 x 3 mm. Innerhalb dieses Quadrats wurden 121 Profile mit einem Punktabstand von 0,5 mm erstellt. Der Messbereich lag hierbei zwischen +250 und -250 μm .

Nach Abschluss der Profilanalyse wurde der abgefahrte Bereich graphisch dargestellt. Nachfolgend sollen drei Beispiele die Vielfältigkeit der Profile zeigen.

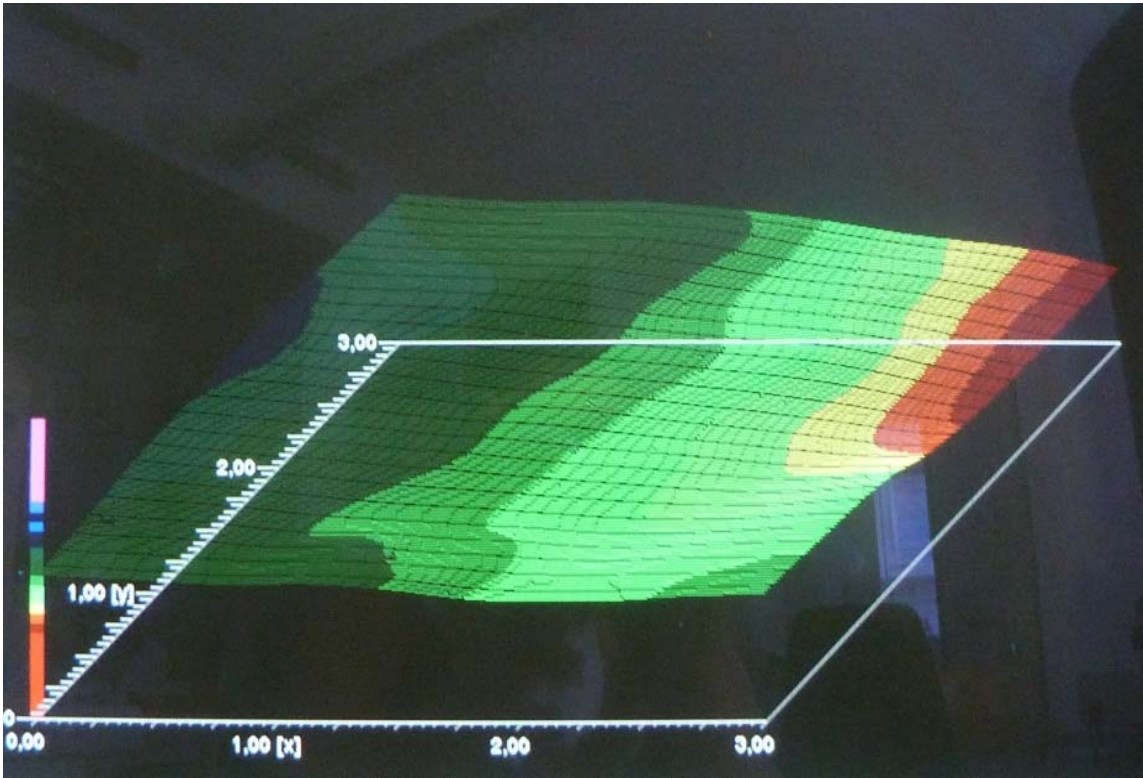


Abb.43: Profilanalyse Beispiel 1

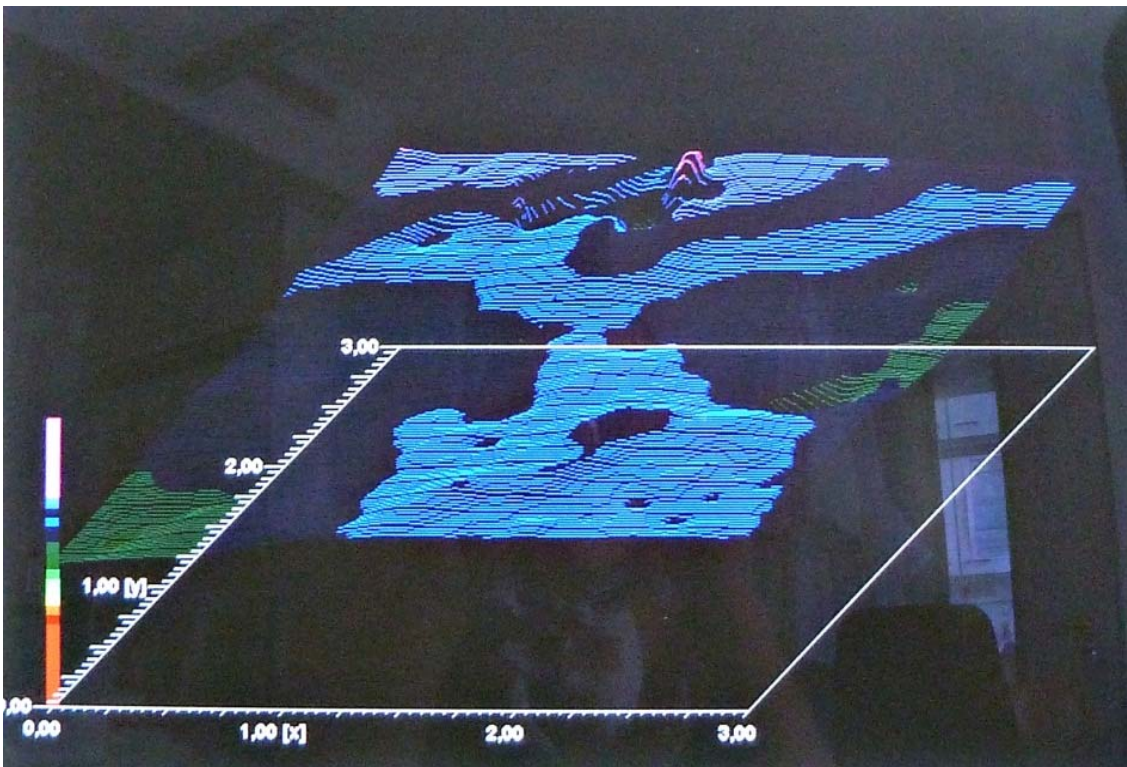


Abb.44: Profilanalyse Beispiel 2

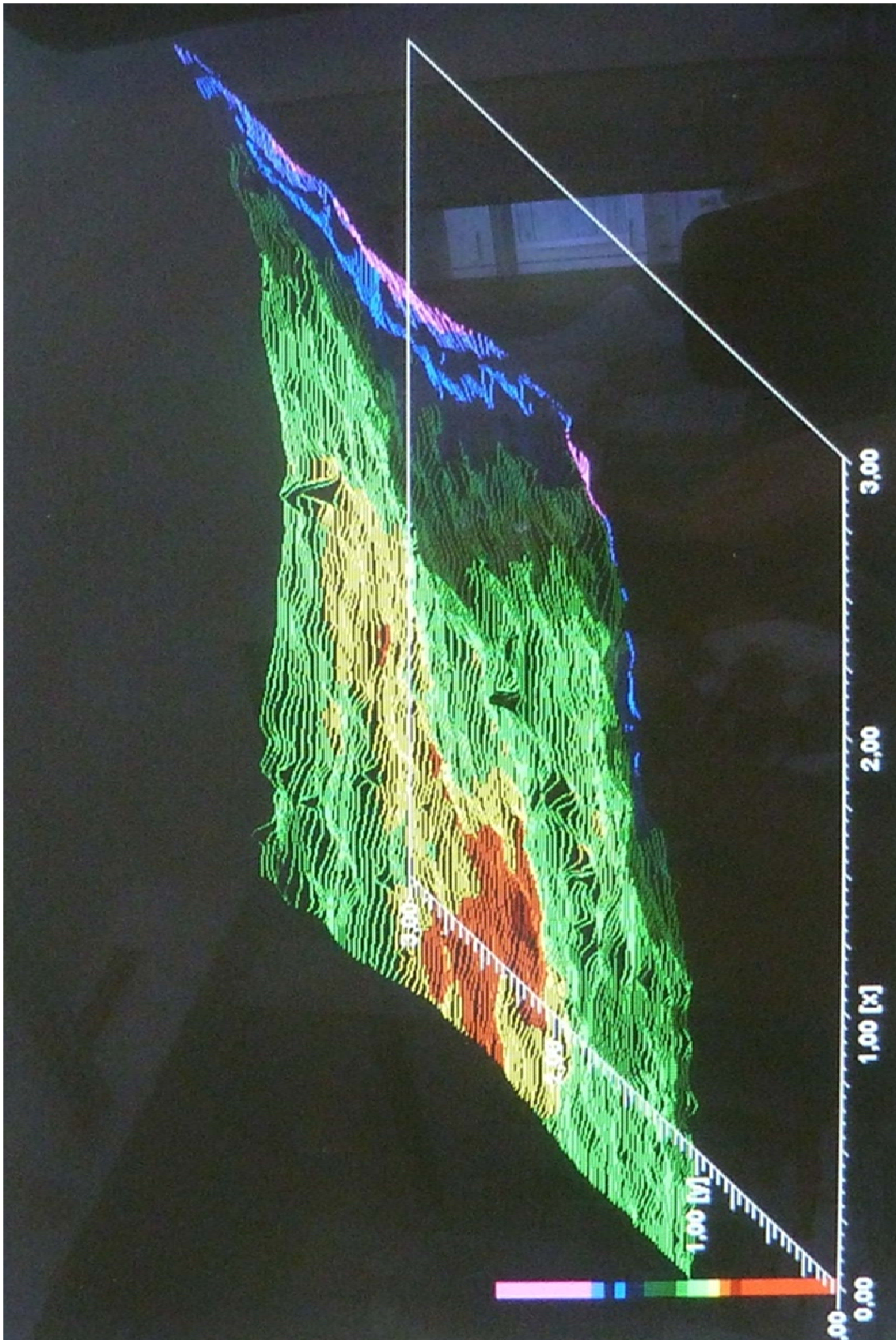


Abb.45: Profilanalyse Beispiel 3 (gedreht)

4.5.2 Krümmung

Die für die Bestimmung des Krümmungswinkels notwendige Kurve wurde exemplarisch für jeweils 3 Proben der Serien 1,5 und 6 dargestellt. Pro Probe wurden 3 Kurven aufgezeichnet. Aufgrund der, vor allem bei den Serien 5 und 6 sehr ausgeprägten und unregelmäßigen Krümmung war es nicht möglich, eine Messung über den vollen Durchmesser durchzuführen. Dementsprechend ging sie lediglich über die maximal mögliche Distanz von jeweils 6 mm.

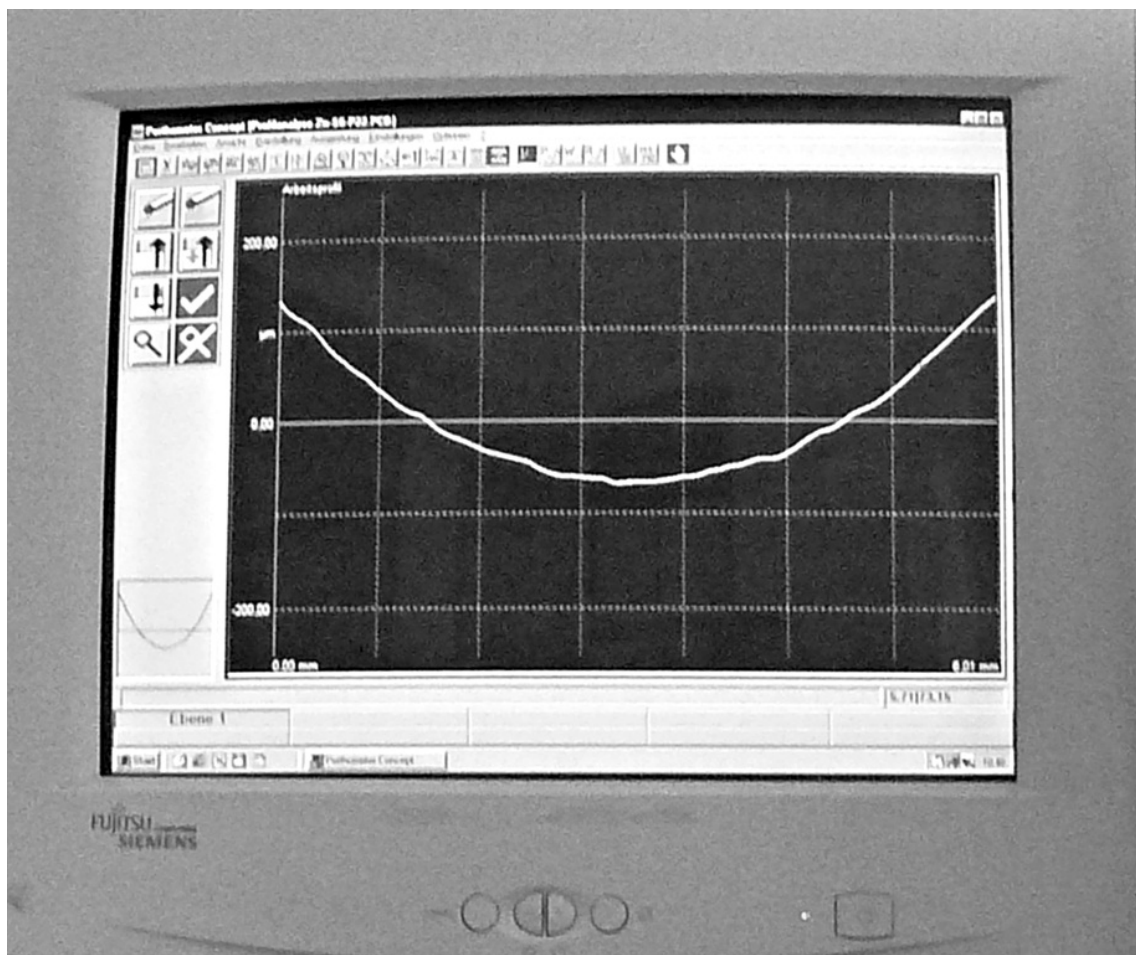
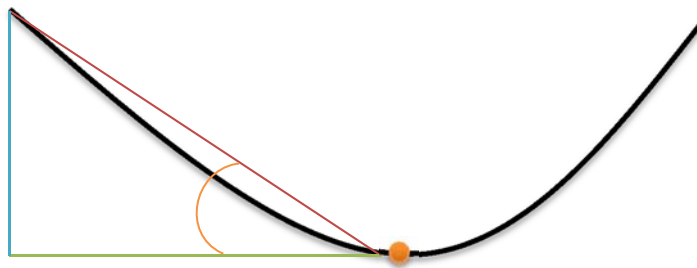


Abb.46: Beispiel einer Krümmungsanalyse




 = tiefster Punkt der Kurve

Abb.47: Schematische Darstellung der verwendeten Messstrecken zur Ermittlung der jeweiligen Krümmungswinkel

Für alle Kurven wurde eine einheitliche Methode der Messstreckenbestimmung angewandt. Bei dieser wurde zunächst der x-Wert des tiefsten Punkts (in mm) innerhalb der gemessenen 6 mm ermittelt. Der Ankathetenwert (grüne Strecke) ergab sich somit wie folgt:

$$\text{Winkel 1 (links)} \quad = \quad 0 \text{ mm} + \text{x-Wert (Tiefpunkt)}$$

$$\text{Winkel 2 (rechts)} \quad = \quad 6 \text{ mm} - \text{x-Wert (Tiefpunkt)}.$$

Der Wert der Gegenkathete (blaue Strecke) war gegeben durch den ersten beziehungsweise den letzten Messwert (abzulesen auf der y-Achse) abzüglich des zum Tiefpunkt gehörenden y-Werts. Lag der Tiefpunkt im negativen Bereich, musste der Betrag des dazugehörigen y- Werts dementsprechend dazu addiert werden.

Der Winkel α ergab sich somit aus der Gleichung: $GK / AK = \tan \alpha$

4.6 Festigkeit

4.6.1 Vermessen der Prüfkörper

Pro Prüfkörper wurden sowohl der Durchmesser als auch die Dicke an 3 unterschiedlichen Stellen ($\pm 0,01$ mm) gemessen. Das hierzu verwendete Gerät war der ProMax Messschieber (Fowler High Precision, Massachusetts).

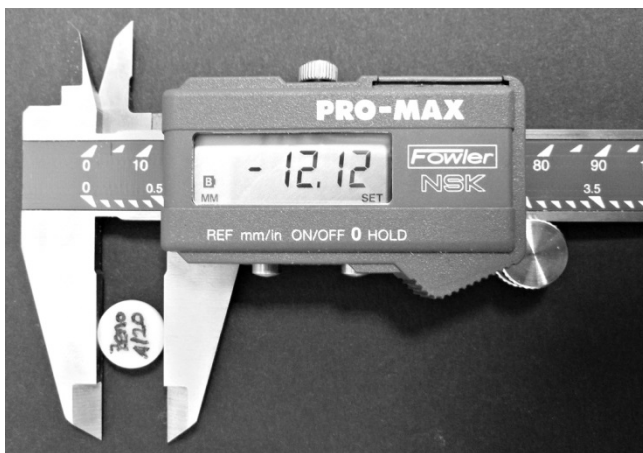


Abb.48: Der Durchmesser des Prüfkörpers wird an einer beliebig gewählten Stelle gemessen.



Abb.49: Der Durchmesser des Prüfkörpers wird an einer weiteren Stelle gemessen.



Abb.50: Der Durchmesser des Prüfkörpers wird an einer dritten Stelle gemessen.

Bei der Bestimmung der Probendicke war eine Messung über den gesamten Prüfkörper nicht möglich, da die Krümmung vor allem bei den Gruppen 5 und 6 zu einer signifikanten Verfälschung im Sinne einer Erhöhung der Werte geführt hätte.

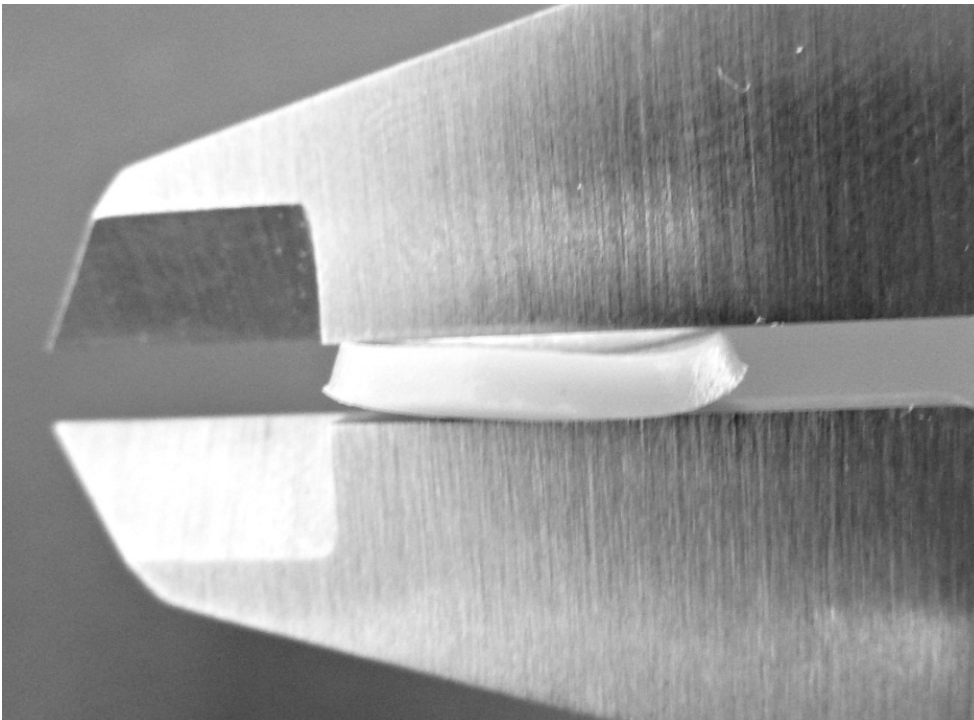


Abb.51: Die Messung der Probendicke über die gesamte Breite eines Prüfkörpers

Deshalb wurde der Messschieber im Randbereich an einer möglichst planen Stelle angesetzt, wo beide Arme des Schiebers die Oberfläche des Prüfkörpers gleichmäßig berührten.



Abb.52: Ansetzen des Messschiebers zur Bestimmung der Probendicke im Randbereich eines Prüfkörpers

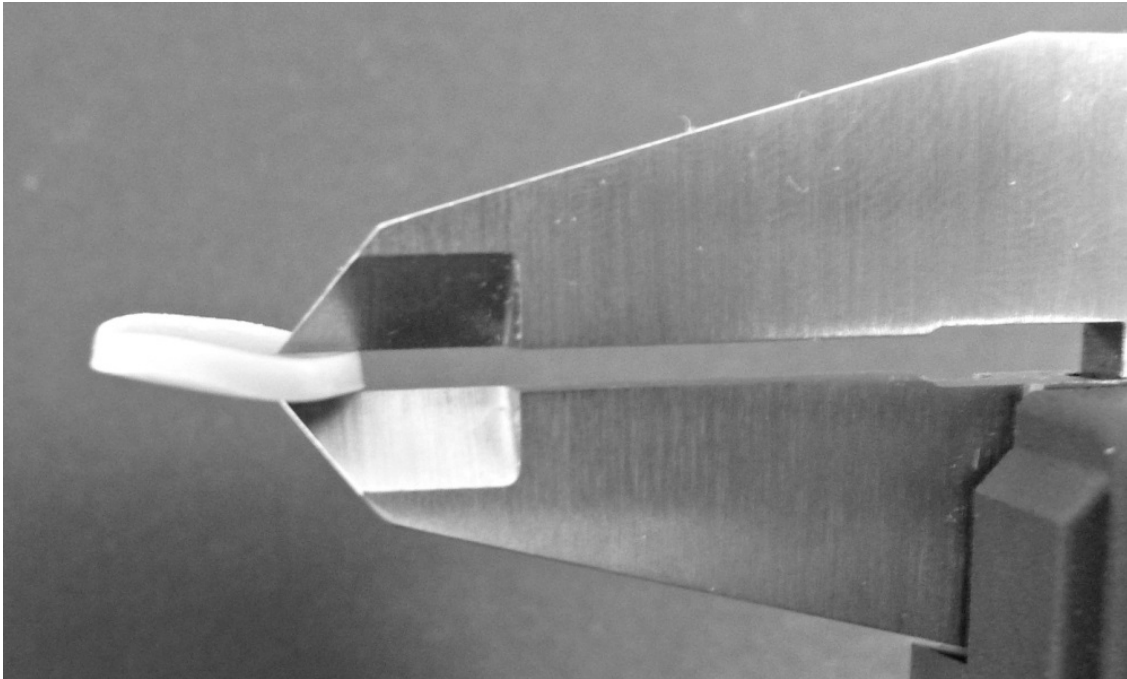


Abb.53: Die Probendicke des Prüfkörpers wird an drei beliebig gewählten, möglichst planen Stellen gemessen.

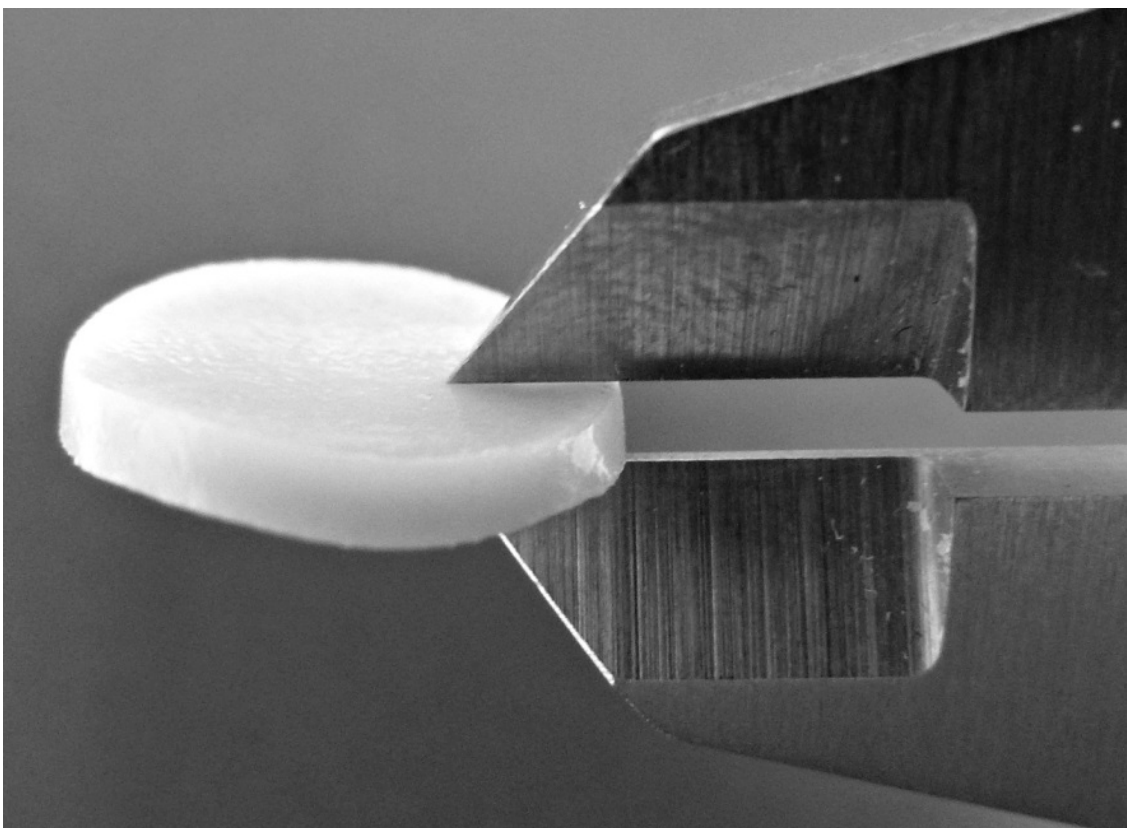


Abb.54: Detailansicht der exemplarisch dargestellten Messstelle im Randbereich

4.6.2 Biachsiale Biegeprüfung

Nach Abschluss der Messungen wurde jeder Prüfkörper mithilfe der Universalprüfmaschine Z010 (Zwick GmbH & Co.KG, Ulm), mit der man Zug-, Druck- und Biegeversuche unter statischen Bedingungen durchführen kann, dem biachsialen Biegetest nach DIN EN ISO 6872 unterzogen [29].

Im Rahmen der Messung wurde der Prüfkörper zunächst auf drei Stahlkugeln gelagert. Ein Druckstempel (\varnothing 1,5 mm) belastete diesen dann mittig bis zum Probenbruch. Der Stempelvorschub betrug hierbei nach DIN EN ISO 6872 1 mm / min. Die Messung erfolgte mit einer 10 kN-Kraftmessdose, wobei für diesen Test eine Obergrenze des Messbereichs von 1000 N festgelegt wurde.

Die für die Koordination und die Auswertung verwendete Software testXpert 12.0 (Zwick GmbH & Co.KG, Ulm) ermittelt die Maximalbelastung F_{max} [N] beim Bruch eines jeden einzelnen Prüfkörpers. Anhand dieser Werte, die mithilfe des Programms Excel 2007 (Microsoft, Richmond, USA) strukturiert dokumentiert wurden, konnte die Biegefestigkeit $\bar{\sigma}$ [MPa] errechnet werden.

Folgende Formel wurde nach DIN EN ISO 6872 hierzu verwendet:

$$\bar{\sigma} = -0,2387P(X - Y) / b^2$$

Dabei ist

$\bar{\sigma}$ die maximale Zugspannung in der Mitte [MPa]

P die beim Bruch gemessene Gesamtkraft [N]

$$X = (1+\nu) \ln(r_2 / r_3)^2 + [(1-\nu) / 2](r_2/r_3)^2$$

$$Y = (1+\nu) [1 + \ln(r_1/r_3)^2] + (1-\nu)(r_1/r_3)^2$$

b die Dicke des Probekörpers am Bruchsprung [mm]

Dabei ist

ν die Poisson'sche Querkontraktionszahl (wenn der Wert für die betreffende Dentalkeramik nicht bekannt ist, wird $\nu = 0,25$ verwendet)

hier: $\nu = 0,25$

r_1 der Radius des Unterstützungskreises, in mm

hier: $r_1 = 5 \text{ mm}$

r_2 der Radius des belasteten Bereichs, in mm

hier: $r_2 = 0,75 \text{ mm}$

r_3 der Radius des Probekörpers, in mm

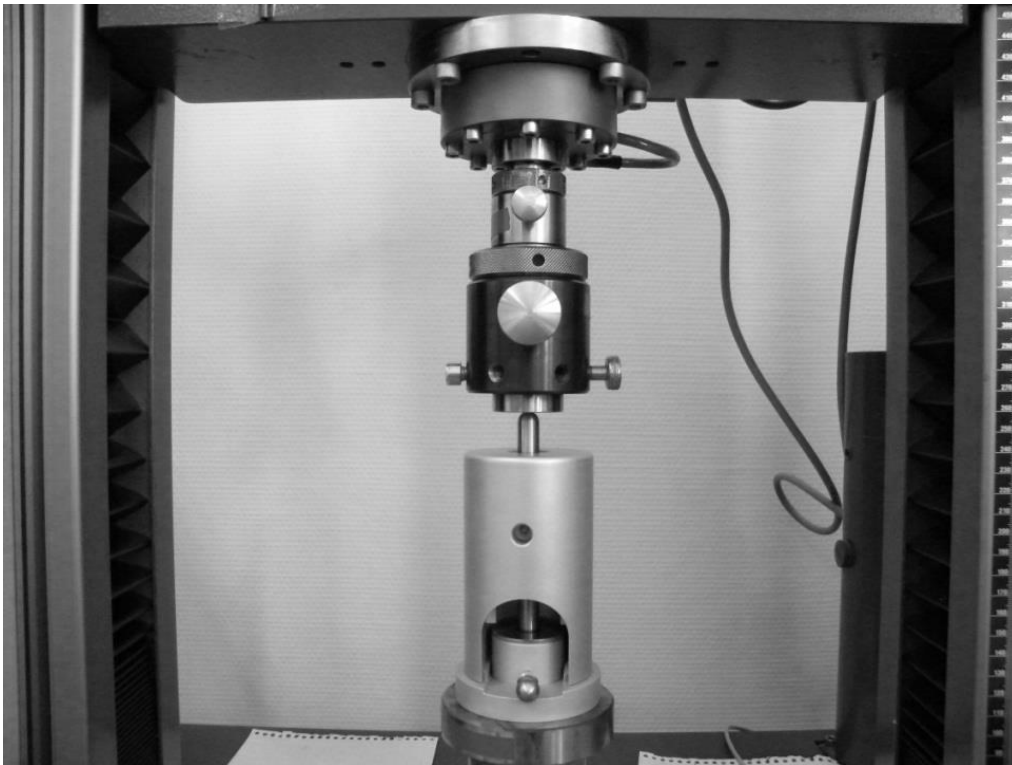


Abb.55: Universalprüfmaschine Z10



Abb.56: Vorrichtung für den biachsialen Biegeversuch



Abb.57: Vorrichtung zur Prüfkörperlagerung

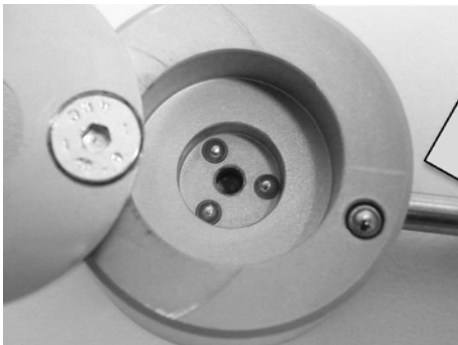


Abb.58: Vergrößerte Ansicht der Vertiefung zur passgenauen Platzierung der Prüfkörper auf drei Stahlkugeln



Abb.59: Druckstempel mit Gehäuse



Abb.60: Gebrochener Prüfkörper nach Belastung mittels Druckstempel

Im Zuge dieses Versuchsaufbaus wurden nach jedem Probenbruch die entstandenen Bruchstücke gezählt und deren Anzahl dokumentiert, um eventuelle Zusammenhänge mit der Veränderung der Brennparameter zu erkennen. Bei jenen Prüfkörpern, bei denen es zum Chipping kam, wurde auf ein Zählen und Dokumentieren der Abplatzungen verzichtet, da hier keine aussagekräftigen, vergleichbaren Ergebnisse zu erwarten waren.

5 Ergebnisse

5.1 Brennergebnisse

5.1.1 Tableau Zirox – subjektive Beschreibung der Sichtungsdifferenzen

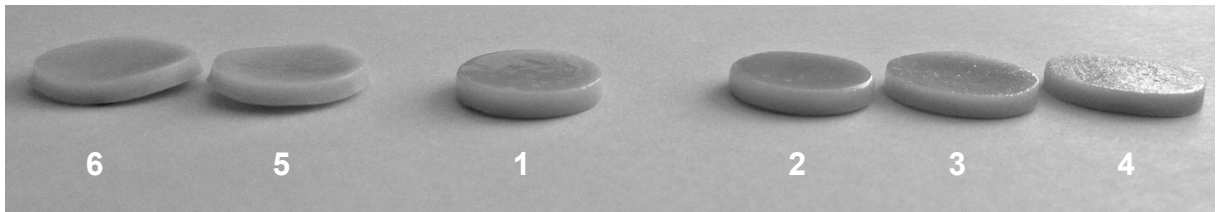


Abb.61: Tableau Zirox (Ansicht von vorne),
exemplarisch ausgewählte Prüfkörper, den jeweiligen Gruppen entsprechend nummeriert

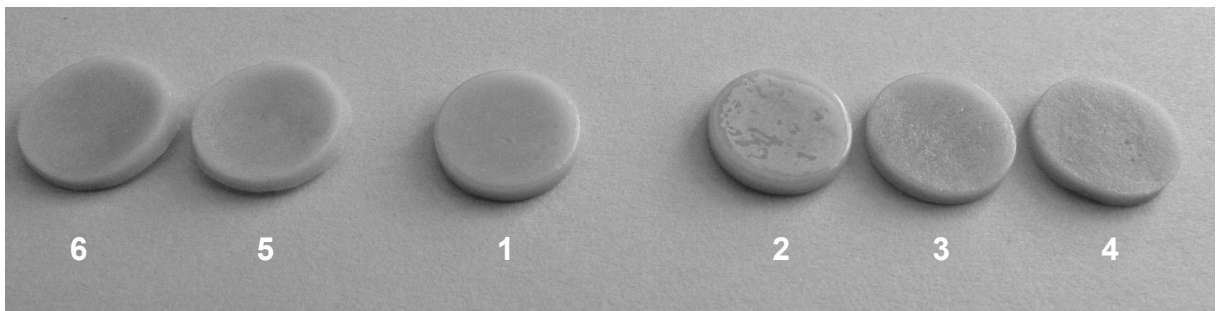


Abb.62: Tableau Zirox (Ansicht von oben)

Oberfläche

Im Vergleich zu den regulär gebrannten Prüfkörpern (Gruppe 1) wirkte die Prüfkörperoberfläche der Gruppe 2 (+25°C) deutlich glatter und glänzender, die der Gruppen 3 (-25°C) und 4 (-50°C) rauer und grobkörniger. Die Oberflächengüte der Prüfkörper der Gruppen 5 und 6 war vergleichbar mit der der Gruppe 4, jedoch waren hier die Kanten deutlich schärfer konturiert.

Dicke

Im Vergleich zu den Prüfkörpern der Gruppe 1 waren die der Gruppe 2 etwas dicker, die der Gruppen 3,4,5 und 6 geringfügig dünner.

Durchmesser

Im Vergleich zu den Prüfkörpern der Gruppe 1 wirkten die der Gruppe 2 kleiner, die der Gruppen 3 und 4 etwas größer. Bei den Gruppen 5 und 6 waren die einzelnen Durchmesser sehr unterschiedlich, da so gut wie alle Prüfkörper stark von der ursprünglichen Kreisform abwichen, insgesamt aber wirkten sie deutlich größer als die der Gruppe 1.

Krümmung

Augenscheinlich zeigte sich bei den Gruppen 5 und 6 eine im Vergleich zu den plan aufliegenden Prüfkörpern der Gruppen 1-4 eine deutliche, meist unregelmäßige Krümmung, die von Prüfkörper zu Prüfkörper unterschiedlich stark ausgeprägt war.

5.1.2 Tableau Zenoflex - subjektive Beschreibung der Sichtungsdifferenzen

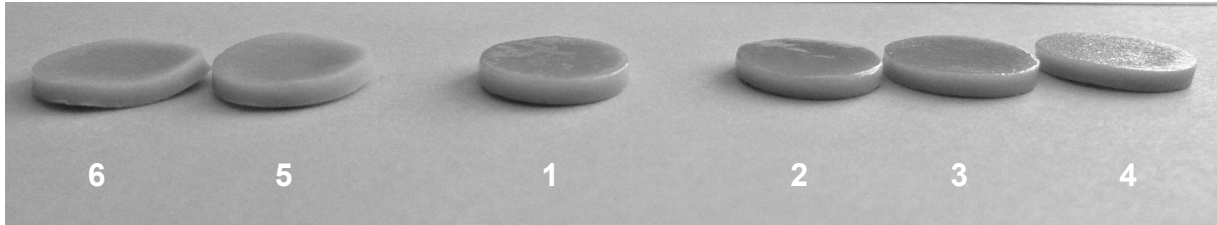


Abb.63: Tableau Zenoflex (Ansicht von vorne),
exemplarisch ausgewählte Prüfkörper, den jeweiligen Gruppen entsprechend nummeriert

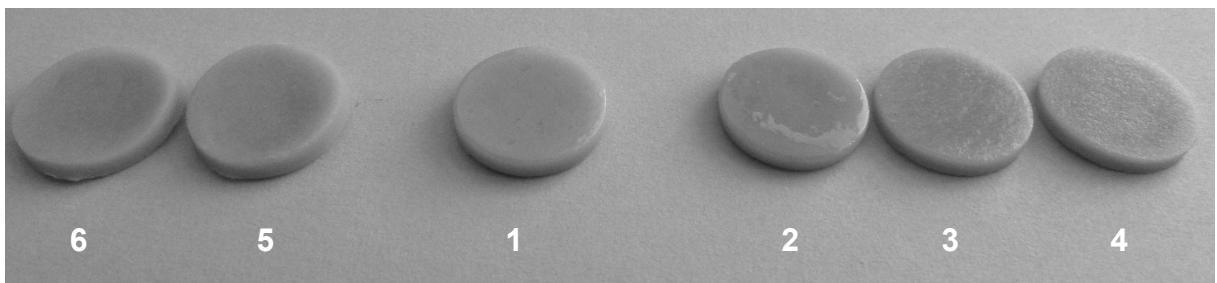


Abb.64: Tableau Zenoflex (Ansicht von oben)

Oberfläche

Im Vergleich zu den regulär gebrannten Prüfkörpern der Gruppe 1 wirkte die Prüfkörperoberfläche bei der zweiten Gruppe deutlich glatter und glänzender, die der Gruppe 3 hingegen etwas und die der Gruppe 4 deutlich rauher und grobstrukturierter. Die Qualität der Prüfkörperoberfläche bei den Gruppen 5 und 6 war vergleichbar mit der der vierten Gruppe.

Dicke

Im Vergleich zu den regulär gebrannten Prüfkörpern wirkten die der Gruppen 2-6 geringfügig dünner.

Durchmesser

Die Prüfkörper der Gruppe 2 wirkten insgesamt kleiner, die der Gruppen 3 und 4 etwas größer, vor allem bei denen der Gruppe 4 waren die Kanten deutlich weniger abgerundet, was diesen Eindruck noch verstärkte. Bei den Gruppen 5 und 6 waren die einzelnen Durchmesser sehr unterschiedlich, da so gut wie alle Prüfkörper stark von der ursprünglichen Kreisform abwichen, insgesamt aber wirkten auch sie deutlich größer als die der ersten Gruppe.

Krümmung

Bei den Prüfkörpern der Gruppen 5 und 6 zeigten sich im Vergleich zu denen der Gruppen 1-4 deutliche Krümmungen ohne erkennbare Regelmäßigkeit

5.1.3 Vergleich Zirox – Zenoflex

Die subjektiven Eindrücke bezüglich der Oberfläche, des Durchmessers und der Krümmung waren bei beiden Keramiksystemen vergleichbar.

Bei beiden Systemen hatte eine Erhöhung der Brenntemperatur (Gruppe 2) eine glattere bzw. feinere Oberflächenstruktur und eine Abnahme des Durchmessers zur Folge. Bei den Gruppen 3 und 4, bei denen die Brenntemperatur um 25°C bzw. 50°C abgesenkt wurde, wirkte die Oberfläche rauer bzw. grobstrukturiert und der Durchmesser größer.

Ebenso zeigte sich bei allen Prüfkörpern der Gruppen, die auf Brennwatte gebrannt wurden (Gruppen 5 und 6) trotz der empfohlenen Brenntemperatur eine mit den Gruppen 3 und 4 vergleichbare, grobstrukturierte Oberfläche. Außerdem prägten die Zunahme des Durchmessers und vor allem die im Vergleich zur Prüfkörperform der Referenzgruppe 1 deutlich erkennbaren Deformationen den Eindruck dieser beiden Gruppen. Lediglich in puncto Dicke unterschied sich der subjektive Eindruck: Die Prüfkörper der Gruppe 2 (Zenoflex) wirkten dünner als die der Gruppe 1, beim Zirox System war es umgekehrt.

5.2 Vermessung der Prüfkörper

Jeder Prüfkörper wurde vermessen und die Ergebnisse zu Mittelwerten zusammengefasst.

5.2.1 Probendicke

5.2.1.1 Zirop

Tabelle 4: Zirop - Mittelwerte und Standardabweichungen der Probendicke [mm] bei $n = 90$

<i>Gruppennummer</i>	<i>\bar{x} t[mm]</i>	<i>s t[mm]</i>
Gruppe 1 (reg)	2,18	0,09
Gruppe 2 (+25°)	2,22	0,08
Gruppe 3 (-25°)	1,81	0,14
Gruppe 4 (-50°)	1,84	0,04
Gruppe 5 (BW dick)	1,82	0,05
Gruppe 6 (BW dünn)	1,86	0,05

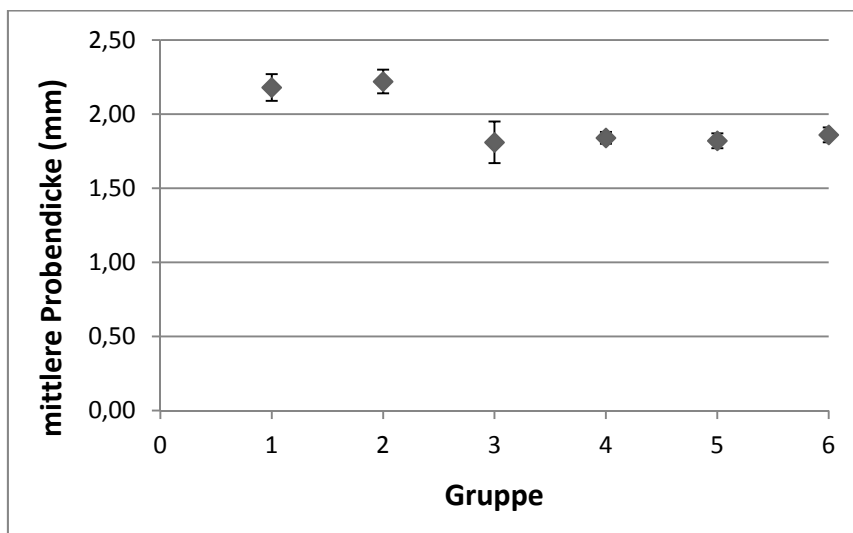


Abb. 65: Zirop - Diagramm zur Darstellung der in Tabelle 4 zusammengefassten Mittelwerte und Standardabweichungen der Probendicke [mm]

Die Prüfkörper der Gruppe 1 sind im Mittel 2,18 mm dick.

Die Prüfkörper der Gruppe 2 liegen mit durchschnittlich 2,22 mm leicht über diesem Wert, die der Gruppe 3 (\varnothing 1,81 mm) und Gruppe 4 (\varnothing 1,84 mm) liegen deutlich darunter. Die Prüfkörper der Gruppen 5 und 6 sind im Mittel mit einer Differenz von 0,36 mm bzw. 0,32 mm ebenfalls dünner als die der Gruppe 1.

Die gemittelte Standardabweichung ist mit einem Wert von 0,14 mm bei Gruppe 3 am größten, bei Gruppe 4 ist sie mit 0,04 mm am geringsten.

5.2.1.2 Zenoflex

Tabelle 5: Zenoflex - Mittelwerte und Standardabweichungen der Probendicke [mm] bei n = 90

Gruppennummer	\bar{x} t[mm]	s t[mm]
Gruppe 1 (reg)	2,17	0,09
Gruppe 2 (+25°)	1,99	0,07
Gruppe 3 (-25°)	1,88	0,04
Gruppe 4 (-50°)	1,86	0,07
Gruppe 5 (BW dick)	1,86	0,09
Gruppe 6 (BW dünn)	1,83	0,05

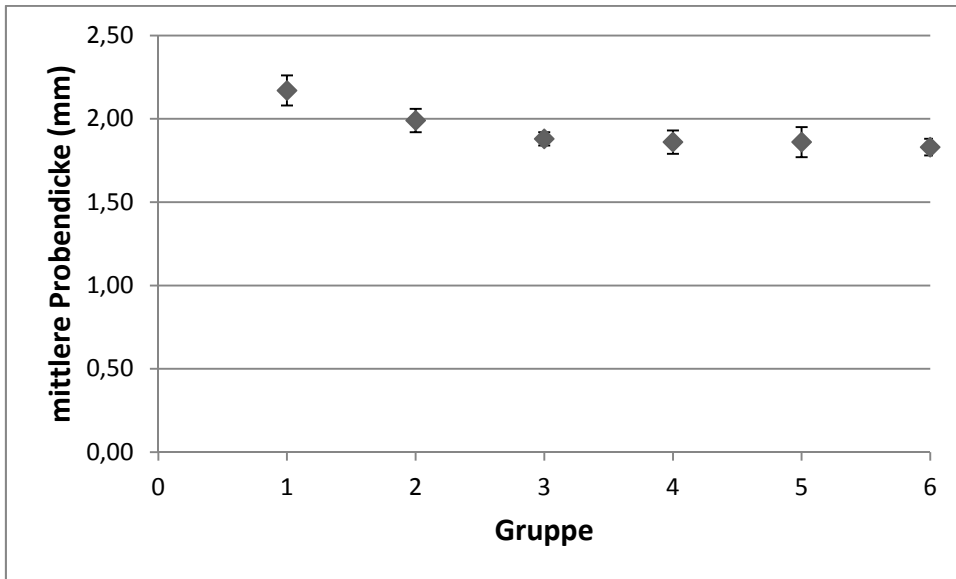


Abb. 66: Zenoflex - Diagramm zur Darstellung der in Tabelle 5 zusammengefassten Mittelwerte und Standardabweichungen der Probendicke [mm]

Bei den Vermessungen der Zenoflex-Prüfkörper ergaben sich folgende Mittelwerte: Die Prüfkörper der Gruppe 1 sind im Schnitt 2,17 mm dick. Die Mittelwerte der Gruppe 2 (1,99 mm), Gruppe 3 (1,88 mm), Gruppe 4 (1,86 mm), Gruppe 5 (1,86 mm) und Gruppe 6 (1,83 mm) liegen alle unter diesem Wert.

Die gemittelte Standardabweichung ist mit einem Wert von 0,09 mm bei Gruppe 1 am größten, bei Gruppe 3 mit 0,04 mm am geringsten.

5.2.2 Durchmesser

5.2.2.1 Zirox

Tabelle 6: Zirox - Mittelwerte und Standardabweichungen der Probendurchmesser [mm] bei n = 90

<i>Gruppennummer</i>	<i>x d[mm]</i>	<i>s d[mm]</i>
Gruppe 1 (reg)	12,21	0,05
Gruppe 2 (+25°)	11,99	0,05
Gruppe 3 (-25°)	12,22	0,10
Gruppe 4 (-50°)	12,36	0,04
Gruppe 5 (BW dick)	12,72	0,11
Gruppe 6 (BW dünn)	12,81	0,10

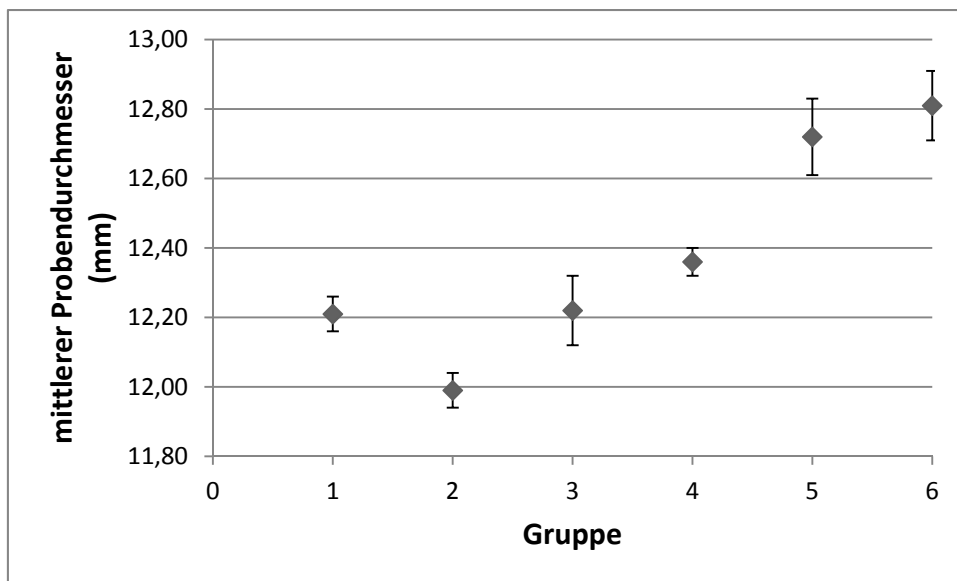


Abb. 67: Zirox - Diagramm zur Darstellung der in Tabelle 6 zusammengefassten Mittelwerte und Standardabweichungen der Probendurchmesser [mm]

Die Prüfkörper der Gruppe 1 haben im Schnitt einen Durchmesser von 12,21 mm. Die Prüfkörper der Gruppe 2 liegen mit einem Durchmesser von \varnothing 11,99 mm unter diesem Wert. Die Prüfkörper der Gruppe 3 (\varnothing 12,22 mm) lie-

gen mit einer Differenz von 0,01 mm nur minimal und die der Gruppe 4 (\emptyset 12,36 mm) deutlich über dem Wert der regulär gebrannten Gruppe 1. Im Vergleich sind sowohl die Werte der Gruppe 5 (\emptyset 12,72 mm) als auch die der Gruppe 6 (\emptyset 12,81 mm) am deutlichsten erhöht, sowohl im Vergleich zur Gruppe 1 als auch zu den anderen Gruppen.

Die gemittelte Standardabweichung ist bei Gruppe 4 am geringsten (0,04 mm) und bei den Gruppen 3 (0,10 mm), 5 (0,11 mm) und 6 (0,10 mm) am größten.

5.2.2.2 Zenoflex

Tabelle 7: Zenoflex - Mittelwerte und Standardabweichungen der Probendurchmesser [mm] bei n = 90

Gruppennummer	$\bar{x} d[mm]$	$s d[mm]$
Gruppe 1 (reg)	12,26	0,07
Gruppe 2 (+25°)	11,97	0,06
Gruppe 3 (-25°)	12,34	0,05
Gruppe 4 (-50°)	12,45	0,06
Gruppe 5 (BW dick)	12,71	0,13
Gruppe 6 (BW dünn)	12,74	0,09

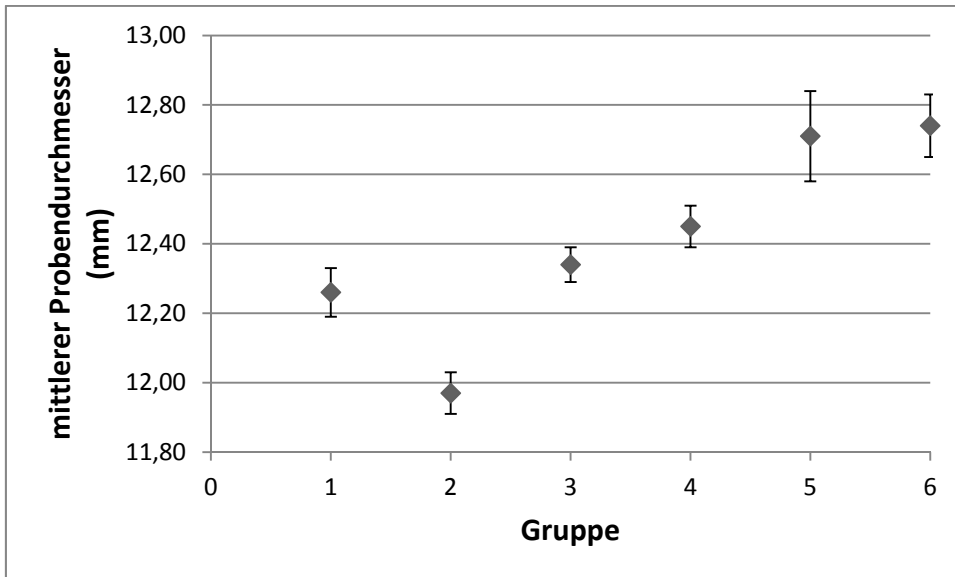


Abb. 68: Zenoflex - Diagramm zur Darstellung der in Tabelle 7 zusammengefassten Mittelwerte und Standardabweichungen der Probendurchmesser [mm]

Die Prüfkörper der Gruppe 1 haben im Schnitt einen Durchmesser von 12,26 mm. Die Prüfkörper der Gruppe 2 liegen mit einem durchschnittlichen Durchmesser von 11,97 mm unter diesem Wert. Die Prüfkörper der Gruppe 3 (\varnothing 12,34 mm) liegen mit einer Differenz von 0,08 mm leicht und die der Gruppe 4 (\varnothing 12,45 mm) mit einer Differenz von 0,19 mm deutlich über dem gemittelten Wert der regulär gebrannten Prüfkörper der Gruppe 1.

Im Vergleich sind die Durchschnittswerte der Gruppen 5 (12,71 mm) und 6 (12,74 mm) am größten.

Die Standardabweichung ist bei der dritten Gruppe am geringsten (0,05 mm) und bei den Gruppen 5 (0,13 mm) und 6 (0,09 mm) am größten.

5.3 Farbmessung

5.3.1 Farbtonbestimmung

Die Bestimmung des Durchschnittsfarbtons wurde mithilfe des Farbmessgeräts Shadepilot (DeguDent GmbH, Hanau-Wolfgang) an allen Prüfkörpern durchgeführt. Das Ergebnis entspricht sowohl bei den Zirox-, als auch bei den Zenoflex-Prüfkörpern durchgehend der vom Hersteller angegebenen Keramikfarbe A3.

5.3.2 L*a*b*-Werte (Zahn/A3)

5.3.2.1 Zirox

Tabelle 8: Zirox - Mittelwerte der L*a*b*- Bestimmung (Zahn / A3) bei n = 90

Gruppennummer	L(Zahn)	L(A3)	a(Zahn)	a(A3)	b(Zahn)	b(A3)
Gruppe 1 (reg)	73,9	72,98	4,09	2,2	22,5	21,95
Gruppe 2 (+25°)	73,57	72,99	3,98	2,11	22,12	21,87
Gruppe 3 (-25°)	74,74	73,08	4,28	2,29	23,15	22,03
Gruppe 4 (-50°)	74,47	72,98	4,31	2,08	22,81	21,81
Gruppe 5 (BW dick)	73,01	73,23	3,4	2,27	22,26	22,13
Gruppe 6 (BW dünn)	72,71	73,17	3,43	2,16	22,07	22,03

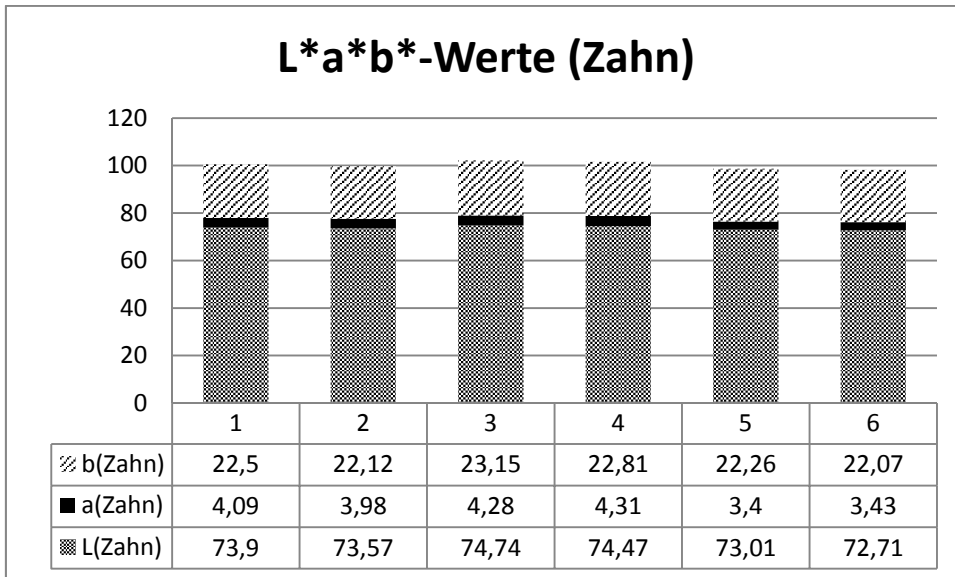


Abb. 69: Zirot - Diagramm zur Darstellung der L*a*b*- Mittelwerte (Zahn)

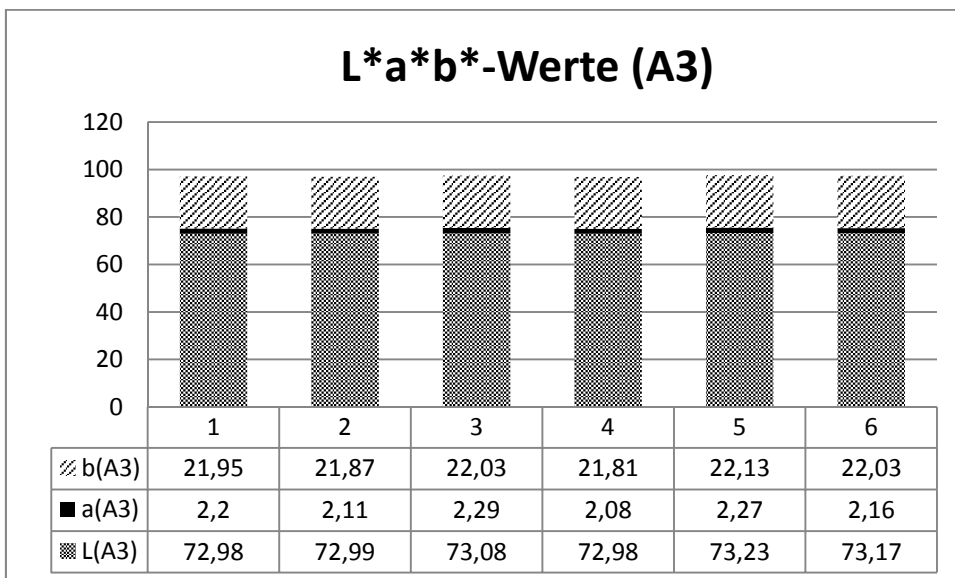


Abb. 70: Zirot - Diagramm zur Darstellung der L*a*b*- Mittelwerte (A3)

Tabelle 9: Differenzbeträge der L*a*b* (Zahn) - Werte zu den L*a*b* (A3) - Werten

	1	2	3	4	5	6
Δb	0,55	0,25	1,12	1	0,13	0,04
Δa	1,89	1,86	1,99	2,24	1,13	1,27
ΔL	0,92	0,57	1,66	1,49	-0,22	-0,46

In Tab.8 sind die gemittelten Messergebnisse der L*a*b*-Werte der sechs Brenngruppen tabellarisch aufgeführt und in Abb. 69 zusätzlich graphisch dargestellt. Gekennzeichnet sind sie mit dem Zusatz „Zahn“.

Parallel dazu sind die Durchschnitts-Normwerte der Farbe A3, die zu jeder Messstelle angegeben werden, aufgeführt und in Abb. 70 dargestellt.

Es zeigt sich, dass bis auf die L(Zahn)-Werte der Gruppen 5 und 6 alle Ergebnisse über den dazugehörigen Sollwerten liegen. Besonders deutlich erkennbar ist dies bei den a(Zahn)-Werten aller Gruppen, die im Vergleich deutlich erhöht sind. Dies bedeutet, dass die Prüfkörper an den jeweils ausgewählten Stellen mehr Rotanteile enthalten als es bei solchen der Farbe A3 zu erwarten wäre. Den höchsten Wert mit 4,31 erzielt hierbei Gruppe 4.

Die ermittelten Werte der b-Achse liegen ebenfalls leicht über denen der A3-Norm, was auf einen leicht erhöhten Gelb-Anteil hindeutet. Gruppe 3 hat mit 23,15 den höchsten Wert.

Bei den gemessenen L-Werten liegen die der Gruppen 1-4 über und die der Gruppen 5 und 6 unter den L(A3)-Sollwerten. Somit tendieren die Gruppen 1-4 leicht in Richtung „weiß“ (L=100) und die Gruppen 5 und 6 in Richtung „schwarz“ (L=0), wobei sich jedoch alle Gruppen mit gemessenen Werten zwischen 72,71 und 74,74 auf der Neutralgrauachse im hellsten Drittel befinden und Differenzen von maximal 1,66 vorliegen.

Vergleicht man die Differenzwerte der Gruppe 1 mit denen der anderen Gruppen, so zeigt sich, dass die der Gruppen 2, 5 und 6 geringer sind. Die Lab-

Werte dieser Gruppen weichen somit weniger von den vorgegebenen Sollwerten der Farbe A3 ab. Die Differenzen der Gruppen 3 und 4 sind im Vergleich zu Gruppe 1 größer, sie weichen somit noch mehr von den Sollwerten der Farbe A3 ab.

5.3.2.2 Zenoflex

Tabelle 10: Zenoflex - Mittelwerte der L*a*b*- Bestimmung (Zahn / A3) bei n = 90

Gruppennummer	L(Zahn)	L(A3)	a(Zahn)	a(A3)	b(Zahn)	b(A3)
Gruppe 1 (reg)	72,22	72,70	3,80	2,19	21,98	21,79
Gruppe 2 (+25°)	72,08	72,30	3,57	2,28	22,01	21,63
Gruppe 3 (-25°)	71,97	72,45	3,58	2,26	22,00	21,69
Gruppe 4 (-50°)	72,03	72,70	3,71	2,30	22,04	21,82
Gruppe 5 (BW dick)	71,96	72,48	3,53	2,48	22,22	21,83
Gruppe 6 (BW dünn)	71,81	72,19	3,23	2,69	22,07	21,86

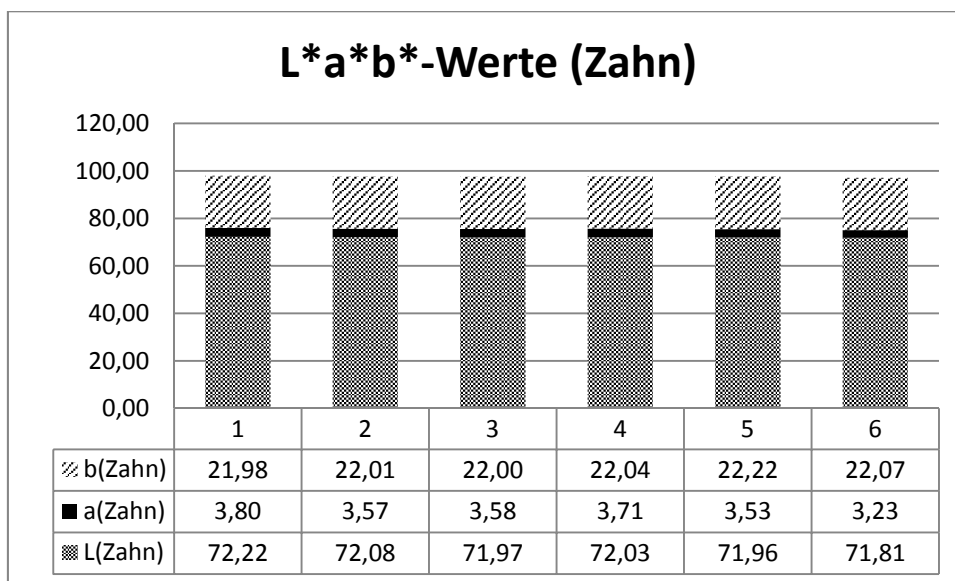


Abb. 71: Zenoflex - Diagramm zur Darstellung der L*a*b*- Mittelwerte (Zahn)

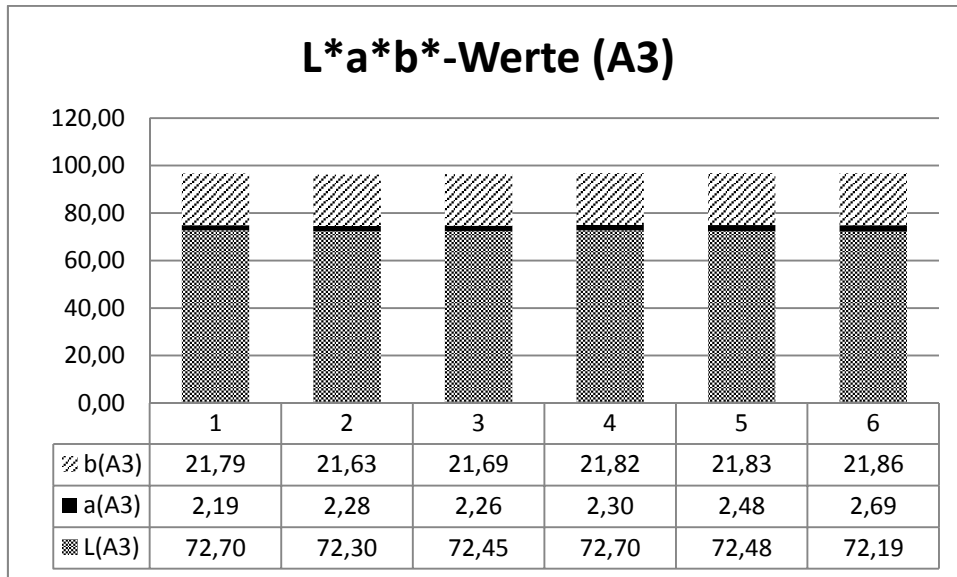


Abb. 72: Zenoflex - Diagramm zur Darstellung der L*a*b*- Mittelwerte (A3)

Tabelle 11: Differenzbeträge der L*a*b* (Zahn) - Werte zu den L*a*b* (A3) - Werten

	1	2	3	4	5	6
Δb	0,19	0,38	0,31	0,21	0,39	0,21
Δa	1,61	1,28	1,32	1,41	1,05	0,54
ΔL	-0,48	-0,22	-0,49	-0,67	-0,52	-0,38

Die Darstellung, sowohl der Mess- und Sollwerte als auch der sich daraus ergebenden Differenzen erfolgt wie in 5.3.2.1 durch die Tab.10 und 11 und die dazu gehörenden Abb. 71 und 72.

Im Gegensatz zu den Werten der Zirox-Gruppe liegen hier alle a(Zahn)- und b(Zahn)-Werte über und alle L(Zahn)-Werte unter den dazu gehörenden A3-Sollwerten. Im Vergleich sind alle a(Zahn)-Werte deutlich erhöht. Dies bedeutet, dass die Prüfkörper mehr Rotanteile enthalten als es bei solchen der Farbe A3 zu erwarten wäre. Den höchsten Wert mit 3,80 erzielt hierbei die Gruppe 1.

Die ermittelten Werte der b-Achse liegen mit einer Maximaldifferenz von 0,39 ebenfalls geringfügig über denen der A3-Norm, was auf einen leicht erhöhten Gelb-Anteil bei allen sechs Gruppen hindeutet. Gruppe 5 hat mit einem b(Zahn)-Wert von 22,22 den höchsten Wert.

Die gemessenen L(Zahn)-Werte liegen bei allen sechs Gruppen unter den Sollwerten, somit bewegt sich die Helligkeit bei allen Gruppen auf der Neutralgrauachse in Richtung „schwarz“ ($L=0$). Auch hier liegen jedoch die von 71,81 bis 72,22 reichenden Werte im hellsten Drittel und weisen Differenzen von maximal 0,67 auf.

Vergleicht man die Differenzwerte der Gruppe 1 mit denen der restlichen Gruppen, ist keine eindeutige Verteilung erkennbar. Bei den b-Wert-Differenzen hat Gruppe 1 mit 0,19 den geringsten, Gruppe 5 mit 0,39 den höchsten Wert erzielt. Bei den a-Wert-Differenzen weist Gruppe 1 den höchsten Wert mit 1,61 auf. Bei den L-Wert-Differenzen liegt Gruppe 1 mit -0,48 im Mittelfeld, Gruppe 2 hat mit -0,22 die geringste und Gruppe 4 mit -0,67 die größte Differenz zu den A3-Sollwerten.

Gruppe 1 weicht somit bei den b-Werten am wenigsten und bei den a- und L-Werten am meisten von den angegebenen Sollwerten der Farbe A3 ab.

5.3.2.3 Vergleich Zirox-Zenoflex

Betrachtet man die Messwertspannen im Vergleich, so liegen die der Zirox-Gruppe über denen der Zenoflex-Gruppe (L*a*b*-Werte). Daraus ergeben sich auch die größeren Differenzen in Bezug auf die Sollwerte (A3).

Tabelle 12: Messwertspannen der jeweiligen L*a*b* - Werte bei Zirox und Zenoflex

	Zirox	Zenoflex
b	22,21 – 23,15	21,98 – 22,22
a	3,40 – 4,31	3,23 – 3,80
L	72,71 – 74,74	71,81 – 72,22

Die Werte der Zirox-Gruppen weichen insgesamt mehr von den Sollwerten ab als die der Zenoflex-Gruppen, jedoch lassen sich hier, was die Differenz in Bezug auf die Werte der ersten Gruppe angeht, leichte gruppeneinheitliche Tendenzen nach oben bzw. nach unten erkennen. Dies ist bei den Werten des Zenoflex Systems nicht der Fall.

5.3.3 ΔE -Werte (Gerät/Formel)

5.3.3.1 Zirox

Wie in 4.4.2 erläutert, wurde ΔE mithilfe der zugehörigen Formel und den vorliegenden Lab-Werten errechnet und die Ergebnisse den im Rahmen der Farbmessung vom Gerät angegebenen ΔE -Werten gegenübergestellt.

Tabelle 13: Zirox - Gegenüberstellung der ΔE - Werte bei n = 90; ΔE (Gerät) wurde im Rahmen der Messung angegeben, ΔE (Formel) wurde errechnet

<i>Gruppennummer</i>	<i>x (ΔE Gerät)</i>	<i>s (ΔE Gerät)</i>	<i>x (ΔE Formel)</i>	<i>s (ΔE Formel)</i>
Gruppe 1 (reg)	2,62	0,34	2,63	0,34
Gruppe 2 (+25°)	2,45	0,23	2,46	0,24
Gruppe 3 (-25°)	3,11	0,75	3,12	0,75
Gruppe 4 (-50°)	3,08	0,61	3,09	0,61
Gruppe 5 (BW dick)	1,61	0,56	1,61	0,56
Gruppe 6 (BW dünn)	1,71	0,57	1,72	0,55

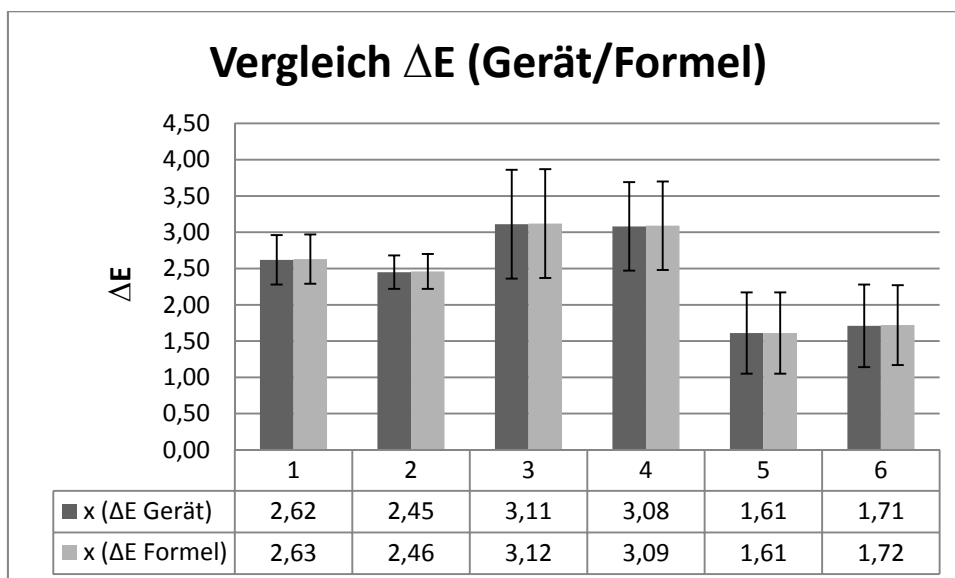


Abb. 73: Zirox - Diagramm zur Gegenüberstellung der ΔE -Werte (Gerät/Formel)

Bei den Gruppen 1,2,3,4 und 6 liegt $\Delta E(\text{Gerät})$ jeweils mit einer Differenz von 0,01 unter dem errechneten ΔE -Wert. Lediglich bei Gruppe 5 stimmten beide ΔE -Werte mit 1,61 überein.

Die Werte der Gruppen 1-4 liegen auf der Bewertungsskala von ΔE im Bereich „wahrgenommener Farbunterschied“, der von 2,0-4,0 reicht. Hierbei liegen die Werte der Gruppe 2 leicht unter denen der Gruppe 1. Der wahrnehmbare Unterschied ist somit etwas geringer. Die Werte der Gruppen 3 und 4 liegen über denen der Gruppe 1, hier ist der wahrgenommene Farbunterschied somit größer.

Die Werte der Gruppen 5 und 6 liegen deutlich unter denen der restlichen Gruppen und fallen in den Bereich „merklicher Farbunterschied“, der von 1,0-2,0 geht.

5.3.3.2 Zenoflex

Tabelle 14: Zenoflex - Gegenüberstellung der ΔE - Werte bei $n = 90$;
 ΔE (Gerät) wurde im Rahmen der Messung angegeben, ΔE (Formel) wurde errechnet

Gruppennummer	x (ΔE Gerät)	s (ΔE Gerät)		x (ΔE Formel)	s (ΔE Formel)
Gruppe 1 (reg)	1,9	0,59		1,91	0,6
Gruppe 2 (+25°)	1,7	0,59		1,7	0,59
Gruppe 3 (-25°)	1,61	0,7		1,61	0,69
Gruppe 4 (-50°)	1,77	0,7		1,78	0,7
Gruppe 5 (BW dick)	1,74	0,74		1,75	0,73
Gruppe 6 (BW dünn)	1,45	0,66		1,46	0,65

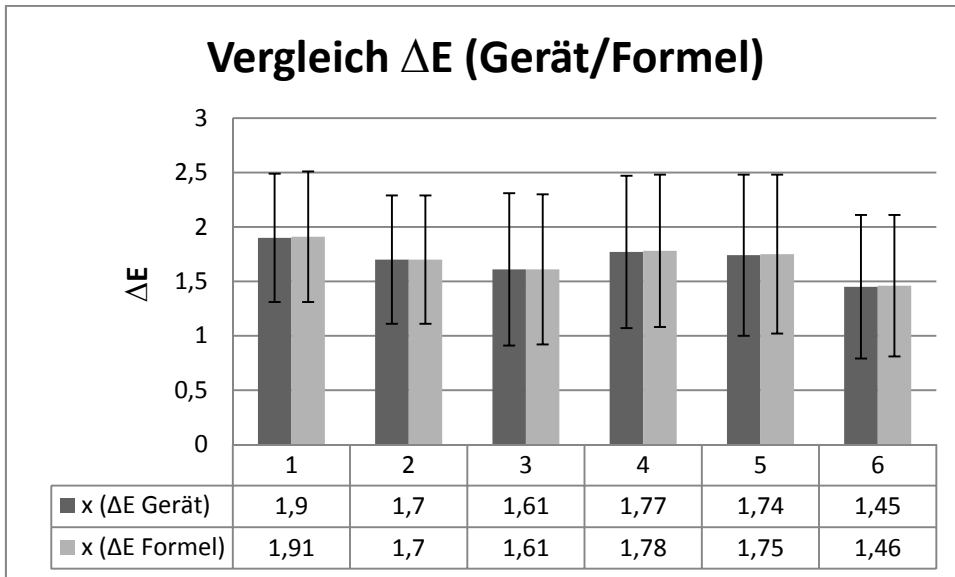


Abb.74: Zenoflex - Diagramm zur Gegenüberstellung der ΔE -Werte (Gerät/Formel)

Bei den Gruppen 1,3,4,5 und 6 liegt ΔE (Gerät) jeweils mit einer Differenz von 0,01 unter dem errechneten ΔE -Wert. Lediglich bei Gruppe 2 stimmen beide ΔE -Werte mit 1,7 überein.

Die Werte aller sechs Gruppen liegen auf der Bewertungsskala von ΔE im Bereich „merklicher Farbunterschied“, in den Werte von 1,0-2,0 fallen.

Vergleicht man die Werte der ersten Gruppe mit denen der restlichen, so fällt auf, dass sie mit 1,9 (Gerät) bzw. 1,91 (Formel) die höchsten sind. Der Grad des empfundenen Farbabstands ist somit bei den Gruppen 2-6 geringer als bei den regulär gebrannten Prüfkörpern der Gruppe 1.

Mit einem ΔE -Wert von 1,45 (Gerät) bzw. 1,46 (Formel) sind die Werte der Gruppe 6 am niedrigsten.

5.4 Rauheit

5.4.1 Zirox

Tabelle 15: Zirox - Mittelwerte und Standardabweichungen der gemessenen Rauheitswerte Ra [μm] bei n = 3630

<i>Gruppennummer</i>	<i>x Ra [μm]</i>	<i>s Ra [μm]</i>
Gruppe 1 (reg)	0,19	0,08
Gruppe 2 (+25°)	0,10	0,03
Gruppe 3 (-25°)	0,59	0,16
Gruppe 4 (-50°)	2,16	0,45
Gruppe 5 (BW dick)	0,63	0,20
Gruppe 6 (BW dünn)	1,14	0,37

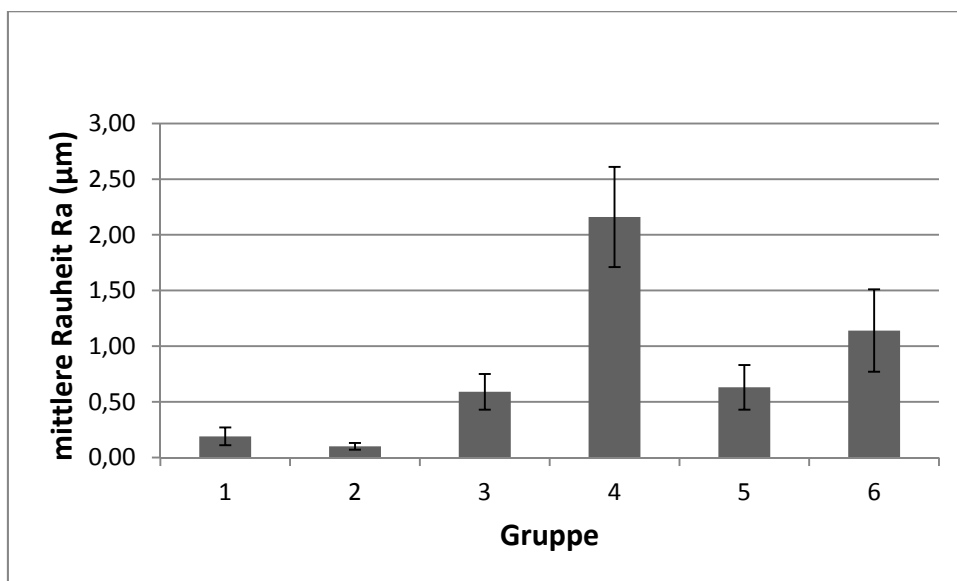


Abb. 75: Zirox - Diagramm zur Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der gemessenen Rauheitswerte Ra [μm]

Mit dem in 4.5.1 beschriebenen Versuchsaufbau wurden alle Keramikproben auf ihre Rauheit hin untersucht. Gemessen wurde in μm , anschließend wurden alle Ergebnisse zu Mittelwerten der jeweiligen Gruppen zusammengefasst.

Im Allgemeinen lässt sich zunächst sagen, dass sich bei den nach Herstellerangaben gebrannten Prüfkörpern der Gruppe 1 ein Durchschnittswert von $0,19 \mu\text{m}$ ergibt. Verglichen dazu liegen die Werte der Gruppe 2 mit durchschnittlich $0,10 \mu\text{m}$ leicht darunter, was dem in 5.1.1 beschriebenen subjektiven Eindruck, die Temperaturerhöhung führe zu einer glatteren Oberfläche, bestätigt. Ebenfalls dem subjektiven Eindruck entsprechend steigen die Durchschnittswerte bei einer Temperaturabsenkung um 25°C (Gruppe 3) auf $0,59 \mu\text{m}$ und um 50°C (Gruppe 4) auf $2,16 \mu\text{m}$. Die Durchschnittswerte der Gruppe 4 zeigen hier von allen Gruppen die größte Abweichung zu denen der Referenzgruppe 1.

Belässt man die Temperatur und ändert die Brennunterlage (Gruppen 5 und 6), so nimmt die Rauheit mit Werten von $0,63 \mu\text{m}$ (Gruppe 5) und $1,14 \mu\text{m}$ (Gruppe 6) ebenfalls deutlich zu.

5.4.2 Zenoflex

Tabelle 16: Zenoflex - Mittelwerte und Standardabweichungen der gemessenen Rauheitswerte R_a [μm] bei $n = 3630$

Gruppennummer	$\bar{x} R_a$ [μm]	$s R_a$ [μm]
Gruppe 1 (reg)	0,17	0,07
Gruppe 2 (+25°)	0,15	0,06
Gruppe 3 (-25°)	0,77	0,20
Gruppe 4 (-50°)	2,05	0,39
Gruppe 5 (BW dick)	0,78	0,23
Gruppe 6 (BW dünn)	0,81	0,31

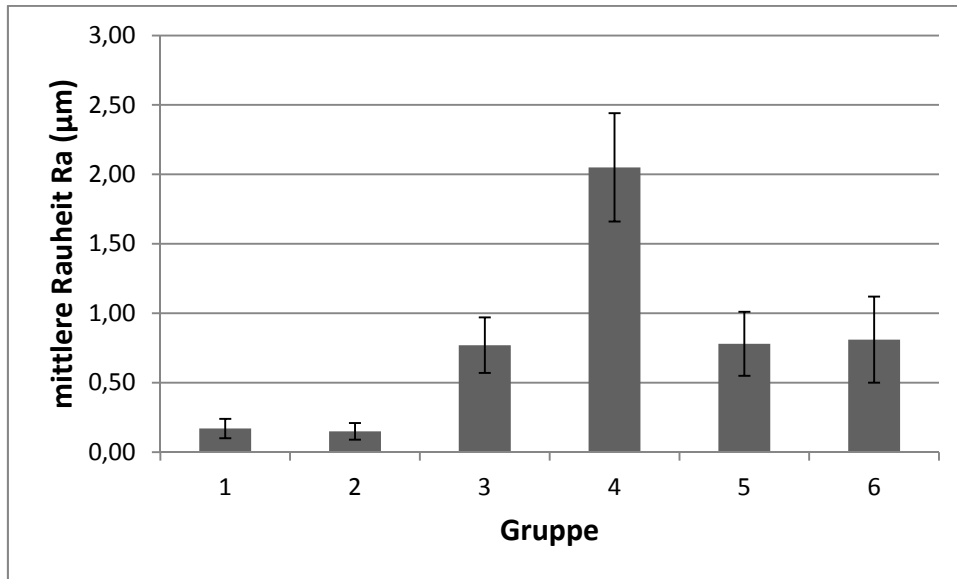


Abb. 76: Zenoflex - Diagramm zur Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der gemessenen Rauheitswerte Ra [μm]

Der Mittelwert der Gruppe 1 liegt bei dem Zenoflex-Keramiksistem bei 0,17 μm . Die Werte der Gruppe 2 liegen im Schnitt mit 0,15 μm nur minimal darunter, was den subjektiven Eindruck, die Temperaturerhöhung führe zu einer deutlich glatteren Oberfläche, widerspricht. Im Gegensatz dazu zeigt sich die subjektiv wahrgenommene, mit einer Temperatursenkung einhergehende Steigerung der Rauheit anhand der ermittelten Werte bei den Gruppen 3 (0,77 μm) und 4 (2,05 μm) deutlich. Auch hier weichen die Durchschnittswerte der Gruppe 4 am weitesten von denen der ersten Gruppe ab.

Durch die Veränderung der Brennunterlage erhöhen sich die Rauheitswerte trotz der vom Hersteller empfohlenen Brenntemperatur auf 0,78 μm (Gruppe 5) bzw. 0,81 μm (Gruppe 6).

5.5 Krümmung

Tabelle 17: Mittelwerte der errechneten Krümmungswinkel (Zirox/Zenoflex) in ° bei n = 18

	Gruppe 1	Gruppe 5	Gruppe 6
Zirox	1,49	3,89	3,24
Zenoflex	1,27	2,73	3,20

Die Krümmung wurde, wie in 4.5.2 beschrieben, an jeweils 3 Prüfkörpern exemplarisch für die Gruppen 1,5 und 6 gemessen. Die Messdistanz betrug hierbei jeweils 6 mm. Anschließend wurde der Durchschnittswert für jede der drei Gruppen ermittelt.

Der sich so ergebende Durchschnittswinkel der Gruppe 1 liegt beim Zirox-System bei 1,49°, beim Zenoflex-System bei 1,27°.

Der Krümmungswinkel der Gruppe 5 liegt bei 3,89° (Zirox) bzw. 2,73° (Zenoflex), der der Gruppe 6 bei 3,24° (Zirox) bzw. 3,20° (Zenoflex).

5.6 Maximalbelastung und Biegefestigkeit

5.6.1 Gegenüberstellung Zirox – Zenoflex

Die biachsiale Biegeprüfung wurde, wie in 4.6.2 beschrieben, durchgeführt.

Zunächst wurden die einzelnen Maximalbelastungswerte (F_{\max} [N]) ermittelt. Diese geben die jeweilige Maximalbelastung beim Probenbruch an. Mit diesen Werten wurde dann die Biegefestigkeit $\bar{\sigma}$ [MPa] berechnet.

Folgende Tabellen und die dazugehörigen Grafiken zeigen die gemittelten Ergebnisse beider Keramiksysteme:

Tabelle 18: Zirox - Mittelwerte und Standardabweichungen der ermittelten Maximalbelastung F_{\max} [N] bei $n = 30$

Zirox F_{\max} [N]		
<i>Gruppennummer</i>	<i>x Fmax [N]</i>	<i>s Fmax [N]</i>
Gruppe 1 (reg)	272,79	44,91
Gruppe 2 (+25°)	371,14	68,66
Gruppe 3 (-25°)	257,88	57,12
Gruppe 4 (-50°)	292,78	46,97
Gruppe 5 (BW dick)	93,78	53,37
Gruppe 6 (BW dünn)	134,92	81,95

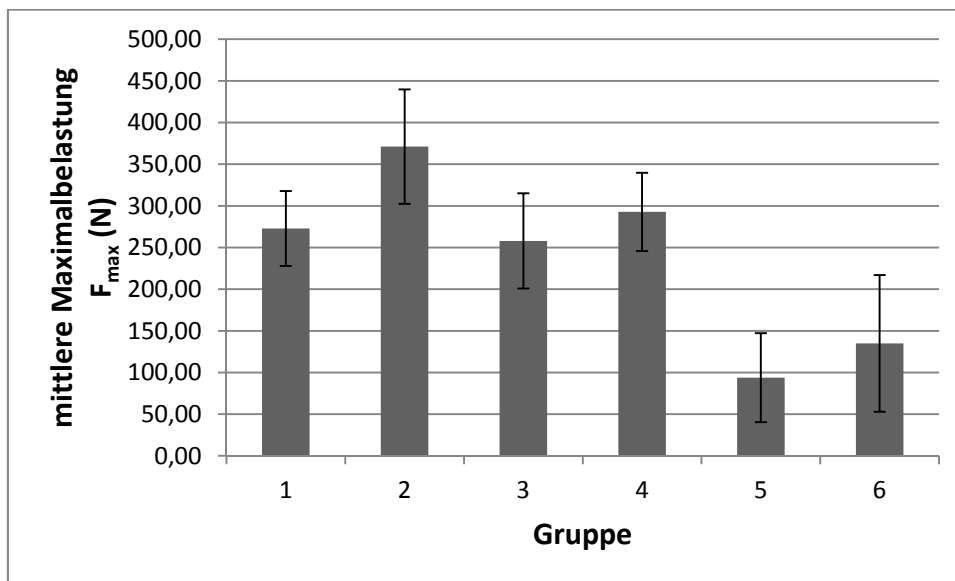


Abb. 77: Zirox - Diagramm zur Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der ermittelten Maximalbelastung F_{\max} [N]

Tabelle 19: Zenoflex - Mittelwerte und Standardabweichungen der ermittelten Maximalbelastung F_{\max} [N] bei $n = 30$

Zenoflex F_{\max} [N]		
<i>Gruppennummer</i>	<i>x Fmax [N]</i>	<i>s Fmax [N]</i>
Gruppe 1 (reg)	334,93	76,22
Gruppe 2 (+25°)	356,33	96,15
Gruppe 3 (-25°)	308,04	68,00
Gruppe 4 (-50°)	280,75	103,17
Gruppe 5 (BW dick)	75,62	48,83
Gruppe 6 (BW dünn)	120,18	71,33

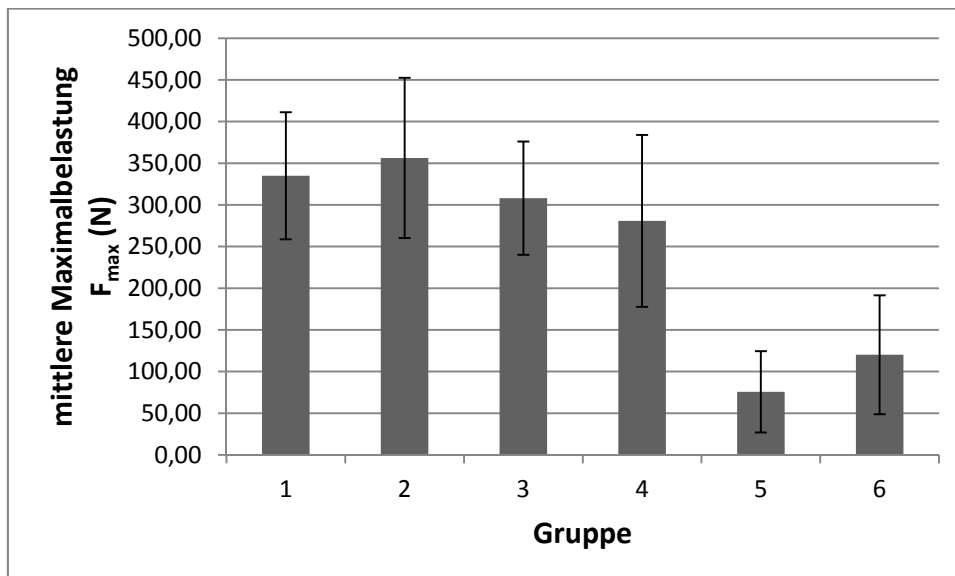


Abb. 78: Zenoflex - Diagramm zur Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der ermittelten Maximalbelastung F_{\max} [N]

Tabelle 20: Zirox - Mittelwerte und Standardabweichungen der jeweils berechneten Biegefestigkeit $\bar{\sigma}$ [MPa]

Zirox Biegefestigkeit		
Gruppennummer	$\bar{\sigma}$ [MPa]	$s_{\bar{\sigma}}$ [MPa]
Gruppe 1 (reg)	89,18	13,62
Gruppe 2 (+25°)	117,01	20,89
Gruppe 3 (-25°)	121,12	22,09
Gruppe 4 (-50°)	133,80	20,09
Gruppe 5 (BW dick)	43,73	24,91
Gruppe 6 (BW dünn)	60,36	36,38

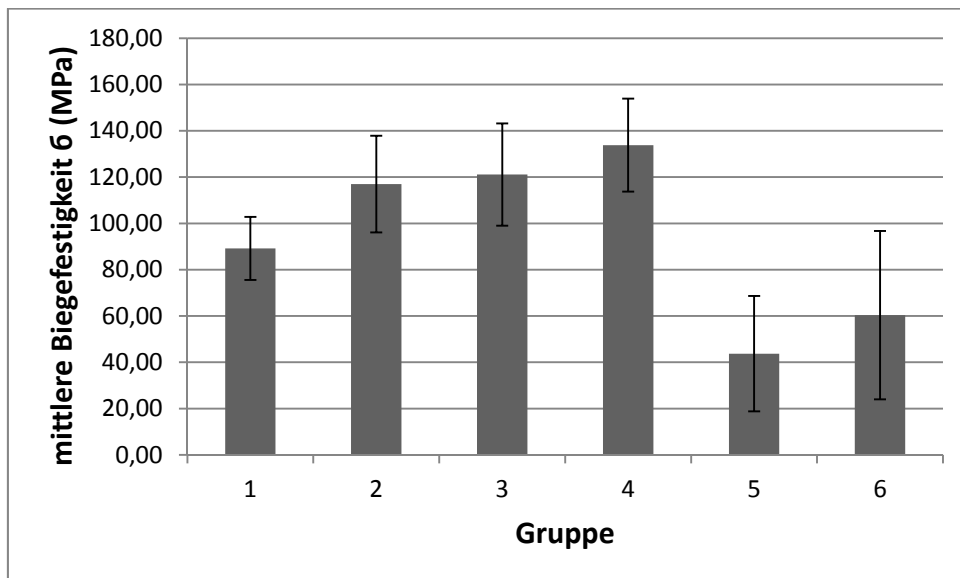


Abb. 79: Zirox - Diagramm zur Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der Biegefestigkeit $\bar{\sigma}$ [MPa]

Tabelle 21: Zenoflex - Mittelwerte und Standardabweichungen der jeweils berechneten Biegefestigkeit $\bar{\sigma}$ [MPa]

Zenoflex Biegefestigkeit		
<i>Gruppennummer</i>	<i>x $\bar{\sigma}$ [MPa]</i>	<i>s $\bar{\sigma}$ [MPa]</i>
Gruppe 1 (reg)	109,90	22,43
Gruppe 2 (+25°)	138,75	32,14
Gruppe 3 (-25°)	134,76	28,62
Gruppe 4 (-50°)	125,27	45,10
Gruppe 5 (BW dick)	33,67	21,36
Gruppe 6 (BW dünn)	53,79	35,77

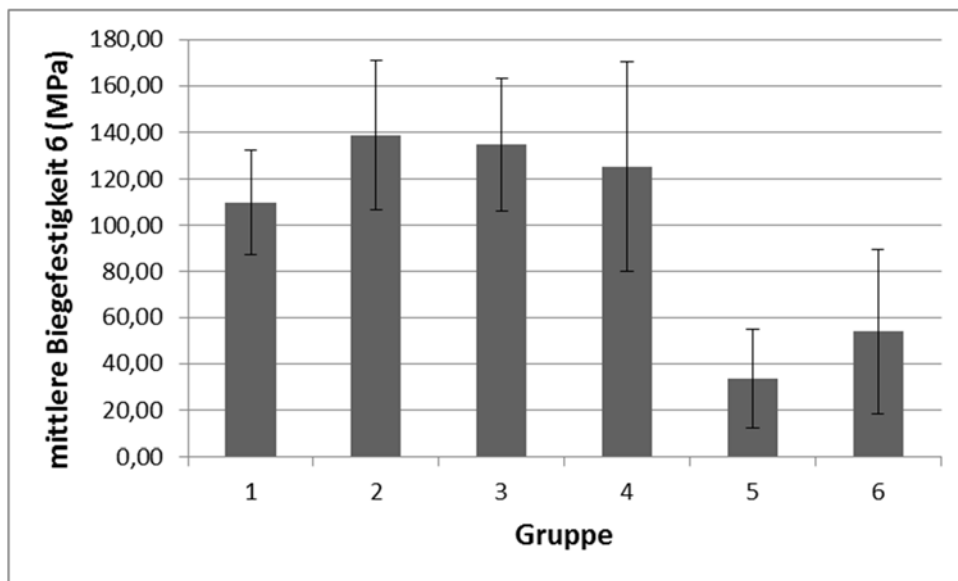


Abb. 80: Zenoflex - Diagramm zur Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der Biegefestigkeit $\bar{\sigma}$ [MPa]

Stellt man zunächst die F_{\max} -Werte gegenüber, so fällt auf, dass die Maximalbelastung beim Bruch der Ziroxprüfkörper in Gruppe 1 mit durchschnittlich 272,79 N deutlich unter der der Zenoflex-Gruppe 1 (im Mittel 334,93 N) liegt.

Die Erhöhung der Brenntemperatur um 25°C (Gruppe 2) führt bei beiden Systemen zu einem Anstieg der Maximalbelastung. Dieser fällt jedoch beim Zenoflex-System wesentlich geringer aus. Stellt man die Werte der beiden zweiten Gruppen gegenüber, so sind sie mit 371,14 N (Zirox) bzw. 356,33 N (Zenoflex) nicht weit voneinander entfernt.

Das Absenken der Temperatur um 25°C (Gruppe 3) führt bei beiden Systemen zu einer niedrigeren Maximalbelastung im Vergleich zu den Werten der jeweils regulär gebrannten Charge. Ein Absenken um weitere 25°C (Gruppe 4) hat beim Zenoflex-System noch niedrigere Werte zur Folge, beim Zirox-System steigt der Mittelwert sogar über den der Gruppe 1.

Was bei beiden Systemen vergleichbar ist, ist sowohl der unter Verwendung von Brennwatte (Gruppen 5 und 6) deutliche Abfall der Maximalbelastungswerte als auch, dass die Mittelwerte beider fünfter Gruppen mit Abstand die niedrigsten sind.

Die Verlaufskurven der Biegefestigkeit innerhalb der einzelnen Keramiksysteeme unterscheiden sich in einem Punkt ganz deutlich.

Beim Zirox-System steigen die Werte der Gruppen 2, 3 und 4 an, wobei die vierte Gruppe die höchsten Werte erzielt. Sie liegen alle über dem der Gruppe 1. Beim Zenoflex-System erzielt die Gruppe 2 den im Schnitt höchsten Wert, die der Gruppen 3 und 4 fallen, der Verlaufskurve der F_{\max} -Werte entsprechend ab. Trotz allem liegen auch hier die Werte der Gruppen 2, 3 und 4 noch über dem Mittelwert der Gruppe 1.

Die niedrigsten Werte erzielten bei beiden Systemen die fünften Gruppen (Brennwatte dick), gefolgt von den beiden sechsten Gruppen (Brennwatte dünn).

Die Standardabweichungen liegen beim Zenoflex-System, sowohl bei den Werten der Maximalbelastung als auch bei denen der Biegefestigkeit, deutlich über denen des Zirox-Systems (Vergleich der Gruppen 1-4). Hierbei weisen die Ergebnisse der Zenoflex-Gruppe 4 die mit Abstand höchsten Werte auf ($s(F_{\max} [\text{N}]) = 103,17$ und $s(\sigma [\text{MPa}]) = 45,10$).

Vergleichbare Standardabweichungen erzielen jeweils die Gruppen 5 und 6 beider Systeme.

5.6.2 Bruchstücke

Tabelle 22: Bruchstückanzahl und die gemittelten F_{\max} -Werte der dazugehörigen Prüfkörper

ZIROX				
Bruchstückzahl	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4
2	216,20			
3	237,19	276,46		
4	280,32	262,81	242,20	264,81
5	283,64	348,86	217,50	259,40
6	317,54	370,34	278,33	260,05
7		356,07	218,68	288,33
8	320,45	382,39	275,21	306,01
9		448,17	373,75	355,06
10		443,02	339,01	329,13
11		392,81	326,64	
12		500,67		345,32
13		458,81		
14		371,15		

Tabelle 23: Bruchstückanzahl und die gemittelten F_{\max} -Werte der dazugehörigen Prüfkörper

ZENOFLEX				
Bruchstückzahl	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4
2	172,30	114,20		
3		226,94		
4	272,30	570,48		297,10
5	283,57	269,60	279,36	271,59
6	313,86	301,30	274,33	196,73
7	362,26	360,49	257,15	311,24
8	331,83	387,76	324,01	333,71
9	380,60	357,00	362,99	281,14
10	436,79	427,62	288,34	353,90
11			411,81	392,96
12	365,01	544,47		317,91
13			409,28	
14	500,60			
15			467,66	

Nachdem die Prüfkörper dem Probenbruch erlegen sind, sind sie in verschieden viele Teile zersprungen. Hier wurden jene Prüfkörper erfasst, deren Bruchstücke sich eindeutig zählen ließen und nicht mit Abplatzungen kombiniert waren.

Die Gruppen 5 und 6 beider Keramiksyste me sind hierbei nicht aufgeführt, da keine Bruchstücke, sondern lediglich Abplatzungen unterschiedlicher Größe und Anzahl das Ergebnis des Biegeversuchs waren. Diese waren sowohl quantitativ als auch qualitativ nicht in Relation zueinander zu setzen, die Gemein-

samkeit besteht jedoch darin, dass sich bei allen Prüfkörpern der Gruppen 5 und 6 hier keine Regelmäßigkeit erkennen ließ.

Die oben aufgeführten Darstellungen lassen eine gemeinsame Tendenz erkennen, was die Bruchstückzahl der Prüfkörper in Kombination mit den dazugehörenden F_{\max} -Werten angeht, nämlich dass, je höher die Maximalbelastung, desto größer die Anzahl der Bruchstücke, in die der jeweilige Prüfkörper zer springt.

5.6.3 Weibullmodul und Weibullfestigkeit

Der Weibullmodul m und die Weibullfestigkeit σ_0 [MPa] wurden in Anlehnung an die DIN EN ISO 6872 ermittelt und die Ergebnisse in Tab.24 dargestellt.

Tabelle 24: Weibullmodul m und Weibullfestigkeit σ_0 [MPa]

<i>Weibullmodul m</i>					<i>Weibullfestigkeit σ_0 [MPa]</i>	
	<i>ZIROX</i>	<i>ZENOFLEX</i>			<i>ZIROX</i>	<i>ZENOFLEX</i>
Gruppe 1 (regulär)	7,84	5,82			94,76	118,63
Gruppe 2 (+25°)	6,53	4,50			125,51	152,56
Gruppe 3 (-25°)	6,75	5,61			129,76	146,15
Gruppe 4 (-50°)	7,97	1,54			142,05	156,30
Gruppe 5 (BW dick)	1,89	1,88			49,23	37,52
Gruppe 6 (BW dünn)	1,58	1,65			68,64	60,43

Stellt man die Weibullmoduli der beiden Keramiksysteeme gegenüber, so ist deren Verteilung teilweise vergleichbar.

Ausgehend von den Werten der Referenzgruppen liegen die der Gruppen 2 und 3 darunter, der Weibullmodul der Gruppe 4 (Zirox) entspricht in etwa dem der Zirox-Gruppe 1, hingegen beim Zenoflex-System liegt der Weibullmodul der Gruppe 4 mit 1,54 deutlich unter dem der Referenzgruppe (5,82).

Die Werte der Gruppen 5 und 6 liegen beim Zirox-System beide deutlich unter dem der Gruppe 1, beim Zenoflex-System sind die Werte vergleichbar tief, liegen jedoch immer noch leicht über dem Wert der vierten Gruppe.

Bei der charakteristischen Weibullfestigkeit σ_0 ist die Verteilung der Werte bei beiden Keramiksysteemen in etwa gleich. Die Ergebnisse der Gruppen 2,3 und 4 liegen über denen der jeweiligen Gruppe 1, wobei die vierten Gruppen die höchsten Werte erzielten. Die der Gruppen 5 und 6 liegen deutlich unter denen der Referenzgruppen, wobei die fünften Gruppen die mit Abstand tiefsten Ergebnisse erzielten.

6 Diskussion

6.1 Material- und Methodenkritik

6.1.1 Bewertung Pellettor®-System

Grundlage der gesamten Untersuchung waren die mit dem Pellettor®-System, das in Anlehnung an die DIN 13905-2 entwickelt wurde, hergestellten Prüfkörper. Nachfolgend sollen die Vor- und Nachteile des Systems, basieren auf den gemachten Erfahrungen während der Herstellungsphase diskutiert werden.

In Kapitel 4.2 wurden die genauen Arbeitsabläufe bereits dokumentiert und beschrieben. Diese sind in der zum System gehörenden Gebrauchsanweisung klar und verständlich dargestellt. Was die einzelnen Arbeitsschritte mit den dazu gehörenden Geräten angeht, so sind diese für den Erstbenutzer gut durchführbar und auch wiederholbar.

Es gibt zwei Punkte, die bezüglich der Reproduzierbarkeit aufgefallen sind. Zum einen hatte es den Anschein, dass der Widerstand bei der Pulveraufnahme, je nach Füllstand der Dose, unterschiedlich stark war. Wenn man den Dosenboden als Widerstand hatte, konnte man das Pulver wesentlich einfacher in die Hohlform pressen; hatte man nur das Pulver (volle Dose) als Widerlager, so entstand das Gefühl, der Pulveranteil im Stempel sei nicht richtig verdichtet und die Gesamtmenge demnach geringer.

Ein ähnliches Problem trat bei der Entnahme der Flüssigkeit auf. Häufig variierten die Tropfen bei gleichbleibendem Druck auf die Flasche in ihrer Größe, was die Entnahme einer identischen Flüssigkeitsmenge erschwerte.

Eine identische Mengentnahme wäre nur unter ständigem Abwiegen des Pulvers und bei der Flüssigkeit gar nicht möglich gewesen, was bei der Masse an herzustellenden Prüfkörpern nicht umsetzbar war. Es wurde jedoch stets höchster Wert auf einen möglichst gleichbleibenden Entnahmevorgang gelegt.

Aufgrund der möglichen Abweichungen innerhalb dieser beiden Arbeitsschritte kann die Zusammensetzung der Pellets minimalen Schwankungen unterliegen,

was wiederum Auswirkungen auf die Prüfkörperform vermuten lässt und kleine Schwankungen innerhalb der Messwerte (Dicke, Durchmesser) erklären würde.

Der in der Anleitung beschriebene Vorgang, den Grünling auf eine Serviette zu schieben, wurde zu Beginn der Prüfkörperherstellung praktiziert, jedoch kam es dabei oft zu Eindellungen, Rissbildung vor und teilweise zum Bruch der Prüfkörper während des Brennvorgangs. Die so gebrannten Prüfkörper wurden entsorgt und die nachfolgend hergestellten Grünlinge stattdessen mit dem Spatel direkt vom Stempel genommen und auf die Platinfolie gelegt. Dies diente dazu, Beschädigungen und damit eventuell verbundene Veränderungen der Prüfkörperqualität möglichst zu vermeiden.

Das Vliespapier, welches zum Aufsaugen der überschüssigen Flüssigkeit verwendet wird, wurde größtenteils von Hand zugeschnitten, da die vorgestanzten Bögen einen enormen Überschuss an Papier hergeben. Benutzerfreundlicher, was den Arbeitsablauf mit identischen Vliespapierstücken angeht und vor allem auch zeitsparender wäre es, die Stanzungen so zu platzieren, dass die gesamte Bogenfläche bei geringstmöglicher Überschussproduktion genutzt wird.

6.1.2 Bewertung Brennparameter

Die beiden Brennparameter „Temperatur“ und „Brennunterlage“ wurden aufgrund der in Vorgesprächen deutlich gewordenen Relevanz im Praxisalltag vieler Zahntechniker ausgewählt. Es stellte sich heraus, dass die Brenntemperatur häufig verändert wird, um eine andere Oberflächenstruktur zu erhalten. So berichtete beispielsweise einer der befragten Zahntechniker, dass er bei sehr fein modellierten Oberflächen die Temperatur verringert, um ein Verschwimmen der Konturen zu vermeiden.

Zudem kristallisierte sich im Rahmen der Literaturrecherche heraus, dass die Variation dieser Parameter massiven Einfluss auf die Qualität der Keramik haben kann [20,36,38,39].

Die Temperaturstufen von +25°C, -25°C und -50°C im Vergleich zu der jeweils vom Hersteller empfohlenen Brenntemperatur wurden so gewählt, dass sie mit den üblicherweise verwendeten Variationen vergleichbar sind.

Über die Verwendung von Brennwatte wurde häufig im Zusammenhang mit der Lagerung von kleineren keramischen Arbeiten (Inlays oder Teilkronen) berichtet, da sie hierauf stabiler platziert werden können. Buchheimer et al. [8] haben dies in ihre Untersuchung zum Einfluss von Brenngutträgern auf den Brenngrad von Keramik mit einbezogen und neben einem hellen und einem dunklen Brenngutträger auch Brennwatte verwendet [8].

Betrachtet man nun rückwirkend die erhaltenen Ergebnisse, so erweisen sich sowohl die Wahl der Brennparameter als auch deren Abstufungen als sehr sinnvoll und haben zu klar erkennbaren Tendenzen innerhalb der erhaltenen Messwerte aller Kategorien geführt.

6.1.2.1 Brennvorgang und Brenntemperatur

Um den Brennvorgang stets unter identischen Bedingungen durchführen zu können (was sehr wichtig war, da nur 3 Prüfkörper gleichzeitig gebrannt werden konnten), wurde für jede Gruppe ein Programm mit dem entsprechend gespeicherten Ablauf (siehe 4.3) und der jeweiligen Brenntemperatur angelegt, welches stets abgerufen werden konnte. Die Reproduzierbarkeit war somit, was die Ofeneinstellungen angeht, gegeben.

Ein Ansatzpunkt für künftige weiterführende Tests wäre die zusätzliche Erfassung der tatsächlichen Brennkammertemperatur während des Brennvorgangs mithilfe von Thermoelementen, um zu prüfen, ob diese tatsächlich mit den eingestellten Werten übereinstimmen.

6.1.2.2 Brennunterlagen

Beim Brennvorgang der Gruppen 1-4 wurde eine Platinfolie als Unterlage benutzt, die mit Al_2O_3 -Pulver bestäubt wurde, damit Prüfkörper und Folie nicht verkleben. Obwohl hierbei größter Wert darauf gelegt wurde, immer dieselbe Pulvermenge aufzutragen, können minimale Abweichungen aufgrund der manuellen Durchführung nicht ausgeschlossen werden. Etwaige Pulveranhaftungen, die nach dem Brennvorgang noch an der Prüfkörperunterseite angehaftet sind, wurden mit einem Tuch entfernt. Da die Unterseite für keine der Messungen relevant war, wurde der Einfluss von eventuell anhaftenden Pulverrückständen auf die Messergebnisse ausgeschlossen.

Für die Gruppe 5 wurde ein Stück der 10 mm dicken Brennwatte zugeschnitten. Es entsprach der Form des Wabenbrennträgers und konnte so exakt platziert werden. Zusätzliche Träger wurden hierbei nicht verwendet.

Für die Gruppe 6 wurden aus einer 1 mm dünnen Schicht Brennwatte drei Quadrate zugeschnitten, die der Größe der Platinfolienstücke entsprachen. Diese wurden dann, genau wie die Platinfolie, auf den dafür vorgesehenen Trägern platziert. Ziel war es, die Grünlinge bei allen sechs Gruppen, so weit möglich, auf einer Höhe zu platzieren, um einen vergleichbaren Abstand zum Hitzezentrum des Ofens zu haben.

Die Gruppen 5 und 6 wurden nach Herstellerangaben gebrannt, die Ergebnisse entsprachen in ihrer Gesamtheit denen von Buchheimer et al. [8], deren Studie einen deutlich negativen Einfluss von Brennwatte auf den Brenngrad ergab [8]. Denkbar wären weitere Untersuchungen mit veränderter Brenntemperatur, um mögliche Differenzen zwischen dicker und dünner Brennwatte bezüglich des richtigen Brenngrads zu erkennen.

Die Firma Willi Geller GmbH (Breckerfeld) hat, alternativ zur herkömmlichen Brennwatte, folgendes Produkt im Sortiment: Creation – Flüssige Brennwatte.

Laut Verarbeitungsanleitung wird die flüssige Brennwatte direkt in bzw. auf das zu brennende Objekt aufgetragen und anschließend auf den Stift des Brenngut-

trägers aufgesetzt. Der Hersteller verspricht eine besonders gute Fixierung, außerdem eine formstabile Aushärtung der Brennwatte während des Brennvor-gangs und eine optimale Hitze- bzw. Wärmeverteilung auf das Objekt [27].

Die Auswirkungen herkömmlicher Brennwatte auf die Prüfkörper wurden, so-wohl was die Form als auch die Oberflächengüte und die Festigkeit angeht, im Rahmen der Ergebnisauswertung deutlich sichtbar. Es liegt daher nahe, ver-gleichbare Auswirkungen beim Brennen mit oben genannter Flüssigbrennwatte zu vermuten. Dies müsste anhand von vergleichbar gestalteten Versuchsreihen untersucht werden. Dieses Produkt ist jedoch hauptsächlich dafür konzipiert, in Hohlräume eingebracht zu werden (Kronen). Da die hier hergestellten Prüfkör-per jedoch keinen Hohlraum haben, ist es fraglich, ob die planen Grünlinge trotzdem so fixiert werden könnten oder ob man andersartige Restaurations-formen wählen muss, um deren Brenngrad im Zusammenhang mit Flüssig-brennwatte zu prüfen. Ebenfalls wäre es sinnvoll, die Relevanz des Produkts bei einigen Zahntechnikern im Vorfeld abzufragen.

6.2 Ergebnisse

6.2.1 Herstellung und Vermessung der Prüfkörper

Die Vermessung der Prüfkörper wurde durchgeführt und die erhaltenen Werte gemittelt. Die Prüfkörper der Gruppen 1-4 konnten, sowohl was den Durchmes-ser als auch die Dicke angeht, weitgehend problemlos vermessen werden, da sie eine relative Formstabilität aufwiesen und durch ihre plane Oberfläche das Ansetzen des Messschiebers gut möglich war.

Bei den Prüfkörpern der Gruppen 5 und 6 jedoch war dies nicht ohne weiteres möglich, da sie durchgängig stark gekrümmt waren und im Vergleich zur ur-sprünglich runden Form des Grünlings deutliche Deformierungen aufwiesen.

Der Messschieber wurde ebenfalls an je drei Stellen angesetzt und die Werte gemittelt, jedoch lässt sich nicht eindeutig sagen, ob die so erhaltenen Mittel-werte aufgrund der hohen Prüfkörperdeformierung nicht anders ausgefallen

wären, hätte man weitere Messstellen, vor allem bei der Durchmesserermittlung mit einbezogen.

Die Prüfkörper beider nach Herstellerangaben gebrannten ersten Gruppen erzielen mit einer Dicke von durchschnittlich $2,18 \pm 0,09$ mm (Zirox) und $2,17 \pm 0,09$ mm (Zenoflex) vergleichbare Werte.

Der Durchmesser liegt innerhalb der ersten Gruppen bei durchschnittlich 12,21 mm (Zirox) bzw. 12,26 mm (Zenoflex). Auch hier sind die Werte der Referenzgruppen beider Keramiksysteme vergleichbar.

Die gemessenen Werte, sowohl der Probendicken als auch der Durchmesser bestätigen die Eindrücke der subjektiven Sichtprüfung. Demnach führt sowohl das Absenken der Brenntemperatur (Gruppen 3 und 4) als auch die Verwendung von Brennwatte (Gruppen 5 und 6) bei beiden Keramiksystemen zu einer vergleichbaren Abnahme der Probendicke. Schließt man bei der Betrachtung dieser Ergebnisse die Krümmung der Prüfkörper vorerst aus, so verhalten sich die auf Brennwatte gebrannten Prüfkörper (reguläre Brenntemperatur) tendenziell wie die der unterbrannten Gruppen. Dies bestätigen die Ergebnisse von Klinke et al. [36], dass das Sintergut die tatsächliche Ofentemperatur beeinflusst und die Ergebnisse von Buchheimer et al. [8], dass Brennwatte zu einem Absenken der Brenntemperatur um ca. 30°C führt [8,36].

Parallel dazu erhöht sich der Durchmesser mit sinkender Brenntemperatur zunehmend; die Gruppen 5 und 6 beider Keramiksysteme weisen jedoch im Vergleich zu den jeweiligen Referenzgruppen die mit Abstand größte Zunahme der Durchmesserwerte auf.

Das Anheben der Brenntemperatur um 25°C (Gruppen 2) führt bei den Zirox-Prüfkörpern zu einer Zunahme der Probendicke von durchschnittlich 0,04 mm und zu einer durch die im Rahmen des Sinterprozesses auftretende Volumenschrumpfung bedingten Abnahme des Durchmessers von durchschnittlich 0,22 mm. Bei den Zenoflex-Prüfkörpern der Gruppe 2 führt der Temperaturanstieg ebenfalls zu einer deutlichen Abnahme des Durchmessers um durch-

schnittlich 0,29 mm, jedoch nimmt die Probendicke um durchschnittlich 0,18 mm ab.

Betrachtet man die Standardabweichung, so fällt auf, dass sowohl bei den Dicken- als auch bei den Durchmesserwerten die Standardabweichung der dritten Zirop-Gruppe deutlich erhöht ist, auch im Vergleich zu denen der dritten Zenoflex-Gruppe.

Im Bereich der Durchmesserwerte sind bei beiden Keramiksystemen die Standardabweichungen innerhalb der Gruppen 5 und 6 massiv erhöht, die Ursache für diese Messwertstreuung lässt sich in der extremen und vor allem unregelmäßigen Verformung der Prüfkörper und damit verbundenen Schwankungen, auch innerhalb eines Prüfkörpers vermuten.

6.2.2 Farbmessung

Die Grundfarbtonbestimmung und ihre Abhängigkeit von der Untergrundfarbe wurde bereits angesprochen, erwies sich jedoch als gut durchführbar, nachdem sich eine Messkonstanz auf weißem Untergrund zeigte.

Was die Detailfarbverteilung innerhalb der einzelnen Prüfkörper angeht, so war diese sehr unterschiedlich. Die Grundfarbe war meist im Zentrum des Prüfkörpers angesiedelt, die Randbereiche setzten sich aus diversen Arealen zusammen. Diese variierten von Prüfkörper zu Prüfkörper, sowohl in ihrer Form als auch im jeweiligen Farbton und in der Anzahl der Bereiche. In Kapitel 4.4, Abb.36 ist diese Verteilung anhand eines beliebig herausgegriffenen Prüfkörperscans beispielhaft dargestellt.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde hierauf kein Focus gelegt, es wurden ausschließlich die dem Hauptfarbbereich entsprechenden $L^*a^*b^*$ - und ΔE -Werte verwendet und ausgewertet.

Die Variation der Brennparameter hat keine signifikante Veränderung der L*a*b*-Werte gezeigt. Alle Ergebnisse der Referenzgruppen wichen in vergleichbarem Maß, genau wie die Ergebnisse der restlichen Gruppen, von den Sollwerten ab. Lediglich geringe Tendenzen (L-Werte) innerhalb des Zirox-Systems sind erkennbar. Betrachtet man die den Zahnfarbraum begrenzenden Koordinaten, so liegen durchgängig alle Messergebnisse in diesem Bereich.

Der Haupteinfluss auf die Zahnfarbe geht vom Dentin aus, was auch der Grund ist, weshalb Zahnfarben im Dentinzentrum bestimmt werden sollten [35]. Da wir hier mit Dentinmassen gearbeitet haben und die ermittelten Werte lediglich für die der Hauptfarbe entsprechenden Areale gelten, wäre es für weiterführende Studien denkbar, die Farbbereichsverteilung innerhalb der Prüfkörper detaillierter zu untersuchen, gegebenenfalls in Kombination mit variierenden Brennparametern und sich daraus ergebenden Veränderungen. Hätte eine Veränderung der Brenntemperatur beispielsweise einen massiven Anstieg abweichender Farbareale im Randbereich der Keramik zur Folge, so hätte dies durchaus klinische Relevanz. Auch wäre dann das Ergebnis der hier durchgeführten Gesamtfarbtonebestimmung, die ergab, dass alle Prüfkörper beider Keramiksysteeme in ihrem Erscheinungsbild einheitlich der Farbe A3 entsprechen, nochmals zu hinterfragen.

Bei den ΔE -Werten der Zirox-Gruppe ist ein direkter Zusammenhang mit den veränderten Brennparametern erkennbar. Wird die Brenntemperatur erhöht, sinkt ΔE ; wird sie abgesenkt, steigen die ΔE -Werte. Parallel zu ΔE sinken bzw. steigen auch die Standardabweichungen. Alle ΔE -Werte bewegen sich jedoch noch innerhalb der Bewertungskategorie „*wahrgenommener Farbunterschied*“ (2,0-4,0) [22].

Belässt man die vorgegebene Brenntemperatur und verändert die Brennunterlage (Gruppen 5 und 6), so sinken die Werte deutlich, sogar bis in die nächsttiefere Bewertungskategorie („*merklicher Farbunterschied*“ von 1,0-2,0) [22]. Die Standardabweichungen steigen bei beiden Gruppen jedoch an.

Die Differenz bzw. der Farbunterschied zwischen den Zirox-Prüfkörpern und der anhand von Sollwerten definierten Farbe A3 ist somit bei den Gruppen 5,6 und 2 am geringsten, wird insgesamt jedoch mit ΔE -Werten von 1,61 – 3,12 als „merklich“ bis „wahrnehmbar“ eingestuft [22].

Bei den Werten der Zenoflex-Gruppe ist ein direkter Zusammenhang zwischen der Parameter- bzw. Brennunterlagenveränderung und den ΔE -Werten nicht erkennbar.

Alle Werte liegen unter denen der regulär gebrannten Prüfkörper, was bedeutet, dass sich alle Parameterveränderungen minimal positiv auf den wahrgenommenen Farbunterschied ausgewirkt haben. Am niedrigsten mit einem ΔE -Wert von 1,45 (Gerät) liegt Gruppe 6. Im Vergleich zur Zirox-Gruppe unterliegt die Veränderung der Standardabweichungen hier nicht einer mit den ΔE -Veränderungen einhergehenden Regelmäßigkeit. Sie bewegen sich alle in einem Rahmen von 0,95 (Gr.1) bis 0,74 (Gr.5).

Alle ΔE -Werte der Zenoflex-Gruppen liegen innerhalb der Bewertungskategorie „merklicher Farbabstand“, die von 1,0-2,0 geht [22]. Somit lässt sich sagen, dass trotz aller Unregelmäßigkeiten der Farbunterschied insgesamt geringer ist als der der Zirox-Gruppen; lediglich die Gruppen 5 und 6 (Zirox) befinden sich in derselben Bewertungskategorie.

Beide nach Herstellerangaben gebrannten ersten Gruppen weisen einen merklichen (Zenoflex) bis wahrnehmbaren (Zirox) Farbunterschied auf.

6.2.3 Rauheit und Krümmung

Da die Prüfkörper der Gruppen 5 und 6 sehr stark gekrümmt waren, musste der Messbereich bei beiden Prüfverfahren stark eingeschränkt werden.

Die Taststrecke der Profilanalyse innerhalb des Messbereichs umfasste aufgrund der Krümmung eine maximal mögliche Fläche von 3 x 3 mm im Zentrum

der Prüfkörper. Um für alle Proben gleich viele Messpunkte zu erhalten, wurde bei den verhältnismäßig planen und glatten Prüfkörpern der Gruppen 1-4 ebenfalls lediglich diese Fläche abgefahren, obwohl hier eine breitflächigere Vermessung möglich gewesen wäre.

Vergleicht man die Rauheitswerte beider Keramiksysteme, so fällt auf, dass die Verteilung in etwa dieselbe und die Referenzwerte der ersten Gruppen mit $0,19 \mu\text{m}$ (Zirox) bzw. $0,17 \mu\text{m}$ (Zenoflex) vergleichbar sind. Es zeigt sich auch, dass eine Temperaturerhöhung (bei Zirox etwas mehr als bei Zenoflex) zu einem sinkenden Rauheitswert führt, mit abnehmender Temperatur steigen die Rauheitswerte innerhalb beider Systeme im Vergleich zu denen der jeweils ersten Gruppe deutlich an, ebenso beim Verändern der Brennunterlage. Hier jedoch ist die Differenz zwischen den Werten der Gruppen 5 und 6 beim Zirox-System mit einem Anstieg von $+0,51 \mu\text{m}$ deutlich größer als beim Zenoflex-System, wo lediglich eine durchschnittliche Steigerung von $+0,03 \mu\text{m}$ vorliegt.

Dies bestätigt, was bereits Klinke et al. im Rahmen diverser Untersuchungen festgestellt haben: Durch eine Erhöhung der Brenntemperatur wird die Oberflächenstruktur glatter und die Konturen werden weicher [36, 38]. Die Gruppen mit herabgesetzter Temperatur weisen konträre Merkmale auf: je niedriger die Brenntemperatur, desto schärfer die Konturen und desto rauer die Oberflächenbeschaffenheit.

Lehmann [39] kam zu dem Ergebnis, dass die Verwendung unterschiedlicher Brenngutträger unter anderem die Oberflächengüte deutlich beeinflussen und herabsetzen kann [39]. Auch hier lassen sich Parallelen zu den Ergebnissen der vorliegenden Studie ziehen, da die Rauheitswerte durch die Verwendung von Brennwatte, sowohl in dicker als auch in dünner Form, signifikant angestiegen sind und die Oberflächengüte deutlich beeinflusst wurde.

Im Verlauf des Sinterprozesses bilden die Körner des Keramikpulvers mit steigender Temperatur immer mehr Brücken zueinander aus, so entsteht der Materialverbund. Ebenso verschwimmen die Konturen zunehmend. Die maximale

Brenntemperatur liegt jedoch unter dem Schmelzpunkt der Keramik, demzufolge ist das Mikrogefüge nach Abschluss des Brennvorgangs nicht vollständig verschmolzen [49]. Buchheimer et al. [8] haben festgestellt, dass die Verwendung von Brennwatte zu einer Temperaturdifferenz von 25°C-30°C führt [8]. Im Rahmen der durchgeführten Studie wurde die jeweilige Brenntemperatur nicht überprüft, jedoch weisen alle auf Brennwatte gebrannten Prüfkörper vergleichbare, meist sogar deutlich ausgeprägtere Veränderungen der Materialeigenschaften im Vergleich zu den unterbrannten Prüfkörpern auf. Die durch die Brennwatte hervorgerufene Temperatursenkung würde auch die Rauheitsmessergebnisse erklären, da die angestrebte Brenntemperatur nicht annähernd erreicht, der Sintervorgang somit nicht abgeschlossen wäre und die Verschmelzung des Keramikpulvers nicht vollständig stattgefunden hätte.

Sinnvoll wäre es, in nachfolgenden Untersuchungen die Brenntemperaturbeeinflussung durch die Verwendung von Brennwatte zu untersuchen, da die gesamten Messergebnisse dieser Studie auf mögliche noch höhere Temperaturdifferenzen als die der Untersuchung von Buchheimer et al. [8] schließen lassen.

Die Vermessung zur Darstellung der Krümmungskurven war ebenfalls lediglich über eine Distanz von maximal 6 mm möglich. Aufgezeichnet und ausgewertet wurden hierbei pro Prüfkörper drei Krümmungskurven. Pro Gruppe (1, 5, 6) wurden 3 Prüfkörper exemplarisch ausgewählt, vermessen und deren Werte anschließend gemittelt. Ein mögliches abweichendes Ergebnis, hätte man alle Prüfkörper vermessen, wäre aufgrund der unregelmäßigen Krümmung somit nicht auszuschließen.

Bezüglich des Krümmungswinkels fällt auf, dass dieser bei den Prüfkörpern der Zirox-Gruppe 5 größer ist als bei denen der Gruppe 6. Innerhalb der Zenoflex-Gruppe ist das Verhältnis umgekehrt.

Stellt man die Winkel der beiden Keramiksysteme gegenüber, so sind die der Gruppen 6 nahezu identisch, die der Gruppen 5 unterscheiden sich deutlich.

Insgesamt bestätigen die Ergebnisse der Krümmungsgradbestimmung den subjektiven Eindruck, dass die Verwendung von Brennwatte bei ansonsten regulären Brennbedingungen zu einer deutlichen Verformung der Probekörper, sowohl beim Zirox- als auch beim Zenoflex-System führt. Für die Herstellung von Prüfkörpern ist Brennwatte, sowohl in dünner als auch in dicker Form, nicht geeignet. Bei der Verwendung im zahntechnischen Labor empfiehlt es sich dringend, den Brenngrad regelmäßig zu bestimmen und den Brennprozess anzupassen, um optimale Materialeigenschaften dauerhaft gewährleisten zu können.

6.2.4 Biegetest

Der nach DIN EN ISO 6872 durchgeführte biaxiale Biegeprüfung lieferte für die Gruppen 1-4 beider Keramiksysteme deutliche Ergebnisse. Bei den Gruppen 5 und 6 war die Belastung aufgrund der ausgeprägten Krümmung nur sehr schlecht möglich. Durch die nicht planen Flächen wurde ein ungleichmäßiger Druck auf deren Oberfläche ausgeübt und es kam meist nicht zum Probenbruch, sondern zu multiplem Chipping (Keramikabplatzungen). Die hier von der Software angegebenen Werte wurden somit zum Zeitpunkt der Abplatzung und nicht des Probenbruchs ermittelt. Sie liegen weit unter den Mittelwerten der Gruppen 1-4, auch die Streuung der Messwerte ist deutlich größer, was die Unregelmäßigkeit der Ergebnisse unterstreicht. Allerdings sollte die Differenz der Ergebnisse aufgrund der aufgetretenen Chippingdefekte und der somit deutlich geringer ausfallenden Belastung kritisch beurteilt werden.

Lehmann [39] diskutierte in Rahmen seiner Untersuchung bereits die Auswirkungen durch die Verwendung verschiedener Brenngutträger, so unter anderem auf die Porosität [39].

Eine besondere Stellung nimmt die Gruppe 4 der Zenoflex-Versuchsreihe ein. Die Messwertstreuungen, sowohl bei der Maximalbelastung als auch bei der Biegefestigkeit sind im Vergleich auffallend hoch. Da hier die Brenntemperatur 50°C unter der vom Hersteller angegebenen lag, konnte der Sintervorgang (ebenso wie bei allen anderen unterbrannten Gruppen) nicht vollständig durch-

laufen und der Schmelzprozess nicht abgeschlossen werden. Somit ist das Mikrogefüge nicht ausreichend verkettet, die Masse ist insgesamt inhomogener und die Wahrscheinlichkeit, dass es dadurch zur Abnahme der Biegefestigkeit kommt, ist gegeben [49]. Was die Messwertstreuung der Gruppe 4 (Zenoflex) angeht, so könnte eine weitere Untersuchung differenzieren, ob dies an Verarbeitungsfehlern oder doch am Absenken der Brenntemperatur liegt.

Die Maximalbelastung steigt bei beiden Keramiken mit Erhöhung der Maximaltemperatur, mit deren Absenken fallen auch die F_{\max} -Werte. Einzige Ausnahme bildet hier die Gruppe 4 des Zirox-Systems, deren Werte leicht über die der Referenzgruppe ansteigen. Die Verwendung von Brennwatte hat bei beiden Keramiken einen deutlichen Abfall der Maximalbelastungswerte zur Folge.

Bei den Biegefestigkeiten weisen Gruppe 4 (Zirox) und Gruppe 2 (Zenoflex) die höchsten Werte auf, einzige Gemeinsamkeit ist, dass auch hier unter Verwendung von Brennwatte die Werte massiv abfallen.

Die Biegefestigkeiten können jedoch nicht nur durch gekrümmte Oberflächen, Chipping und unzureichend verkettete Mikrogefüge, sondern auch durch interne Risse (die während der Herstellung entstanden und unbemerkt geblieben sind) oder Unregelmäßigkeiten innerhalb des Prüfkörpermaterials (ungleichmäßige Verdichtung, Blasen) beeinflusst werden. Im Verlauf der gesamten Herstellungs- und Testphase wurde stets mit größter Sorgfalt darauf geachtet, dass die Prüfkörper nicht beschädigt sind bzw. werden, jedoch können interne Materialfehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, was etwaige atypische Abweichungen innerhalb der Messreihen erklären würde.

6.3 Schlussfolgerungen

- Die Veränderung der Sinterparameter Brenntemperatur und Brennunterlage hat keine nennenswerten Auswirkung auf den Gesamtfarbtton und die L*a*b*-Werte beider Keramikmassen
- Der empfundene Farbabstand ΔE wird unter Verwendung von Brennwatte leicht (Zenoflex) bis deutlich (Zirox) gesenkt.
- Die Rauheitswerte sinken bei beiden Keramiken mit steigender Brenntemperatur, mit sinkender Brenntemperatur und unter Verwendung von Brennwatte steigen die Werte massiv an.
- Unter Verwendung von Brennwatte traten durchgängig massive Verformungen auf. Für die Herstellung von Prüfkörpern ist Brennwatte nicht geeignet, eine Brenngradbestimmung im Laboralltag sollte jedoch regelmäßig durchgeführt werden.
- Die Maximalbelastungswerte F_{\max} [N] steigen mit Erhöhung der Brenntemperatur und fallen mit deren Absenken (Ausnahme Gruppe 4, Zirox)
- An den unter Verwendung von Brennwatte hergestellten Prüfkörpern kam es während des biaxialen Biegetests durchgängig zu Chipping und nicht zum Probenbruch. Die Werte der Maximalbelastung F_{\max} [N] und die der Biegefestigkeit σ [MPa] weichen massiv von denen der restlichen Gruppen ab.
- Allen ausgewählten Brennparametern konnte ein Einfluss auf die Werkstoffeigenschaften der verwendeten Verblendkeramiken nachgewiesen werden.
- Es sollte regelmäßig eine Überprüfung der Brenngradqualität, des Dentalofens und wenn nötig, eine Kalibrierung durchgeführt werden.

7 Zusammenfassung

Ziel der hier vorliegenden Arbeit war es, den Einfluss von Brenntemperatur und Brennunterlagen auf optische (Farbe) und mechanische Werkstoffeigenschaften (Oberflächengüte, Festigkeit) von Verblendkeramik zu prüfen.

Basis der Untersuchung waren zwei Keramiken (Wieland Dental+Technik GmbH & Co. KG, Pforzheim). Bei Zirox handelt es sich um eine leuzitfreie Keramik zur Verblendung von vollkeramischen Gerüsten auf ZrO_2 -Basis, Zenoflex dimension ist eine leuzithaltige Keramik. Für jedes Keramiksystem wurden 6 Gruppen, bestehend aus je 30 Probekörpern (hergestellt nach Vorgabe der DIN EN ISO 6872) hergestellt. Die Herstellung erfolgte mit dem von ZTM Gerald Wölz entwickelten Pelletor®-System, der verwendete Dentalkeramikofen war das Modell Austromat 654 press-i-dent (DEKEMA GmbH, Freilassing).

Gruppe 1 diente als jeweilige Referenzgruppe, die exakt nach Herstellerangaben gebrannt wurde, Gruppe 2 wurde bei einer um $25^\circ C$ erhöhten Brenntemperatur, die Prüfkörper der Gruppen 3 ($-25^\circ C$) und 4 ($-50^\circ C$) bei gesenkter Brenntemperatur gebrannt. Als Brenngutträger wurde jeweils ein heller Wabenträger (Megadental GmbH, Büdingen) mit Keramikpins (Renfert GmbH, Hilzingen) verwendet, auf denen eine mit Al_2O_3 bestäubte Platinfolie mitsamt Grünling platziert wurde. Bei den Gruppen 5 und 6 wurde der Brenngutträger verändert, gebrannt wurde jedoch nach Herstellerangaben. Die Prüfkörper der Gruppe 5 wurden direkt auf einer 10 mm dicken Brennwatte ohne Pins platziert, die der Gruppe 6 auf einem 1 mm dicken Stück der gleichen Brennwatte, das von Keramikpins getragen wurde.

Alle Prüfkörper wurden zunächst auf subjektive Sichtungsdifferenzen hin untersucht und vermessen (Dicke, Durchmesser). Dem ersten Eindruck nach hat bei beiden Keramiken eine Abnahme der Brenntemperatur zur Folge, dass die Dicke der Prüfkörper abnimmt, der Durchmesser zunimmt und die Oberfläche poröser und rauer wird. Die unter Verwendung von Brennwatte gebrannten Prüfkörper der Gruppen 5 und 6 wirkten ebenfalls dünner, vom Durchmesser her deutlich größer und von der Oberflächenbeschaffenheit wesentlich grobstrukturierter als die jeweiligen Referenzgruppen. Zusätzlich waren alle Probekörper

dieser beiden Gruppen unregelmäßig und in unterschiedlich starker Ausprägung gekrümmt. Eine gesteigerte Brenntemperatur scheint zum Gegenteil zu führen, jedoch schienen die so gebrannten Prüfkörper des Zenoflex-Systems dünner zu sein als die der Referenzgruppe. Farbliche Unterschiede waren durchgängig nicht wahrnehmbar.

Diese Eindrücke wurden sowohl durch die Auswertung der Vermessungsdaten als auch durch die Ergebnisse der Farb-, Rauheits- und Krümmungsuntersuchung bestätigt. Bei beiden Keramiken zeigte sich unter Verwendung von Brennwatte ein leichter (Zenoflex) bis deutlicher (Zirox) Abfall der ΔE -Werte, ebenso wie bei den Werten der Maximalbelastung und der Biegefestigkeit, wo sich die Werte beider Keramiken deutlich verschlechtern.

Fazit dieser Untersuchung ist, dass die Brennparameter und deren Variation durchaus Auswirkungen auf die mechanischen Werkstoffeigenschaften und die damit verbundene Produktqualität einer Verblendkeramik haben.

Die Beurteilung der Brenngradqualität sollte regelmäßig durchgeführt werden, da sich diese trotz gleichbleibender Einstellungen mit der Zeit ändern kann. Die Anpassung der Ofeneinstellungen erfordert enorme Erfahrung des Anwenders, jedoch ersetzt sie nicht die regelmäßige Kontrolle und falls nötig, die Kalibrierung der Dentalöfen.

Besonders unter Verwendung von Brennwatte ist die Überprüfung der Brennergebnisse und gegebenenfalls eine Brennprozessanpassung (v.a. Brenntemperatur, Lagerung) durch den Anwender sinnvoll.

8 Literaturverzeichnis

1. Anusavice KJ, Dehoff PH, Hojjatie B, Gray A. Influence of Tempering and Contraction Mismatch on Crack Development in Ceramic Surfaces. *Journal of Dental Research* 1989; 68: 1182-1187.
2. Baltzer A, Kaufmann-Jinoian V. Die Bestimmung der Zahnfarben. *Quintessenz Zahntechnik* 2004; 30(7): 726-740.
3. Baltzer A, Kaufmann-Jinoian V. Die digitale Farbmessung der Zähne. *Quintessenz Zahntechnik* 2004; 30(8): 834-858.
4. Baltzer A, Kaufmann-Jinolan V. Die spektrofotometrische Farbmessung. *Digital Dental News* 2007; 1(11): 6-11.
5. Bauer HG, Domschke S, Ewertz M, Kern M. Keramik mit Langzeitgedächtnis? *Cosmetic dentistry* 2011; 1: 28-33.
6. Biekert P. Brillianz und Effizienz. *Dental Dialogue* 2006; 7: 115-122.
7. Brommer R, Hauer I, Gallant G. Voreingefärbtes Zirkoniumdioxid für monolithische Restaurationen und der bedarfsorientierte CAD/CAM-Prozess. *Quintessenz Zahntechnik* 2011; 37(4): 502-508.
8. Buchheimer A, Tholey M. Brenträger und ihr Einfluss auf das Brennergebnis – Schwarz oder Weiß? *Das Dental Labor* 2011; 1: 88-91.
9. Claus H. Test zur Prüfung des Brenngrades der Dentalkeramik. *Dent Lab* 1997; 45: 245-248.
10. Craig RG, Powers JM, Wataha JC. Zahnärztliche Werkstoffe. München: *Urban & Fischer* 2006: 297-310.

11. DeguDent GmbH. Shadepilot Micro Dental Spektrophotometer. Kurzanleitung.
12. DIN EN ISO 6872: Zahnheilkunde – Keramische Werkstoffe. Deutsches Institut für Normierung. Berlin: *Beuth* 2009.
13. DIN 13905-2: Zahnheilkunde – Dentalkeramikofen – Teil 2: Prüfverfahren zur Anpassung des Brennprogrammes mittels Brenngradbestimmung. Berlin: *Beuth* 2007.
14. Egger B. Indikationen und Grenzen der Presskeramik. *Dental Magazin* 2003; 4. <http://www.natural-esthetics.com/upload/Presskeramik.pdf> (Stand: 6.10.2013)
15. Geis-Gerstorfer J. Vom Rohstoff zur Dentalkeramik. In: Kappert HF (Hrsg.). Vollkeramik Werkstoffkunde – Zahntechnik – klinische Erfahrung. Berlin: *Quintessenz Verlags-GmbH* 1996: 43-54.
16. Gonzaga CC, Cesar PF, Miranda Jr. WG, Yoshimura HN. Slow crack growth and reliability of dental ceramics. *Dental Materials* 2011; 27: 394-406.
17. Groten M. Der optische Vorsprung. *ZWL* 2006; 5: 31-34.
18. Hajt6 J, Frei S, Gehringer U. Vollkeramische Seitenzahnrestorationen – Das Nonplusultra. *Das Dental Labor* 2011; 4:676-683.
19. Hennicke HW, Klein S. Nichtmetallisch-anorganische Werkstoffe im Dentalbereich. In: Kappert HF (Hrsg.). Vollkeramik Werkstoffkunde – Zahntechnik – klinische Erfahrung. Berlin: *Quintessenz Verlags-GmbH* 1996: 19-41.

20. Hojjatie B, Anusavice KJ. Effects of Initial Temperature and Tempering-Medium on Thermal Tempering of Dental Porcelains. *Journal of Dental Research* 1993; 72: 556-571.
21. <http://de.wikipedia.org/wiki/Biegefestigkeit> (Stand: 6.10.2013)
22. http://de.wikipedia.org/wiki/Delta_E (Stand: 6.10.2013)
23. <http://de.wikipedia.org/wiki/Kraft> (Stand: 6.10.2013)
24. <http://de.wikipedia.org/wiki/Lab-Farbraum> (Stand: 6.10.2013)
25. [http://de.wikipedia.org/wiki/Spannung - Mechanik](http://de.wikipedia.org/wiki/Spannung_-_Mechanik) (Stand: 6.10.2013)
26. <http://www.ajsa.de/> (Stand: 6.10.2013)
27. <http://www.creation-willigeller.com/produkte/keramik/zubehoer/fluessige-brennwatte/> (Stand: 6.10.2013)
28. <http://www.dekema.com/de/produkte/austromat-654-p.html> (Stand: 6.10.2013)
29. http://www.iw.uni-hanno-ver.de/2091.html?&tx_tkthemen_pi1%5BshowUid%5D=192&tx_tkthemen_pi1%5Bbackpid%5D=1936&tx_tkthemen_pi1%5Bpage%5D=1&cHash=601aac3d2551aa33f5019777446acc7f (Stand: 6.10.2013)
30. <http://www.zmk-aktuell.de/zahnheilkunde/prothetik/story/integrale-systeme-fuer-die-moderne-prothetik.html> (Stand: 6.10.2013)

31. <http://www.ztm-aktuell.de/technik/story/drei-verfahren-einfach-effizient/print.html> (Stand: 6.10.2013)
32. Janda R. Gläser, Glaskeramiken und Keramiken. *Quintessenz Zahn-technik* 2006; 32(11): 1264-1273.
33. Kappert HF. Vorwort. In: Kappert HF (Hrsg.). Vollkeramik Werkstoffkunde – Zahntechnik – klinische Erfahrung. Berlin: *Quintessenz Verlags-GmbH* 1996: 13-15.
34. Kern M. Vollkeramik auf einen Blick. *Quintessenz Zahntechnik* 2006; 32(5): 514-520.
35. Kickhöfen S. Sinnvoller Einsatz der digitalen Farbmessung. *Digital Dental News* 2007; 1(4): 32-35.
36. Klinke T, Biffar R. Einfluss von Sinterbedingungen auf die Sintergüte von Verblendkeramik. *Quintessenz Zahntechnik* 2000; 26(12): 1317-1330.
37. Klinke T, Biffar R. Sintering Specifics of Low-Fusing Ceramics for Pfm-Restorations. *Key Engineering Materials Vols. 192-195* 2001; 909-916.
38. Klinke T, Biffar R. The Dependence of Sintering Parameters on the Surface Quality and Roughness of Ceramic Veneered PFM-Restorations. *Key Engineering Materials Vols. 240-242* 2003; 875-878.
39. Lehmann F. Die Abhängigkeit der Sintergüte bei Metallverblendkeramiken von der verwendeten Brennunterlage. *Zahnmed Diss. Uni Greifswald* (2008).
40. Marxkors R, Meiners H, Geis-Gerstorfer J. Taschenbuch der zahnärztlichen Werkstoffkunde. Köln: *Deutscher Aerzte-Verlag* 2008.

41. Michaelsen K. Untersuchung über die Abhängigkeit von Spaltzug-, Druck- und Biegefestigkeit dentalkeramischer Massen verschiedener Farben von der Brenntemperatur. *Zahnmed Diss.* Uni Köln (1985).
42. Pammersperger RA. Zum Frakturverhalten vollkeramischer Seitenzahnbrücken aus In-Ceram (Celay) nach unterschiedlicher Bearbeitung. *Zahnmed Diss.* Uni München (2006).
43. Perthometer. Oberflächen-Kenngrößen. Göttingen: Mahr GmbH; 1999.
44. Pröbster L. Klinische Erfahrung mit vollkeramischem Zahnersatz – Ein Rückblick. In: Kappert HF (Hrsg.). *Vollkeramik Werkstoffkunde – Zahntechnik – klinische Erfahrung.* Berlin: *Quintessenz Verlags-GmbH* 1996: 103-116.
45. Reise M. Das kleine ABC der Verblendkeramik. *ZWP SPEZIAL* 2004; 4: 22-25.
46. Schäfer A, Apel T. Brenngradbestimmung an niedrigschmelzenden Keramiksystemen – eine obligatorische Maßnahme? *Quintessenz Zahntechnik* 2004; 30(8): 878-892.
47. Spintzyk S, Wölz G, Geis-Gerstorfer J. Ein System zur Herstellung reproduzierbarer Probekörper. *Quintessenz Zahntechnik* 2012; 38(5): 542-549.
48. Strietzel R. Die Werkstoffkunde der Metall-Keramik-Systeme. München: *Neuer Merkur GmbH* 2005: 57-64.
49. Tholey MJ, Thiel N. Das Brennen von dentaler Verblendkeramik. *Quintessenz Zahntechnik* 2009; 35(8): 1018-1029.

50. Ulmer K. Einfluss der Brenntemperatur auf die Transluzenz und das Mikrogefüge dentaler Verblendkeramiken. *Zahnmed Diss.* Uni Tübingen (2003).

51. WIELAND DENTAL Zenoflex dimension - Gebrauchsanweisung
(http://www.wieland-dental.de/uploads/tx_pxwdownloads/Zenoflex_dimension_de.pdf)
(Stand: 6.10.2013)

52. WIELAND DENTAL Zirox - Gebrauchsanweisung
(http://www.wieland-dental.de/uploads/tx_pxwdownloads/Zirox_Gebrauchsanweisung_d.pdf)
(Stand: 6.10.2013)

9 Anhang

9.1 Tabellen und Diagramme

ZIROX

L*a*b*- und ΔE-Werte

Tabelle Messergebnisse 1

Zirox - Gruppe 1

L-Werte												
Probennummer	L1 (Zahn)	L1 (A3)	ΔL1	L2 (Zahn)	L2 (A3)	ΔL2	L3 (Zahn)	L3 (A3)	ΔL3	x (ΔL)	x (L (Zahn))	x (L (A3))
1,00	73,70	73,30	0,40	72,40	73,70	-1,30	73,40	72,50	0,90	0,00	73,17	73,17
2,00	74,80	72,70	2,10	73,30	73,70	-0,40	74,20	73,00	1,20	0,97	74,10	73,13
3,00	74,60	72,50	2,10	73,00	73,70	-0,70	74,00	72,90	1,10	0,83	73,87	73,03
4,00	74,30	72,90	1,40	73,00	73,70	-0,70	74,80	72,20	2,60	1,10	74,03	72,93
5,00	74,40	73,20	1,20	73,00	73,70	-0,70	74,70	72,60	2,10	0,87	74,03	73,17
6,00	74,40	72,70	1,70	72,60	73,50	-0,90	74,40	72,40	2,00	0,93	73,80	72,87
7,00	74,10	72,90	1,20	72,80	73,70	-0,90	74,40	72,30	2,10	0,80	73,77	72,97
8,00	74,60	72,70	1,90	73,20	73,60	-0,40	74,70	72,30	2,40	1,30	74,17	72,87
9,00	74,00	72,90	1,10	73,00	73,70	-0,70	74,30	72,10	2,20	0,87	73,77	72,90
10,00	74,80	72,50	2,30	73,20	73,50	-0,30	74,90	72,30	2,60	1,53	74,30	72,77
										x (ΔL ges)	x (L (Zahn) ges)	x (L (A3) ges)
										0,92	73,90	72,98
a-Werte												
Probennummer	a1 (Zahn)	a1 (A3)	Δa1	a2 (Zahn)	a2 (A3)	Δa2	a3 (Zahn)	a3 (A3)	Δa3	x (Δa)	x (a (Zahn))	x (a (A3))
1,00	4,10	2,40	1,70	4,30	2,60	1,70	3,90	2,20	1,70	1,70	4,10	2,40
2,00	3,90	2,10	1,80	4,40	2,30	2,10	4,20	2,10	2,10	2,00	4,17	2,17
3,00	3,70	2,20	1,50	4,40	2,50	1,90	4,00	2,20	1,80	1,73	4,03	2,30
4,00	3,90	2,20	1,70	4,40	2,40	2,00	3,70	2,10	1,60	1,77	4,00	2,23
5,00	4,00	2,30	1,70	4,40	2,20	2,20	3,80	2,30	1,50	1,80	4,07	2,27
6,00	4,00	2,10	1,90	4,50	2,00	2,50	3,80	2,10	1,70	2,03	4,10	2,07
7,00	4,10	2,30	1,80	4,40	2,20	2,20	3,90	2,20	1,70	1,90	4,13	2,23
8,00	4,10	2,00	2,10	4,60	2,20	2,40	4,00	2,00	2,00	2,17	4,23	2,07
9,00	4,10	2,10	2,00	4,50	2,30	2,20	3,90	2,20	1,70	1,97	4,17	2,20
10,00	3,70	1,90	1,80	4,30	2,10	2,20	3,80	2,20	1,60	1,87	3,93	2,07
										x (Δa ges)	x (a (Zahn) ges)	x (a (A3) ges)
										1,89	4,09	2,20
b-Werte												
Probennummer	b1 (Zahn)	b1 (A3)	Δb1	b2 (Zahn)	b2 (A3)	Δb2	b3 (Zahn)	b3 (A3)	Δb3	x (Δb)	x (b (Zahn))	x (b (A3))
1,00	23,20	22,00	1,20	23,10	23,00	0,10	22,80	21,30	1,50	0,93	23,03	22,10
2,00	22,60	21,70	0,90	22,50	22,90	-0,40	22,80	21,60	1,20	0,57	22,63	22,07
3,00	22,80	21,90	0,90	22,10	23,00	-0,90	22,70	21,70	1,00	0,33	22,53	22,20
4,00	22,70	21,80	0,90	22,00	22,90	-0,90	22,40	21,00	1,40	0,47	22,37	21,90
5,00	22,70	22,00	0,70	22,90	22,70	0,20	23,00	21,50	1,50	0,80	22,87	22,07
6,00	22,50	21,60	0,90	21,70	22,60	-0,90	22,10	21,30	0,80	0,27	22,10	21,83
7,00	22,80	21,80	1,00	22,20	22,80	-0,60	22,30	21,20	1,10	0,50	22,43	21,93
8,00	22,60	21,50	1,10	22,30	22,80	-0,50	22,20	21,10	1,10	0,57	22,37	21,80
9,00	22,70	21,70	1,00	21,50	22,80	-1,30	21,90	21,10	0,80	0,17	22,03	21,87
10,00	22,60	21,20	1,40	22,70	22,80	-0,10	22,50	21,20	1,30	0,87	22,60	21,73
										x (Δb ges)	x (b (Zahn) ges)	x (b (A3) ges)
										0,55	22,50	21,95
ΔE (automatische Gerätewerte)												
Probennummer	ΔE1	ΔE2	ΔE3	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	2,10	2,20	2,50	2,27	0,21							
2,00	2,90	2,10	2,70	2,57	0,42							
3,00	2,70	2,20	2,40	2,43	0,25							
4,00	2,30	2,30	3,40	2,67	0,64							
5,00	2,20	2,30	3,00	2,50	0,44							
6,00	2,70	2,80	2,70	2,73	0,06							
7,00	2,40	2,50	2,80	2,57	0,21							
8,00	3,00	2,50	3,30	2,93	0,40							
9,00	2,50	2,60	2,90	2,67	0,21							
10,00	3,20	2,20	3,30	2,90	0,61							
					x (ΔE ges)	s (ΔE ges)						
					2,62	0,34						
ΔE (mittels Formel errechnete Werte)												
Probennummer	ΔE1	ΔE2	ΔE3	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	2,12	2,14	2,44	2,23	0,18							
2,00	2,91	2,17	2,70	2,59	0,38							
3,00	2,73	2,22	2,33	2,43	0,27							
4,00	2,38	2,30	3,36	2,68	0,59							
5,00	2,20	2,32	2,98	2,50	0,43							
6,00	2,70	2,81	2,74	2,75	0,05							
7,00	2,38	2,45	2,92	2,58	0,29							
8,00	3,04	2,48	3,31	2,94	0,42							
9,00	2,49	2,65	2,89	2,68	0,20							
10,00	3,24	2,22	3,32	2,93	0,61							
					x (ΔE ges)	s (ΔE ges)						
					2,63	0,34						

Tabelle Messergebnisse 2

Zirox - Gruppe 2

L-Werte												
Probennummer	L1 (Zahn)	L1 (A3)	$\Delta L1$	L2 (Zahn)	L2 (A3)	$\Delta L2$	L3 (Zahn)	L3 (A3)	$\Delta L3$	x (ΔL)	x (L (Zahn))	x (L (A3))
1,00	74,20	72,70	1,50	72,40	73,70	-1,30	74,20	72,50	1,70	0,63	73,60	72,97
2,00	73,70	72,80	0,90	72,80	73,70	-0,90	74,00	72,50	1,50	0,50	73,50	73,00
3,00	74,20	72,80	1,40	72,20	73,60	-1,40	74,00	72,60	1,40	0,47	73,47	73,00
4,00	74,20	72,70	1,50	72,40	73,80	-1,40	74,20	72,40	1,80	0,63	73,60	72,97
5,00	74,20	72,70	1,50	72,20	73,70	-1,50	73,80	72,60	1,20	0,40	73,40	73,00
6,00	74,50	72,60	1,90	72,20	73,60	-1,40	73,70	72,80	0,90	0,47	73,47	73,00
7,00	74,30	72,80	1,50	72,70	73,60	-0,90	73,90	72,90	1,00	0,53	73,63	73,10
8,00	74,60	72,70	1,90	72,70	73,60	-0,90	74,00	72,70	1,30	0,77	73,77	73,00
9,00	74,20	72,50	1,70	72,80	73,60	-0,80	73,90	72,80	1,10	0,67	73,63	72,97
10,00	74,20	72,60	1,60	72,40	73,60	-1,20	74,20	72,60	1,60	0,67	73,60	72,93
										x (ΔL ges)	x (L (Zahn) ges)	x (L (A3) ges)
										0,57	73,57	72,99
a-Werte												
Probennummer	a1 (Zahn)	a1 (A3)	$\Delta a1$	a2 (Zahn)	a2 (A3)	$\Delta a2$	a3 (Zahn)	a3 (A3)	$\Delta a3$	x (Δa)	x (a (Zahn))	x (a (A3))
1,00	3,70	1,90	1,80	4,30	2,20	2,10	3,70	2,10	1,60	1,83	3,90	2,07
2,00	3,90	1,90	2,00	4,30	2,20	2,10	3,70	2,00	1,70	1,93	3,97	2,03
3,00	3,70	1,90	1,80	4,40	2,30	2,10	3,90	2,10	1,80	1,90	4,00	2,10
4,00	3,70	1,90	1,80	4,40	2,20	2,20	3,70	2,40	1,30	1,77	3,93	2,17
5,00	3,90	2,00	1,90	4,40	2,30	2,10	3,90	2,40	1,50	1,83	4,07	2,23
6,00	3,90	2,10	1,80	4,40	2,20	2,20	3,90	2,20	1,70	1,90	4,07	2,17
7,00	4,00	2,00	2,00	4,40	2,20	2,20	3,90	2,10	1,80	2,00	4,10	2,10
8,00	3,70	1,90	1,80	4,30	2,30	2,00	3,80	2,10	1,70	1,83	3,93	2,10
9,00	3,80	1,90	1,90	4,20	2,10	2,10	3,80	2,00	1,80	1,93	3,93	2,00
10,00	3,60	2,00	1,60	4,30	2,20	2,10	3,70	2,30	1,40	1,70	3,87	2,17
										x (Δa ges)	x (a (Zahn) ges)	x (a (A3) ges)
										1,86	3,98	2,11
b-Werte												
Probennummer	b1 (Zahn)	b1 (A3)	$\Delta b1$	b2 (Zahn)	b2 (A3)	$\Delta b2$	b3 (Zahn)	b3 (A3)	$\Delta b3$	x (Δb)	x (b (Zahn))	x (b (A3))
1,00	22,40	21,20	1,20	22,10	22,80	-0,70	22,00	21,30	0,70	0,40	22,17	21,77
2,00	22,10	21,30	0,80	21,70	22,70	-1,00	21,90	21,30	0,60	0,13	21,90	21,77
3,00	21,90	21,20	0,70	22,20	22,90	-0,70	21,90	21,40	0,50	0,17	22,00	21,83
4,00	22,70	21,30	1,40	22,30	22,80	-0,50	22,10	21,50	0,60	0,50	22,37	21,87
5,00	22,40	21,50	0,90	22,10	22,80	-0,70	22,20	21,60	0,60	0,27	22,23	21,97
6,00	22,10	21,70	0,40	22,00	22,80	-0,80	22,20	21,60	0,60	0,07	22,10	22,03
7,00	22,50	21,50	1,00	22,00	22,80	-0,80	22,00	21,50	0,50	0,23	22,17	21,93
8,00	22,30	21,20	1,10	22,00	22,90	-0,90	21,70	21,50	0,20	0,13	22,00	21,87
9,00	22,10	21,00	1,10	21,90	22,80	-0,90	22,10	21,50	0,60	0,27	22,03	21,77
10,00	22,60	21,40	1,20	22,10	22,80	-0,70	22,10	21,50	0,60	0,37	22,27	21,90
										x (Δb ges)	x (b (Zahn) ges)	x (b (A3) ges)
										0,25	22,12	21,87
ΔE (automatische Gerätewerte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	2,60	2,50	2,40	2,50	0,10							
2,00	2,30	2,40	2,40	2,37	0,06							
3,00	2,40	2,60	2,30	2,43	0,15							
4,00	2,70	2,60	2,30	2,53	0,21							
5,00	2,60	2,70	2,00	2,43	0,38							
6,00	2,60	2,70	2,10	2,47	0,32							
7,00	2,60	2,50	2,20	2,43	0,21							
8,00	2,90	2,40	2,20	2,50	0,36							
9,00	2,80	2,40	2,20	2,47	0,31							
10,00	2,50	2,50	2,20	2,40	0,17							
					x (ΔE ges)	s (ΔE ges)						
					2,45	0,23						
ΔE (mittels Formel errechnete Werte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	2,63	2,57	2,44	2,55	0,10							
2,00	2,33	2,49	2,35	2,39	0,09							
3,00	2,39	2,62	2,33	2,45	0,15							
4,00	2,73	2,66	2,30	2,56	0,23							
5,00	2,58	2,67	2,01	2,42	0,36							
6,00	2,65	2,73	2,01	2,46	0,39							
7,00	2,69	2,51	2,12	2,44	0,29							
8,00	2,84	2,37	2,15	2,45	0,35							
9,00	2,78	2,42	2,19	2,46	0,29							
10,00	2,56	2,52	2,21	2,43	0,19							
					x (ΔE ges)	s (ΔE ges)						
					2,46	0,24						

Tabelle Messergebnisse 3

Zirox - Gruppe 3

L-Werte												
Probennummer	L1 (Zahn)	L1 (A3)	$\Delta L1$	L2 (Zahn)	L2 (A3)	$\Delta L2$	L3 (Zahn)	L3 (A3)	$\Delta L3$	x (ΔL)	x (L (Zahn))	x (L (A3))
1,00	75,80	72,60	3,20	74,60	73,70	0,90	76,10	72,60	3,50	2,53	75,50	72,97
2,00	74,70	73,30	1,40	73,00	73,70	-0,70	74,30	72,90	1,40	0,70	74,00	73,30
3,00	76,20	73,00	3,20	75,60	73,70	1,90	76,50	72,70	3,80	2,97	76,10	73,13
4,00	75,50	72,80	2,70	73,50	73,70	-0,20	74,60	73,00	1,60	1,37	74,53	73,17
5,00	75,30	72,40	2,90	73,60	73,70	-0,10	74,60	72,80	1,80	1,53	74,50	72,97
6,00	74,90	72,70	2,20	73,70	73,80	-0,10	74,90	72,50	2,40	1,50	74,50	73,00
7,00	75,10	72,80	2,30	73,00	73,50	-0,50	75,60	72,20	3,40	1,73	74,57	72,83
8,00	74,90	72,90	2,00	74,00	73,70	0,30	74,80	72,80	2,00	1,43	74,57	73,13
9,00	75,70	72,90	2,80	74,80	73,90	0,90	75,70	72,60	3,10	2,27	75,40	73,13
10,00	74,00	73,10	0,90	72,90	73,60	-0,70	74,40	72,80	1,60	0,60	73,77	73,17
										x (ΔL ges)	x (L (Zahn) ges)	x (L (A3) ges)
										1,66	74,74	73,08
a-Werte												
Probennummer	a1 (Zahn)	a1 (A3)	$\Delta a1$	a2 (Zahn)	a2 (A3)	$\Delta a2$	a3 (Zahn)	a3 (A3)	$\Delta a3$	x (Δa)	x (a (Zahn))	x (a (A3))
1,00	4,10	1,80	2,30	4,50	2,20	2,30	4,00	2,30	1,70	2,10	4,20	2,10
2,00	4,40	2,40	2,00	4,80	2,40	2,40	4,20	2,40	1,80	2,07	4,47	2,40
3,00	4,00	2,00	2,00	4,10	2,30	1,80	3,70	2,20	1,50	1,77	3,93	2,17
4,00	4,10	2,10	2,00	4,80	2,40	2,40	4,20	2,50	1,70	2,03	4,37	2,33
5,00	3,90	1,80	2,10	4,60	2,50	2,10	4,10	2,30	1,80	2,00	4,20	2,20
6,00	4,30	2,40	1,90	4,70	2,50	2,20	4,20	2,20	2,00	2,03	4,40	2,37
7,00	4,30	2,30	2,00	4,80	2,10	2,70	3,70	2,00	1,70	2,13	4,27	2,13
8,00	4,30	2,20	2,10	4,60	2,50	2,10	4,10	2,30	1,80	2,00	4,33	2,33
9,00	4,10	2,00	2,10	4,30	2,60	1,70	4,00	2,10	1,90	1,90	4,13	2,23
10,00	4,40	2,50	1,90	4,70	3,00	1,70	4,30	2,40	1,90	1,83	4,47	2,63
										x (Δa ges)	x (a (Zahn) ges)	x (a (A3) ges)
										1,99	4,28	2,29
b-Werte												
Probennummer	b1 (Zahn)	b1 (A3)	$\Delta b1$	b2 (Zahn)	b2 (A3)	$\Delta b2$	b3 (Zahn)	b3 (A3)	$\Delta b3$	x (Δb)	x (b (Zahn))	x (b (A3))
1,00	23,10	21,00	2,10	23,10	22,80	0,30	22,50	21,50	1,00	1,13	22,90	21,77
2,00	23,20	22,00	1,20	23,40	22,90	0,50	22,90	21,80	1,10	0,93	23,17	22,23
3,00	23,90	21,70	2,20	23,90	22,80	1,10	23,50	21,50	2,00	1,77	23,77	22,00
4,00	23,70	21,70	2,00	23,30	22,90	0,40	23,00	21,90	1,10	1,17	23,33	22,17
5,00	22,90	20,80	2,10	22,80	23,00	-0,20	23,10	21,60	1,50	1,13	22,93	21,80
6,00	23,70	21,90	1,80	23,20	22,90	0,30	22,70	21,40	1,30	1,13	23,20	22,07
7,00	23,00	21,80	1,20	23,30	22,70	0,60	22,80	21,00	1,80	1,20	23,03	21,83
8,00	23,30	21,80	1,50	22,80	23,00	-0,20	23,00	21,60	1,40	0,90	23,03	22,13
9,00	23,30	21,60	1,70	23,20	23,00	0,20	23,20	21,40	1,80	1,23	23,23	22,00
10,00	23,30	22,00	1,30	22,50	23,20	-0,70	22,80	21,70	1,10	0,57	22,87	22,30
										x (Δb ges)	x (b (Zahn) ges)	x (b (A3) ges)
										1,12	23,15	22,03
ΔE (automatische Gerätewerte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)		s (ΔE)						
1,00	4,50	2,50	4,00	3,67	1,04							
2,00	2,70	2,60	2,50	2,60	0,10							
3,00	4,40	2,90	4,60	3,97	0,93							
4,00	3,80	2,40	2,60	2,93	0,76							
5,00	4,10	2,10	3,00	3,07	1,00							
6,00	3,40	2,20	3,40	3,00	0,69							
7,00	3,30	2,80	4,20	3,43	0,71							
8,00	3,30	2,10	3,10	2,83	0,64							
9,00	3,90	1,90	4,00	3,27	1,18							
10,00	2,50	1,90	2,70	2,37	0,42							
				x (ΔE ges)	s (ΔE ges)							
				3,11	0,75							
ΔE (mittels Formel errechnete Werte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)		s (ΔE)						
1,00	4,47	2,49	4,02	3,66	1,04							
2,00	2,72	2,55	2,53	2,60	0,10							
3,00	4,37	2,84	4,55	3,92	0,94							
4,00	3,91	2,44	2,58	2,98	0,81							
5,00	4,15	2,11	2,95	3,07	1,02							
6,00	3,42	2,22	3,38	3,01	0,68							
7,00	3,28	2,81	4,21	3,43	0,71							
8,00	3,26	2,13	3,03	2,81	0,60							
9,00	3,89	1,93	4,06	3,29	1,18							
10,00	2,47	1,97	2,72	2,39	0,38							
				x (ΔE ges)	s (ΔE ges)							
				3,12	0,75							

Tabelle Messergebnisse 4

Zirox - Gruppe 4

L-Werte												
Probennummer	L1 (Zahn)	L1 (A3)	$\Delta L1$	L2 (Zahn)	L2 (A3)	$\Delta L2$	L3 (Zahn)	L3 (A3)	$\Delta L3$	x (ΔL)	x (L (Zahn))	x (L (A3))
1,00	75,20	72,90	2,30	73,80	73,60	0,20	75,00	72,60	2,40	1,63	74,67	73,03
2,00	74,70	73,00	1,70	73,80	73,60	0,20	74,70	72,70	2,00	1,30	74,40	73,10
3,00	74,30	72,80	1,50	73,50	73,70	-0,20	74,70	72,10	2,60	1,30	74,17	72,87
4,00	74,90	73,10	1,80	73,80	73,60	0,20	74,90	72,50	2,40	1,47	74,53	73,07
5,00	74,40	72,70	1,70	73,70	73,70	0,00	74,70	72,50	2,20	1,30	74,27	72,97
6,00	75,00	72,50	2,50	73,40	73,50	-0,10	74,70	72,30	2,40	1,60	74,37	72,77
7,00	74,50	73,10	1,40	73,80	73,80	0,00	75,10	72,10	3,00	1,47	74,47	73,00
8,00	75,10	72,70	2,40	74,20	73,60	0,60	75,20	72,30	2,90	1,97	74,83	72,87
9,00	74,60	73,10	1,50	74,10	73,80	0,30	75,10	72,60	2,50	1,43	74,60	73,17
10,00	74,50	73,00	1,50	73,60	73,60	0,00	75,10	72,20	2,90	1,47	74,40	72,93
										x (ΔL ges)	x (L (Zahn) ges)	x (L (A3) ges)
										1,49	74,47	72,98
a-Werte												
Probennummer	a1 (Zahn)	a1 (A3)	$\Delta a1$	a2 (Zahn)	a2 (A3)	$\Delta a2$	a3 (Zahn)	a3 (A3)	$\Delta a3$	x (Δa)	x (a (Zahn))	x (a (A3))
1,00	4,20	2,20	2,00	4,70	2,10	2,60	4,10	2,20	1,90	2,17	4,33	2,17
2,00	4,30	2,20	2,10	4,60	2,10	2,50	4,20	2,10	2,10	2,23	4,37	2,13
3,00	4,30	2,00	2,30	4,60	2,10	2,50	4,00	1,90	2,10	2,30	4,30	2,00
4,00	4,10	2,10	2,00	4,60	2,10	2,50	4,20	2,10	2,10	2,20	4,30	2,10
5,00	4,40	1,80	2,60	4,70	2,50	2,20	4,20	2,20	2,00	2,27	4,43	2,17
6,00	4,00	1,80	2,20	4,60	2,10	2,50	4,10	1,80	2,30	2,33	4,23	1,90
7,00	4,30	2,10	2,20	4,50	2,10	2,40	4,00	1,90	2,10	2,23	4,27	2,03
8,00	4,00	1,90	2,10	4,40	2,20	2,20	4,00	2,00	2,00	2,10	4,13	2,03
9,00	4,40	2,10	2,30	4,60	2,30	2,30	4,10	2,00	2,10	2,23	4,37	2,13
10,00	4,50	2,10	2,40	4,70	2,10	2,60	4,00	2,10	1,90	2,30	4,40	2,10
										x (Δa ges)	x (a (Zahn) ges)	x (a (A3) ges)
										2,24	4,31	2,08
b-Werte												
Probennummer	b1 (Zahn)	b1 (A3)	$\Delta b1$	b2 (Zahn)	b2 (A3)	$\Delta b2$	b3 (Zahn)	b3 (A3)	$\Delta b3$	x (Δb)	x (b (Zahn))	x (b (A3))
1,00	23,30	21,80	1,50	23,10	22,70	0,40	22,60	21,40	1,20	1,03	23,00	21,97
2,00	23,20	21,90	1,30	22,80	22,70	0,10	23,00	21,50	1,50	0,97	23,00	22,03
3,00	23,20	21,60	1,60	22,80	22,60	0,20	22,40	20,80	1,60	1,13	22,80	21,67
4,00	22,90	21,80	1,10	22,90	22,60	0,30	22,90	21,30	1,60	1,00	22,90	21,90
5,00	22,80	21,00	1,80	22,70	23,00	-0,30	22,70	21,40	1,30	0,93	22,73	21,80
6,00	22,90	20,90	2,00	23,10	22,70	0,40	22,40	20,90	1,50	1,30	22,80	21,50
7,00	22,90	21,90	1,00	22,40	22,50	-0,10	22,10	20,80	1,30	0,73	22,47	21,73
8,00	22,80	21,30	1,50	22,50	22,70	-0,20	22,60	21,10	1,50	0,93	22,63	21,70
9,00	23,30	21,80	1,50	22,80	22,80	0,00	23,00	21,40	1,60	1,03	23,03	22,00
10,00	23,10	21,80	1,30	22,80	22,60	0,20	22,20	21,00	1,20	0,90	22,70	21,80
										x (Δb ges)	x (b (Zahn) ges)	x (b (A3) ges)
										1,00	22,81	21,81
ΔE (automatische Gerätewerte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	3,30	2,60	3,30	3,07	0,40							
2,00	3,00	2,50	3,30	2,93	0,40							
3,00	3,10	2,50	3,70	3,10	0,60							
4,00	2,90	2,50	3,50	2,97	0,50							
5,00	3,60	2,20	3,30	3,03	0,74							
6,00	3,90	2,50	3,70	3,37	0,76							
7,00	2,70	2,40	3,90	3,00	0,79							
8,00	3,50	2,40	3,70	3,20	0,70							
9,00	3,10	2,40	3,60	3,03	0,60							
10,00	3,10	2,60	3,70	3,13	0,55							
					x (ΔE ges)	s (ΔE ges)						
					3,08	0,61						
ΔE (mittels Formel errechnete Werte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	3,40	2,64	3,29	3,11	0,41							
2,00	3,00	2,51	3,26	2,92	0,38							
3,00	3,18	2,52	3,71	3,13	0,60							
4,00	2,91	2,53	3,57	3,00	0,53							
5,00	3,59	2,22	3,24	3,02	0,71							
6,00	3,88	2,53	3,65	3,36	0,72							
7,00	2,79	2,40	3,89	3,03	0,77							
8,00	3,52	2,29	3,83	3,21	0,82							
9,00	3,13	2,32	3,64	3,03	0,66							
10,00	3,11	2,61	3,67	3,13	0,53							
					x (ΔE ges)	s (ΔE ges)						
					3,09	0,61						

Tabelle Messergebnisse 5

Zirox - Gruppe 5

L-Werte												
Probennummer	L1 (Zahn)	L1 (A3)	$\Delta L1$	L2 (Zahn)	L2 (A3)	$\Delta L2$	L3 (Zahn)	L3 (A3)	$\Delta L3$	x (ΔL)	x (L (Zahn))	x (L (A3))
1,00	73,80	73,20	0,60	72,50	73,70	-1,20	73,20	73,10	0,10	-0,17	73,17	73,33
2,00	73,30	73,20	0,10	71,70	73,60	-1,90	72,60	73,20	-0,60	-0,80	72,53	73,33
3,00	73,30	73,00	0,30	72,20	73,70	-1,50	73,00	73,10	-0,10	-0,43	72,83	73,27
4,00	73,80	73,00	0,80	72,10	73,70	-1,60	72,90	73,20	-0,30	-0,37	72,93	73,30
5,00	73,80	73,30	0,50	72,70	73,60	-0,90	73,90	72,40	1,50	0,37	73,47	73,10
6,00	73,60	73,30	0,30	72,30	73,70	-1,40	74,30	72,30	2,00	0,30	73,40	73,10
7,00	73,60	73,10	0,50	72,60	73,70	-1,10	73,40	72,70	0,70	0,03	73,20	73,17
8,00	74,10	73,00	1,10	72,30	73,60	-1,30	73,20	72,80	0,40	0,07	73,20	73,13
9,00	73,50	73,40	0,10	72,30	73,40	-1,10	73,00	73,00	0,00	-0,33	72,93	73,27
10,00	72,70	73,40	-0,70	71,70	73,60	-1,90	72,90	72,80	0,10	-0,83	72,43	73,27
										x (ΔL ges)	x (L (Zahn) ges)	x (L (A3) ges)
										-0,22	73,01	73,23
a-Werte												
Probennummer	a1 (Zahn)	a1 (A3)	$\Delta a1$	a2 (Zahn)	a2 (A3)	$\Delta a2$	a3 (Zahn)	a3 (A3)	$\Delta a3$	x (Δa)	x (a (Zahn))	x (a (A3))
1,00	3,20	2,30	0,90	3,60	2,30	1,30	3,50	2,20	1,30	1,17	3,43	2,27
2,00	3,30	2,50	0,80	3,70	2,20	1,50	3,40	2,10	1,30	1,20	3,47	2,27
3,00	3,30	2,20	1,10	3,70	2,30	1,40	3,10	2,30	0,80	1,10	3,37	2,27
4,00	3,50	2,40	1,10	3,60	2,30	1,30	3,30	2,30	1,00	1,13	3,47	2,33
5,00	3,10	2,60	0,50	3,40	2,20	1,20	2,80	2,00	0,80	0,83	3,10	2,27
6,00	3,50	2,40	1,10	3,80	2,30	1,50	2,70	2,10	0,60	1,07	3,33	2,27
7,00	3,20	2,20	1,00	3,60	2,30	1,30	3,10	2,20	0,90	1,07	3,30	2,23
8,00	3,30	2,30	1,00	3,70	2,20	1,50	3,20	2,50	0,70	1,07	3,40	2,33
9,00	3,70	2,30	1,40	3,80	2,00	1,80	3,30	2,40	0,90	1,37	3,60	2,23
10,00	3,50	2,50	1,00	3,60	2,00	1,60	3,40	2,10	1,30	1,30	3,50	2,20
										x (Δa ges)	x (a (Zahn) ges)	x (a (A3) ges)
										1,13	3,40	2,27
b-Werte												
Probennummer	b1 (Zahn)	b1 (A3)	$\Delta b1$	b2 (Zahn)	b2 (A3)	$\Delta b2$	b3 (Zahn)	b3 (A3)	$\Delta b3$	x (Δb)	x (b (Zahn))	x (b (A3))
1,00	22,30	21,90	0,40	22,00	22,90	-0,90	22,00	21,80	0,20	-0,10	22,10	22,20
2,00	22,40	22,00	0,40	22,20	22,80	-0,60	22,20	21,80	0,40	0,07	22,27	22,20
3,00	22,30	21,80	0,50	21,80	22,90	-1,10	22,60	21,80	0,80	0,07	22,23	22,17
4,00	22,60	22,00	0,60	22,40	22,80	-0,40	22,20	21,90	0,30	0,17	22,40	22,23
5,00	22,60	22,10	0,50	22,10	22,80	-0,70	22,00	21,20	0,80	0,20	22,23	22,03
6,00	22,80	22,00	0,80	22,20	22,80	-0,60	22,20	21,10	1,10	0,43	22,40	21,97
7,00	22,70	21,90	0,80	22,30	22,80	-0,50	22,60	21,50	1,10	0,47	22,53	22,07
8,00	22,80	21,90	0,90	22,20	22,80	-0,60	22,30	21,80	0,50	0,27	22,43	22,17
9,00	22,00	22,10	-0,10	21,80	22,60	-0,80	22,30	21,80	0,50	-0,13	22,03	22,17
10,00	22,00	22,20	-0,20	21,80	22,50	-0,70	22,00	21,50	0,50	-0,13	21,93	22,07
										x (Δb ges)	x (b (Zahn) ges)	x (b (A3) ges)
										0,13	22,26	22,13
ΔE (automatische Gerätewerte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	1,10	1,90	1,30	1,43	0,42							
2,00	1,00	2,50	1,50	1,67	0,76							
3,00	1,20	2,30	1,10	1,53	0,67							
4,00	1,50	2,20	1,10	1,60	0,56							
5,00	0,90	1,70	1,80	1,47	0,49							
6,00	1,40	2,10	2,40	1,97	0,51							
7,00	1,40	1,80	1,60	1,60	0,20							
8,00	1,70	2,00	0,90	1,53	0,57							
9,00	1,40	2,30	1,10	1,60	0,62							
10,00	1,20	2,60	1,40	1,73	0,76							
				x (ΔE ges)	s (ΔE ges)							
				1,61	0,56							
ΔE (mittels Formel errechnete Werte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	1,15	1,98	1,32	1,49	0,44							
2,00	0,90	2,49	1,49	1,63	0,81							
3,00	1,24	2,33	1,14	1,57	0,66							
4,00	1,49	2,10	1,09	1,56	0,51							
5,00	0,87	1,66	1,88	1,47	0,53							
6,00	1,39	2,14	2,36	1,96	0,51							
7,00	1,37	1,77	1,58	1,58	0,20							
8,00	1,74	2,07	0,95	1,59	0,58							
9,00	1,41	2,26	1,03	1,56	0,63							
10,00	1,24	2,58	1,40	1,74	0,73							
				x (ΔE ges)	s (ΔE ges)							
				1,61	0,56							

Tabelle Messergebnisse 6

Zirox - Gruppe 6

L-Werte												
Probennummer	L1 (Zahn)	L1 (A3)	$\Delta L1$	L2 (Zahn)	L2 (A3)	$\Delta L2$	L3 (Zahn)	L3 (A3)	$\Delta L3$	x (ΔL)	x (L (Zahn))	x (L (A3))
1,00	72,50	73,40	-0,90	71,80	73,60	-1,80	72,80	73,20	-0,40	-1,03	72,37	73,40
2,00	73,80	73,20	0,60	72,20	73,70	-1,50	73,60	72,50	1,10	0,07	73,20	73,13
3,00	73,10	72,70	0,40	71,90	72,80	-0,90	72,10	73,10	-1,00	-0,50	72,37	72,87
4,00	72,90	73,30	-0,40	71,90	73,90	-2,00	73,00	72,80	0,20	-0,73	72,60	73,33
5,00	73,30	73,10	0,20	72,20	73,70	-1,50	72,20	72,80	-0,60	-0,63	72,57	73,20
6,00	73,10	72,90	0,20	71,90	73,70	-1,80	73,80	72,40	1,40	-0,07	72,93	73,00
7,00	73,00	73,10	-0,10	72,10	73,70	-1,60	72,90	72,70	0,20	-0,50	72,67	73,17
8,00	73,20	73,00	0,20	71,80	73,70	-1,90	72,60	73,00	-0,40	-0,70	72,53	73,23
9,00	73,40	73,10	0,30	72,40	73,80	-1,40	73,10	72,50	0,60	-0,17	72,97	73,13
10,00	73,20	73,10	0,10	72,40	73,50	-1,10	73,00	73,00	0,00	-0,33	72,87	73,20
										x (ΔL ges)	x (L (Zahn) ges)	x (L (A3) ges)
										-0,46	72,71	73,17
a-Werte												
Probennummer	a1 (Zahn)	a1 (A3)	$\Delta a1$	a2 (Zahn)	a2 (A3)	$\Delta a2$	a3 (Zahn)	a3 (A3)	$\Delta a3$	x (Δa)	x (a (Zahn))	x (a (A3))
1,00	3,30	2,40	0,90	3,50	2,20	1,30	3,30	2,20	1,10	1,10	3,37	2,27
2,00	3,30	2,40	0,90	3,60	2,20	1,40	3,10	2,00	1,10	1,13	3,33	2,20
3,00	3,40	2,00	1,40	3,50	1,80	1,70	3,40	2,20	1,20	1,43	3,43	2,00
4,00	3,30	2,30	1,00	3,60	2,30	1,30	3,10	2,10	1,00	1,10	3,33	2,23
5,00	3,20	2,30	0,90	3,50	2,20	1,30	3,20	2,00	1,20	1,13	3,30	2,17
6,00	3,20	2,10	1,10	3,60	2,10	1,50	3,10	2,00	1,10	1,23	3,30	2,07
7,00	3,40	2,30	1,10	3,80	2,30	1,50	3,30	2,20	1,10	1,23	3,50	2,27
8,00	3,60	2,10	1,50	3,80	2,20	1,60	3,50	2,20	1,30	1,47	3,63	2,17
9,00	3,50	2,20	1,30	3,70	2,20	1,50	3,30	2,00	1,30	1,37	3,50	2,13
10,00	3,50	2,10	1,40	3,80	2,10	1,70	3,50	2,20	1,30	1,47	3,60	2,13
										x (Δa ges)	x (a (Zahn) ges)	x (a (A3) ges)
										1,27	3,43	2,16
b-Werte												
Probennummer	b1 (Zahn)	b1 (A3)	$\Delta b1$	b2 (Zahn)	b2 (A3)	$\Delta b2$	b3 (Zahn)	b3 (A3)	$\Delta b3$	x (Δb)	x (b (Zahn))	x (b (A3))
1,00	22,20	22,10	0,10	22,10	22,80	-0,70	22,40	21,90	0,50	-0,03	22,23	22,27
2,00	22,70	22,00	0,70	22,10	22,80	-0,70	21,70	21,30	0,40	0,13	22,17	22,03
3,00	22,20	21,50	0,70	21,60	22,10	-0,50	21,20	21,80	-0,60	-0,13	21,67	21,80
4,00	22,50	22,00	0,50	22,00	22,80	-0,80	22,40	21,60	0,80	0,17	22,30	22,13
5,00	22,30	21,90	0,40	21,60	22,80	-1,20	22,00	21,50	0,50	-0,10	21,97	22,07
6,00	22,60	21,70	0,90	22,30	22,60	-0,30	22,10	21,20	0,90	0,50	22,33	21,83
7,00	22,30	21,90	0,40	21,70	22,80	-1,10	22,30	21,50	0,80	0,03	22,10	22,07
8,00	22,40	21,70	0,70	22,10	22,80	-0,70	21,80	21,70	0,10	0,03	22,10	22,07
9,00	22,00	21,90	0,10	21,20	22,70	-1,50	21,60	21,20	0,40	-0,33	21,60	21,93
10,00	22,40	21,80	0,60	22,20	22,70	-0,50	22,10	21,70	0,40	0,17	22,23	22,07
										x (Δb ges)	x (b (Zahn) ges)	x (b (A3) ges)
										0,04	22,07	22,03
ΔE (automatische Gerätewerte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	1,20	2,30	1,30	1,60	0,61							
2,00	1,30	2,20	1,60	1,70	0,46							
3,00	1,60	2,10	1,70	1,80	0,26							
4,00	1,20	2,50	1,30	1,67	0,72							
5,00	1,00	2,30	1,40	1,57	0,67							
6,00	1,40	2,40	2,00	1,93	0,50							
7,00	1,10	2,50	1,40	1,67	0,74							
8,00	1,60	2,50	1,30	1,80	0,62							
9,00	1,30	2,50	1,40	1,73	0,67							
10,00	1,50	2,10	1,30	1,63	0,42							
					x (ΔE ges)	s (ΔE ges)						
					1,71	0,57						
ΔE (mittels Formel errechnete Werte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	1,28	2,33	1,27	1,63	0,61							
2,00	1,29	2,17	1,61	1,69	0,45							
3,00	1,62	1,99	1,67	1,76	0,20							
4,00	1,19	2,52	1,30	1,67	0,74							
5,00	1,00	2,32	1,43	1,59	0,67							
6,00	1,44	2,36	1,99	1,93	0,47							
7,00	1,17	2,45	1,37	1,67	0,69							
8,00	1,67	2,58	1,36	1,87	0,63							
9,00	1,34	2,54	1,49	1,79	0,66							
10,00	1,53	2,09	1,36	1,66	0,38							
					x (ΔE ges)	s (ΔE ges)						
					1,72	0,55						

ZIROX

Darstellung 1, Messergebnisse

ΔL		Δa		Δb	
Gruppennummer	ΔL	Gruppennummer	Δa	Gruppennummer	Δb
Gruppe 1 (reg)	0,92	Gruppe 1 (reg)	1,89	Gruppe 1 (reg)	0,55
Gruppe 2 (+25°)	0,57	Gruppe 2 (+25°)	1,86	Gruppe 2 (+25°)	0,25
Gruppe 3 (-25°)	1,66	Gruppe 3 (-25°)	1,99	Gruppe 3 (-25°)	1,12
Gruppe 4 (-50°)	1,49	Gruppe 4 (-50°)	2,24	Gruppe 4 (-50°)	1
Gruppe 5 (BW dick)	-0,22	Gruppe 5 (BW dick)	1,13	Gruppe 5 (BW dick)	0,13
Gruppe 6 (BW dünn)	-0,46	Gruppe 6 (BW dünn)	1,27	Gruppe 6 (BW dünn)	0,04

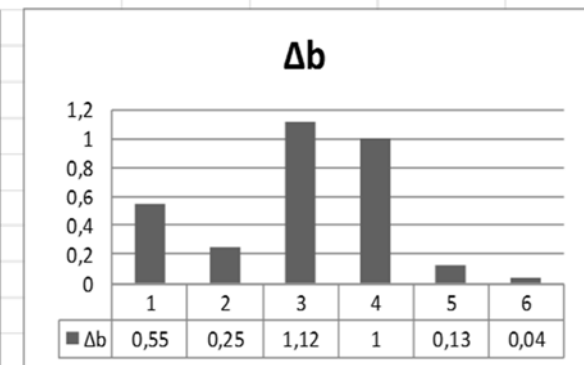
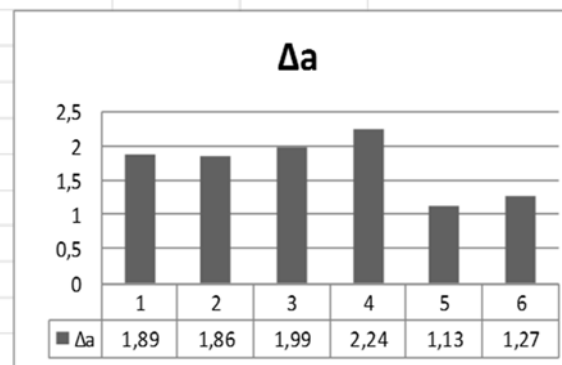
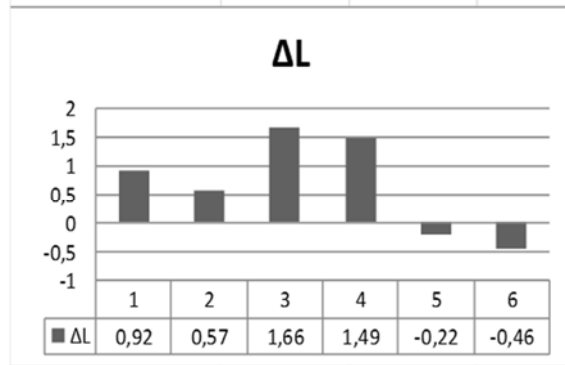


Tabelle Messergebnisse 7

Zenoflex – Gruppe 1

L-Werte												
Probennummer	L1 (Zahn)	L1 (A3)	ΔL1	L2 (Zahn)	L2 (A3)	ΔL2	L3 (Zahn)	L3 (A3)	ΔL3	x (ΔL)	x (L (Zahn))	x (L (A3))
1,00	72,90	72,80	0,10	71,80	73,60	-1,80	72,50	73,00	-0,50	-0,73	72,40	73,13
2,00	72,30	73,00	-0,70	71,30	72,30	-1,00	72,90	72,10	0,80	-0,30	72,17	72,47
3,00	72,70	72,80	-0,10	71,30	72,60	-1,30	72,60	72,30	0,30	-0,37	72,20	72,57
4,00	73,10	72,90	0,20	71,40	72,60	-1,20	73,20	72,40	0,80	-0,07	72,57	72,63
5,00	72,40	72,90	-0,50	71,30	73,00	-1,70	71,80	73,00	-1,20	-1,13	71,83	72,97
6,00	72,30	73,30	-1,00	71,50	73,10	-1,60	72,50	72,80	-0,30	-0,97	72,10	73,07
7,00	72,40	73,10	-0,70	71,60	72,20	-0,60	72,70	72,40	0,30	-0,33	72,23	72,57
8,00	72,60	73,00	-0,40	71,20	71,30	-0,10	72,50	72,50	0,00	-0,17	72,10	72,27
9,00	72,90	72,90	0,00	71,20	72,60	-1,40	72,60	72,30	0,30	-0,37	72,23	72,60
10,00	72,90	72,90	0,00	71,20	72,90	-1,70	73,00	72,30	0,70	-0,33	72,37	72,70
										x (ΔL ges)	x (L (Zahn) ges)	x (L (A3) ges)
										-0,48	72,22	72,70
a-Werte												
Probennummer	a1 (Zahn)	a1 (A3)	Δa1	a2 (Zahn)	a2 (A3)	Δa2	a3 (Zahn)	a3 (A3)	Δa3	x (Δa)	x (a (Zahn))	x (a (A3))
1,00	3,80	2,30	1,50	3,90	2,30	1,60	3,80	2,50	1,30	1,47	3,83	2,37
2,00	3,80	2,40	1,40	3,70	1,60	2,10	3,50	1,80	1,70	1,73	3,67	1,93
3,00	3,70	2,80	0,90	3,80	1,70	2,10	3,90	2,30	1,60	1,53	3,80	2,27
4,00	3,90	2,50	1,40	4,00	1,70	2,30	3,70	2,30	1,40	1,70	3,87	2,17
5,00	3,90	2,20	1,70	3,80	1,80	2,00	4,10	2,40	1,70	1,80	3,93	2,13
6,00	3,90	2,50	1,40	3,80	1,80	2,00	3,90	2,20	1,70	1,70	3,87	2,17
7,00	3,90	2,70	1,20	3,60	1,50	2,10	3,60	2,30	1,30	1,53	3,70	2,17
8,00	3,90	2,70	1,20	3,80	1,30	2,50	3,80	2,20	1,60	1,77	3,83	2,07
9,00	3,70	2,60	1,10	3,80	1,70	2,10	3,60	2,20	1,40	1,53	3,70	2,17
10,00	3,70	2,60	1,10	4,10	1,80	2,30	3,50	2,90	0,60	1,33	3,77	2,43
										x (Δa ges)	x (a (Zahn) ges)	x (a (A3) ges)
										1,61	3,80	2,19
b-Werte												
Probennummer	b1 (Zahn)	b1 (A3)	Δb1	b2 (Zahn)	b2 (A3)	Δb2	b3 (Zahn)	b3 (A3)	Δb3	x (Δb)	x (b (Zahn))	x (b (A3))
1,00	22,70	21,90	0,80	21,90	22,90	-1,00	22,60	21,90	0,70	0,17	22,40	22,23
2,00	21,80	21,90	-0,10	21,30	21,70	-0,40	21,40	20,70	0,70	0,07	21,50	21,43
3,00	22,90	22,00	0,90	21,90	22,00	-0,10	21,90	21,30	0,60	0,47	22,23	21,77
4,00	22,10	22,00	0,10	21,50	22,00	-0,50	21,50	21,40	0,10	-0,10	21,70	21,80
5,00	22,40	21,90	0,50	22,00	22,30	-0,30	22,00	21,90	0,10	0,10	22,13	22,03
6,00	22,10	22,00	0,10	21,40	22,20	-0,80	22,10	21,60	0,50	-0,07	21,87	21,93
7,00	22,20	22,00	0,20	20,40	21,50	-1,10	21,50	21,40	0,10	-0,27	21,37	21,63
8,00	22,70	22,00	0,70	21,30	20,60	0,70	22,10	21,40	0,70	0,70	22,03	21,33
9,00	22,50	21,90	0,60	21,80	22,00	-0,20	22,30	21,30	1,00	0,47	22,20	21,73
10,00	22,80	22,00	0,80	22,20	22,10	0,10	22,10	21,80	0,30	0,40	22,37	21,97
										x (Δb ges)	x (b (Zahn) ges)	x (b (A3) ges)
										0,19	21,98	21,79
omatische Gerätewerte)												
Probennummer	ΔE1	ΔE2	ΔE3	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	1,80	2,70	1,60	2,03	0,59							
2,00	1,50	2,30	2,00	1,93	0,40							
3,00	1,30	2,50	1,70	1,83	0,61							
4,00	1,40	2,60	1,60	1,87	0,64							
5,00	1,80	2,60	2,10	2,17	0,40							
6,00	1,70	2,60	1,70	2,00	0,52							
7,00	1,40	2,40	1,30	1,70	0,61							
8,00	1,50	2,60	1,70	1,93	0,59							
9,00	1,30	2,50	1,70	1,83	0,61							
10,00	1,40	2,80	1,00	1,73	0,95							
				x (ΔE ges)	s (ΔE ges)							
				1,90	0,59							
s Formel errechnete Werte)												
Probennummer	ΔE1	ΔE2	ΔE3	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	1,70	2,61	1,56	1,96	0,57							
2,00	1,57	2,36	2,00	1,98	0,40							
3,00	1,28	2,47	1,73	1,83	0,60							
4,00	1,42	2,64	1,62	1,89	0,66							
5,00	1,84	2,64	2,08	2,19	0,41							
6,00	1,72	2,68	1,80	2,07	0,53							
7,00	1,40	2,45	1,34	1,73	0,62							
8,00	1,45	2,60	1,75	1,93	0,60							
9,00	1,25	2,53	1,75	1,84	0,64							
10,00	1,36	2,86	0,97	1,73	1,00							
				x (ΔE ges)	s (ΔE ges)							
				1,91	0,60							

Tabelle Messergebnisse 8

Zenoflex – Gruppe 2

L-Werte												
Probennummer	L1 (Zahn)	L1 (A3)	$\Delta L1$	L2 (Zahn)	L2 (A3)	$\Delta L2$	L3 (Zahn)	L3 (A3)	$\Delta L3$	x (ΔL)	x (L (Zahn))	x (L (A3))
1,00	72,60	73,10	-0,50	71,10	71,90	-0,80	72,50	72,40	0,10	-0,40	72,07	72,47
2,00	72,50	73,10	-0,60	71,40	72,00	-0,60	72,30	72,70	-0,40	-0,53	72,07	72,60
3,00	72,50	72,70	-0,20	71,00	71,20	-0,20	72,20	71,90	0,30	-0,03	71,90	71,93
4,00	72,90	72,70	0,20	70,60	71,10	-0,50	72,50	72,10	0,40	0,03	72,00	71,97
5,00	72,60	72,40	0,20	70,80	71,60	-0,80	72,80	71,90	0,90	0,10	72,07	71,97
6,00	73,60	71,90	1,70	71,50	73,30	-1,80	72,00	72,50	-0,50	-0,20	72,37	72,57
7,00	72,10	73,00	-0,90	71,80	73,20	-1,40	73,30	72,10	1,20	-0,37	72,40	72,77
8,00	71,60	73,20	-1,60	71,30	72,60	-1,30	72,60	72,20	0,40	-0,83	71,83	72,67
9,00	72,30	72,70	-0,40	71,70	71,90	-0,20	72,90	72,20	0,70	0,03	72,30	72,27
10,00	72,70	72,40	0,30	70,80	70,50	0,30	72,00	72,60	-0,60	0,00	71,83	71,83
										x (ΔL ges)	x (L (Zahn) ges)	x (L (A3) ges)
										-0,22	72,08	72,30
a-Werte												
Probennummer	a1 (Zahn)	a1 (A3)	$\Delta a1$	a2 (Zahn)	a2 (A3)	$\Delta a2$	a3 (Zahn)	a3 (A3)	$\Delta a3$	x (Δa)	x (a (Zahn))	x (a (A3))
1,00	3,60	2,50	1,10	3,70	1,60	2,10	3,60	2,30	1,30	1,50	3,63	2,13
2,00	3,60	2,80	0,80	3,60	1,60	2,00	3,70	2,10	1,60	1,47	3,63	2,17
3,00	3,40	2,80	0,60	3,70	1,50	2,20	3,60	2,20	1,40	1,40	3,57	2,17
4,00	3,20	3,00	0,20	3,60	1,50	2,10	3,40	2,30	1,10	1,13	3,40	2,27
5,00	3,00	3,30	-0,30	3,70	1,50	2,20	3,40	2,40	1,00	0,97	3,37	2,40
6,00	3,40	2,40	1,00	3,90	2,00	1,90	3,80	2,30	1,50	1,47	3,70	2,23
7,00	3,90	2,30	1,60	4,00	1,70	2,30	3,60	2,20	1,40	1,77	3,83	2,07
8,00	3,80	2,70	1,10	3,70	1,70	2,00	3,50	2,00	1,50	1,53	3,67	2,13
9,00	3,50	3,30	0,20	3,10	4,00	-0,90	3,40	2,40	1,00	0,10	3,33	3,23
10,00	3,40	2,40	1,00	3,50	1,40	2,10	3,70	2,30	1,40	1,50	3,53	2,03
										x (Δa ges)	x (a (Zahn) ges)	x (a (A3) ges)
										1,28	3,57	2,28
b-Werte												
Probennummer	b1 (Zahn)	b1 (A3)	$\Delta b1$	b2 (Zahn)	b2 (A3)	$\Delta b2$	b3 (Zahn)	b3 (A3)	$\Delta b3$	x (Δb)	x (b (Zahn))	x (b (A3))
1,00	22,20	22,00	0,20	21,60	21,40	0,20	21,90	21,30	0,60	0,33	21,90	21,57
2,00	21,80	22,10	-0,30	21,30	21,50	-0,20	22,10	21,50	0,60	0,03	21,73	21,70
3,00	22,70	22,10	0,60	21,80	21,10	0,70	21,60	21,00	0,60	0,63	22,03	21,40
4,00	22,80	22,00	0,80	21,80	21,00	0,80	21,70	21,10	0,60	0,73	22,10	21,37
5,00	22,90	22,00	0,90	22,00	21,20	0,80	21,60	21,20	0,40	0,70	22,17	21,47
6,00	22,30	22,20	0,10	21,40	22,60	-1,20	22,10	21,50	0,60	-0,17	21,93	22,10
7,00	22,00	21,90	0,10	22,10	21,70	0,40	22,10	21,10	1,00	0,50	22,07	21,57
8,00	22,60	22,20	0,40	21,70	21,90	-0,20	21,70	21,10	0,60	0,27	22,00	21,73
9,00	22,30	22,30	0,00	22,10	22,40	-0,30	22,20	21,40	0,80	0,17	22,20	22,03
10,00	22,20	22,10	0,10	21,40	20,40	1,00	22,20	21,50	0,70	0,60	21,93	21,33
										x (Δb ges)	x (b (Zahn) ges)	x (b (A3) ges)
										0,38	22,01	21,63
ΔE (automatische Gerätewerte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)		s (ΔE)						
1,00	1,20	2,20	1,50	1,63	0,51							
2,00	1,10	2,10	1,70	1,63	0,50							
3,00	0,90	2,30	1,50	1,57	0,70							
4,00	0,80	2,30	1,40	1,50	0,75							
5,00	1,00	2,50	1,40	1,63	0,78							
6,00	1,90	2,90	1,70	2,17	0,64							
7,00	1,90	2,70	2,00	2,20	0,44							
8,00	2,00	2,40	1,60	2,00	0,40							
9,00	0,40	1,00	1,40	0,93	0,50							
10,00	1,00	2,40	1,70	1,70	0,70							
						x (ΔE ges)	s (ΔE ges)					
						1,70	0,59					
ΔE (mittels Formel errechnete Werte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)		s (ΔE)						
1,00	1,22	2,26	1,44	1,64	0,54							
2,00	1,04	2,10	1,75	1,63	0,54							
3,00	0,87	2,32	1,55	1,58	0,72							
4,00	0,85	2,30	1,32	1,49	0,74							
5,00	0,97	2,47	1,40	1,62	0,77							
6,00	1,97	2,88	1,69	2,18	0,62							
7,00	1,84	2,72	2,10	2,22	0,45							
8,00	1,98	2,39	1,66	2,01	0,37							
9,00	0,45	0,97	1,46	0,96	0,51							
10,00	1,05	2,35	1,68	1,69	0,65							
						x (ΔE ges)	s (ΔE ges)					
						1,70	0,59					

Tabelle Messergebnisse 9

Zenoflex – Gruppe 3

L-Werte												
Probennummer	L1 (Zahn)	L1 (A3)	$\Delta L1$	L2 (Zahn)	L2 (A3)	$\Delta L2$	L3 (Zahn)	L3 (A3)	$\Delta L3$	x (ΔL)	x (L (Zahn))	x (L (A3))
1,00	72,50	72,60	-0,10	70,80	71,20	-0,40	72,40	72,30	0,10	-0,13	71,90	72,03
2,00	71,80	73,10	-1,30	71,20	72,10	-0,90	72,00	72,50	-0,50	-0,90	71,67	72,57
3,00	72,90	72,60	0,30	70,80	70,90	-0,10	72,00	72,30	-0,30	-0,03	71,90	71,93
4,00	72,50	72,80	-0,30	70,80	71,40	-0,60	72,00	72,20	-0,20	-0,37	71,77	72,13
5,00	72,10	72,90	-0,80	71,40	73,60	-2,20	73,10	72,20	0,90	-0,70	72,20	72,90
6,00	72,60	72,80	-0,20	71,20	72,30	-1,10	72,10	72,40	-0,30	-0,53	71,97	72,50
7,00	72,40	73,10	-0,70	71,20	72,40	-1,20	71,80	72,40	-0,60	-0,83	71,80	72,63
8,00	72,50	72,90	-0,40	71,00	71,40	-0,40	72,10	72,90	-0,80	-0,53	71,87	72,40
9,00	72,70	72,80	-0,10	71,50	73,30	-1,80	72,40	72,30	0,10	-0,60	72,20	72,80
10,00	72,70	73,00	-0,30	72,00	72,40	-0,40	72,50	72,50	0,00	-0,23	72,40	72,63
										x (ΔL ges)	x (L (Zahn) ges)	x (L (A3) ges)
										-0,49	71,97	72,45
a-Werte												
Probennummer	a1 (Zahn)	a1 (A3)	$\Delta a1$	a2 (Zahn)	a2 (A3)	$\Delta a2$	a3 (Zahn)	a3 (A3)	$\Delta a3$	x (Δa)	x (a (Zahn))	x (a (A3))
1,00	3,40	2,50	0,90	3,50	1,40	2,10	3,40	2,50	0,90	1,30	3,43	2,13
2,00	3,50	2,30	1,20	3,60	1,60	2,00	3,50	2,40	1,10	1,43	3,53	2,10
3,00	3,60	2,40	1,20	3,80	1,50	2,30	3,40	2,50	0,90	1,47	3,60	2,13
4,00	3,50	2,90	0,60	3,70	1,50	2,20	3,50	2,40	1,10	1,30	3,57	2,27
5,00	3,70	3,00	0,70	3,80	2,90	0,90	3,40	2,00	1,40	1,00	3,63	2,63
6,00	3,50	2,80	0,70	3,60	1,60	2,00	3,40	2,50	0,90	1,20	3,50	2,30
7,00	3,70	2,50	1,20	3,70	1,60	2,10	3,70	2,30	1,40	1,57	3,70	2,13
8,00	3,50	2,60	0,90	3,60	1,50	2,10	3,50	2,70	0,80	1,27	3,53	2,27
9,00	3,60	2,90	0,70	3,80	1,90	1,90	3,70	2,60	1,10	1,23	3,70	2,47
10,00	3,50	2,40	1,10	3,60	1,60	2,00	3,70	2,40	1,30	1,47	3,60	2,13
										x (Δa ges)	x (a (Zahn) ges)	x (a (A3) ges)
										1,32	3,58	2,26
b-Werte												
Probennummer	b1 (Zahn)	b1 (A3)	$\Delta b1$	b2 (Zahn)	b2 (A3)	$\Delta b2$	b3 (Zahn)	b3 (A3)	$\Delta b3$	x (Δb)	x (b (Zahn))	x (b (A3))
1,00	22,40	22,10	0,30	21,70	21,00	0,70	22,10	21,40	0,70	0,57	22,07	21,50
2,00	22,10	22,00	0,10	21,50	21,60	-0,10	21,80	21,50	0,30	0,10	21,80	21,70
3,00	21,80	22,00	-0,20	21,70	20,80	0,90	21,90	21,50	0,40	0,37	21,80	21,43
4,00	21,90	22,00	-0,10	21,80	21,10	0,70	22,20	21,30	0,90	0,50	21,97	21,47
5,00	22,40	22,00	0,40	22,10	23,10	-1,00	22,30	21,00	1,30	0,23	22,27	22,03
6,00	22,40	22,00	0,40	22,40	21,80	0,60	22,20	21,50	0,70	0,57	22,33	21,77
7,00	22,10	22,00	0,10	22,00	21,80	0,20	22,00	21,30	0,70	0,33	22,03	21,70
8,00	22,30	21,90	0,40	21,40	21,10	0,30	21,80	21,90	-0,10	0,20	21,83	21,63
9,00	22,60	22,00	0,60	22,20	22,20	0,00	22,20	21,60	0,60	0,40	22,33	21,93
10,00	21,80	21,90	-0,10	21,10	21,80	-0,70	21,80	21,50	0,30	-0,17	21,57	21,73
										x (Δb ges)	x (b (Zahn) ges)	x (b (A3) ges)
										0,31	22,00	21,69
ΔE (automatische Gerätewerte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	1,00	2,30	1,10	1,47	0,72							
2,00	1,70	2,30	1,20	1,73	0,55							
3,00	1,20	2,50	1,00	1,57	0,81							
4,00	0,70	2,40	1,50	1,53	0,85							
5,00	1,00	2,60	2,10	1,90	0,82							
6,00	0,90	2,40	1,20	1,50	0,79							
7,00	1,40	2,30	1,70	1,80	0,46							
8,00	1,10	2,10	1,20	1,47	0,55							
9,00	0,90	2,70	1,30	1,63	0,95							
10,00	1,20	2,10	1,30	1,53	0,49							
					x (ΔE ges)	s (ΔE ges)						
					1,61	0,70						
ΔE (mittels Formel errechnete Werte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	0,95	2,25	1,14	1,45	0,70							
2,00	1,77	2,20	1,24	1,74	0,48							
3,00	1,25	2,47	1,03	1,58	0,78							
4,00	0,68	2,39	1,44	1,50	0,86							
5,00	1,14	2,58	2,11	1,94	0,74							
6,00	0,83	2,36	1,18	1,46	0,80							
7,00	1,39	2,43	1,68	1,83	0,53							
8,00	1,06	2,16	1,14	1,45	0,61							
9,00	0,93	2,62	1,26	1,60	0,90							
10,00	1,14	2,16	1,33	1,55	0,54							
					x (ΔE ges)	s (ΔE ges)						
					1,61	0,69						

Tabelle Messergebnisse 10

Zenoflex – Gruppe 4

L-Werte												
Probennummer	L1 (Zahn)	L1 (A3)	$\Delta L1$	L2 (Zahn)	L2 (A3)	$\Delta L2$	L3 (Zahn)	L3 (A3)	$\Delta L3$	x (ΔL)	x (L (Zahn))	x (L (A3))
1,00	72,00	72,90	-0,90	71,00	72,70	-1,70	72,20	72,50	-0,30	-0,97	71,73	72,70
2,00	72,60	73,30	-0,70	71,30	72,30	-1,00	72,40	72,20	0,20	-0,50	72,10	72,60
3,00	72,60	72,80	-0,20	71,10	72,10	-1,00	72,30	72,20	0,10	-0,37	72,00	72,37
4,00	72,60	72,80	-0,20	71,10	72,40	-1,30	72,50	72,30	0,20	-0,43	72,07	72,50
5,00	72,60	72,80	-0,20	71,10	72,90	-1,80	72,10	72,40	-0,30	-0,77	71,93	72,70
6,00	72,90	73,10	-0,20	71,80	72,80	-1,00	72,30	72,50	-0,20	-0,47	72,33	72,80
7,00	72,10	73,00	-0,90	71,20	73,30	-2,10	72,50	72,50	0,00	-1,00	71,93	72,93
8,00	72,10	73,00	-0,90	71,00	73,40	-2,40	72,10	72,80	-0,70	-1,33	71,73	73,07
9,00	72,40	72,80	-0,40	71,40	72,60	-1,20	72,70	72,20	0,50	-0,37	72,17	72,53
10,00	72,80	72,60	0,20	71,70	73,50	-1,80	72,40	72,30	0,10	-0,50	72,30	72,80
										x (ΔL ges)	x (L (Zahn) ges)	x (L (A3) ges)
										-0,67	72,03	72,70
a-Werte												
Probennummer	a1 (Zahn)	a1 (A3)	$\Delta a1$	a2 (Zahn)	a2 (A3)	$\Delta a2$	a3 (Zahn)	a3 (A3)	$\Delta a3$	x (Δa)	x (a (Zahn))	x (a (A3))
1,00	3,80	2,40	1,40	3,70	1,50	2,20	3,60	2,20	1,40	1,67	3,70	2,03
2,00	3,40	2,70	0,70	3,70	1,60	2,10	3,70	2,40	1,30	1,37	3,60	2,23
3,00	3,50	2,90	0,60	3,80	1,60	2,20	3,70	2,20	1,50	1,43	3,67	2,23
4,00	3,70	2,30	1,40	3,80	1,60	2,20	3,60	2,40	1,20	1,60	3,70	2,10
5,00	3,60	3,00	0,60	3,70	1,70	2,00	3,90	2,20	1,70	1,43	3,73	2,30
6,00	3,50	2,70	0,80	3,30	3,60	-0,30	3,70	2,60	1,10	0,53	3,50	2,97
7,00	3,90	2,90	1,00	4,00	1,90	2,10	3,60	2,80	0,80	1,30	3,83	2,53
8,00	3,90	2,50	1,40	3,90	1,90	2,00	3,90	2,30	1,60	1,67	3,90	2,23
9,00	3,50	2,40	1,10	3,90	1,70	2,20	3,40	2,30	1,10	1,47	3,60	2,13
10,00	3,70	2,30	1,40	3,90	2,00	1,90	3,90	2,40	1,50	1,60	3,83	2,23
										x (Δa ges)	x (a (Zahn) ges)	x (a (A3) ges)
										1,41	3,71	2,30
b-Werte												
Probennummer	b1 (Zahn)	b1 (A3)	$\Delta b1$	b2 (Zahn)	b2 (A3)	$\Delta b2$	b3 (Zahn)	b3 (A3)	$\Delta b3$	x (Δb)	x (b (Zahn))	x (b (A3))
1,00	22,20	22,00	0,20	21,60	21,40	0,20	22,30	21,40	0,90	0,43	22,03	21,60
2,00	21,80	22,10	-0,30	21,90	21,80	0,10	22,20	21,30	0,90	0,23	21,97	21,73
3,00	22,70	21,90	0,80	21,20	21,60	-0,40	22,10	21,20	0,90	0,43	22,00	21,57
4,00	21,70	21,80	-0,10	21,50	21,80	-0,30	21,90	21,40	0,50	0,03	21,70	21,67
5,00	22,30	22,00	0,30	21,80	22,00	-0,20	21,40	21,30	0,10	0,07	21,83	21,77
6,00	22,50	22,00	0,50	22,30	22,90	-0,60	22,10	21,60	0,50	0,13	22,30	22,17
7,00	22,10	22,10	0,00	21,70	22,30	-0,60	22,40	21,80	0,60	0,00	22,07	22,07
8,00	21,80	22,00	-0,20	22,20	22,40	-0,20	22,10	21,60	0,50	0,03	22,03	22,00
9,00	22,40	21,90	0,50	22,00	22,00	0,00	22,10	21,30	0,80	0,43	22,17	21,73
10,00	22,50	21,90	0,60	22,10	22,50	-0,40	22,20	21,40	0,80	0,33	22,27	21,93
										x (Δb ges)	x (b (Zahn) ges)	x (b (A3) ges)
										0,21	22,04	21,82
ΔE (automatische Gerätewerte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	1,70	2,70	1,60	2,00	0,61							
2,00	1,00	2,30	1,50	1,60	0,66							
3,00	1,00	2,40	1,70	1,70	0,70							
4,00	1,50	2,60	1,30	1,80	0,70							
5,00	0,70	2,70	1,70	1,70	1,00							
6,00	1,00	1,30	1,20	1,17	0,15							
7,00	1,40	3,00	1,00	1,80	1,06							
8,00	1,60	3,10	1,80	2,17	0,81							
9,00	1,30	2,50	1,50	1,77	0,64							
10,00	1,50	2,70	1,70	1,97	0,64							
					x (ΔE ges)	s (ΔE ges)						
					1,77	0,70						
ΔE (mittels Formel errechnete Werte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	1,68	2,79	1,69	2,05	0,64							
2,00	1,03	2,33	1,59	1,65	0,65							
3,00	1,02	2,45	1,75	1,74	0,71							
4,00	1,42	2,57	1,32	1,77	0,70							
5,00	0,70	2,70	1,73	1,71	1,00							
6,00	0,96	1,20	1,22	1,13	0,14							
7,00	1,35	3,03	1,00	1,79	1,09							
8,00	1,68	3,13	1,82	2,21	0,80							
9,00	1,27	2,51	1,45	1,74	0,67							
10,00	1,54	2,65	1,70	1,96	0,60							
					x (ΔE ges)	s (ΔE ges)						
					1,78	0,70						

Tabelle Messergebnisse 11

Zenoflex – Gruppe 5

L-Werte												
Probennummer	L1 (Zahn)	L1 (A3)	$\Delta L1$	L2 (Zahn)	L2 (A3)	$\Delta L2$	L3 (Zahn)	L3 (A3)	$\Delta L3$	x (ΔL)	x (L (Zahn))	x (L (A3))
1,00	72,20	72,90	-0,70	71,20	72,70	-1,50	72,60	73,10	-0,50	-0,90	72,00	72,90
2,00	72,60	72,60	0,00	70,60	70,80	-0,20	72,50	72,40	0,10	-0,03	71,90	71,93
3,00	72,60	72,90	-0,30	71,40	73,20	-1,80	74,00	72,40	1,60	-0,17	72,67	72,83
4,00	72,30	73,00	-0,70	71,30	71,70	-0,40	72,10	72,40	-0,30	-0,47	71,90	72,37
5,00	72,40	72,90	-0,50	71,40	72,70	-1,30	71,80	73,10	-1,30	-1,03	71,87	72,90
6,00	71,90	72,90	-1,00	70,50	71,80	-1,30	71,90	72,50	-0,60	-0,97	71,43	72,40
7,00	72,20	72,40	-0,20	71,50	71,50	0,00	72,80	71,40	1,40	0,40	72,17	71,77
8,00	73,30	72,30	1,00	70,70	71,20	-0,50	71,50	72,70	-1,20	-0,23	71,83	72,07
9,00	73,30	72,10	1,20	71,00	73,30	-2,30	72,00	72,50	-0,50	-0,53	72,10	72,63
10,00	71,60	73,20	-1,60	70,90	73,40	-2,50	72,70	72,30	0,40	-1,23	71,73	72,97
										x (ΔL ges)	x (L (Zahn) ges)	x (L (A3) ges)
										-0,52	71,96	72,48
a-Werte												
Probennummer	a1 (Zahn)	a1 (A3)	$\Delta a1$	a2 (Zahn)	a2 (A3)	$\Delta a2$	a3 (Zahn)	a3 (A3)	$\Delta a3$	x (Δa)	x (a (Zahn))	x (a (A3))
1,00	3,50	2,90	0,60	3,90	1,80	2,10	3,60	2,70	0,90	1,20	3,67	2,47
2,00	3,40	2,90	0,50	3,60	1,30	2,30	3,30	2,50	0,80	1,20	3,43	2,23
3,00	3,30	3,00	0,30	3,90	1,90	2,00	3,10	2,40	0,70	1,00	3,43	2,43
4,00	3,80	2,50	1,30	3,70	1,40	2,30	3,50	2,40	1,10	1,57	3,67	2,10
5,00	3,50	2,90	0,60	3,60	3,70	-0,10	3,70	2,60	1,10	0,53	3,60	3,07
6,00	3,40	2,80	0,60	3,80	1,70	2,10	3,50	2,50	1,00	1,23	3,57	2,33
7,00	3,50	3,20	0,30	3,20	4,30	-1,10	2,60	3,50	-0,90	-0,57	3,10	3,67
8,00	3,30	2,40	0,90	3,90	1,30	2,60	3,70	2,30	1,40	1,63	3,63	2,00
9,00	3,40	2,20	1,20	3,90	2,00	1,90	3,50	2,40	1,10	1,40	3,60	2,20
10,00	3,80	2,70	1,10	3,70	1,80	1,90	3,30	2,30	1,00	1,33	3,60	2,27
										x (Δa ges)	x (a (Zahn) ges)	x (a (A3) ges)
										1,05	3,53	2,48
b-Werte												
Probennummer	b1 (Zahn)	b1 (A3)	$\Delta b1$	b2 (Zahn)	b2 (A3)	$\Delta b2$	b3 (Zahn)	b3 (A3)	$\Delta b3$	x (Δb)	x (b (Zahn))	x (b (A3))
1,00	22,60	22,10	0,50	21,70	22,10	-0,40	22,30	22,00	0,30	0,13	22,20	22,07
2,00	22,60	21,90	0,70	20,70	20,40	0,30	22,10	21,60	0,50	0,50	21,80	21,30
3,00	23,10	22,20	0,90	22,30	22,40	-0,10	22,80	21,40	1,40	0,73	22,73	22,00
4,00	22,50	22,00	0,50	22,20	21,20	1,00	22,30	21,50	0,80	0,77	22,33	21,57
5,00	22,90	22,10	0,80	21,80	22,80	-1,00	22,50	22,00	0,50	0,10	22,40	22,30
6,00	22,30	22,00	0,30	21,60	21,30	0,30	22,00	21,70	0,30	0,30	21,97	21,67
7,00	22,70	21,80	0,90	22,30	22,60	-0,30	22,50	21,70	0,80	0,47	22,50	22,03
8,00	23,10	22,10	1,00	21,60	20,80	0,80	22,00	21,60	0,40	0,73	22,23	21,50
9,00	22,10	21,80	0,30	21,70	22,60	-0,90	21,90	21,60	0,30	-0,10	21,90	22,00
10,00	22,80	22,20	0,60	21,60	22,00	-0,40	22,00	21,30	0,70	0,30	22,13	21,83
										x (Δb ges)	x (b (Zahn) ges)	x (b (A3) ges)
										0,39	22,22	21,83
ΔE (automatische Gerätewerte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	1,10	2,60	1,00	1,57	0,90							
2,00	0,80	2,40	0,90	1,37	0,90							
3,00	1,00	2,70	2,20	1,97	0,87							
4,00	1,60	2,50	1,40	1,83	0,59							
5,00	1,10	1,70	1,70	1,50	0,35							
6,00	1,30	2,50	1,20	1,67	0,72							
7,00	0,90	1,10	1,90	1,30	0,53							
8,00	1,60	2,80	1,90	2,10	0,62							
9,00	1,70	3,10	1,20	2,00	0,98							
10,00	2,00	3,10	1,20	2,10	0,95							
					x (ΔE ges)	s (ΔE ges)						
					1,74	0,74						
ΔE (mittels Formel errechnete Werte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)	s (ΔE)							
1,00	1,05	2,61	1,07	1,58	0,90							
2,00	0,86	2,33	0,95	1,38	0,82							
3,00	0,99	2,69	2,24	1,98	0,88							
4,00	1,56	2,54	1,39	1,83	0,62							
5,00	1,12	1,64	1,77	1,51	0,35							
6,00	1,20	2,49	1,20	1,63	0,74							
7,00	0,97	1,14	1,85	1,32	0,47							
8,00	1,68	2,77	1,89	2,11	0,58							
9,00	1,72	3,12	1,24	2,03	0,97							
10,00	2,03	3,17	1,28	2,16	0,95							
					x (ΔE ges)	s (ΔE ges)						
					1,75	0,73						

Tabelle Messergebnisse 12

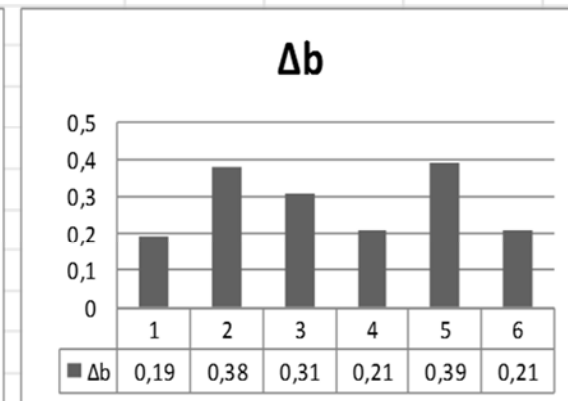
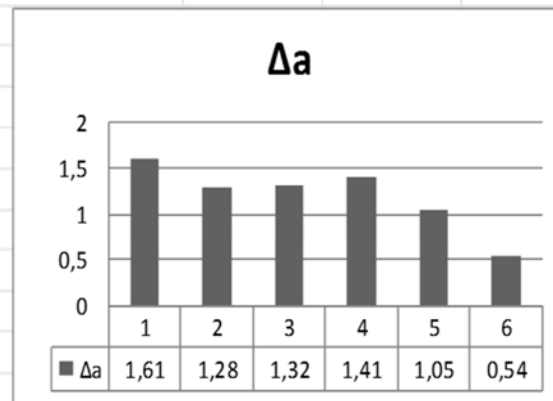
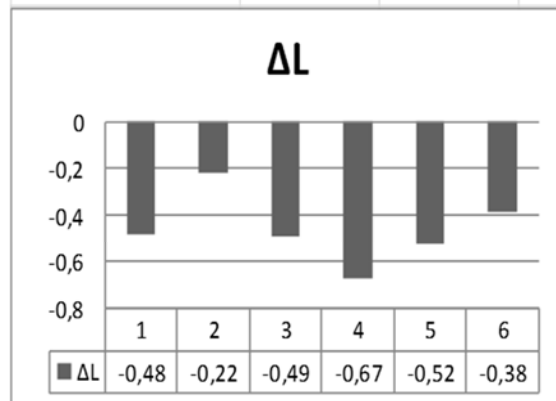
Zenoflex – Gruppe 6

L-Werte												
Probennummer	L1 (Zahn)	L1 (A3)	$\Delta L1$	L2 (Zahn)	L2 (A3)	$\Delta L2$	L3 (Zahn)	L3 (A3)	$\Delta L3$	x (ΔL)	x (L (Zahn))	x (L (A3))
1,00	72,80	72,30	0,50	71,10	71,50	-0,40	71,70	72,30	-0,60	-0,17	71,87	72,03
2,00	71,90	72,60	-0,70	71,00	72,80	-1,80	72,20	72,30	-0,10	-0,87	71,70	72,57
3,00	72,50	72,10	0,40	70,90	71,30	-0,40	72,50	72,20	0,30	0,10	71,97	71,87
4,00	72,40	72,30	0,10	70,70	72,40	-1,70	71,90	72,40	-0,50	-0,70	71,67	72,37
5,00	72,10	72,70	-0,60	70,50	71,60	-1,10	72,10	72,50	-0,40	-0,70	71,57	72,27
6,00	72,20	72,70	-0,50	71,10	71,50	-0,40	72,30	72,50	-0,20	-0,37	71,87	72,23
7,00	71,90	72,60	-0,70	71,10	72,00	-0,90	72,40	72,30	0,10	-0,50	71,80	72,30
8,00	72,70	72,50	0,20	71,10	72,90	-1,80	72,40	72,10	0,30	-0,43	72,07	72,50
9,00	73,60	71,50	2,10	71,20	71,00	0,20	72,10	72,50	-0,40	0,63	72,30	71,67
10,00	71,60	72,60	-1,00	70,60	70,80	-0,20	71,80	73,00	-1,20	-0,80	71,33	72,13
										x (ΔL ges)	x (L (Zahn) ges)	x (L (A3) ges)
										-0,38	71,81	72,19
a-Werte												
Probennummer	a1 (Zahn)	a1 (A3)	$\Delta a1$	a2 (Zahn)	a2 (A3)	$\Delta a2$	a3 (Zahn)	a3 (A3)	$\Delta a3$	x (Δa)	x (a (Zahn))	x (a (A3))
1,00	3,10	2,90	0,20	2,80	4,20	-1,40	3,30	2,30	1,00	-0,07	3,07	3,13
2,00	3,40	3,20	0,20	3,50	1,70	1,80	3,10	2,30	0,80	0,93	3,33	2,40
3,00	3,10	2,70	0,40	2,90	4,30	-1,40	3,10	2,60	0,50	-0,17	3,03	3,20
4,00	3,00	2,30	0,70	3,50	1,60	1,90	3,40	2,30	1,10	1,23	3,30	2,07
5,00	3,50	2,90	0,60	3,40	1,60	1,80	3,00	2,60	0,40	0,93	3,30	2,37
6,00	3,30	2,90	0,40	2,90	4,20	-1,30	3,20	2,00	1,20	0,10	3,13	3,03
7,00	3,30	3,20	0,10	3,10	4,00	-0,90	3,10	2,50	0,60	-0,07	3,17	3,23
8,00	3,40	2,30	1,10	3,60	1,80	1,80	3,30	2,30	1,00	1,30	3,43	2,13
9,00	2,90	2,50	0,40	2,70	4,40	-1,70	3,20	2,30	0,90	-0,13	2,93	3,07
10,00	3,40	2,50	0,90	3,50	1,40	2,10	3,80	2,80	1,00	1,33	3,57	2,23
										x (Δa ges)	x (a (Zahn) ges)	x (a (A3) ges)
										0,54	3,23	2,69
b-Werte												
Probennummer	b1 (Zahn)	b1 (A3)	$\Delta b1$	b2 (Zahn)	b2 (A3)	$\Delta b2$	b3 (Zahn)	b3 (A3)	$\Delta b3$	x (Δb)	x (b (Zahn))	x (b (A3))
1,00	22,70	22,20	0,50	21,70	22,40	-0,70	22,00	21,40	0,60	0,13	22,13	22,00
2,00	22,40	22,10	0,30	21,30	22,00	-0,70	22,20	21,40	0,80	0,13	21,97	21,83
3,00	22,00	22,40	-0,40	21,10	22,30	-1,20	21,90	21,50	0,40	-0,40	21,67	22,07
4,00	22,40	22,00	0,40	21,30	21,80	-0,50	22,10	21,40	0,70	0,20	21,93	21,73
5,00	22,30	22,10	0,20	21,70	21,30	0,40	22,50	21,80	0,70	0,43	22,17	21,73
6,00	22,70	21,90	0,80	21,90	22,30	-0,40	22,80	21,30	1,50	0,63	22,47	21,83
7,00	22,40	22,10	0,30	21,50	22,40	-0,90	22,30	21,50	0,80	0,07	22,07	22,00
8,00	22,30	22,00	0,30	22,00	22,20	-0,20	22,10	21,30	0,80	0,30	22,13	21,83
9,00	22,60	22,40	0,20	21,10	22,20	-1,10	22,10	21,50	0,60	-0,10	21,93	22,03
10,00	22,40	21,70	0,70	22,10	20,80	1,30	22,10	22,00	0,10	0,70	22,20	21,50
										x (Δb ges)	x (b (Zahn) ges)	x (b (A3) ges)
										0,21	22,07	21,86
ΔE (automatische Gerätewerte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)		s (ΔE)						
1,00	0,70	1,70	1,30	1,23	0,50							
2,00	0,80	2,60	1,10	1,50	0,96							
3,00	0,70	1,90	0,70	1,10	0,69							
4,00	0,80	2,60	1,40	1,60	0,92							
5,00	0,90	2,20	1,00	1,37	0,72							
6,00	1,00	1,40	1,90	1,43	0,45							
7,00	0,80	1,60	1,00	1,13	0,42							
8,00	1,10	2,50	1,30	1,63	0,76							
9,00	2,10	2,00	1,10	1,73	0,55							
10,00	1,50	2,40	1,30	1,73	0,59							
				x (ΔE ges)	s (ΔE ges)							
				1,45	0,66							
ΔE (mittels Formel errechnete Werte)												
Probennummer	$\Delta E1$	$\Delta E2$	$\Delta E3$	x (ΔE)		s (ΔE)						
1,00	0,73	1,62	1,31	1,22	0,45							
2,00	0,79	2,64	1,14	1,52	0,98							
3,00	0,69	1,89	0,71	1,10	0,69							
4,00	0,81	2,60	1,40	1,60	0,91							
5,00	0,87	2,15	0,90	1,31	0,73							
6,00	1,02	1,42	1,93	1,46	0,45							
7,00	0,77	1,56	1,00	1,11	0,41							
8,00	1,16	2,55	1,32	1,68	0,76							
9,00	2,15	2,03	1,15	1,78	0,54							
10,00	1,52	2,48	1,57	1,85	0,54							
				x (ΔE ges)	s (ΔE ges)							
				1,46	0,65							

ZENOFLEX

Darstellung 2 - Messergebnisse

ΔL		Δa		Δb	
Gruppennummer	ΔL	Gruppennummer	Δa	Gruppennummer	Δb
Gruppe 1 (reg)	-0,48	Gruppe 1 (reg)	1,61	Gruppe 1 (reg)	0,19
Gruppe 2 (+25°)	-0,22	Gruppe 2 (+25°)	1,28	Gruppe 2 (+25°)	0,38
Gruppe 3 (-25°)	-0,49	Gruppe 3 (-25°)	1,32	Gruppe 3 (-25°)	0,31
Gruppe 4 (-50°)	-0,67	Gruppe 4 (-50°)	1,41	Gruppe 4 (-50°)	0,21
Gruppe 5 (BW dick)	-0,52	Gruppe 5 (BW dick)	1,05	Gruppe 5 (BW dick)	0,39
Gruppe 6 (BW dünn)	-0,38	Gruppe 6 (BW dünn)	0,54	Gruppe 6 (BW dünn)	0,21



ZIROX

Krümmung

Gruppe 1 – Prüfkörper 1

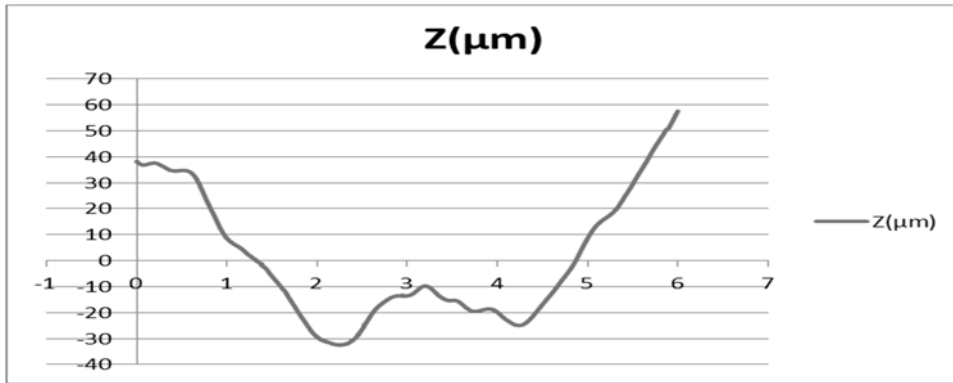


Abb. 81: Krümmungsprofil 1

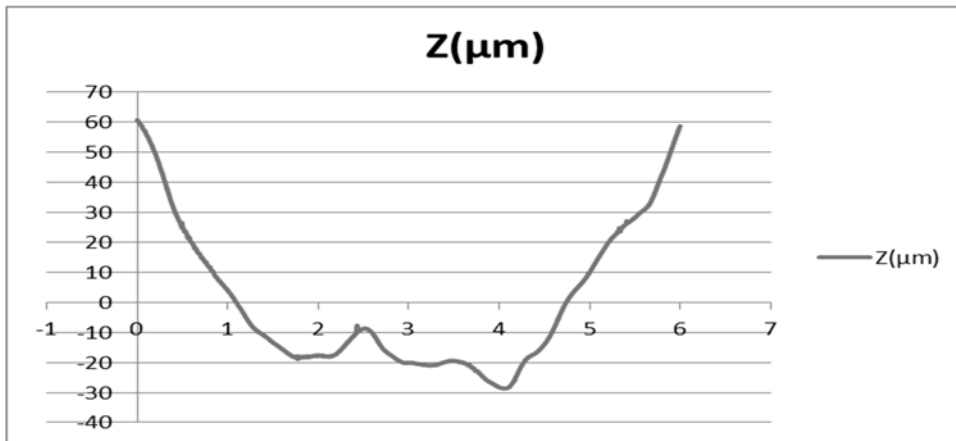


Abb. 82: Krümmungsprofil 2

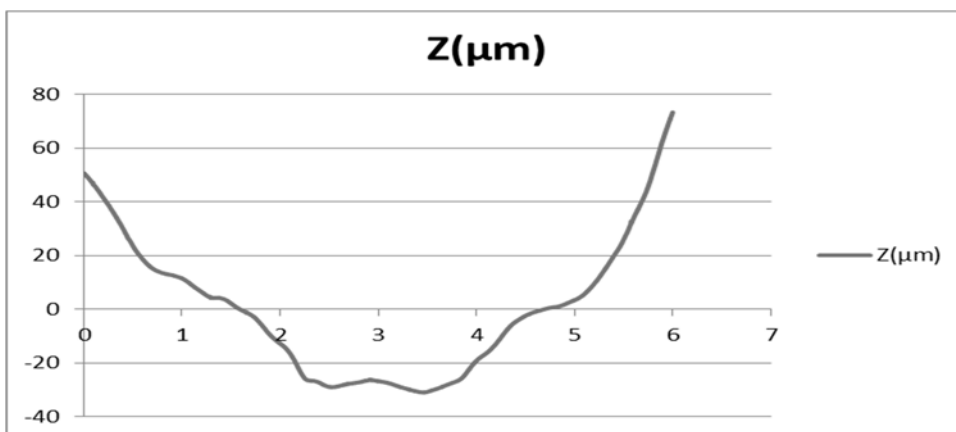


Abb. 83: Krümmungsprofil 3

Gruppe 1 – Prüfkörper 2

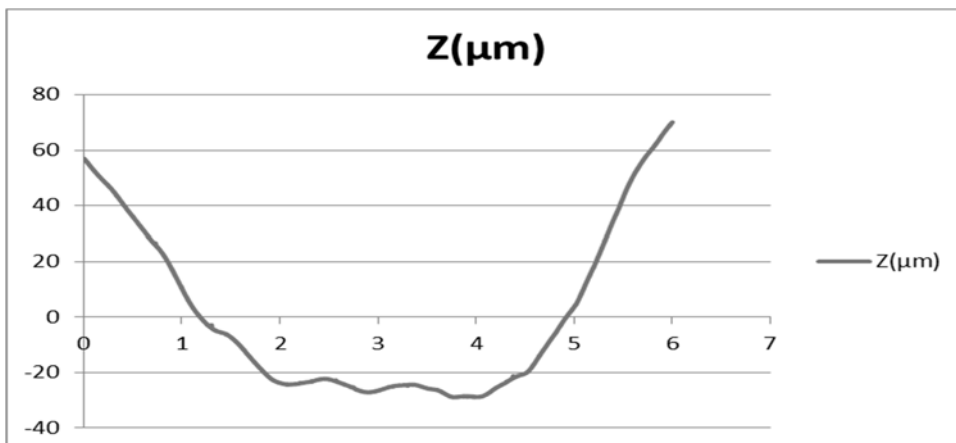


Abb. 84: Krümmungsprofil 1

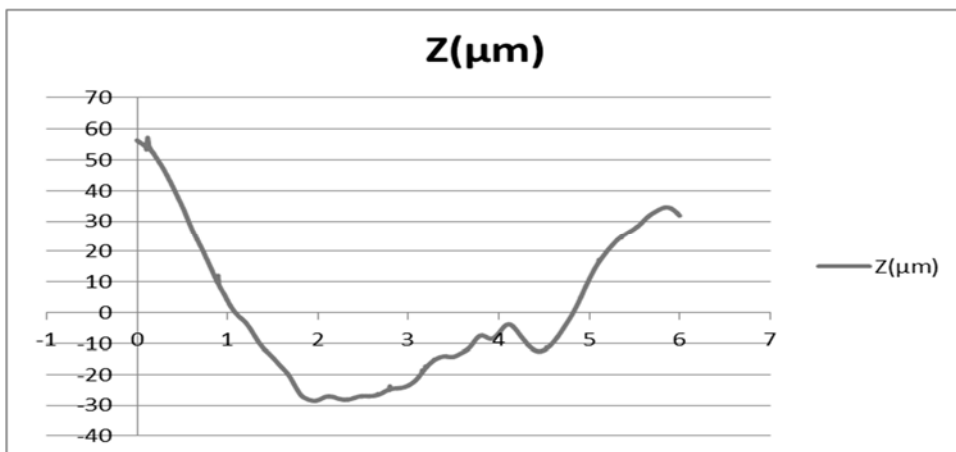


Abb. 85: Krümmungsprofil 2

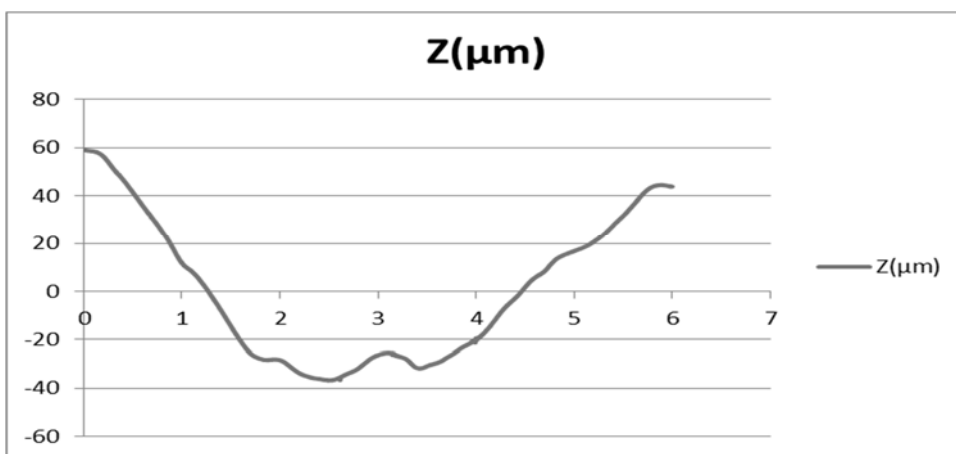


Abb. 86: Krümmungsprofil 3

Gruppe 1 – Prüfkörper 3

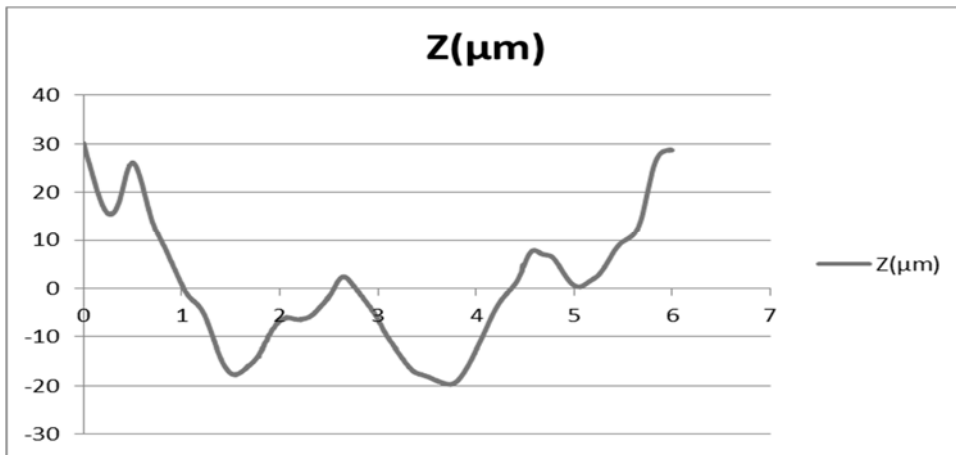


Abb. 87: Krümmungsprofil 1

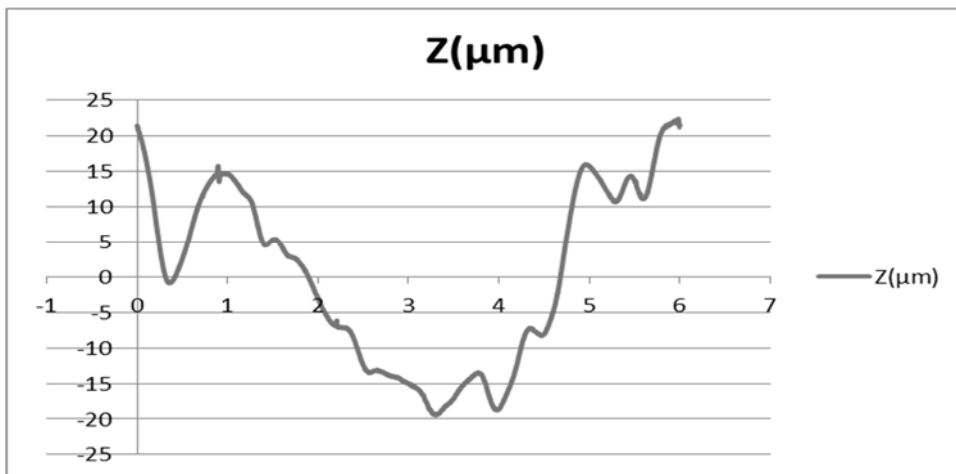


Abb. 88: Krümmungsprofil 2

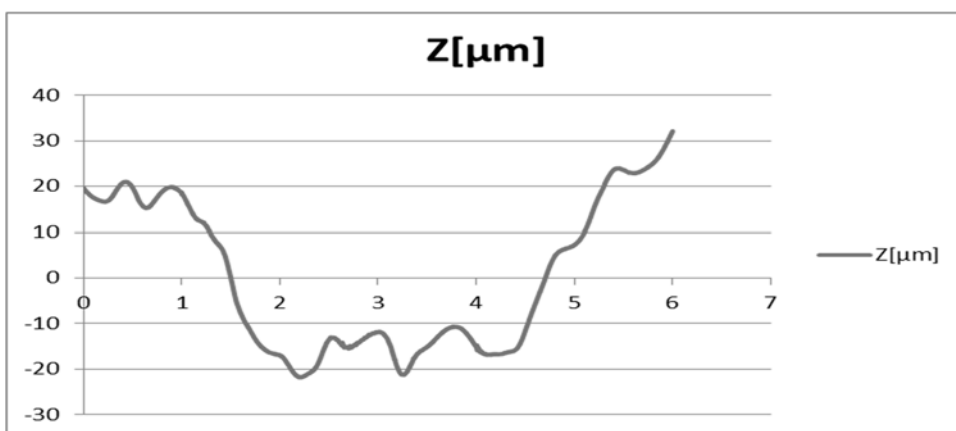


Abb. 89: Krümmungsprofil 3

Tabelle Messergebnisse 13

ZIROX – Gruppe 1

Krümmungswinkel (in °)			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3
	1,81	1,31	0,76
	1,37	2,55	1,23
	1,27	2,47	0,71
	2,55	0,86	0,87
	1,35	2,19	1,08
	2,36	1,32	0,81
	x	1,49	
	s	0,66	

Gruppe 5 – Prüfkörper 1

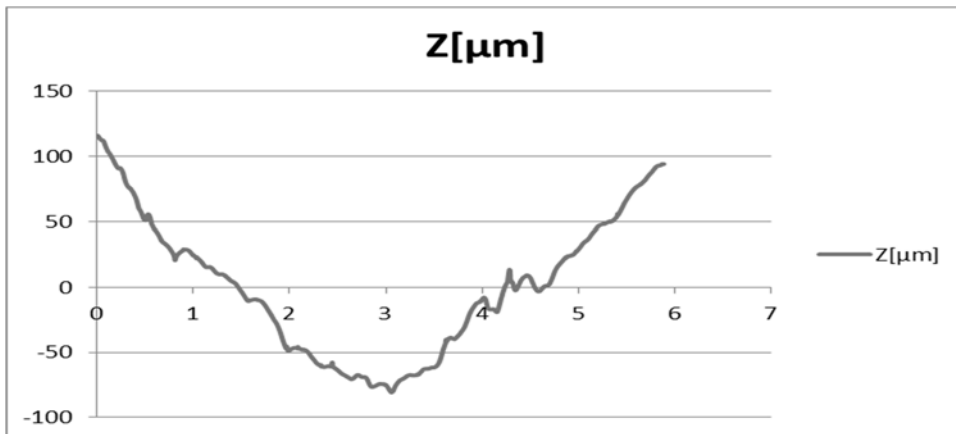


Abb. 90: Krümmungsprofil 1

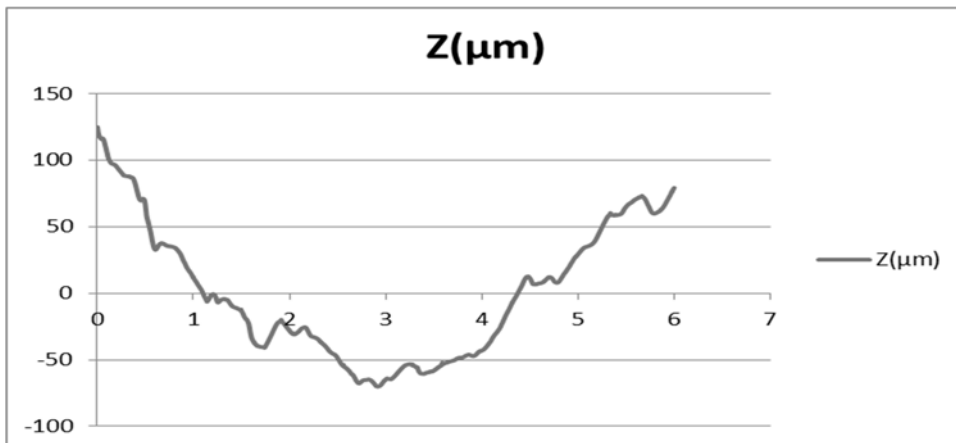


Abb. 91: Krümmungsprofil 2

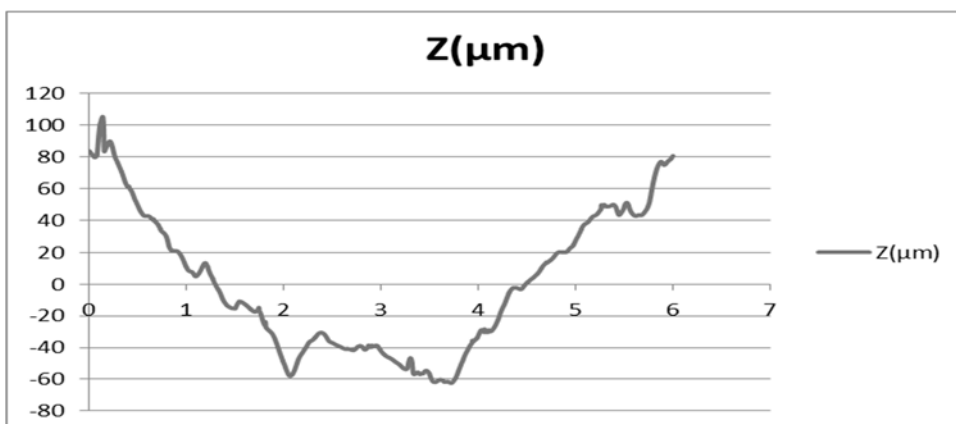


Abb. 92: Krümmungsprofil 3

Gruppe 5 – Prüfkörper 2

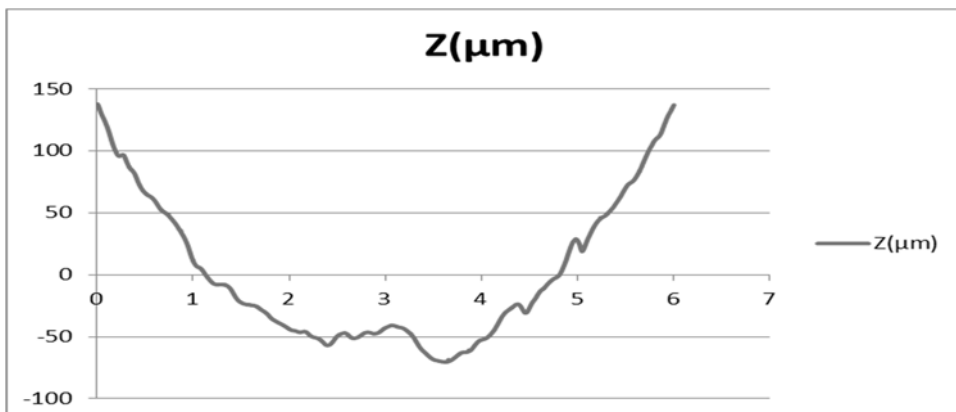


Abb. 93: Krümmungsprofil 1

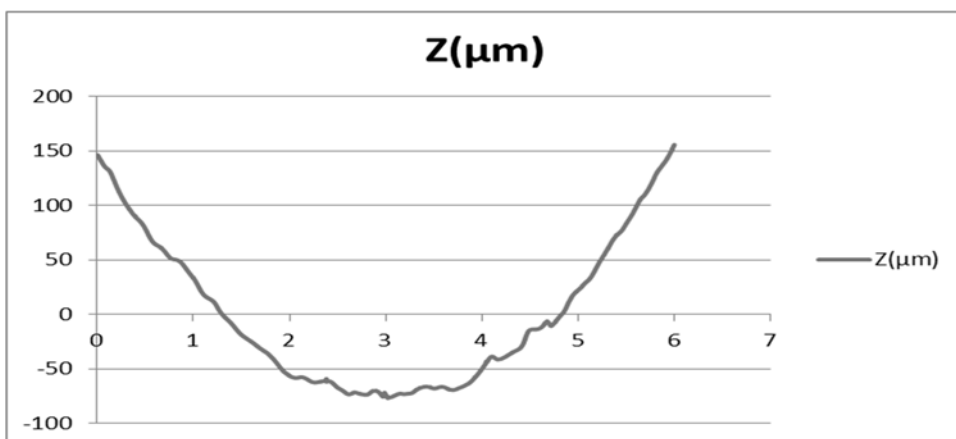


Abb. 94: Krümmungsprofil 2

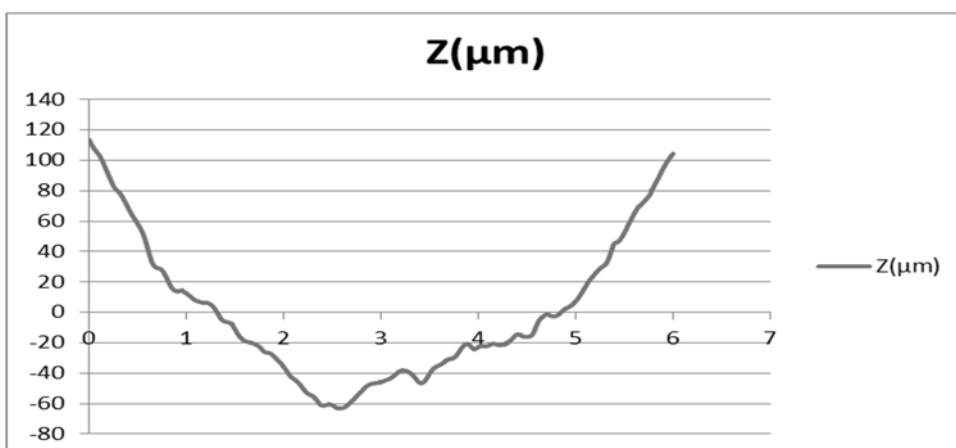


Abb. 95: Krümmungsprofil 3

Gruppe 5 – Prüfkörper 3

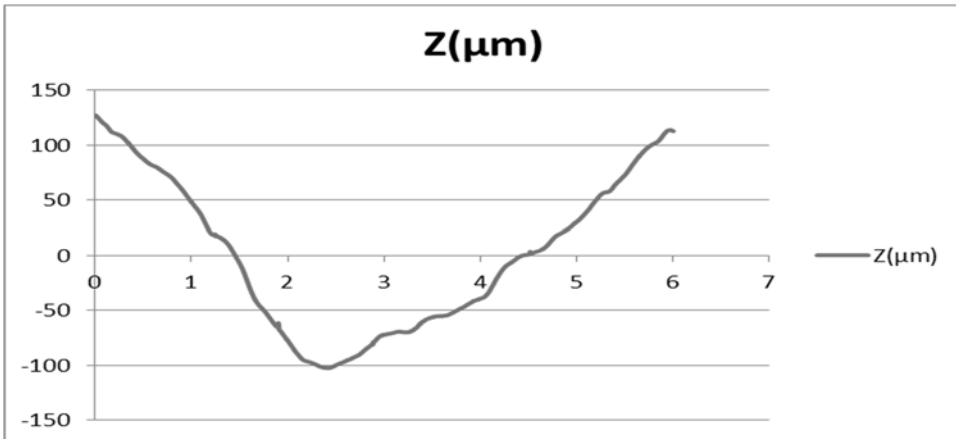


Abb. 96: Krümmungsprofil 1

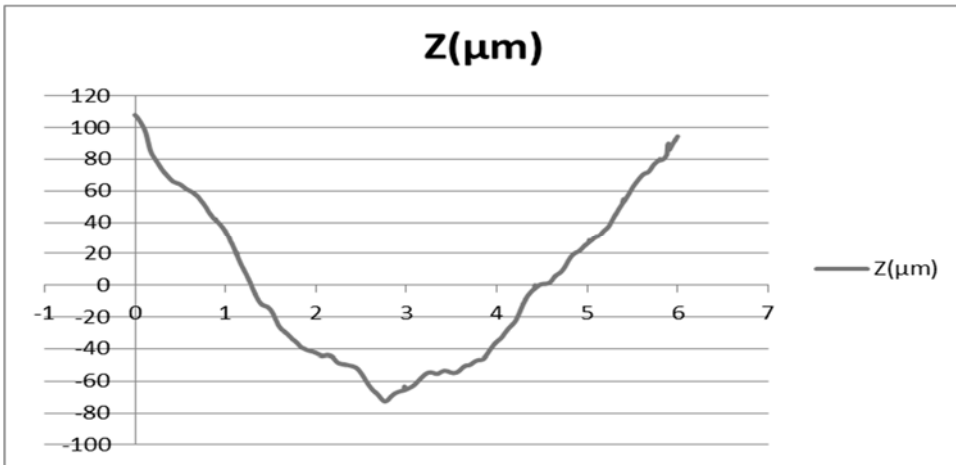


Abb. 97: Krümmungsprofil 2

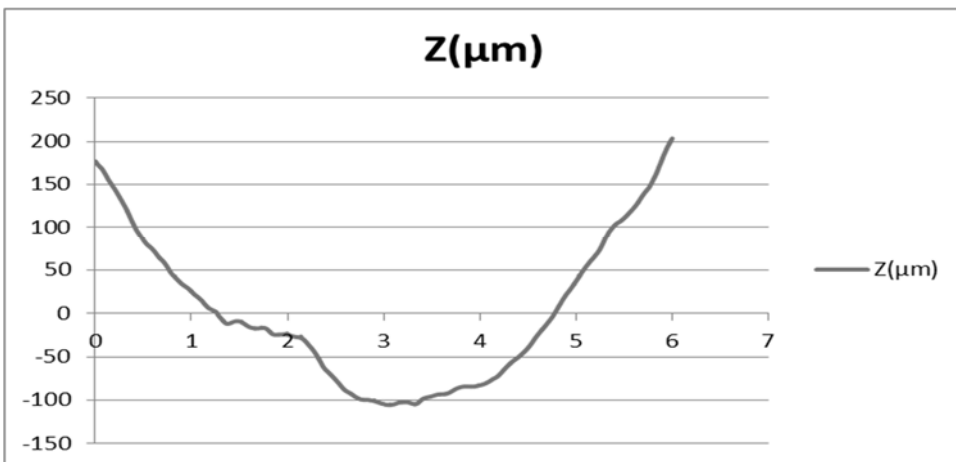


Abb. 98: Krümmungsprofil 3

Tabelle Messergebnisse 14

ZIROX – Gruppe 5

Krümmungswinkel (in °)			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3
	3,68	3,29	5,40
	3,40	5,00	3,45
	3,83	4,23	3,73
	2,78	4,46	2,96
	2,25	3,89	5,29
	3,59	2,82	5,98
	x	3,89	
	s	1,00	

Gruppe 6 – Prüfkörper 1

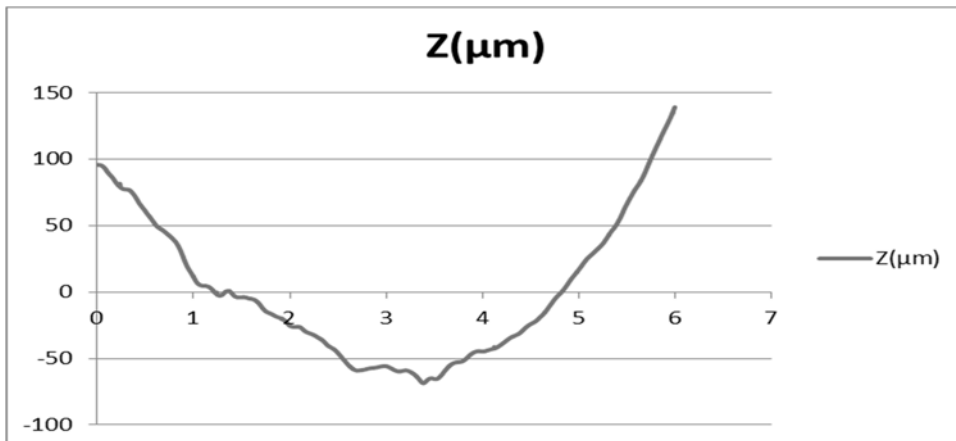


Abb.99: Krümmungsprofil 1

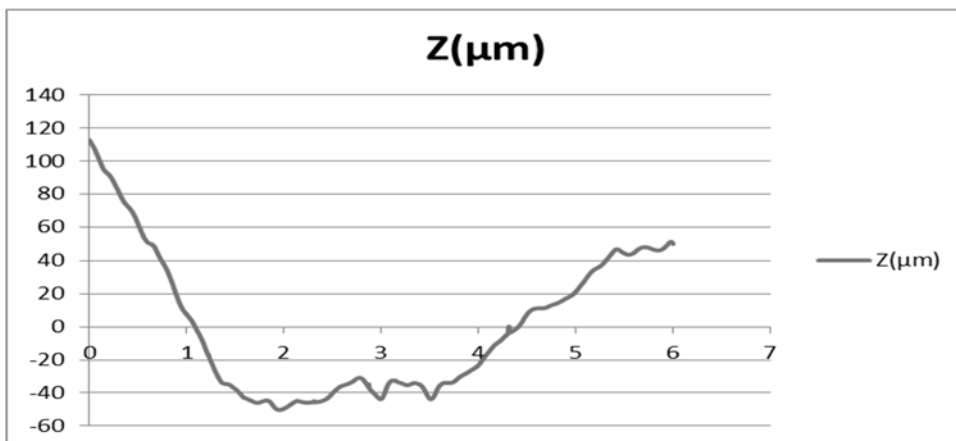


Abb.100: Krümmungsprofil 2

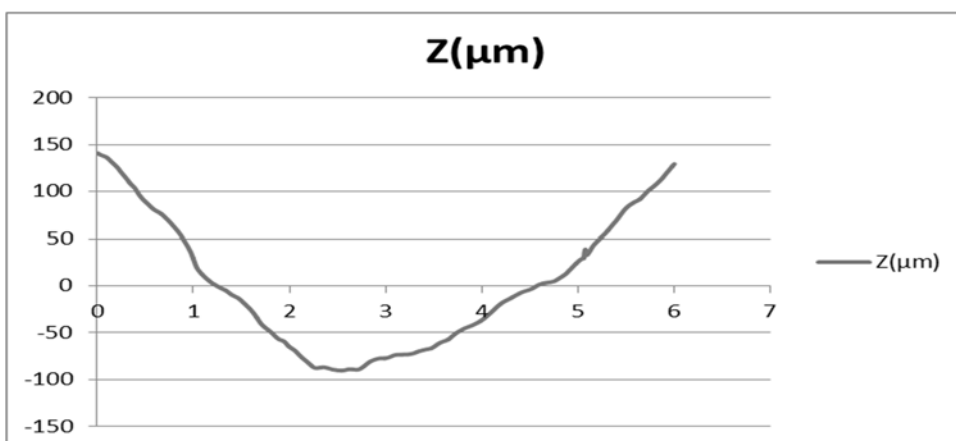


Abb. 101: Krümmungsprofil 3

Gruppe 6 – Prüfkörper 2

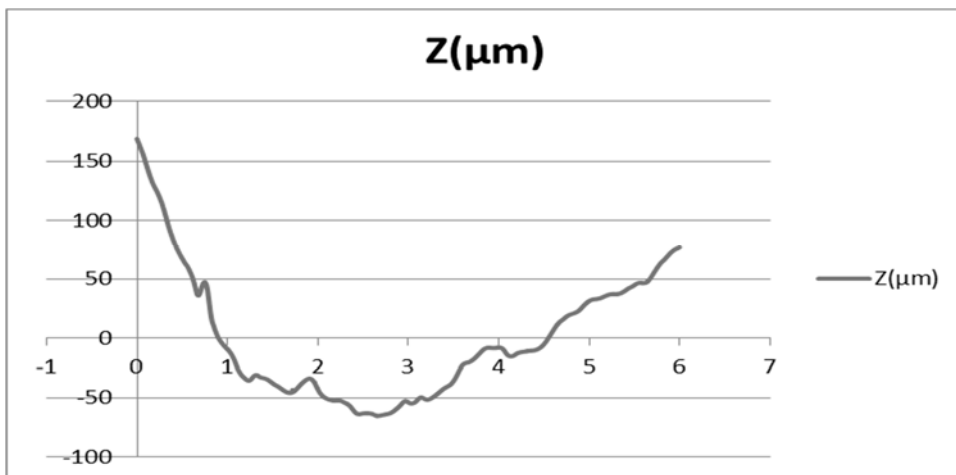


Abb. 102: Krümmungsprofil 1

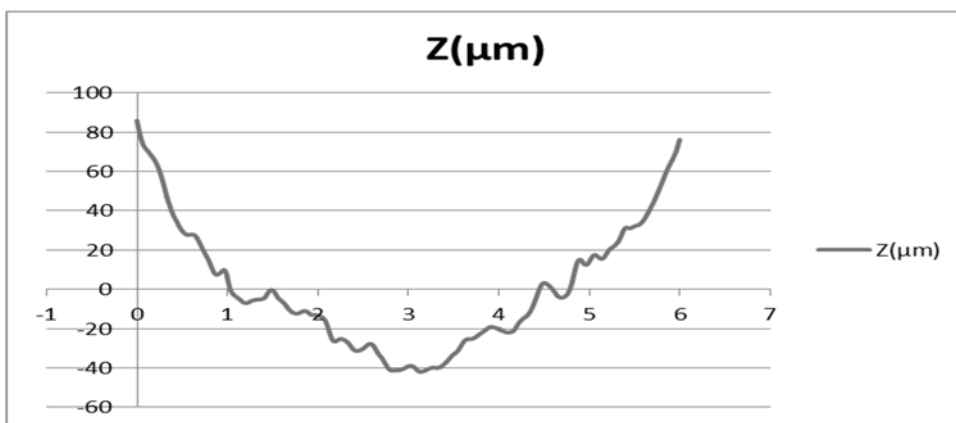


Abb. 103: Krümmungsprofil 2

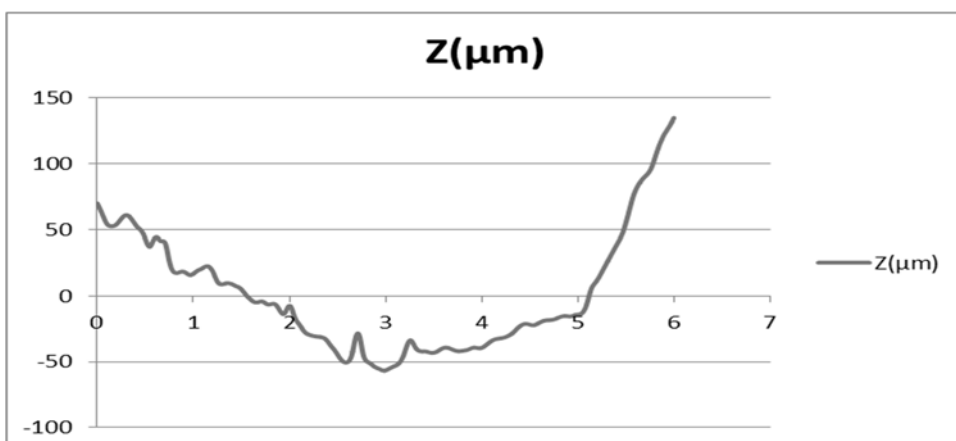


Abb. 104: Krümmungsprofil 3

Gruppe 6 – Prüfkörper 3

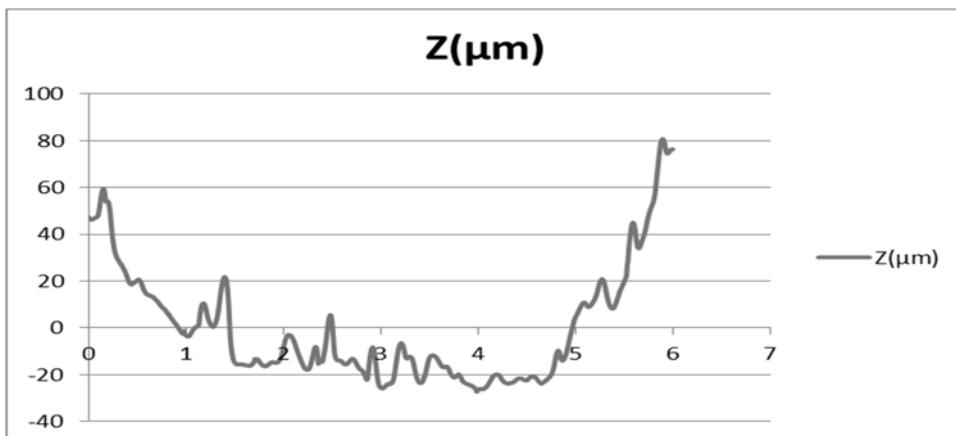


Abb. 105: Krümmungsprofil 1



Abb. 106: Krümmungsprofil 2

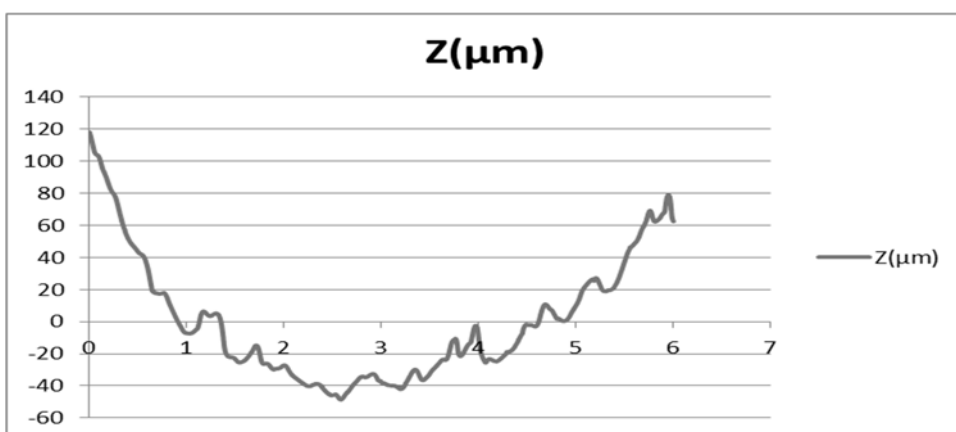


Abb. 107: Krümmungsprofil 3

Tabelle Messergebnisse 15

ZIROX – Gruppe 6

Krümmungswinkel (in °)			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3
	2,78	5,03	1,07
	4,56	2,44	2,95
	4,73	2,34	5,22
	1,43	2,36	2,86
	5,29	2,44	3,68
	3,62	3,63	1,86
	x	3,24	
	s	1,31	

ZENOFLEX

Krümmung

Gruppe 1 – Prüfkörper 1

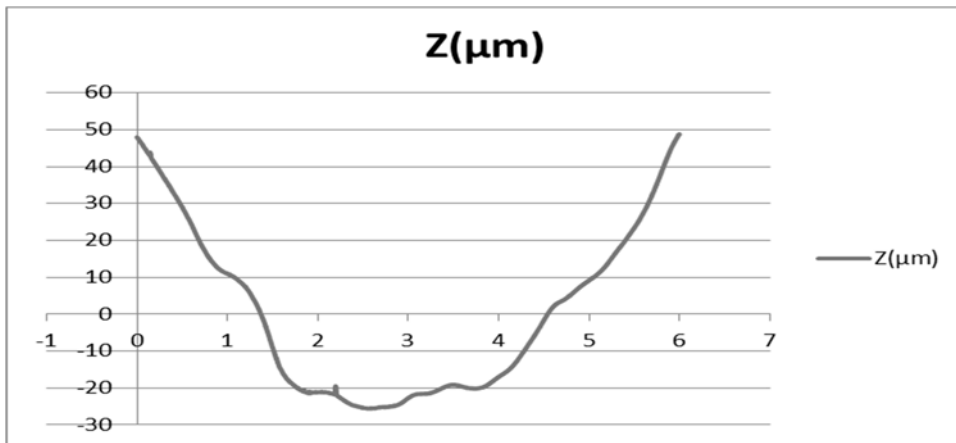


Abb. 108: Krümmungsprofil 1

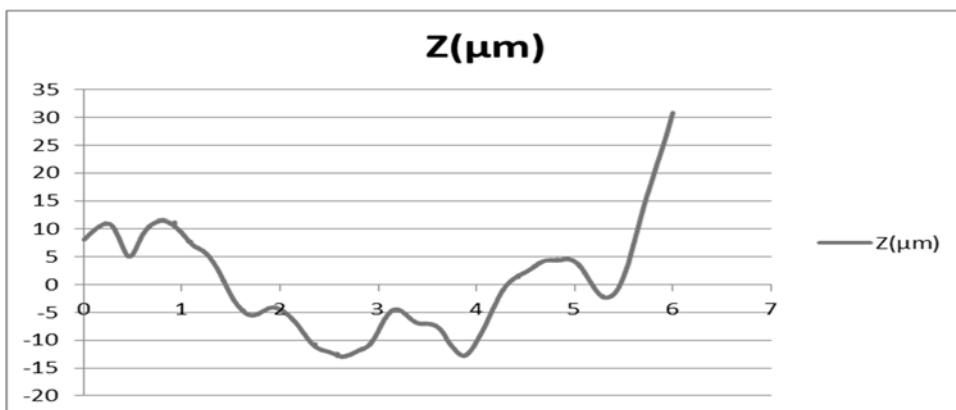


Abb. 109: Krümmungsprofil 2

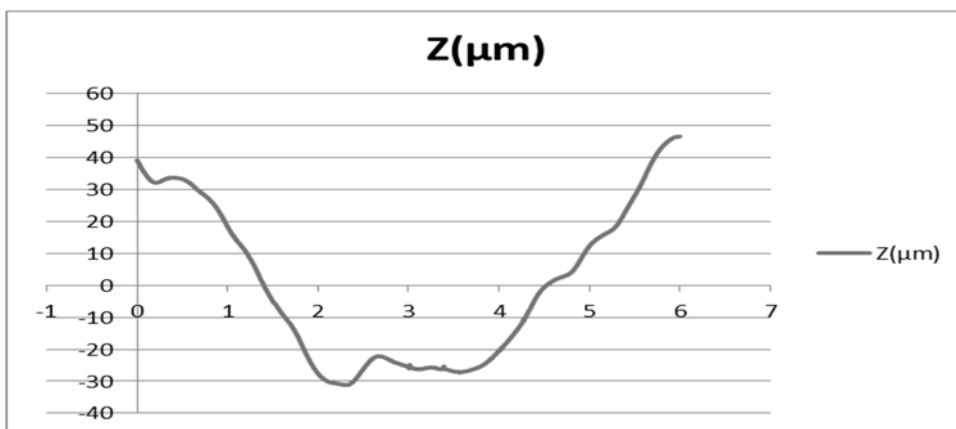


Abb. 110: Krümmungsprofil 3

Gruppe 1 – Prüfkörper 2

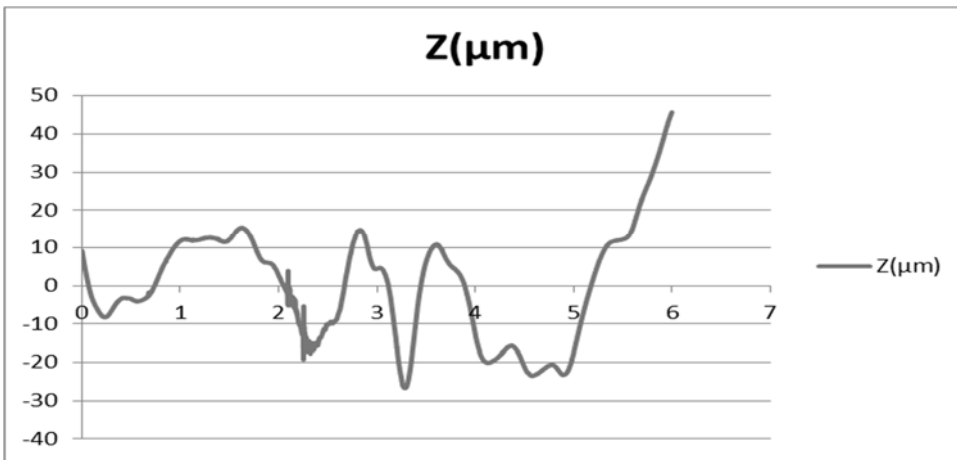


Abb. 111: Krümmungsprofil 1

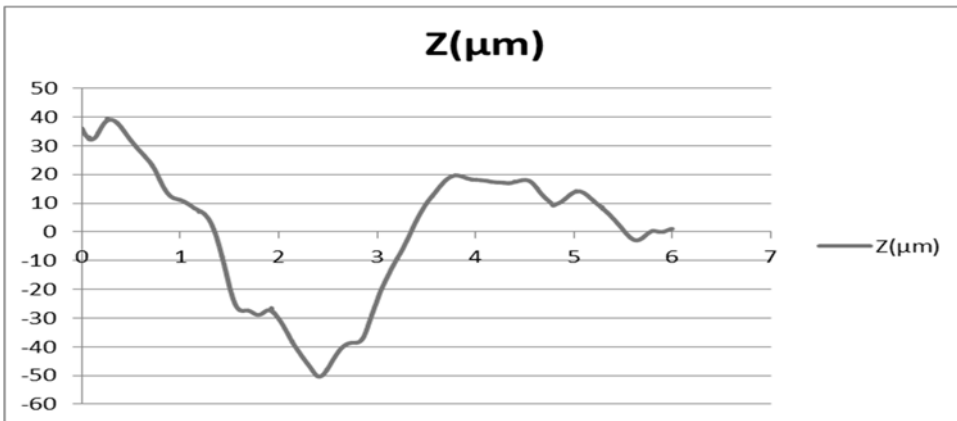


Abb. 112: Krümmungsprofil 2

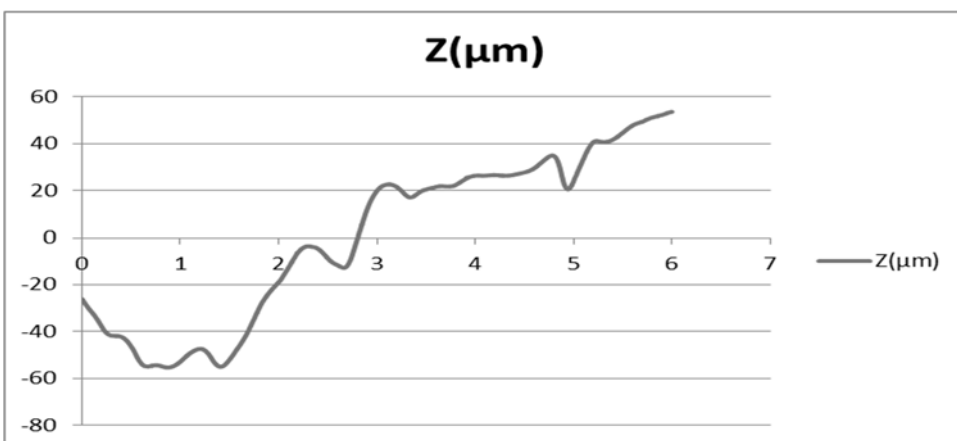


Abb. 113: Krümmungsprofil 3

Gruppe 1 – Prüfkörper 3

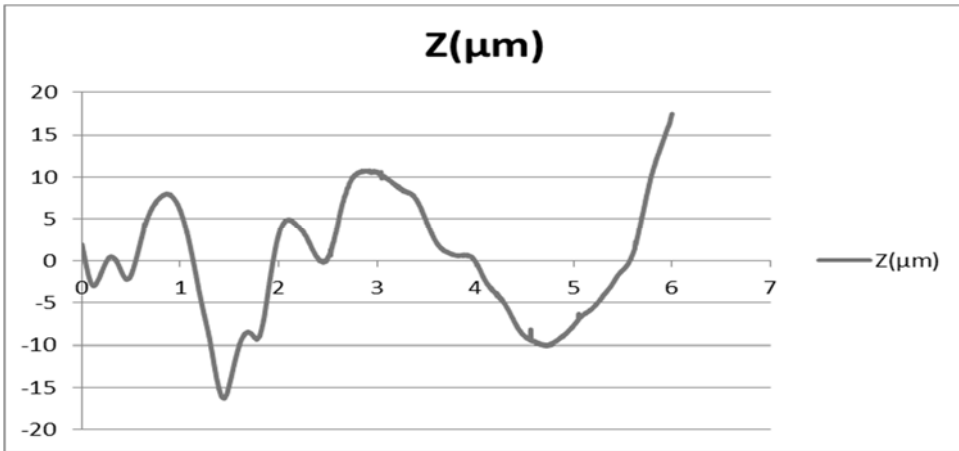


Abb. 114: Krümmungsprofil 1

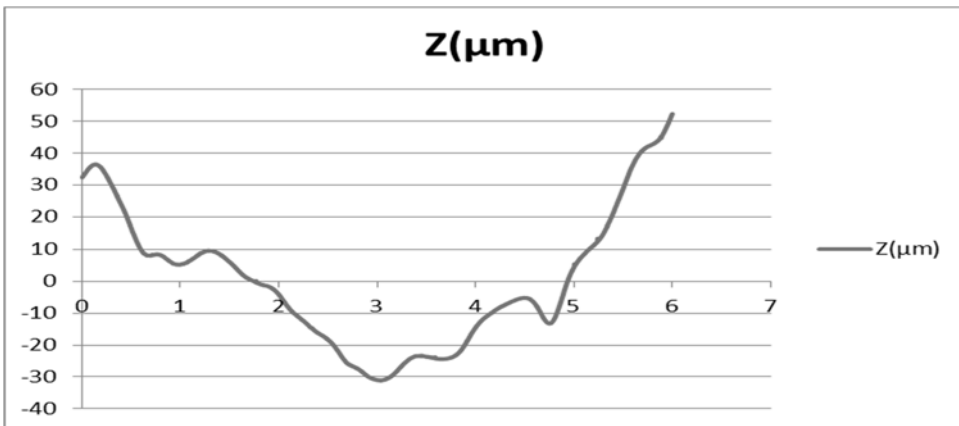


Abb. 115: Krümmungsprofil 2

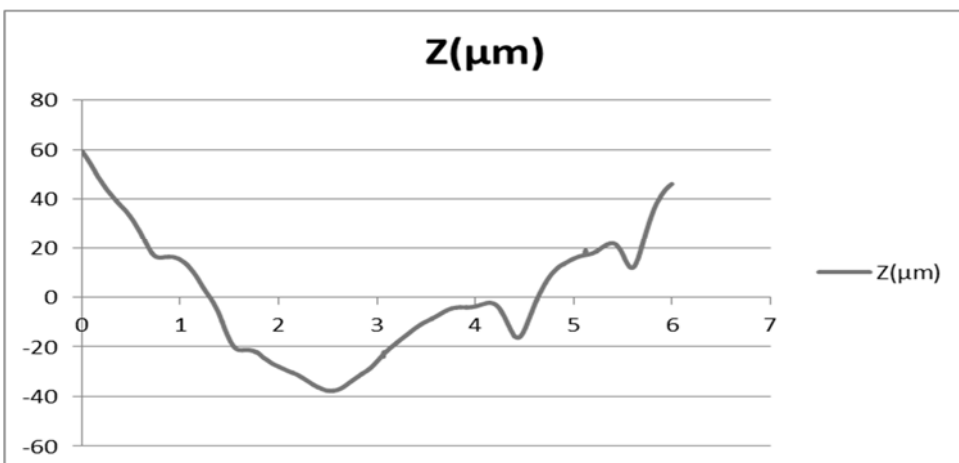


Abb. 116: Krümmungsprofil 3

Tabelle Messergebnisse 16

ZENOFLEX – Gruppe 1

Krümmungswinkel (in °)			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3
	1,81	1,31	0,76
	1,37	2,55	1,23
	1,27	2,47	0,71
	2,55	0,86	0,87
	1,35	2,19	1,08
	2,36	1,32	0,81
	x	1,49	
	s	0,66	

Gruppe 5 – Prüfkörper 1

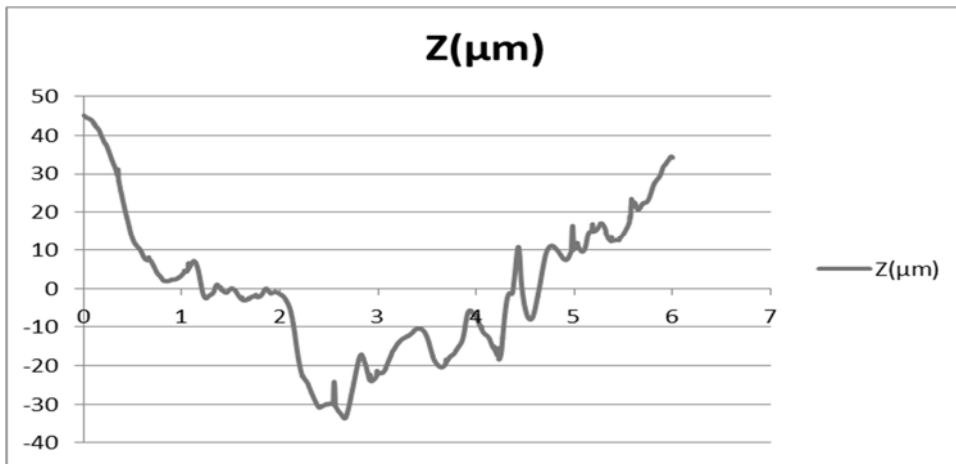


Abb. 117: Krümmungsprofil 1

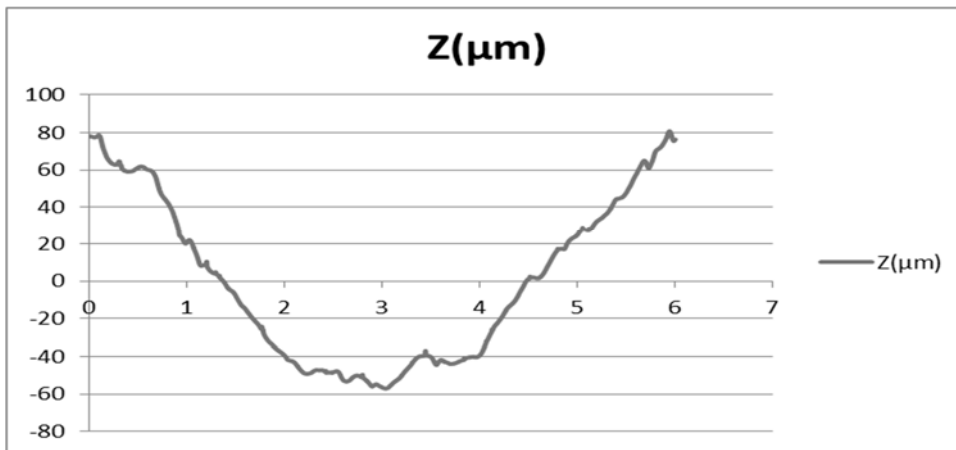


Abb. 118: Krümmungsprofil 2

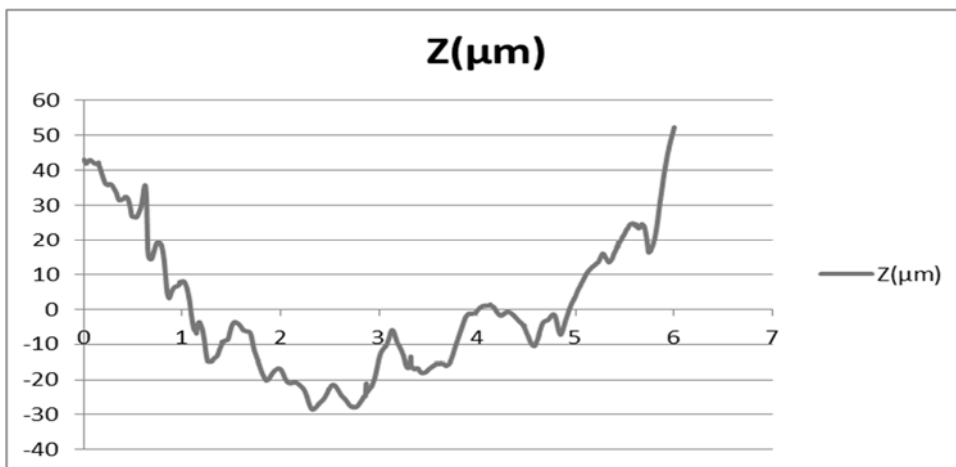


Abb. 119: Krümmungsprofil 3

Gruppe 5 – Prüfkörper 2



Abb. 120: Krümmungsprofil 1

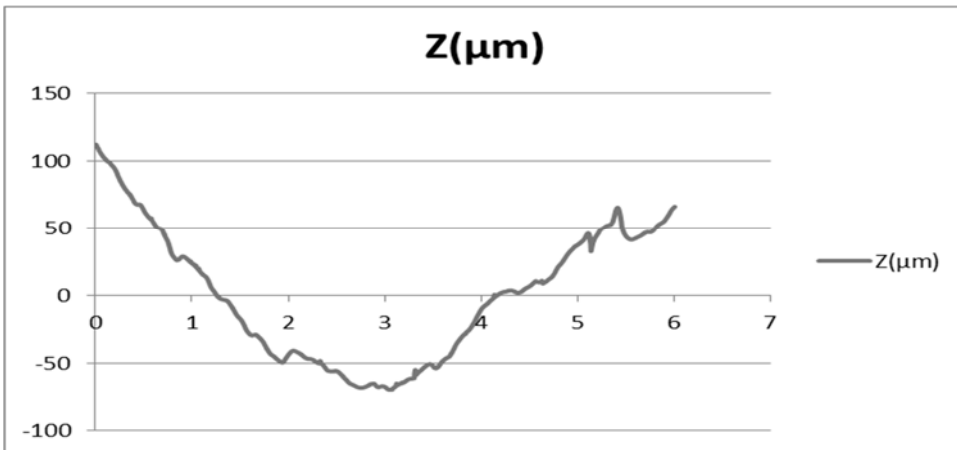


Abb. 121: Krümmungsprofil 2

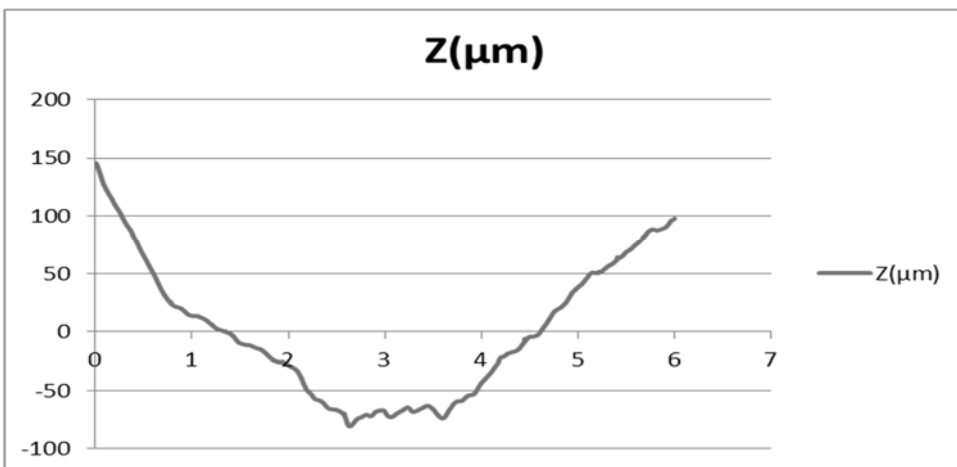


Abb. 122: Krümmungsprofil 3

Gruppe 5 – Prüfkörper 3

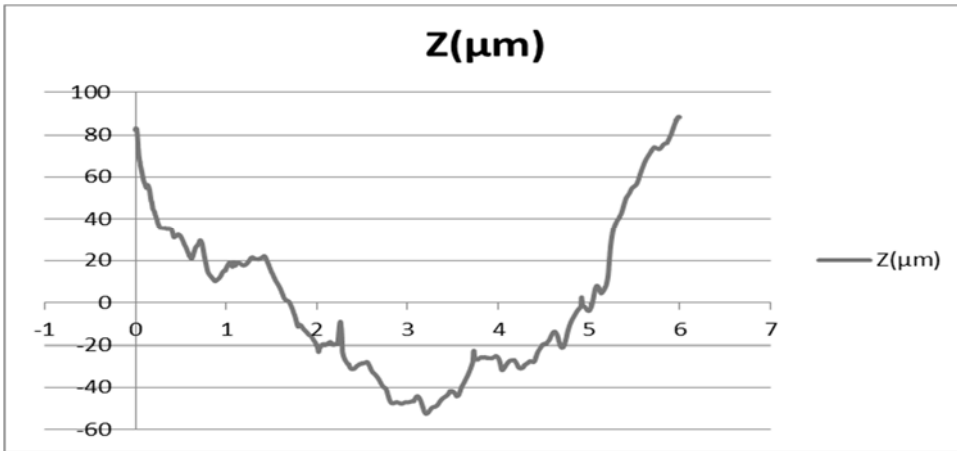


Abb. 123: Krümmungsprofil 1

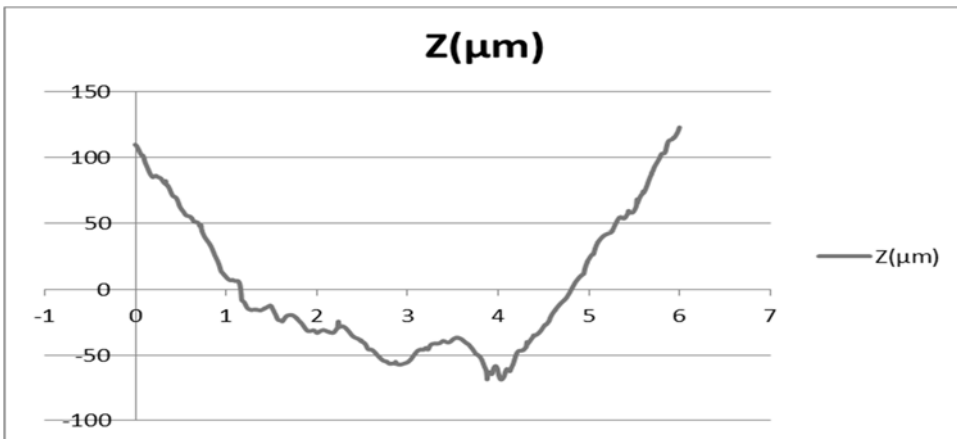


Abb. 124: Krümmungsprofil 2

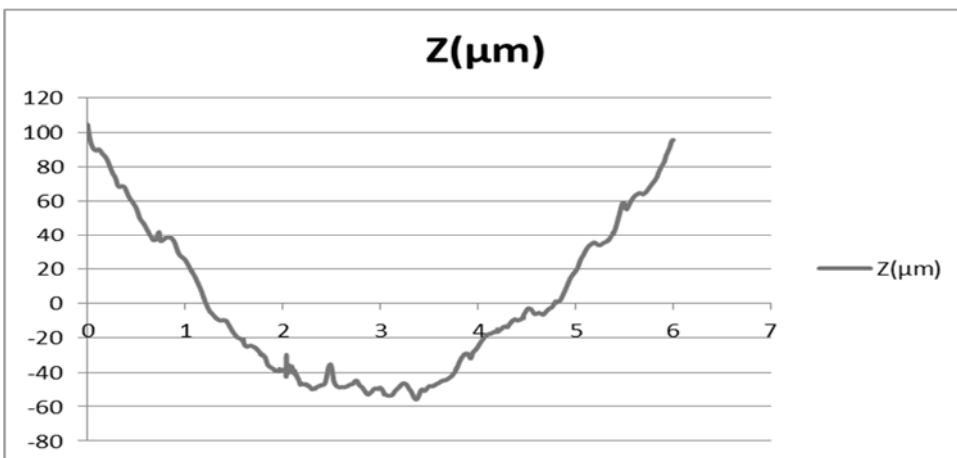


Abb. 125: Krümmungsprofil 3

Tabelle Messergebnisse 17

ZENOFLEX – Gruppe 5

Krümmungswinkel (in °)			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3
	1,70	2,49	2,41
	1,16	2,22	2,88
	2,55	3,41	2,54
	2,58	2,65	5,56
	1,77	4,90	2,72
	1,26	3,04	3,30
	x	2,73	
	s	1,10	

Gruppe 6 – Prüfkörper 1

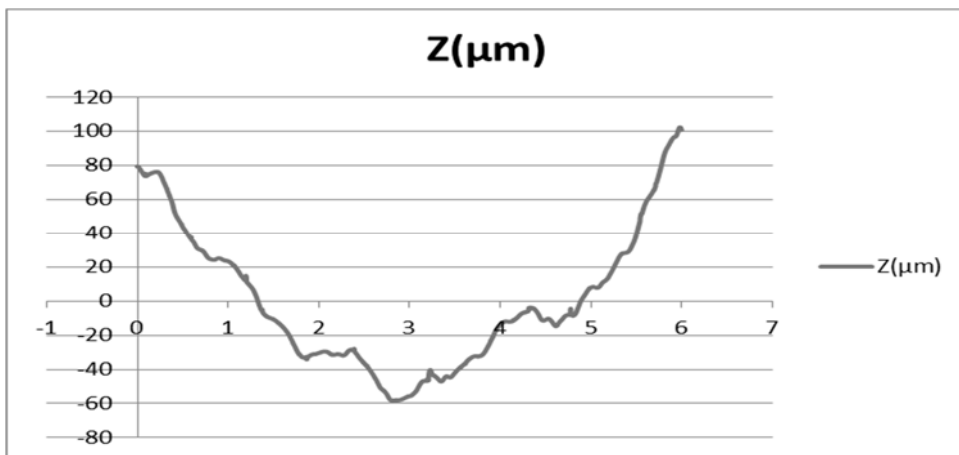


Abb. 126: Krümmungsprofil 1

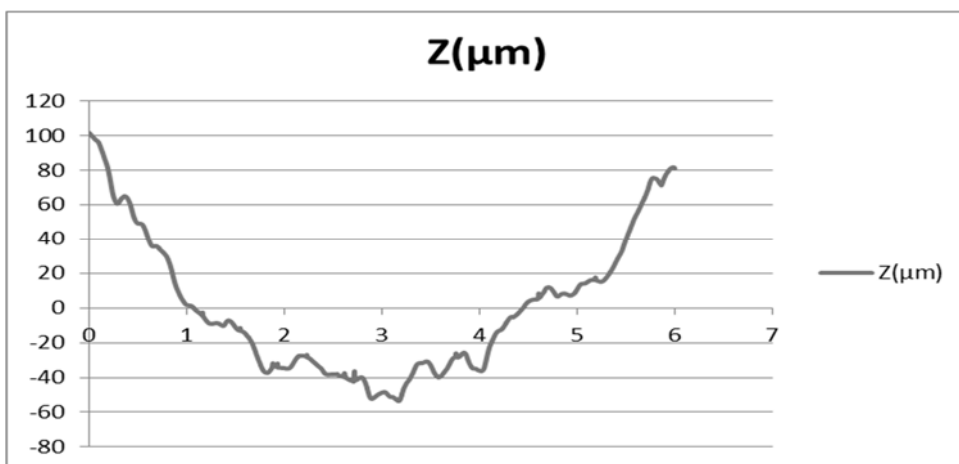


Abb. 127: Krümmungsprofil 2

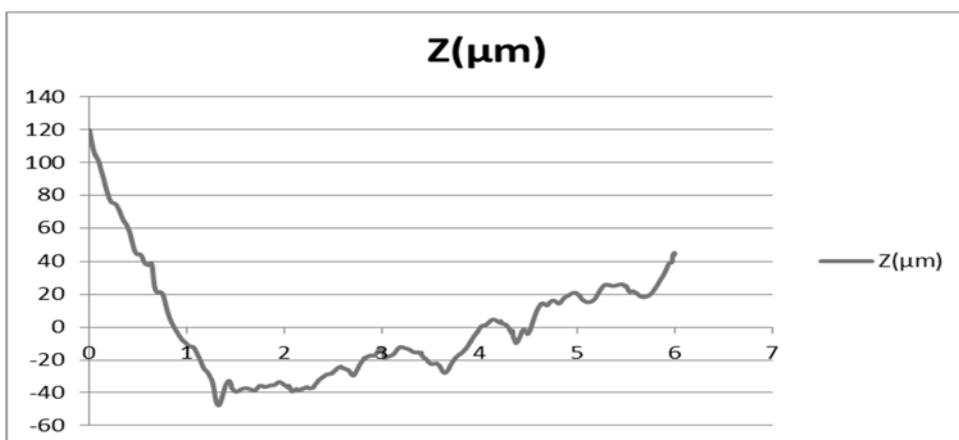


Abb. 128: Krümmungsprofil 3

Gruppe 6 – Prüfkörper 2

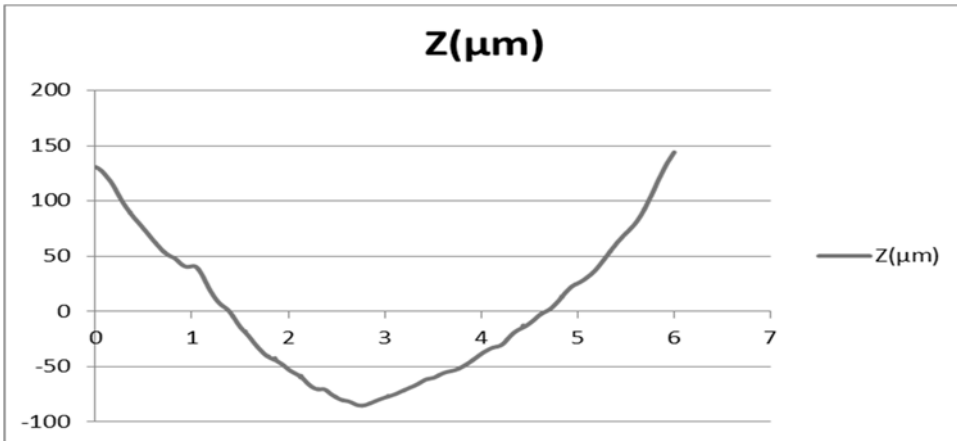


Abb. 129: Krümmungsprofil 1

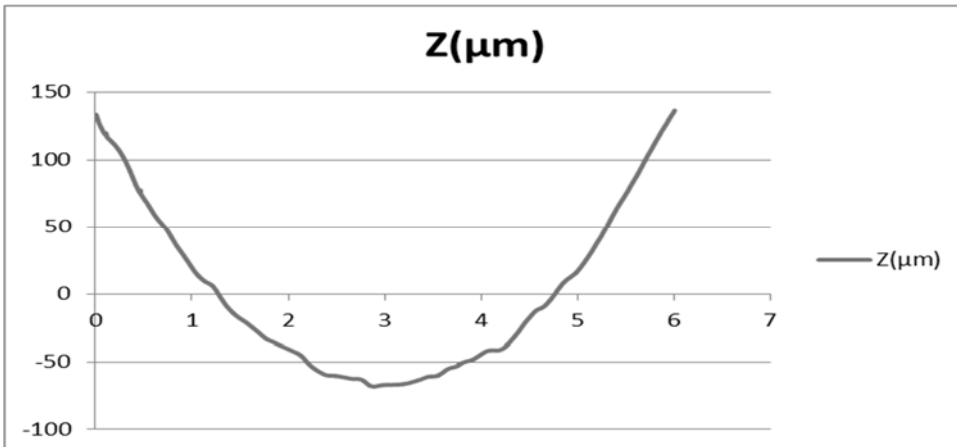


Abb. 130: Krümmungsprofil 2

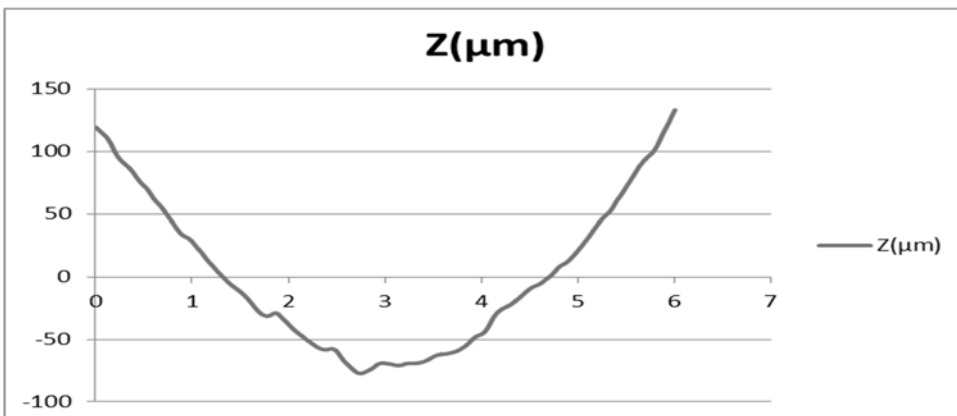


Abb. 131: Krümmungsprofil 3

Gruppe 6 – Prüfkörper 3

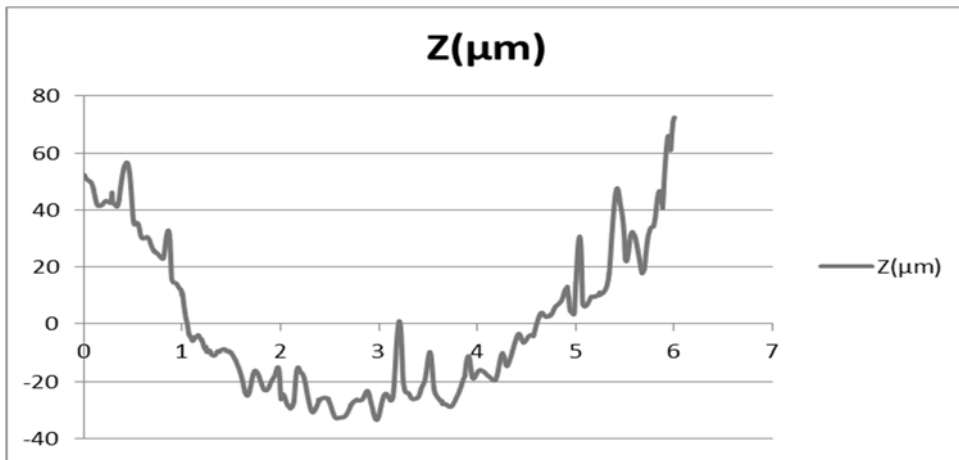


Abb. 132: Krümmungsprofil 1

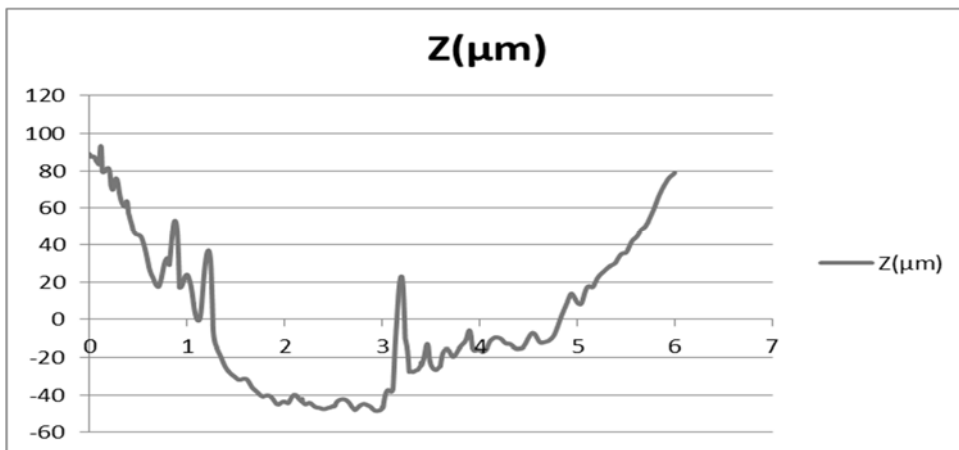


Abb. 133: Krümmungsprofil 2

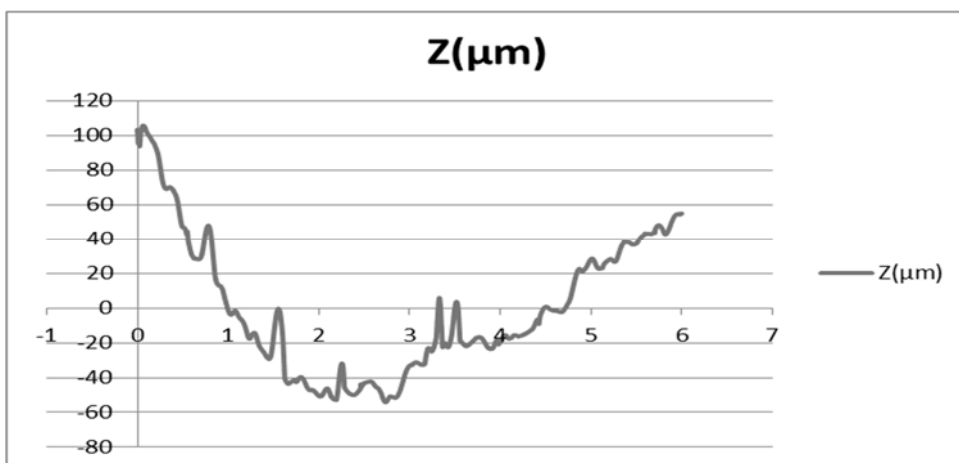


Abb. 134: Krümmungsprofil 3

Tabelle Messergebnisse 18

ZENOFLEX – Gruppe 6

Krümmungswinkel (in °)			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3
	2,81	4,48	1,65
	2,86	4,05	2,01
	2,80	3,98	2,68
	2,72	3,78	2,39
	7,18	4,10	3,31
	1,13	3,71	1,91
	x	3,20	
	s	1,36	

Tabelle Messergebnisse 19

Zirox – Gruppe 1

Probennummer	d1(mm)	d2(mm)	d3(mm)	t1(mm)	t2(mm)	t3(mm)	x d(mm)	x t(mm)	x r(mm)
1	12,28	12,24	12,28	2,25	2,24	2,27	12,27	2,25	6,13
2	12,22	12,18	12,23	2,04	2,05	2,05	12,21	2,05	6,11
3	12,27	12,25	12,31	2,13	2,09	2,10	12,28	2,11	6,14
4	12,14	12,21	12,17	2,12	2,16	2,18	12,17	2,15	6,09
5	12,27	12,22	12,21	2,11	2,17	2,08	12,23	2,12	6,12
6	12,32	12,30	12,26	2,45	2,43	2,42	12,29	2,43	6,15
7	12,15	12,19	12,17	2,22	2,26	2,20	12,17	2,23	6,09
8	12,18	12,15	12,20	2,18	2,10	2,16	12,18	2,15	6,09
9	12,25	12,26	12,25	2,27	2,25	2,28	12,25	2,27	6,13
10	12,14	12,05	12,14	2,16	2,11	2,12	12,11	2,13	6,06
11	12,23	12,15	12,19	2,18	2,15	2,12	12,19	2,15	6,10
12	12,30	12,22	12,27	2,11	2,11	2,10	12,26	2,11	6,13
13	12,28	12,19	12,22	2,29	2,33	2,30	12,23	2,31	6,12
14	12,26	12,33	12,27	2,38	2,38	2,35	12,29	2,37	6,14
15	12,20	12,22	12,24	2,17	2,11	2,13	12,22	2,14	6,11
16	12,29	12,18	12,21	2,14	2,15	2,18	12,23	2,16	6,11
17	12,20	12,16	12,17	2,05	2,04	2,05	12,18	2,05	6,09
18	12,16	12,15	12,14	2,12	2,17	2,08	12,15	2,12	6,08
19	12,20	12,23	12,27	2,08	2,06	2,03	12,23	2,06	6,12
20	12,17	12,14	12,12	2,15	2,20	2,19	12,14	2,18	6,07
21	12,26	12,15	12,15	2,15	2,16	2,29	12,19	2,20	6,09
22	12,26	12,22	12,27	2,23	2,27	2,31	12,25	2,27	6,13
23	12,15	12,19	12,19	2,21	2,22	2,27	12,18	2,23	6,09
24	12,27	12,23	12,25	2,24	2,29	2,29	12,25	2,27	6,13
25	12,28	12,24	12,27	2,19	2,18	2,20	12,26	2,19	6,13
26	12,10	12,13	12,12	2,03	2,08	2,03	12,12	2,05	6,06
27	12,23	12,20	12,22	2,11	2,18	2,16	12,22	2,15	6,11
28	12,09	12,09	12,12	2,17	2,19	2,20	12,10	2,19	6,05
29	12,29	12,21	12,23	2,08	2,14	2,10	12,24	2,11	6,12
30	12,21	12,27	12,20	2,10	2,15	2,13	12,23	2,13	6,11
							x d(ges)	x t(ges)	x r(ges)
							12,21	2,18	6,11
							s d(ges)	s t(ges)	s r(ges)
							0,05	0,09	0,03

Tabelle Messergebnisse 20

Zirox – Gruppe 2

Probennummer	d1(mm)	d2(mm)	d3(mm)	t1(mm)	t2(mm)	t3(mm)	x d(mm)	x t(mm)	x r(mm)
1	12,02	11,93	11,99	2,19	2,29	2,24	11,98	2,24	5,99
2	11,98	11,97	11,98	2,25	2,24	2,24	11,98	2,24	5,99
3	12,06	11,99	12,01	2,26	2,28	2,23	12,02	2,26	6,01
4	12,10	12,01	12,06	2,28	2,16	2,17	12,06	2,20	6,03
5	12,03	11,97	12,08	2,21	2,33	2,23	12,03	2,26	6,01
6	12,05	12,00	12,04	2,27	2,27	2,23	12,03	2,26	6,02
7	12,02	11,99	12,06	2,20	2,16	2,17	12,02	2,18	6,01
8	11,89	11,94	11,94	2,32	2,29	2,23	11,92	2,28	5,96
9	12,00	12,01	12,06	2,16	2,21	2,20	12,02	2,19	6,01
10	12,01	12,04	12,00	2,31	2,28	2,32	12,02	2,30	6,01
11	11,94	11,95	11,94	2,28	2,18	2,20	11,94	2,22	5,97
12	12,03	11,96	12,07	2,36	2,34	2,34	12,02	2,35	6,01
13	11,92	11,95	11,95	2,08	2,13	2,02	11,94	2,08	5,97
14	12,10	12,00	12,07	2,30	2,26	2,22	12,06	2,26	6,03
15	11,94	11,97	11,99	2,18	2,21	2,20	11,97	2,20	5,98
16	11,95	11,92	12,02	2,23	2,18	2,15	11,96	2,19	5,98
17	12,04	12,00	11,99	2,13	2,22	2,13	12,01	2,16	6,01
18	11,96	12,00	11,91	2,30	2,29	2,23	11,96	2,27	5,98
19	12,07	12,04	12,05	2,27	2,23	2,24	12,05	2,25	6,03
20	11,97	11,95	12,01	2,22	2,23	2,27	11,98	2,24	5,99
21	11,93	11,94	11,91	2,05	2,04	2,00	11,93	2,03	5,96
22	12,03	11,99	11,98	2,27	2,34	2,37	12,00	2,33	6,00
23	12,01	12,00	11,95	2,09	2,19	2,14	11,99	2,14	5,99
24	11,85	11,97	11,88	2,35	2,29	2,33	11,90	2,32	5,95
25	12,05	12,01	12,02	2,35	2,41	2,33	12,03	2,36	6,01
26	12,05	11,99	11,95	2,20	2,24	2,20	12,00	2,21	6,00
27	11,88	11,90	11,88	2,18	2,21	2,19	11,89	2,19	5,94
28	12,06	12,01	11,99	2,11	2,15	2,19	12,02	2,15	6,01
29	11,92	11,87	11,84	1,99	2,01	2,01	11,88	2,00	5,94
30	12,06	12,02	12,00	2,30	2,21	2,26	12,03	2,26	6,01
							x d(ges)	x t(ges)	x r(ges)
							11,99	2,22	5,99
							s d(ges)	s t(ges)	s r(ges)
							0,05	0,08	0,02

Tabelle Messergebnisse 21

Zirox – Gruppe 3

Probennummer	d1(mm)	d2(mm)	d3(mm)	t1(mm)	t2(mm)	t3(mm)	x d(mm)	x t(mm)	x r(mm)
1	12,10	12,12	12,13	1,65	1,66	1,67	12,12	1,66	6,06
2	12,32	12,33	12,22	1,97	1,96	1,90	12,29	1,94	6,15
3	12,08	11,96	12,04	1,53	1,47	1,46	12,03	1,49	6,01
4	12,28	12,38	12,32	1,81	1,81	1,78	12,33	1,80	6,16
5	12,21	12,23	12,24	1,91	1,95	1,97	12,23	1,94	6,11
6	12,33	12,29	12,41	1,97	1,91	1,91	12,34	1,93	6,17
7	12,25	12,33	12,27	1,84	1,88	1,83	12,28	1,85	6,14
8	12,18	12,25	12,18	1,89	1,97	1,93	12,20	1,93	6,10
9	12,29	12,21	12,19	1,70	1,69	1,69	12,23	1,69	6,12
10	12,12	12,13	12,11	2,05	1,89	1,99	12,12	1,98	6,06
11	12,33	12,17	12,12	1,67	1,70	1,75	12,21	1,71	6,10
12	12,33	12,23	12,30	1,94	1,88	1,91	12,29	1,91	6,14
13	12,25	12,23	12,29	1,91	1,85	1,89	12,26	1,88	6,13
14	12,20	12,25	12,18	1,76	1,84	1,79	12,21	1,80	6,11
15	12,25	12,52	12,24	1,98	1,92	1,89	12,34	1,93	6,17
16	12,11	12,14	12,15	1,64	1,70	1,66	12,13	1,67	6,07
17	12,30	12,24	12,29	1,79	1,80	1,68	12,28	1,76	6,14
18	11,92	11,96	12,03	1,52	1,65	1,58	11,97	1,58	5,99
19	12,30	12,26	12,31	1,88	1,84	1,83	12,29	1,85	6,15
20	12,28	12,23	12,29	1,99	1,89	1,95	12,27	1,94	6,13
21	12,07	12,17	12,03	1,61	1,61	1,62	12,09	1,61	6,05
22	12,21	12,15	12,15	2,03	1,95	1,96	12,17	1,98	6,09
23	12,05	12,06	12,07	1,64	1,53	1,61	12,06	1,59	6,03
24	12,30	12,19	12,24	1,66	1,61	1,54	12,24	1,60	6,12
25	12,24	12,23	12,24	1,95	1,89	2,01	12,24	1,95	6,12
26	12,25	12,18	12,38	1,81	1,91	1,91	12,27	1,88	6,14
27	12,24	12,38	12,25	1,86	1,91	1,92	12,29	1,90	6,15
28	12,23	12,29	12,32	1,96	1,97	1,87	12,28	1,93	6,14
29	12,23	12,17	12,22	1,77	1,81	1,82	12,21	1,80	6,10
30	12,34	12,38	12,27	1,92	1,86	1,92	12,33	1,90	6,17
							x d(ges)	x t(ges)	x r(ges)
							12,22	1,81	6,11
							s d(ges)	s t(ges)	s r(ges)
							0,10	0,14	0,05

Tabelle Messergebnisse 22

Zirox – Gruppe 4

Probennummer	d1(mm)	d2(mm)	d3(mm)	t1(mm)	t2(mm)	t3(mm)	x d(mm)	x t(mm)	x r(mm)
1	12,37	12,53	12,39	1,84	1,85	1,93	12,43	1,87	6,22
2	12,40	12,39	12,35	2,01	1,79	1,85	12,38	1,88	6,19
3	12,34	12,39	12,31	1,89	1,82	1,91	12,35	1,87	6,17
4	12,40	12,36	12,33	1,81	1,90	1,86	12,36	1,86	6,18
5	12,30	12,36	12,45	1,87	1,89	1,85	12,37	1,87	6,19
6	12,31	12,30	12,37	1,77	2,00	1,83	12,33	1,87	6,16
7	12,37	12,36	12,38	1,84	1,79	1,88	12,37	1,84	6,19
8	12,27	12,30	12,32	1,80	1,80	1,80	12,30	1,80	6,15
9	12,32	12,31	12,30	1,78	1,82	1,79	12,31	1,80	6,16
10	12,30	12,24	12,29	1,80	1,86	1,94	12,28	1,87	6,14
11	12,33	12,34	12,30	1,79	1,71	1,81	12,32	1,77	6,16
12	12,37	12,38	12,35	1,91	1,91	1,95	12,37	1,92	6,18
13	12,33	12,40	12,37	1,84	1,76	1,81	12,37	1,80	6,18
14	12,32	12,41	12,31	1,89	1,86	1,85	12,35	1,87	6,17
15	12,34	12,32	12,34	1,85	1,85	1,80	12,33	1,83	6,17
16	12,36	12,39	12,37	1,93	1,91	1,82	12,37	1,89	6,19
17	12,40	12,35	12,44	1,85	1,88	1,80	12,40	1,84	6,20
18	12,38	12,32	12,37	1,82	1,76	1,83	12,36	1,80	6,18
19	12,33	12,34	12,31	1,88	1,75	1,82	12,33	1,82	6,16
20	12,38	12,42	12,34	1,85	1,86	1,86	12,38	1,86	6,19
21	12,35	12,37	12,34	1,78	1,92	1,80	12,35	1,83	6,18
22	12,32	12,35	12,29	1,73	1,79	1,88	12,32	1,80	6,16
23	12,32	12,32	12,32	1,83	1,86	1,85	12,32	1,85	6,16
24	12,45	12,36	12,49	1,85	1,86	1,91	12,43	1,87	6,22
25	12,30	12,40	12,31	1,73	1,85	1,75	12,34	1,78	6,17
26	12,47	12,35	12,40	1,86	1,87	1,84	12,41	1,86	6,20
27	12,38	12,33	12,34	1,73	1,75	1,94	12,35	1,81	6,18
28	12,36	12,43	12,36	1,79	1,74	1,85	12,38	1,79	6,19
29	12,40	12,30	12,45	1,85	1,72	1,87	12,38	1,81	6,19
30	12,33	12,46	12,34	1,86	1,79	1,87	12,38	1,84	6,19
							x d(ges)	x t(ges)	x r(ges)
							12,36	1,84	6,18
							s d(ges)	s t(ges)	s r(ges)
							0,04	0,04	0,02

Tabelle Messergebnisse 23

Zirox – Gruppe 5

Probennummer	d1(mm)	d2(mm)	d3(mm)	t1(mm)	t2(mm)	t3(mm)	x d(mm)	x t(mm)	x r(mm)
1	12,70	12,68	12,95	1,75	1,91	1,82	12,78	1,83	6,39
2	12,64	12,52	12,59	1,85	1,76	1,82	12,58	1,81	6,29
3	12,62	12,92	12,93	1,85	1,86	1,83	12,82	1,85	6,41
4	12,66	12,79	12,62	1,80	1,82	1,79	12,69	1,80	6,35
5	12,74	12,87	13,00	1,71	1,86	1,72	12,87	1,76	6,44
6	12,58	12,30	12,55	1,83	1,80	1,82	12,48	1,82	6,24
7	12,87	12,46	12,52	1,72	1,74	1,68	12,62	1,71	6,31
8	12,85	12,95	12,34	1,74	1,85	1,77	12,71	1,79	6,36
9	12,47	12,66	12,76	1,78	1,85	1,82	12,63	1,82	6,32
10	12,35	13,25	12,97	1,92	1,85	2,00	12,86	1,92	6,43
11	12,61	12,59	12,71	1,92	1,83	1,87	12,64	1,87	6,32
12	12,39	12,82	12,63	1,89	2,01	1,87	12,61	1,92	6,31
13	13,10	12,87	13,07	1,74	1,84	1,77	13,01	1,78	6,51
14	12,86	12,66	12,59	1,81	1,84	1,83	12,70	1,83	6,35
15	12,86	12,69	12,77	1,76	1,94	1,79	12,77	1,83	6,39
16	12,93	12,79	12,50	1,77	1,84	1,66	12,74	1,76	6,37
17	12,96	12,72	13,10	1,79	1,83	1,81	12,93	1,81	6,46
18	12,60	12,69	12,66	1,85	1,86	1,86	12,65	1,86	6,33
19	12,32	13,14	12,92	1,72	1,75	1,74	12,79	1,74	6,40
20	12,88	12,54	12,52	1,84	1,86	1,81	12,65	1,84	6,32
21	13,25	12,74	12,36	1,76	1,84	1,76	12,78	1,79	6,39
22	12,67	12,68	13,00	1,86	1,83	1,92	12,78	1,87	6,39
23	12,54	12,82	12,58	1,75	1,82	1,73	12,65	1,77	6,32
24	13,25	12,82	12,38	1,83	1,80	1,80	12,82	1,81	6,41
25	12,83	12,84	12,37	1,81	1,81	1,73	12,68	1,78	6,34
26	12,47	12,54	13,05	1,80	1,87	1,84	12,69	1,84	6,34
27	12,59	12,68	12,79	1,95	1,81	1,95	12,69	1,90	6,34
28	13,17	12,31	12,75	1,81	1,82	1,79	12,74	1,81	6,37
29	12,73	12,63	12,58	1,81	1,86	1,83	12,65	1,83	6,32
30	12,55	12,45	12,88	1,76	1,82	1,76	12,63	1,78	6,31
							x d(ges)	x t(ges)	x r(ges)
							12,72	1,82	6,36
							s d(ges)	s t(ges)	s r(ges)
							0,11	0,05	0,06

Tabelle Messergebnisse 24

Zirox – Gruppe 6

Probennummer	d1(mm)	d2(mm)	d3(mm)	t1(mm)	t2(mm)	t3(mm)	x d(mm)	x t(mm)	x r(mm)
1	12,22	13,84	13,08	1,81	1,84	1,90	13,05	1,85	6,52
2	12,76	12,64	12,70	1,79	1,85	1,80	12,70	1,81	6,35
3	12,80	13,10	12,83	1,91	1,87	1,93	12,91	1,90	6,46
4	12,99	12,52	12,98	1,86	1,90	1,89	12,83	1,88	6,42
5	12,99	13,02	12,49	1,89	1,91	1,88	12,83	1,89	6,42
6	13,25	12,49	12,79	1,78	1,82	1,83	12,84	1,81	6,42
7	12,64	12,80	13,06	1,91	1,90	1,90	12,83	1,90	6,42
8	12,97	13,05	12,52	1,85	1,89	1,90	12,85	1,88	6,42
9	12,99	12,82	12,35	1,87	1,81	1,96	12,72	1,88	6,36
10	12,67	12,74	12,84	1,74	1,82	1,71	12,75	1,76	6,38
11	12,86	12,54	12,82	1,92	1,86	1,80	12,74	1,86	6,37
12	12,55	12,47	12,69	1,89	2,05	1,91	12,57	1,95	6,29
13	12,73	12,61	12,64	2,03	2,09	2,05	12,66	2,06	6,33
14	13,01	12,99	12,79	1,89	1,86	1,88	12,93	1,88	6,47
15	13,18	12,78	12,54	1,79	1,80	1,91	12,83	1,83	6,42
16	12,53	12,93	12,78	1,81	1,91	1,81	12,75	1,84	6,37
17	13,10	13,17	12,74	1,86	1,79	1,88	13,00	1,84	6,50
18	12,66	12,75	13,04	1,89	1,78	1,89	12,82	1,85	6,41
19	13,00	12,69	13,01	1,82	1,83	1,79	12,90	1,81	6,45
20	12,96	12,83	12,46	1,84	1,88	1,87	12,75	1,86	6,38
21	13,34	12,71	12,22	1,89	1,83	1,87	12,76	1,86	6,38
22	12,78	13,03	12,46	1,84	1,87	1,85	12,76	1,85	6,38
23	12,79	12,68	12,46	1,82	1,81	1,87	12,64	1,83	6,32
24	12,60	12,59	13,33	1,76	1,93	1,77	12,84	1,82	6,42
25	12,76	12,68	12,91	1,77	1,83	1,75	12,78	1,78	6,39
26	12,55	13,23	12,76	1,78	1,82	1,82	12,85	1,81	6,42
27	12,81	13,05	12,70	1,83	1,90	1,90	12,85	1,88	6,43
28	12,85	12,34	12,98	1,79	1,86	1,81	12,72	1,82	6,36
29	12,63	12,93	12,69	1,94	1,70	1,85	12,75	1,83	6,38
30	12,80	13,12	12,95	1,81	1,87	1,87	12,96	1,85	6,48
							x d(ges)	x t(ges)	x r(ges)
							12,81	1,86	6,40
							s d(ges)	s t(ges)	s r(ges)
							0,10	0,05	0,05

Tabelle Messergebnisse 25

Zenoflex – Gruppe 1

Probennummer	d1(mm)	d2(mm)	d3(mm)	t1(mm)	t2(mm)	t3(mm)	x d(mm)	x t(mm)	x r(mm)
1	12,22	12,18	12,25	2,11	2,10	2,09	12,22	2,10	6,11
2	12,36	12,40	12,27	2,36	2,40	2,32	12,34	2,36	6,17
3	12,27	12,28	12,27	2,34	2,25	2,26	12,27	2,28	6,14
4	12,13	12,06	12,11	2,12	2,19	2,20	12,10	2,17	6,05
5	12,26	12,20	12,29	2,22	2,29	2,24	12,25	2,25	6,13
6	12,20	12,20	12,27	2,22	2,22	2,20	12,22	2,21	6,11
7	12,21	12,42	12,36	2,31	2,30	2,32	12,33	2,31	6,17
8	12,24	12,27	12,28	2,21	2,19	2,22	12,26	2,21	6,13
9	12,26	12,26	12,22	2,27	2,27	2,32	12,25	2,29	6,12
10	12,25	12,23	12,26	2,18	2,08	2,09	12,25	2,12	6,12
11	12,18	12,19	12,26	2,11	2,12	2,14	12,21	2,12	6,11
12	12,27	12,26	12,26	2,16	2,14	2,20	12,26	2,17	6,13
13	12,12	12,18	12,15	2,15	2,06	2,14	12,15	2,12	6,08
14	12,33	12,27	12,38	2,31	2,31	2,29	12,33	2,30	6,16
15	12,30	12,31	12,31	2,09	2,07	2,09	12,31	2,08	6,15
16	12,22	12,26	12,35	2,15	2,18	2,17	12,28	2,17	6,14
17	12,34	12,38	12,39	2,03	2,05	2,04	12,37	2,04	6,19
18	12,26	12,22	12,21	2,15	2,10	2,13	12,23	2,13	6,12
19	12,25	12,21	12,29	2,05	2,01	2,01	12,25	2,02	6,13
20	12,12	12,12	12,11	2,13	2,15	2,10	12,12	2,13	6,06
21	12,33	12,39	12,44	2,27	2,23	2,28	12,39	2,26	6,19
22	12,29	12,29	12,33	2,12	2,16	2,20	12,30	2,16	6,15
23	12,23	12,30	12,23	2,13	2,20	2,19	12,25	2,17	6,13
24	12,26	12,27	12,19	2,03	2,01	2,00	12,24	2,01	6,12
25	12,30	12,29	12,29	2,33	2,26	2,24	12,29	2,28	6,15
26	12,18	12,24	12,23	2,03	2,00	2,05	12,22	2,03	6,11
27	12,35	12,36	12,37	2,19	2,21	2,18	12,36	2,19	6,18
28	12,26	12,16	12,21	2,04	2,08	2,08	12,21	2,07	6,11
29	12,22	12,22	12,21	2,12	2,14	2,15	12,22	2,14	6,11
30	12,24	12,24	12,20	2,19	2,16	2,21	12,23	2,19	6,11
							x d(ges)	x t(ges)	x r(ges)
							12,26	2,17	6,13
							s d(ges)	s t(ges)	s r(ges)
							0,07	0,09	0,03

Tabelle Messergebnisse 26

Zenoflex – Gruppe 2

Probennummer	d1(mm)	d2(mm)	d3(mm)	t1(mm)	t2(mm)	t3(mm)	x d(mm)	x t(mm)	x r(mm)
1	12,06	11,98	11,92	1,97	2,00	2,01	11,99	1,99	5,99
2	12,00	12,00	12,04	1,89	1,90	1,97	12,01	1,92	6,01
3	12,03	12,05	12,04	2,05	2,08	2,04	12,04	2,06	6,02
4	11,92	11,95	11,99	2,07	2,10	2,06	11,95	2,08	5,98
5	12,01	12,03	12,00	2,10	2,05	2,11	12,01	2,09	6,01
6	11,97	11,98	11,97	1,95	1,92	1,93	11,97	1,93	5,99
7	12,00	11,92	11,97	1,88	1,89	1,89	11,96	1,89	5,98
8	12,05	12,01	12,10	2,01	2,09	2,04	12,05	2,05	6,03
9	12,09	12,13	12,13	1,97	1,94	1,97	12,12	1,96	6,06
10	11,98	12,07	12,02	1,98	2,02	2,06	12,02	2,02	6,01
11	12,01	11,98	11,97	2,01	2,05	1,98	11,99	2,01	5,99
12	11,98	11,95	11,97	1,99	2,11	2,09	11,97	2,06	5,98
13	11,86	11,86	11,90	1,88	1,93	1,97	11,87	1,93	5,94
14	12,01	12,00	11,99	1,93	1,91	1,96	12,00	1,93	6,00
15	11,86	11,92	11,95	2,05	1,92	1,95	11,91	1,97	5,96
16	11,96	11,98	11,98	2,22	2,15	2,18	11,97	2,18	5,99
17	11,79	11,81	11,85	1,94	1,90	1,88	11,82	1,91	5,91
18	12,01	12,08	12,10	1,97	1,94	2,01	12,06	1,97	6,03
19	12,01	11,99	11,99	1,98	2,02	2,01	12,00	2,00	6,00
20	11,99	11,98	11,97	1,93	1,93	1,94	11,98	1,93	5,99
21	11,92	11,92	11,94	2,03	1,95	1,98	11,93	1,99	5,96
22	11,99	11,93	11,97	1,97	2,02	1,94	11,96	1,98	5,98
23	11,97	11,95	12,01	2,00	2,05	2,07	11,98	2,04	5,99
24	11,95	11,93	11,93	1,97	2,08	1,98	11,94	2,01	5,97
25	11,99	11,99	11,95	2,02	2,00	1,99	11,98	2,00	5,99
26	11,96	11,97	11,91	1,91	1,94	1,92	11,95	1,92	5,97
27	11,93	11,85	11,87	2,02	2,11	2,13	11,88	2,09	5,94
28	11,91	11,90	11,92	2,00	2,00	1,93	11,91	1,98	5,96
29	11,90	11,98	11,97	1,89	1,85	1,91	11,95	1,88	5,98
30	12,05	11,90	11,89	1,91	1,89	1,94	11,95	1,91	5,97
							x d(ges)	x t(ges)	x r(ges)
							11,97	1,99	5,99
							s d(ges)	s t(ges)	s r(ges)
							0,06	0,07	0,03

Tabelle Messergebnisse 27

Zenoflex – Gruppe 3

Probennummer	d1(mm)	d2(mm)	d3(mm)	t1(mm)	t2(mm)	t3(mm)	x d(mm)	x t(mm)	x r(mm)
1	12,37	12,34	12,40	1,93	1,92	1,88	12,37	1,91	6,19
2	12,28	12,29	12,27	1,98	1,94	1,95	12,28	1,96	6,14
3	12,47	12,38	12,27	1,87	1,86	1,83	12,37	1,85	6,19
4	12,35	12,37	12,35	1,97	1,93	1,86	12,36	1,92	6,18
5	12,48	12,41	12,40	1,86	1,84	1,85	12,43	1,85	6,22
6	12,22	12,24	12,20	1,90	1,85	1,89	12,22	1,88	6,11
7	12,32	12,35	12,33	1,86	1,83	1,88	12,33	1,86	6,17
8	12,46	12,23	12,23	1,81	1,93	1,85	12,31	1,86	6,15
9	12,33	12,33	12,31	1,82	1,84	1,83	12,32	1,83	6,16
10	12,32	12,29	12,32	1,81	1,79	1,75	12,31	1,78	6,16
11	12,39	12,28	12,36	1,83	1,90	1,93	12,34	1,89	6,17
12	12,30	12,28	12,24	1,86	1,89	1,88	12,27	1,88	6,14
13	12,33	12,37	12,31	1,89	1,91	1,90	12,34	1,90	6,17
14	12,36	12,31	12,32	1,87	1,85	1,80	12,33	1,84	6,17
15	12,26	12,31	12,27	1,85	1,84	1,84	12,28	1,84	6,14
16	12,40	12,30	12,34	1,84	2,00	1,89	12,35	1,91	6,17
17	12,38	12,43	12,37	1,88	1,86	1,84	12,39	1,86	6,20
18	12,24	12,23	12,28	1,89	1,86	1,88	12,25	1,88	6,13
19	12,32	12,29	12,31	1,94	1,97	1,93	12,31	1,95	6,15
20	12,32	12,31	12,32	1,83	1,82	1,93	12,32	1,86	6,16
21	12,37	12,35	12,41	1,90	1,81	1,75	12,38	1,82	6,19
22	12,37	12,49	12,34	1,88	1,80	1,89	12,40	1,86	6,20
23	12,40	12,46	12,36	1,94	1,89	1,87	12,41	1,90	6,20
24	12,27	12,30	12,25	1,99	1,95	1,89	12,27	1,94	6,14
25	12,43	12,43	12,39	1,87	1,83	1,82	12,42	1,84	6,21
26	12,36	12,36	12,39	1,88	1,85	1,86	12,37	1,86	6,19
27	12,30	12,29	12,24	1,98	1,98	1,93	12,28	1,96	6,14
28	12,38	12,36	12,37	1,89	1,88	1,82	12,37	1,86	6,19
29	12,36	12,31	12,42	1,90	1,88	1,87	12,36	1,88	6,18
30	12,47	12,32	12,40	1,94	1,94	1,92	12,40	1,93	6,20
							x d(ges)	x t(ges)	x r(ges)
							12,34	1,88	6,17
							s d(ges)	s t(ges)	s r(ges)
							0,05	0,04	0,03

Tabelle Messergebnisse 28

Zenoflex – Gruppe 4

Probennummer	d1(mm)	d2(mm)	d3(mm)	t1(mm)	t2(mm)	t3(mm)	x d(mm)	x t(mm)	x r(mm)
1	12,38	12,34	12,39	1,88	1,90	1,85	12,37	1,88	6,19
2	12,45	12,45	12,50	1,92	1,89	1,93	12,47	1,91	6,23
3	12,47	12,49	12,48	1,95	1,99	1,94	12,48	1,96	6,24
4	12,39	12,30	12,46	1,75	1,82	1,82	12,38	1,80	6,19
5	12,43	12,43	12,48	1,93	1,93	1,96	12,45	1,94	6,22
6	12,40	12,44	12,41	1,88	1,83	1,91	12,42	1,87	6,21
7	12,41	12,41	12,44	1,76	1,85	1,84	12,42	1,82	6,21
8	12,45	12,39	12,42	1,87	1,86	1,88	12,42	1,87	6,21
9	12,53	12,54	12,61	1,79	1,96	1,93	12,56	1,89	6,28
10	12,40	12,45	12,46	1,85	1,79	1,77	12,44	1,80	6,22
11	12,43	12,48	12,44	1,80	1,77	2,00	12,45	1,86	6,23
12	12,51	12,50	12,62	1,94	1,92	1,97	12,54	1,94	6,27
13	12,49	12,54	12,51	1,98	1,82	1,84	12,51	1,88	6,26
14	12,44	12,48	12,47	1,85	1,91	1,85	12,46	1,87	6,23
15	12,45	12,47	12,45	1,83	1,87	1,79	12,46	1,83	6,23
16	12,29	12,36	12,30	1,96	1,96	1,90	12,32	1,94	6,16
17	12,41	12,43	12,44	1,77	1,81	1,78	12,43	1,79	6,21
18	12,43	12,43	12,44	1,78	1,81	1,82	12,43	1,80	6,22
19	12,48	12,45	12,45	1,83	1,96	1,87	12,46	1,89	6,23
20	12,49	12,38	12,40	1,86	1,87	1,87	12,42	1,87	6,21
21	12,51	12,63	12,53	1,95	1,99	1,81	12,56	1,92	6,28
22	12,47	12,45	12,42	1,78	1,78	1,92	12,45	1,83	6,22
23	12,47	12,45	12,46	1,87	1,85	1,85	12,46	1,86	6,23
24	12,51	12,49	12,54	1,87	1,85	1,98	12,51	1,90	6,26
25	12,56	12,46	12,51	1,82	1,85	1,84	12,51	1,84	6,26
26	12,45	12,43	12,51	1,90	1,90	1,95	12,46	1,92	6,23
27	12,51	12,48	12,49	1,90	2,00	1,95	12,49	1,95	6,25
28	12,40	12,41	12,38	1,76	1,78	1,78	12,40	1,77	6,20
29	12,42	12,38	12,35	1,66	1,65	1,60	12,38	1,64	6,19
30	12,51	12,53	12,52	1,83	1,88	1,88	12,52	1,86	6,26
							x d(ges)	x t(ges)	x r(ges)7
							12,45	1,86	6,23
							s d(ges)	s t(ges)	s r(ges)
							0,06	0,07	0,03

Tabelle Messergebnisse 29

Zenoflex – Gruppe 5

Probennummer	d1(mm)	d2(mm)	d3(mm)	t1(mm)	t2(mm)	t3(mm)	x d(mm)	x t(mm)	x r(mm)
1	12,68	12,42	12,49	1,71	1,75	1,62	12,53	1,69	6,27
2	12,77	12,44	12,76	1,82	1,86	1,86	12,66	1,85	6,33
3	12,82	12,53	12,69	1,52	1,55	1,43	12,68	1,50	6,34
4	12,87	12,61	12,49	1,86	1,84	1,84	12,66	1,85	6,33
5	12,54	12,67	12,58	1,85	1,83	1,77	12,60	1,82	6,30
6	12,55	12,62	12,51	1,97	2,02	1,97	12,56	1,99	6,28
7	12,97	12,70	12,79	1,80	2,00	1,89	12,82	1,90	6,41
8	12,57	12,51	12,56	1,84	1,74	1,86	12,55	1,81	6,27
9	12,53	12,58	12,48	1,89	1,87	1,84	12,53	1,87	6,27
10	12,70	12,51	12,60	1,91	1,93	1,89	12,60	1,91	6,30
11	12,89	12,89	12,76	1,81	1,93	1,92	12,85	1,89	6,42
12	12,80	12,75	12,79	1,86	1,89	1,87	12,78	1,87	6,39
13	13,06	12,85	12,68	1,87	1,88	1,88	12,86	1,88	6,43
14	12,65	12,95	12,90	1,80	1,87	1,80	12,83	1,82	6,42
15	12,66	12,86	12,98	1,79	1,83	1,79	12,83	1,80	6,42
16	12,50	12,32	12,72	1,94	1,81	1,87	12,51	1,87	6,26
17	13,03	12,52	12,89	1,78	1,78	1,87	12,81	1,81	6,41
18	12,58	12,46	12,51	1,81	1,76	1,89	12,52	1,82	6,26
19	12,85	12,85	13,18	1,78	1,90	1,97	12,96	1,88	6,48
20	12,80	12,37	13,01	1,91	1,95	1,95	12,73	1,94	6,36
21	12,55	12,75	12,59	1,85	1,88	1,79	12,63	1,84	6,32
22	12,98	13,12	12,64	1,95	1,97	2,15	12,91	2,02	6,46
23	12,50	12,92	12,68	1,89	1,86	1,81	12,70	1,85	6,35
24	12,84	12,73	12,65	1,87	1,90	1,95	12,74	1,91	6,37
25	12,77	12,66	12,53	1,80	1,88	1,92	12,65	1,87	6,33
26	12,55	12,92	12,70	1,88	1,93	1,92	12,72	1,91	6,36
27	12,57	12,67	13,09	2,00	1,84	1,88	12,78	1,91	6,39
28	12,94	12,87	12,69	1,87	1,86	1,94	12,83	1,89	6,42
29	12,37	12,87	12,71	1,77	1,87	1,88	12,65	1,84	6,33
30	12,54	12,82	12,67	1,92	1,91	1,88	12,68	1,90	6,34
							x d(ges)	x t(ges)	x r(ges)
							12,71	1,86	6,35
							s d(ges)	s t(ges)	s r(ges)
							0,13	0,09	0,06

Tabelle Messergebnisse 30

Zenoflex – Gruppe 6

Probennummer	d1(mm)	d2(mm)	d3(mm)	t1(mm)	t2(mm)	t3(mm)	x d(mm)	x t(mm)	x r(mm)
1	13,03	12,26	12,92	1,87	1,86	1,87	12,74	1,87	6,37
2	13,00	12,50	12,66	1,91	1,85	1,94	12,72	1,90	6,36
3	12,46	12,67	12,65	1,77	1,77	1,82	12,59	1,79	6,30
4	12,85	13,02	12,13	1,95	1,91	1,86	12,67	1,91	6,33
5	12,48	13,03	12,95	1,91	1,79	1,76	12,82	1,82	6,41
6	12,84	13,00	12,45	1,82	1,77	1,73	12,76	1,77	6,38
7	12,57	12,68	12,94	1,72	1,76	1,87	12,73	1,78	6,37
8	12,67	12,71	12,69	1,83	1,83	1,86	12,69	1,84	6,35
9	13,01	12,43	12,93	1,83	1,85	1,81	12,79	1,83	6,40
10	12,54	13,05	13,08	1,82	1,83	1,90	12,89	1,85	6,45
11	12,63	12,64	12,67	1,93	1,87	1,89	12,65	1,90	6,32
12	12,97	12,53	12,55	1,87	1,87	1,88	12,68	1,87	6,34
13	13,02	12,65	12,62	1,84	1,92	1,84	12,76	1,87	6,38
14	12,54	12,59	12,67	1,87	1,85	1,87	12,60	1,86	6,30
15	12,47	12,90	13,01	1,92	1,86	1,77	12,79	1,85	6,40
16	12,19	13,48	12,97	1,72	1,82	1,65	12,88	1,73	6,44
17	12,85	12,92	12,97	1,89	1,89	1,83	12,91	1,87	6,46
18	12,84	12,36	12,87	1,78	1,76	1,66	12,69	1,73	6,35
19	12,79	12,41	12,64	1,86	1,93	1,82	12,61	1,87	6,31
20	13,10	12,80	12,79	1,79	1,76	1,85	12,90	1,80	6,45
21	12,69	12,98	12,47	1,90	1,92	1,91	12,71	1,91	6,36
22	12,87	12,93	13,03	1,83	1,76	1,74	12,94	1,78	6,47
23	12,50	12,90	12,68	1,74	1,76	1,88	12,69	1,79	6,35
24	12,49	12,93	12,47	1,77	1,79	1,81	12,63	1,79	6,32
25	12,83	12,77	12,57	1,83	1,82	1,82	12,72	1,82	6,36
26	12,99	12,61	12,44	1,87	1,89	1,85	12,68	1,87	6,34
27	12,74	12,50	12,95	1,74	1,88	1,90	12,73	1,84	6,37
28	12,87	12,59	12,62	1,79	1,84	1,76	12,69	1,80	6,35
29	12,72	12,84	12,55	1,84	1,86	1,80	12,70	1,83	6,35
30	12,89	12,59	12,95	1,80	1,81	1,90	12,81	1,84	6,41
							x d(ges)	x t(ges)	x r(ges)
							12,74	1,83	6,37
							s d(ges)	s t(ges)	s r(ges)
							0,09	0,05	0,05

Tabelle Messergebnisse 31

Zirox – Gruppe 1

Probennummer	x (mm)	x t (mm)	Fmax (N)	X	Y	Biegefestigkeit σ (in MPa)
1	6,13	2,25	212,86	-5,25	1,24	64,90
2	6,11	2,05	229,41	-5,24	1,25	84,85
3	6,14	2,11	269,61	-5,25	1,23	94,04
4	6,09	2,15	295,63	-5,23	1,26	98,82
5	6,12	2,12	303,24	-5,24	1,25	104,50
6	6,15	2,43	324,94	-5,25	1,23	84,93
7	6,09	2,23	302,61	-5,23	1,27	94,60
8	6,09	2,15	259,96	-5,23	1,26	87,43
9	6,13	2,27	256,40	-5,25	1,24	77,27
10	6,06	2,13	200,19	-5,22	1,28	68,45
11	6,10	2,15	244,44	-5,23	1,26	81,94
12	6,13	2,11	278,15	-5,25	1,24	97,03
13	6,12	2,31	219,31	-5,24	1,25	63,84
14	6,14	2,37	348,16	-5,25	1,23	95,94
15	6,11	2,14	336,02	-5,24	1,25	114,01
16	6,11	2,16	320,45	-5,24	1,25	106,71
17	6,09	2,05	203,79	-5,23	1,26	75,40
18	6,08	2,12	294,21	-5,22	1,27	101,17
19	6,12	2,06	212,64	-5,24	1,25	77,86
20	6,07	2,18	241,68	-5,22	1,27	78,85
21	6,09	2,20	311,38	-5,23	1,26	99,70
22	6,13	2,27	346,56	-5,24	1,24	104,14
23	6,09	2,23	241,50	-5,23	1,26	75,04
24	6,13	2,27	274,64	-5,24	1,24	82,29
25	6,13	2,19	306,26	-5,25	1,24	98,86
26	6,06	2,05	201,74	-5,22	1,28	74,70
27	6,11	2,15	283,98	-5,24	1,25	95,17
28	6,05	2,19	268,41	-5,21	1,29	87,09
29	6,12	2,11	323,47	-5,24	1,24	112,87
30	6,11	2,13	271,93	-5,24	1,25	93,13
		x Fmax (N)	272,79		x (σ)	89,18
		s Fmax (N)	44,91		s (σ)	13,62

Tabelle Messergebnisse 32

Zirot – Gruppe 2

Probennummer	x r (mm)	x t (mm)	Fmax (N)	X	Y	Biegefestigkeit σ (in MPa)
1	5,99	2,24	307,02	-5,19	1,32	95,08
2	5,99	2,24	383,34	-5,19	1,32	118,36
3	6,01	2,26	446,27	-5,20	1,31	136,09
4	6,03	2,20	351,18	-5,20	1,30	112,29
5	6,01	2,26	412,02	-5,20	1,31	125,64
6	6,02	2,26	356,34	-5,20	1,31	108,65
7	6,01	2,18	469,58	-5,20	1,31	153,91
8	5,96	2,28	403,49	-5,18	1,34	120,70
9	6,01	2,19	364,97	-5,20	1,31	118,17
10	6,01	2,30	426,75	-5,20	1,31	124,93
11	5,97	2,22	382,71	-5,18	1,33	120,72
12	6,01	2,35	458,81	-5,20	1,31	129,39
13	5,97	2,08	392,81	-5,18	1,33	141,61
14	6,03	2,26	276,46	-5,20	1,30	84,02
15	5,98	2,20	413,00	-5,19	1,32	133,01
16	5,98	2,19	363,77	-5,19	1,33	118,24
17	6,01	2,16	287,76	-5,19	1,31	95,80
18	5,98	2,27	293,67	-5,18	1,33	88,32
19	6,03	2,25	454,50	-5,20	1,30	139,78
20	5,99	2,24	237,19	-5,19	1,32	73,45
21	5,96	2,03	324,90	-5,18	1,34	122,59
22	6,00	2,33	372,35	-5,19	1,32	106,85
23	5,99	2,14	318,49	-5,19	1,32	108,05
24	5,95	2,32	458,81	-5,17	1,34	132,21
25	6,01	2,36	366,39	-5,20	1,31	101,87
26	6,00	2,21	500,67	-5,19	1,32	158,77
27	5,94	2,19	232,61	-5,17	1,35	75,22
28	6,01	2,15	333,35	-5,20	1,31	111,99
29	5,94	2,00	329,30	-5,17	1,35	127,67
30	6,01	2,26	415,76	-5,20	1,31	126,78
		x Fmax (N)	371,14			x (σ)
		s Fmax (N)	68,66			s (σ)
						117,01
						20,89

Tabelle Messergebnisse 33

Zirot – Gruppe 3

Probennummer	x r (mm)	x t (mm)	Fmax (N)	X	Y	Biegefestigkeit σ (in MPa)
1	6,06	1,66	160,52	-5,22	1,28	90,35
2	6,15	1,94	339,01	-5,25	1,23	138,93
3	6,01	1,49	197,88	-5,20	1,31	139,03
4	6,16	1,80	389,45	-5,26	1,22	185,95
5	6,11	1,94	270,02	-5,24	1,25	110,74
6	6,17	1,93	298,85	-5,26	1,22	124,09
7	6,14	1,85	358,04	-5,25	1,23	161,92
8	6,10	1,93	264,82	-5,23	1,26	110,15
9	6,12	1,69	271,31	-5,24	1,25	146,55
10	6,06	1,98	294,22	-5,22	1,28	116,79
11	6,10	1,71	226,52	-5,24	1,25	120,49
12	6,14	1,91	221,45	-5,25	1,23	93,95
13	6,13	1,88	255,66	-5,25	1,24	111,60
14	6,11	1,80	326,64	-5,24	1,25	156,76
15	6,17	1,93	277,27	-5,26	1,22	115,14
16	6,07	1,67	229,77	-5,22	1,28	128,27
17	6,14	1,76	214,25	-5,25	1,23	107,47
18	5,99	1,58	186,41	-5,19	1,32	115,55
19	6,15	1,85	189,61	-5,25	1,23	85,74
20	6,13	1,94	282,34	-5,25	1,24	115,74
21	6,05	1,61	208,33	-5,21	1,29	124,19
22	6,09	1,98	275,49	-5,23	1,27	108,92
23	6,03	1,59	182,63	-5,21	1,30	111,66
24	6,12	1,60	151,00	-5,24	1,24	90,96
25	6,12	1,95	246,94	-5,24	1,25	100,57
26	6,14	1,88	279,10	-5,25	1,24	122,68
27	6,15	1,90	292,57	-5,25	1,23	125,87
28	6,14	1,93	276,96	-5,25	1,23	114,69
29	6,10	1,80	297,60	-5,24	1,25	142,30
30	6,17	1,90	271,76	-5,26	1,22	116,45
		x Fmax (N)	257,88		x (σ)	121,12
		s Fmax (N)	57,12		s (σ)	22,09

Tabelle Messergebnisse 34

Zirox – Gruppe 4

Probennummer	x r (mm)	x t (mm)	Fmax (N)	X	Y	Biegefestigkeit σ (in MPa)
1	6,22	1,87	254,85	-5,28	1,19	112,20
2	6,19	1,88	273,49	-5,27	1,21	119,20
3	6,17	1,87	312,76	-5,26	1,21	137,83
4	6,18	1,86	373,91	-5,27	1,21	167,72
5	6,19	1,87	348,96	-5,27	1,21	154,29
6	6,16	1,87	230,21	-5,26	1,22	102,21
7	6,19	1,84	329,13	-5,27	1,21	150,86
8	6,15	1,80	192,49	-5,25	1,23	91,94
9	6,16	1,80	287,76	-5,26	1,23	137,93
10	6,14	1,87	329,08	-5,25	1,23	146,19
11	6,16	1,77	269,44	-5,26	1,22	133,05
12	6,18	1,92	421,86	-5,27	1,21	176,33
13	6,18	1,80	270,28	-5,27	1,21	128,51
14	6,17	1,87	254,41	-5,26	1,21	112,92
15	6,17	1,83	303,51	-5,26	1,22	139,68
16	6,19	1,89	264,81	-5,27	1,21	115,02
17	6,20	1,84	255,43	-5,27	1,20	116,19
18	6,18	1,80	253,29	-5,27	1,21	120,45
19	6,16	1,82	300,48	-5,26	1,22	140,85
20	6,19	1,86	311,69	-5,27	1,21	139,78
21	6,18	1,83	309,51	-5,27	1,21	142,41
22	6,16	1,80	298,08	-5,26	1,22	142,33
23	6,16	1,85	212,15	-5,26	1,22	96,25
24	6,22	1,87	286,16	-5,28	1,19	125,98
25	6,17	1,78	298,35	-5,26	1,22	146,20
26	6,20	1,86	345,32	-5,28	1,20	154,82
27	6,18	1,81	336,06	-5,26	1,21	159,23
28	6,19	1,79	283,85	-5,27	1,20	136,44
29	6,19	1,81	300,53	-5,27	1,20	141,29
30	6,19	1,84	275,62	-5,27	1,21	125,86
		x Fmax (N)	292,78		x (σ)	133,80
		s Fmax (N)	46,97		s (σ)	20,09

Tabelle Messergebnisse 35

Zirox – Gruppe 5

Probennummer	x (mm)	x t (mm)	Fmax (N)	X	Y	Biegefestigkeit $\bar{\sigma}$ (in MPa)	
1	6,39	1,83	224,58	-5,35	1,10	103,58	
2	6,29	1,81	74,37	-5,31	1,15	35,01	
3	6,41	1,85	68,45	-5,36	1,08	30,87	
4	6,35	1,80	111,78	-5,33	1,12	52,95	
5	6,44	1,76	103,24	-5,37	1,07	51,04	
6	6,24	1,82	26,02	-5,29	1,18	12,17	
7	6,31	1,71	69,57	-5,32	1,14	36,54	
8	6,36	1,79	183,52	-5,34	1,11	88,54	
9	6,32	1,82	37,14	-5,32	1,14	17,35	
10	6,43	1,92	141,59	-5,37	1,08	58,85	
11	6,32	1,87	68,63	-5,32	1,13	30,14	
12	6,31	1,92	23,13	-5,32	1,14	9,64	
13	6,51	1,78	96,74	-5,40	1,03	46,69	
14	6,35	1,83	142,25	-5,34	1,12	65,66	
15	6,39	1,83	50,97	-5,35	1,10	23,42	
16	6,37	1,76	54,66	-5,34	1,11	27,27	
17	6,46	1,81	114,36	-5,38	1,06	53,63	
18	6,33	1,86	66,45	-5,33	1,13	29,71	
19	6,40	1,74	108,58	-5,35	1,09	55,39	
20	6,32	1,84	156,39	-5,32	1,13	71,45	
21	6,39	1,79	205,99	-5,35	1,10	99,30	
22	6,39	1,87	131,26	-5,35	1,10	57,76	
23	6,32	1,77	14,37	-5,32	1,13	7,10	
24	6,41	1,81	47,06	-5,36	1,09	22,10	
25	6,34	1,78	54,03	-5,33	1,12	26,17	
26	6,34	1,84	102,70	-5,33	1,12	46,90	
27	6,34	1,90	109,82	-5,33	1,12	46,70	
28	6,37	1,81	115,74	-5,34	1,11	54,59	
29	6,32	1,83	74,73	-5,32	1,13	34,27	
30	6,31	1,78	35,18	-5,32	1,14	17,12	
		x Fmax (N)	93,78			x ($\bar{\sigma}$)	43,73
		s Fmax (N)	53,37			s ($\bar{\sigma}$)	24,91

Tabelle Messergebnisse 38

Zenoflex – Gruppe 2

Probennummer	x r (mm)	x t (mm)	Fmax(N)	X	Y	Biegefestigkeit σ (in MPa)
1	5,99	1,99	462,99	-5,19	1,32	181,04
2	6,01	1,92	226,94	-5,20	1,31	95,61
3	6,02	2,06	408,31	-5,20	1,30	149,87
4	5,98	2,08	439,96	-5,18	1,33	158,57
5	6,01	2,09	476,28	-5,20	1,31	169,89
6	5,99	1,93	332,25	-5,19	1,32	138,13
7	5,98	1,89	114,20	-5,19	1,33	49,86
8	6,03	2,05	350,79	-5,20	1,30	130,00
9	6,06	1,96	372,44	-5,22	1,28	150,37
10	6,01	2,02	458,94	-5,20	1,31	174,66
11	5,99	2,01	296,02	-5,19	1,32	113,46
12	5,98	2,06	257,17	-5,19	1,32	93,88
13	5,94	1,93	307,53	-5,17	1,35	128,91
14	6,00	1,93	405,02	-5,19	1,32	168,32
15	5,96	1,97	418,89	-5,17	1,34	167,30
16	5,99	2,18	544,47	-5,19	1,32	177,49
17	5,91	1,91	347,01	-5,15	1,37	148,65
18	6,03	1,97	313,62	-5,21	1,30	125,01
19	6,00	2,00	330,69	-5,19	1,32	128,00
20	5,99	1,93	366,35	-5,19	1,32	152,29
21	5,96	1,99	291,35	-5,18	1,34	114,78
22	5,98	1,98	318,51	-5,19	1,33	126,69
23	5,99	2,04	374,26	-5,19	1,32	139,74
24	5,97	2,01	353,85	-5,18	1,33	136,17
25	5,99	2,00	260,90	-5,19	1,32	101,02
26	5,97	1,92	277,13	-5,18	1,33	116,46
27	5,94	2,09	570,48	-5,17	1,35	203,84
28	5,96	1,98	445,34	-5,17	1,34	177,27
29	5,98	1,88	277,53	-5,18	1,33	121,63
30	5,97	1,91	290,73	-5,18	1,33	123,45
		x Fmax (N)	356,33		x (σ)	138,75
		s Fmax (N)	96,15		s (σ)	32,14

Tabelle Messergebnisse 39

Zenoflex – Gruppe 3

Probennummer	x r (mm)	x t (mm)	Fmax (N)	X	Y	Biegefestigkeit σ (in MPa)
1	6,19	1,91	288,34	-5,27	1,21	122,21
2	6,14	1,96	339,43	-5,25	1,23	137,23
3	6,19	1,85	305,32	-5,27	1,21	137,43
4	6,18	1,92	437,16	-5,27	1,21	183,38
5	6,22	1,85	229,25	-5,28	1,19	103,49
6	6,11	1,88	275,54	-5,24	1,25	120,76
7	6,17	1,86	413,15	-5,26	1,22	185,39
8	6,15	1,86	268,42	-5,26	1,23	119,63
9	6,16	1,83	267,75	-5,26	1,22	123,69
10	6,16	1,78	253,79	-5,26	1,23	123,48
11	6,17	1,89	341,52	-5,26	1,22	148,40
12	6,14	1,88	343,65	-5,25	1,24	151,05
13	6,17	1,90	260,02	-5,26	1,22	111,41
14	6,17	1,84	289,99	-5,26	1,22	132,50
15	6,14	1,84	322,58	-5,25	1,23	146,95
16	6,17	1,91	411,81	-5,26	1,21	174,59
17	6,20	1,86	229,69	-5,27	1,20	102,62
18	6,13	1,88	346,99	-5,24	1,24	152,56
19	6,15	1,95	409,28	-5,26	1,23	167,12
20	6,16	1,86	245,75	-5,26	1,22	109,90
21	6,19	1,82	224,71	-5,27	1,21	104,88
22	6,20	1,86	467,66	-5,28	1,20	209,68
23	6,20	1,90	250,46	-5,28	1,20	107,22
24	6,14	1,94	272,82	-5,25	1,24	111,83
25	6,21	1,84	256,28	-5,28	1,20	116,97
26	6,19	1,86	391,54	-5,27	1,21	174,36
27	6,14	1,96	305,81	-5,25	1,23	122,80
28	6,19	1,86	236,19	-5,27	1,21	105,18
29	6,18	1,88	267,31	-5,27	1,21	116,53
30	6,20	1,93	289,05	-5,27	1,20	119,53
		x Fmax (N)	308,04			x (σ)
		s Fmax (N)	68,00			s (σ)
						134,76
						28,62

Tabelle Messergebnisse 40

Zenoflex – Gruppe 4

Probennummer	x r (mm)	x t (mm)	Fmax(N)	X	Y	Biegefestigkeit σ (in MPa)
1	6,19	1,88	359,08	-5,27	1,21	157,64
2	6,23	1,91	399,45	-5,29	1,18	168,51
3	6,24	1,96	392,96	-5,29	1,18	157,95
4	6,19	1,80	298,39	-5,27	1,20	142,90
5	6,22	1,94	441,38	-5,28	1,19	181,16
6	6,21	1,87	266,64	-5,28	1,20	117,41
7	6,21	1,82	234,58	-5,28	1,19	109,83
8	6,21	1,87	348,72	-5,28	1,19	154,09
9	6,28	1,89	84,52	-5,31	1,16	96,37
10	6,22	1,80	416,75	-5,28	1,19	197,98
11	6,23	1,86	24,37	-5,29	1,19	10,92
12	6,27	1,94	23,57	-5,30	1,16	9,63
13	6,26	1,88	241,92	-5,30	1,17	105,65
14	6,23	1,87	233,83	-5,29	1,18	103,27
15	6,23	1,83	292,34	-5,29	1,18	134,83
16	6,16	1,94	286,92	-5,26	1,22	117,95
17	6,21	1,79	269,13	-5,28	1,19	130,27
18	6,22	1,80	318,53	-5,28	1,19	151,33
19	6,23	1,89	376,87	-5,29	1,18	163,53
20	6,21	1,87	317,91	-5,28	1,19	140,98
21	6,28	1,92	382,47	-5,31	1,16	160,62
22	6,22	1,83	342,81	-5,28	1,19	158,71
23	6,23	1,86	235,07	-5,29	1,18	105,32
24	6,26	1,90	297,10	-5,30	1,17	127,03
25	6,26	1,84	158,87	-5,30	1,17	72,70
26	6,23	1,92	242,99	-5,29	1,18	102,16
27	6,25	1,95	323,51	-5,29	1,17	131,35
28	6,20	1,77	314,04	-5,27	1,20	154,35
29	6,19	1,64	244,86	-5,27	1,20	141,31
30	6,26	1,86	252,81	-5,30	1,17	112,38
		x Fmax (N)	280,75		x (σ)	125,27
		s Fmax (N)	103,17		s (σ)	45,10

Tabelle Messergebnisse 41

Zenoflex – Gruppe 5

Probennummer	x r (mm)	x t (mm)	Fmax(N)	X	Y	Biegefestigkeit σ (in MPa)
1	6,27	1,69	28,94	-5,30	1,16	15,58
2	6,33	1,85	39,66	-5,33	1,13	17,92
3	6,34	1,50	87,66	-5,33	1,12	60,02
4	6,33	1,85	88,82	-5,33	1,13	40,14
5	6,30	1,82	18,09	-5,31	1,15	8,45
6	6,28	1,99	55,66	-5,31	1,16	21,76
7	6,41	1,90	91,62	-5,36	1,09	39,18
8	6,27	1,81	39,12	-5,30	1,16	18,36
9	6,27	1,87	12,63	-5,30	1,16	5,59
10	6,30	1,91	28,18	-5,32	1,14	11,91
11	6,42	1,89	93,22	-5,36	1,08	40,27
12	6,39	1,87	33,65	-5,35	1,10	14,76
13	6,43	1,88	231,47	-5,37	1,07	101,05
14	6,42	1,82	41,65	-5,36	1,08	19,27
15	6,42	1,80	31,94	-5,36	1,08	15,11
16	6,26	1,87	160,79	-5,30	1,17	70,72
17	6,41	1,81	52,37	-5,36	1,09	24,59
18	6,26	1,82	99,49	-5,30	1,17	46,36
19	6,48	1,88	102,47	-5,39	1,05	44,37
20	6,36	1,94	174,22	-5,34	1,11	71,52
21	6,32	1,84	53,66	-5,32	1,14	24,43
22	6,46	2,02	92,29	-5,38	1,06	34,64
23	6,35	1,85	60,73	-5,34	1,12	27,23
24	6,37	1,91	99,93	-5,34	1,11	42,32
25	6,33	1,87	99,44	-5,33	1,13	43,98
26	6,36	1,91	53,03	-5,34	1,11	22,38
27	6,39	1,91	67,26	-5,35	1,10	28,47
28	6,42	1,89	102,91	-5,36	1,08	44,31
29	6,33	1,84	33,30	-5,33	1,13	15,16
30	6,34	1,90	94,38	-5,33	1,12	40,14
		x Fmax (N)	75,62			x (σ)
		s Fmax (N)	48,83			s (σ)

Tabelle Messergebnisse 42

Zenoflex – Gruppe 6

Probennummer	x r (mm)	x t (mm)	Fmax(N)	X	Y	Biegefestigkeit σ (in MPa)
1	6,37	1,87		-5,34	1,11	0,00
2	6,36	1,90	71,53	-5,34	1,11	30,51
3	6,30	1,79	29,65	-5,31	1,15	14,32
4	6,33	1,91	191,78	-5,33	1,13	81,28
5	6,41	1,82	170,84	-5,36	1,09	79,33
6	6,38	1,77	107,22	-5,35	1,10	52,48
7	6,37	1,78	54,46	-5,34	1,11	26,37
8	6,35	1,84	30,45	-5,33	1,12	13,85
9	6,40	1,83	97,09	-5,35	1,09	44,61
10	6,45	1,85	88,69	-5,37	1,07	39,83
11	6,32	1,90	121,80	-5,32	1,13	52,18
12	6,34	1,87	100,11	-5,33	1,12	43,95
13	6,38	1,87	149,99	-5,35	1,10	66,25
14	6,30	1,86	141,23	-5,32	1,14	62,72
15	6,40	1,85	100,38	-5,35	1,09	45,13
16	6,44	1,73	313,54	-5,37	1,07	161,04
17	6,46	1,87	143,90	-5,38	1,06	63,23
18	6,35	1,73	61,26	-5,33	1,12	31,41
19	6,31	1,87	102,69	-5,32	1,14	45,27
20	6,45	1,80	278,24	-5,37	1,06	131,98
21	6,36	1,91	25,52	-5,34	1,11	10,77
22	6,47	1,78	239,08	-5,38	1,05	116,35
23	6,35	1,79	105,58	-5,33	1,12	50,57
24	6,32	1,79	164,04	-5,32	1,14	78,92
25	6,36	1,82	70,46	-5,34	1,11	32,63
26	6,34	1,87	185,20	-5,33	1,12	81,59
27	6,37	1,84	136,07	-5,34	1,11	61,88
28	6,35	1,80	86,73	-5,33	1,12	41,39
29	6,35	1,83	74,10	-5,34	1,12	33,96
30	6,41	1,84	43,57	-5,36	1,09	19,87
		x Fmax (N)	120,18		x (σ)	53,79
		s Fmax (N)	71,33		s (σ)	35,77

ZIROX

Bruchstücke

Tabelle Messergebnisse 43

Zirox – Gruppe 1

<i>Probennummer</i>	<i>Fmax(N)</i>	<i>Anzahl Bruchstück</i>		<i>Bruchstückzahl</i>	<i>x(Fmax in N)</i>
10	200,19	2		2	216,20
13	219,31	2		3	237,19
17	203,79	2		4	280,32
23	241,50	2		5	283,64
1	212,86	3		6	317,54
2	229,41	3		8	320,45
9	256,40	3			
19	212,64	3			
24	274,64	3			
3	269,61	4			
6	324,94	4			
8	259,96	4			
11	244,44	4			
14	348,16	4			
18	294,21	4			
21	311,38	4			
26	201,74	4			
28	268,41	4			
7	302,61	5			
12	278,15	5			
20	241,68	5			
27	283,98	5			
29	323,47	5			
30	271,93	5			
4	295,63	6			
5	303,24	6			
15	336,02	6			
22	346,56	6			
25	306,26	6			
16	320,45	8			

Tabelle Messergebnisse 44

Zirox – Gruppe 2

<i>Probennummer</i>	<i>Fmax(N)</i>	<i>Anzahl Bruchstück</i>	<i>Bruchstückzahl</i>	<i>x(Fmax in N)</i>
14	276,46	3	3	276,46
17	287,76	4	4	262,81
18	293,67	4	5	348,86
20	237,19	4	6	370,34
27	232,61	4	7	356,07
1	307,02	5	8	382,39
11	382,71	5	9	448,17
22	372,35	5	10	443,02
28	333,35	5	11	392,81
4	351,18	6	12	500,67
6	356,34	6	13	458,81
8	403,49	6	14	371,15
2	383,34	7		
23	318,49	7		
25	366,39	7		
3	446,27	8		
5	412,02	8		
9	364,97	8		
16	363,77	8		
21	324,90	8		
7	469,58	9		
10	426,75	9		
12	458,81	10		
19	454,50	10		
30	415,76	10		
13	392,81	11		
26	500,67	12		
24	458,81	13		
15	413,00	14		
29	329,30	14		

Tabelle Messergebnisse 45

Zirox – Gruppe 3

<i>Probennummer</i>	<i>Fmax(N)</i>	<i>Anzahl Bruchstücke</i>		<i>Bruchstückzahl</i>	<i>x(Fmax in N)</i>
8	264,82	4		4	242,20
13	255,66	4		5	217,50
19	189,61	4		6	278,33
21	208,33	4		7	218,68
27	292,57	4		8	275,21
1	160,52	5		9	373,75
11	226,52	5		10	339,01
12	221,45	5		11	326,64
15	277,27	5			
17	214,25	5			
23	182,63	5			
24	151,00	5			
25	246,94	5			
28	276,96	5			
5	270,02	6			
6	298,85	6			
10	294,22	6			
16	229,77	6			
20	282,34	6			
22	275,49	6			
29	297,60	6			
3	197,88	7			
18	186,41	7			
30	271,76	7			
9	271,31	8			
26	279,10	8			
4	389,45	9			
7	358,04	9			
2	339,01	10			
14	326,64	11			

Tabelle Messergebnisse 46

Zirox – Gruppe 4

Probennummer	Fmax(N)	Anzahl Bruchstücke		Bruchstückzahl	x(Fmax in N)
16	264,81	4		4	264,81
8	192,49	5		5	259,40
15	303,51	5		6	260,05
17	255,43	5		7	288,33
24	286,16	5		8	306,01
1	254,85	6		9	355,06
2	273,49	6		10	329,13
6	230,21	6		12	345,32
13	270,28	6			
14	254,41	6			
18	253,29	6			
28	283,85	6			
5	348,96	7			
9	287,76	7			
11	269,44	7			
23	212,15	7			
27	336,06	7			
30	275,62	7			
10	329,08	8			
19	300,48	8			
21	309,51	8			
22	298,08	8			
25	298,35	8			
29	300,53	8			
3	312,76	9			
4	373,91	9			
12	421,86	9			
20	311,69	9			
7	329,13	10			
26	345,32	12			

ZENOFLEX

Bruchstücke

Tabelle Messergebnisse 47

Zenoflex – Gruppe 1

Probennummer	Fmax(N)	Anzahl Bruchstücke	Bruchstückzahl	x(Fmax in N)
13	172,30	2	2	172,30
23	273,04	4	4	272,30
26	287,53	4	5	283,57
27	256,32	4	6	313,86
1	249,61	5	7	362,26
6	273,13	5	8	331,83
7	347,76	5	9	380,60
9	310,02	5	10	436,79
16	283,04	5	12	365,01
18	237,83	5	14	500,60
2	430,09	6		
11	290,20	6		
22	321,36	6		
24	263,39	6		
28	264,28	6		
4	390,40	7		
15	320,29	7		
21	376,08	7		
8	323,14	8		
12	307,84	8		
17	352,08	8		
20	344,25	8		
25	354,92	9		
30	406,27	9		
3	449,48	10		
5	450,05	10		
19	390,93	10		
29	456,68	10		
10	365,01	12		
14	500,60	14		

Tabelle Messergebnisse 48

Zenoflex – Gruppe 2

Probennummer	Fmax(N)	Anzahl Bruchstücke ⁻¹	Bruchstückzahl	x(Fmax in N)
7	114,20	2	2	114,20
2	226,94	3	3	226,94
27	570,48	4	4	570,48
12	257,17	5	5	269,60
25	260,90	5	6	301,30
30	290,73	5	7	360,49
13	307,53	6	8	387,76
18	313,62	6	9	357,00
19	330,69	6	10	427,62
26	277,13	6	12	544,47
29	277,53	6		
3	408,31	7		
5	476,28	7		
9	372,44	7		
11	296,02	7		
21	291,35	7		
22	318,51	7		
4	439,96	8		
6	332,25	8		
17	347,01	8		
23	374,26	8		
28	445,34	8		
8	350,79	9		
20	366,35	9		
24	353,85	9		
10	458,94	10		
14	405,02	10		
15	418,89	10		
16	544,47	12		
1	462,99			

Tabelle Messergebnisse 49

Zenoflex – Gruppe 3

Probennummer	Fmax(N)	Anzahl Bruchstücke	Bruchstückzahl	x(Fmax in N)
5	229,25	5	5	279,36
7	413,15	5	6	274,33
8	268,42	5	7	257,15
17	229,69	5	8	324,01
25	256,28	5	9	362,99
10	253,79	6	10	288,34
13	260,02	6	11	411,81
14	289,99	6	13	409,28
18	346,99	6	15	467,66
20	245,75	6		
24	272,82	6		
28	236,19	6		
30	289,05	6		
6	275,54	7		
9	267,75	7		
21	224,71	7		
23	250,46	7		
29	267,31	7		
12	343,65	8		
15	322,58	8		
27	305,81	8		
2	339,43	9		
3	305,32	9		
4	437,16	9		
11	341,52	9		
26	391,54	9		
1	288,34	10		
16	411,81	11		
19	409,28	13		
22	467,66	15		

Tabelle Messergebnisse 50

Zenoflex – Gruppe 4

Probennummer	Fmax(N)	Anzahl Bruchstücke	Bruchstückzahl	x(Fmax in N)
24	297,10	4	4	297,10
6	266,64	5	5	271,59
10	416,75	5	6	196,73
12	23,57	5	7	311,24
14	233,83	5	8	333,71
21	382,47	5	9	281,14
22	342,81	5	10	353,90
23	235,07	5	11	392,96
7	234,58	6	12	317,91
25	158,87	6		
2	399,45	7		
13	241,92	7		
15	292,34	7		
5	441,38	8		
16	286,92	8		
18	318,53	8		
19	376,87	8		
29	244,86	8		
4	298,39	9		
17	269,13	9		
26	242,99	9		
28	314,04	9		
1	359,08	10		
8	348,72	10		
3	392,96	11		
20	317,91	12		
9	84,52			
11	24,37			
27	323,51			
30	252,81			

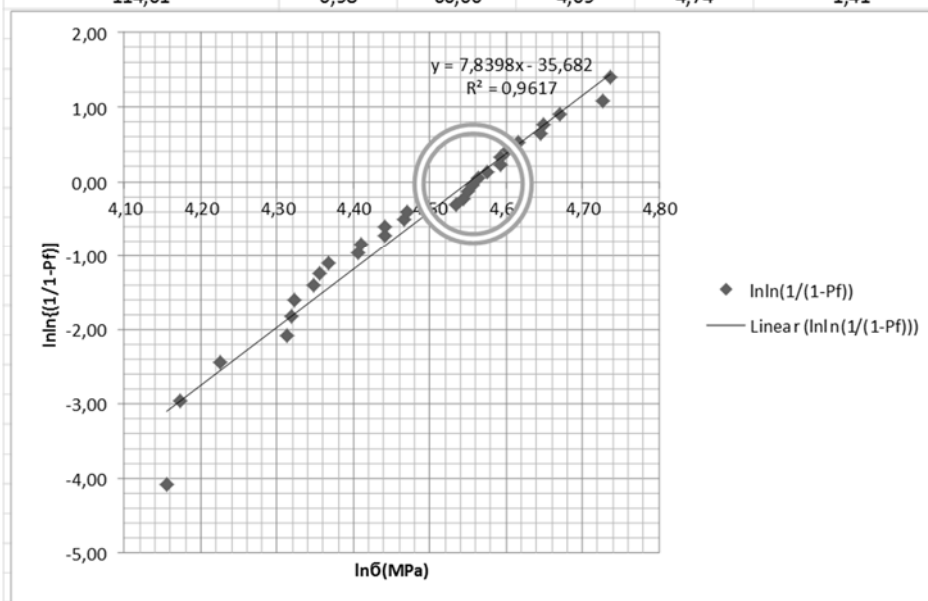
ZIROX

Weibullmodulus m und Weibullfestigkeit σ_0 [MPa]

Tabelle Messergebnisse 51

ZIROX – Gruppe 1

Biegefestigkeit $\bar{\sigma}$ (in MPa)	Pf	1/(1-Pf))	ln(1/(1-Pf))	ln(B)	lnln(1/(1-Pf))
63,84	0,02	1,02	0,02	4,16	-4,09
64,90	0,05	1,05	0,05	4,17	-2,97
68,45	0,08	1,09	0,09	4,23	-2,44
74,70	0,12	1,13	0,12	4,31	-2,09
75,04	0,15	1,18	0,16	4,32	-1,82
75,40	0,18	1,22	0,20	4,32	-1,60
77,27	0,22	1,28	0,24	4,35	-1,41
77,86	0,25	1,33	0,29	4,35	-1,25
78,85	0,28	1,40	0,33	4,37	-1,10
81,94	0,32	1,46	0,38	4,41	-0,97
82,29	0,35	1,54	0,43	4,41	-0,84
84,85	0,38	1,62	0,48	4,44	-0,73
84,93	0,42	1,71	0,54	4,44	-0,62
87,09	0,45	1,82	0,60	4,47	-0,51
87,43	0,48	1,94	0,66	4,47	-0,41
93,13	0,52	2,07	0,73	4,53	-0,32
94,04	0,55	2,22	0,80	4,54	-0,23
94,60	0,58	2,40	0,88	4,55	-0,13
95,17	0,62	2,61	0,96	4,56	-0,04
95,94	0,65	2,86	1,05	4,56	0,05
97,03	0,68	3,16	1,15	4,58	0,14
98,82	0,72	3,53	1,26	4,59	0,23
98,86	0,75	4,00	1,39	4,59	0,33
99,70	0,78	4,62	1,53	4,60	0,42
101,17	0,82	5,45	1,70	4,62	0,53
104,14	0,85	6,67	1,90	4,65	0,64
104,50	0,88	8,57	2,15	4,65	0,76
106,71	0,92	12,00	2,48	4,67	0,91
112,87	0,95	20,00	3,00	4,73	1,10
114,01	0,98	60,00	4,09	4,74	1,41



4,55139162
94,7641921

Tabelle Messergebnisse 52

ZIROX – Gruppe 2

Biegefestigkeit σ (in MPa)	Pf	1/(1-Pf)	ln(1/(1-Pf))	ln(B)	lnln(1/(1-Pf))
73,45	0,02	1,02	0,02	4,30	-4,09
75,22	0,05	1,05	0,05	4,32	-2,97
84,02	0,08	1,09	0,09	4,43	-2,44
88,32	0,12	1,13	0,12	4,48	-2,09
95,08	0,15	1,18	0,16	4,55	-1,82
95,80	0,18	1,22	0,20	4,56	-1,60
101,87	0,22	1,28	0,24	4,62	-1,41
106,85	0,25	1,33	0,29	4,67	-1,25
108,05	0,28	1,40	0,33	4,68	-1,10
108,65	0,32	1,46	0,38	4,69	-0,97
111,99	0,35	1,54	0,43	4,72	-0,84
112,29	0,38	1,62	0,48	4,72	-0,73
118,17	0,42	1,71	0,54	4,77	-0,62
118,24	0,45	1,82	0,60	4,77	-0,51
118,36	0,48	1,94	0,66	4,77	-0,41
120,70	0,52	2,07	0,73	4,79	-0,32
120,72	0,55	2,22	0,80	4,79	-0,23
122,59	0,58	2,40	0,88	4,81	-0,13
124,93	0,62	2,61	0,96	4,83	-0,04
125,64	0,65	2,86	1,05	4,83	0,05
126,78	0,68	3,16	1,15	4,84	0,14
127,67	0,72	3,53	1,26	4,85	0,23
129,39	0,75	4,00	1,39	4,86	0,33
132,21	0,78	4,62	1,53	4,88	0,42
133,01	0,82	5,45	1,70	4,89	0,53
136,09	0,85	6,67	1,90	4,91	0,64
139,78	0,88	8,57	2,15	4,94	0,76
141,61	0,92	12,00	2,48	4,95	0,91
153,91	0,95	20,00	3,00	5,04	1,10
158,77	0,98	60,00	4,09	5,07	1,41

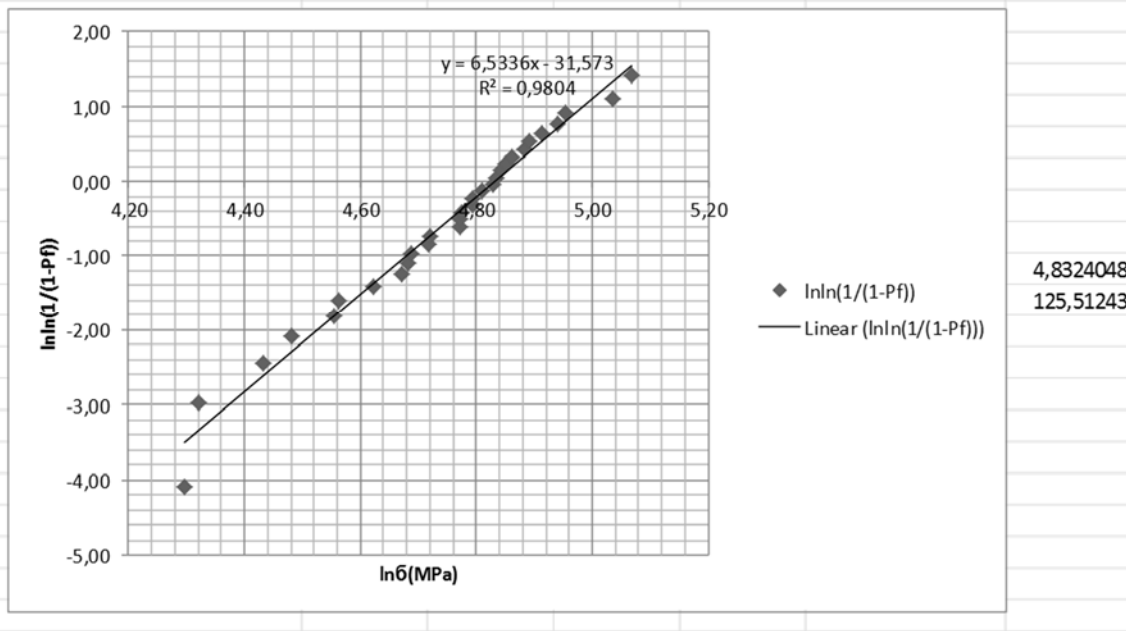
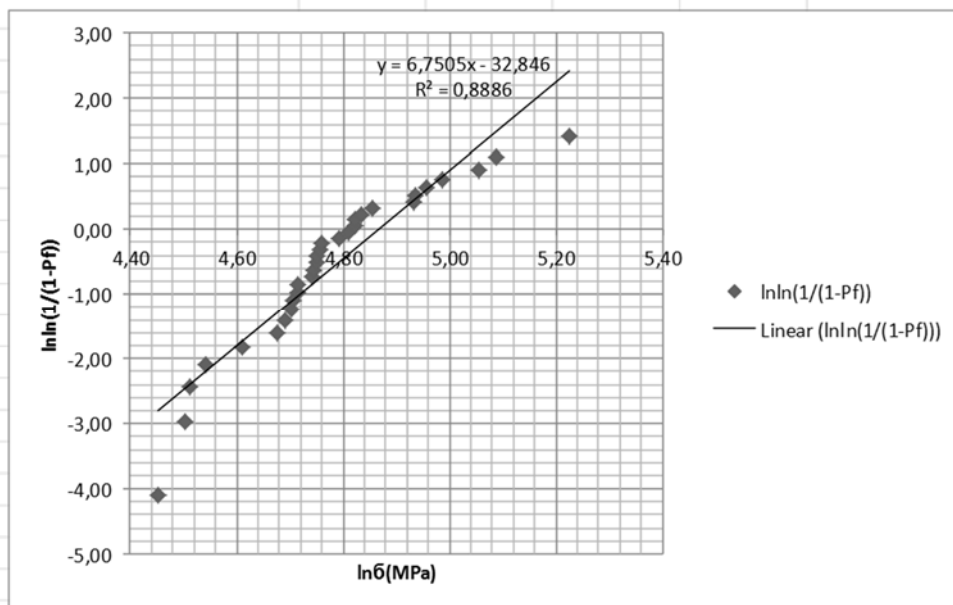


Tabelle Messergebnisse 53

ZIROX – Gruppe 3

Biegefestigkeit σ (in MPa)	Pf	1/(1-Pf)	ln(1/(1-Pf))	ln(B)	lnln(1/(1-Pf))
85,74	0,02	1,02	0,02	4,45	-4,09
90,35	0,05	1,05	0,05	4,50	-2,97
90,96	0,08	1,09	0,09	4,51	-2,44
93,95	0,12	1,13	0,12	4,54	-2,09
100,57	0,15	1,18	0,16	4,61	-1,82
107,47	0,18	1,22	0,20	4,68	-1,60
108,92	0,22	1,28	0,24	4,69	-1,41
110,15	0,25	1,33	0,29	4,70	-1,25
110,74	0,28	1,40	0,33	4,71	-1,10
111,60	0,32	1,46	0,38	4,71	-0,97
111,66	0,35	1,54	0,43	4,72	-0,84
114,69	0,38	1,62	0,48	4,74	-0,73
115,14	0,42	1,71	0,54	4,75	-0,62
115,55	0,45	1,82	0,60	4,75	-0,51
115,74	0,48	1,94	0,66	4,75	-0,41
116,45	0,52	2,07	0,73	4,76	-0,32
116,79	0,55	2,22	0,80	4,76	-0,23
120,49	0,58	2,40	0,88	4,79	-0,13
122,68	0,62	2,61	0,96	4,81	-0,04
124,09	0,65	2,86	1,05	4,82	0,05
124,19	0,68	3,16	1,15	4,82	0,14
125,87	0,72	3,53	1,26	4,84	0,23
128,27	0,75	4,00	1,39	4,85	0,33
138,93	0,78	4,62	1,53	4,93	0,42
139,03	0,82	5,45	1,70	4,93	0,53
142,30	0,85	6,67	1,90	4,96	0,64
146,55	0,88	8,57	2,15	4,99	0,76
156,76	0,92	12,00	2,48	5,05	0,91
161,92	0,95	20,00	3,00	5,09	1,10
185,95	0,98	60,00	4,09	5,23	1,41

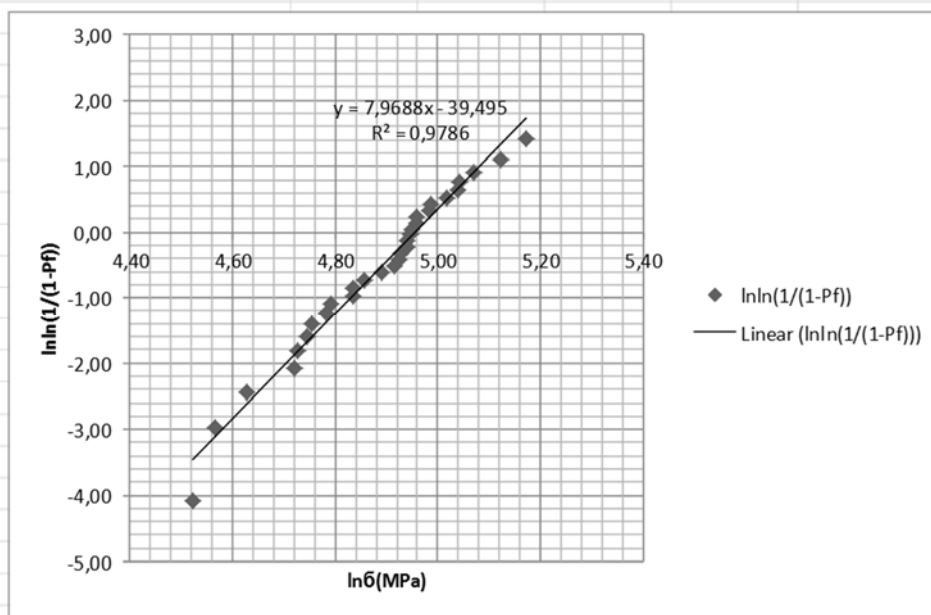


4,86571365
129,763511

Tabelle Messergebnisse 54

ZIROX – Gruppe 4

Biegefestigkeit σ (in MPa)	Pf	1/(1-Pf))	ln(1/(1-Pf))	ln(B)	lnln(1/(1-Pf))
91,94	0,02	1,02	0,02	4,52	-4,09
96,25	0,05	1,05	0,05	4,57	-2,97
102,21	0,08	1,09	0,09	4,63	-2,44
112,20	0,12	1,13	0,12	4,72	-2,09
112,92	0,15	1,18	0,16	4,73	-1,82
115,02	0,18	1,22	0,20	4,75	-1,60
116,19	0,22	1,28	0,24	4,76	-1,41
119,20	0,25	1,33	0,29	4,78	-1,25
120,45	0,28	1,40	0,33	4,79	-1,10
125,86	0,32	1,46	0,38	4,84	-0,97
125,98	0,35	1,54	0,43	4,84	-0,84
128,51	0,38	1,62	0,48	4,86	-0,73
133,05	0,42	1,71	0,54	4,89	-0,62
136,44	0,45	1,82	0,60	4,92	-0,51
137,83	0,48	1,94	0,66	4,93	-0,41
137,93	0,52	2,07	0,73	4,93	-0,32
139,68	0,55	2,22	0,80	4,94	-0,23
139,78	0,58	2,40	0,88	4,94	-0,13
140,85	0,62	2,61	0,96	4,95	-0,04
141,29	0,65	2,86	1,05	4,95	0,05
142,33	0,68	3,16	1,15	4,96	0,14
142,41	0,72	3,53	1,26	4,96	0,23
146,19	0,75	4,00	1,39	4,98	0,33
146,20	0,78	4,62	1,53	4,98	0,42
150,86	0,82	5,45	1,70	5,02	0,53
154,29	0,85	6,67	1,90	5,04	0,64
154,82	0,88	8,57	2,15	5,04	0,76
159,23	0,92	12,00	2,48	5,07	0,91
167,72	0,95	20,00	3,00	5,12	1,10
176,33	0,98	60,00	4,09	5,17	1,41

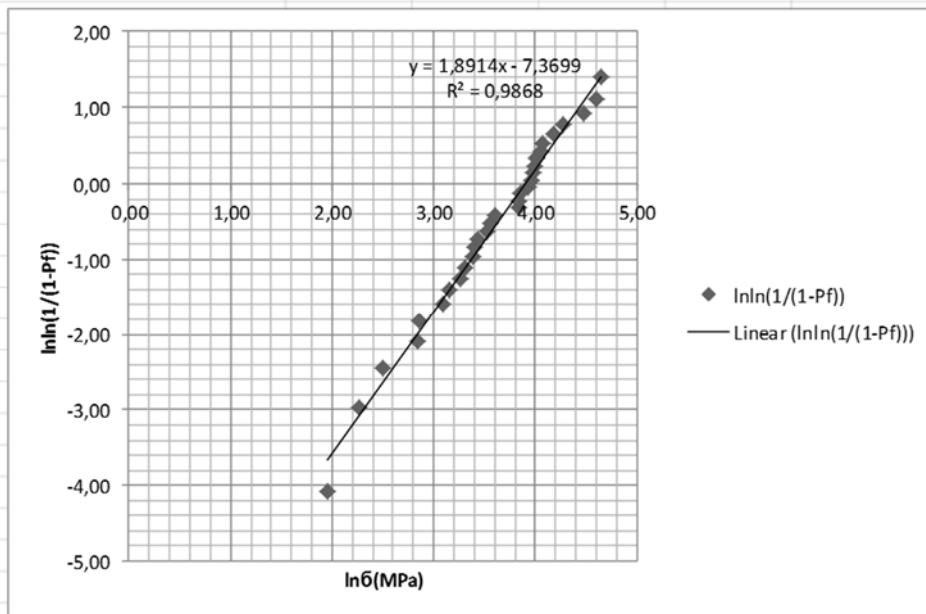


4,9562042
142,053564

Tabelle Messergebnisse 55

ZIROX – Gruppe 5

Biegefestigkeit σ (in MPa)	Pf	1/(1-Pf)	ln(1/(1-Pf))	ln(B)	lnln(1/(1-Pf))
7,10	0,02	1,02	0,02	1,96	-4,09
9,64	0,05	1,05	0,05	2,27	-2,97
12,17	0,08	1,09	0,09	2,50	-2,44
17,12	0,12	1,13	0,12	2,84	-2,09
17,35	0,15	1,18	0,16	2,85	-1,82
22,10	0,18	1,22	0,20	3,10	-1,60
23,42	0,22	1,28	0,24	3,15	-1,41
26,17	0,25	1,33	0,29	3,26	-1,25
27,27	0,28	1,40	0,33	3,31	-1,10
29,71	0,32	1,46	0,38	3,39	-0,97
30,14	0,35	1,54	0,43	3,41	-0,84
30,87	0,38	1,62	0,48	3,43	-0,73
34,27	0,42	1,71	0,54	3,53	-0,62
35,01	0,45	1,82	0,60	3,56	-0,51
36,54	0,48	1,94	0,66	3,60	-0,41
46,69	0,52	2,07	0,73	3,84	-0,32
46,70	0,55	2,22	0,80	3,84	-0,23
46,90	0,58	2,40	0,88	3,85	-0,13
51,04	0,62	2,61	0,96	3,93	-0,04
52,95	0,65	2,86	1,05	3,97	0,05
53,63	0,68	3,16	1,15	3,98	0,14
54,59	0,72	3,53	1,26	4,00	0,23
55,39	0,75	4,00	1,39	4,01	0,33
57,76	0,78	4,62	1,53	4,06	0,42
58,85	0,82	5,45	1,70	4,08	0,53
65,66	0,85	6,67	1,90	4,18	0,64
71,45	0,88	8,57	2,15	4,27	0,76
88,54	0,92	12,00	2,48	4,48	0,91
99,30	0,95	20,00	3,00	4,60	1,10
103,58	0,98	60,00	4,09	4,64	1,41

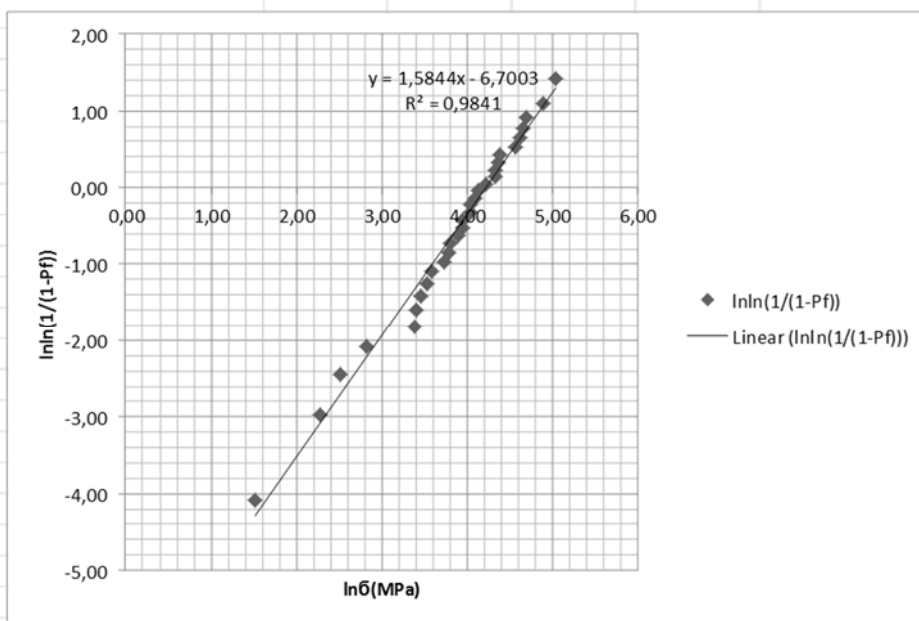


3,89653167
49,2314019

Tabelle Messergebnisse 56

ZIROX – Gruppe 6

Biegefestigkeit $\bar{\sigma}$ (in MPa)	$-1/P_f$	$1/(1-P_f)$	$\ln(1/(1-P_f))$	$\ln(B)$	$\ln \ln(1/(1-P_f))$
4,57	0,02	1,02	0,02	1,52	-4,09
9,84	0,05	1,05	0,05	2,29	-2,97
12,38	0,08	1,09	0,09	2,52	-2,44
17,03	0,12	1,13	0,12	2,83	-2,09
29,61	0,15	1,18	0,16	3,39	-1,82
30,23	0,18	1,22	0,20	3,41	-1,60
32,07	0,22	1,28	0,24	3,47	-1,41
34,03	0,25	1,33	0,29	3,53	-1,25
35,98	0,28	1,40	0,33	3,58	-1,10
41,58	0,32	1,46	0,38	3,73	-0,97
44,05	0,35	1,54	0,43	3,79	-0,84
44,86	0,38	1,62	0,48	3,80	-0,73
49,00	0,42	1,71	0,54	3,89	-0,62
52,20	0,45	1,82	0,60	3,96	-0,51
52,24	0,48	1,94	0,66	3,96	-0,41
56,73	0,52	2,07	0,73	4,04	-0,32
57,05	0,55	2,22	0,80	4,04	-0,23
60,04	0,58	2,40	0,88	4,10	-0,13
62,13	0,62	2,61	0,96	4,13	-0,04
67,99	0,65	2,86	1,05	4,22	0,05
76,32	0,68	3,16	1,15	4,33	0,14
76,75	0,72	3,53	1,26	4,34	0,23
79,87	0,75	4,00	1,39	4,38	0,33
80,30	0,78	4,62	1,53	4,39	0,42
96,44	0,82	5,45	1,70	4,57	0,53
102,73	0,85	6,67	1,90	4,63	0,64
105,32	0,88	8,57	2,15	4,66	0,76
108,84	0,92	12,00	2,48	4,69	0,91
135,00	0,95	20,00	3,00	4,91	1,10
155,52	0,98	60,00	4,09	5,05	1,41



4,22891946
68,6430209

Tabelle Messergebnisse 57

ZENOFLEX – Gruppe 1

Biegefestigkeit σ (in MPa) ± 1	Pf	1/(1-Pf)	ln(1/(1-Pf))	ln(B)	lnln(1/(1-Pf))
59,62	0,02	1,02	0,02	4,09	-4,09
81,45	0,05	1,05	0,05	4,40	-2,97
82,39	0,08	1,09	0,09	4,41	-2,44
86,36	0,12	1,13	0,12	4,46	-2,09
87,68	0,15	1,18	0,16	4,47	-1,82
89,51	0,18	1,22	0,20	4,49	-1,60
91,81	0,22	1,28	0,24	4,52	-1,41
93,33	0,25	1,33	0,29	4,54	-1,25
95,86	0,28	1,40	0,33	4,56	-1,10
99,72	0,32	1,46	0,38	4,60	-0,97
100,63	0,35	1,54	0,43	4,61	-0,84
100,81	0,38	1,62	0,48	4,61	-0,73
101,52	0,42	1,71	0,54	4,62	-0,62
102,74	0,45	1,82	0,60	4,63	-0,51
105,97	0,48	1,94	0,66	4,66	-0,41
106,58	0,52	2,07	0,73	4,67	-0,32
108,44	0,55	2,22	0,80	4,69	-0,23
113,82	0,58	2,40	0,88	4,73	-0,13
114,19	0,62	2,61	0,96	4,74	-0,04
118,06	0,65	2,86	1,05	4,77	0,05
119,43	0,68	3,16	1,15	4,78	0,14
126,16	0,72	3,53	1,26	4,84	0,23
128,62	0,75	4,00	1,39	4,86	0,33
130,81	0,78	4,62	1,53	4,87	0,42
131,60	0,82	5,45	1,70	4,88	0,53
133,46	0,85	6,67	1,90	4,89	0,64
137,65	0,88	8,57	2,15	4,92	0,76
145,97	0,92	12,00	2,48	4,98	0,91
147,86	0,95	20,00	3,00	5,00	1,10
154,96	0,98	60,00	4,09	5,04	1,41

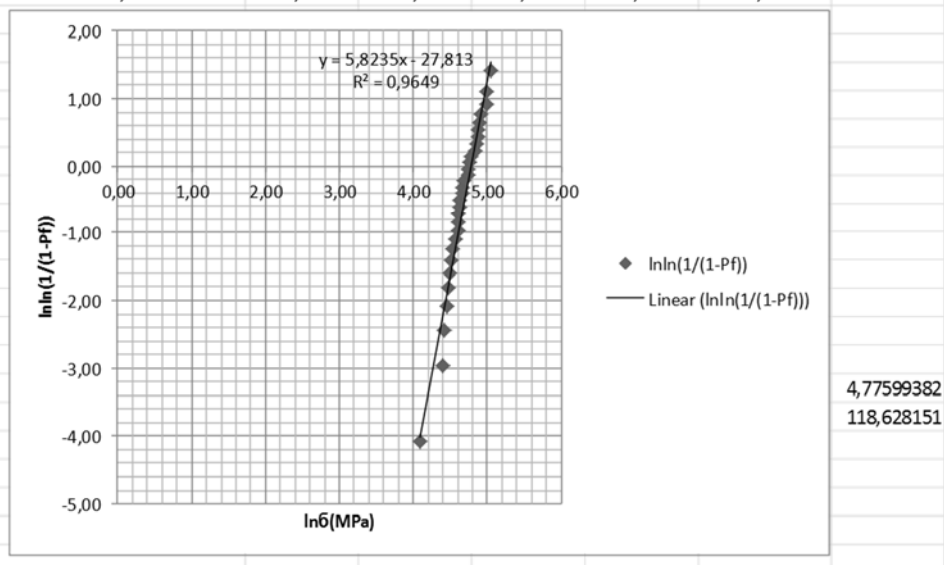
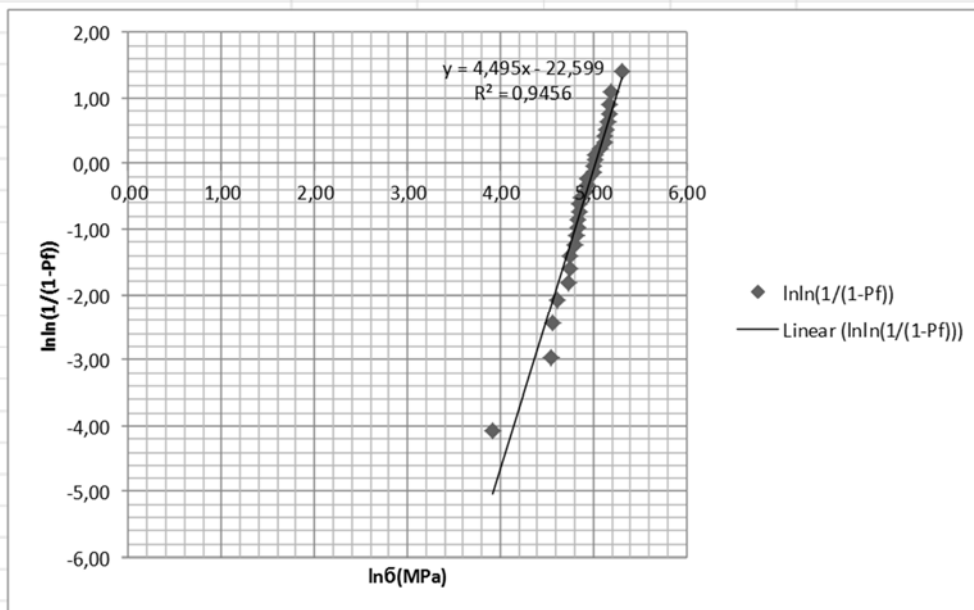


Tabelle Messergebnisse 58

ZENOFLEX – Gruppe 2

Biegefestigkeit σ (in MPa)	Pf	1/(1-Pf)	ln(1/(1-Pf))	ln(B)	lnln(1/(1-Pf))
49,86	0,02	1,02	0,02	3,91	-4,09
93,88	0,05	1,05	0,05	4,54	-2,97
95,61	0,08	1,09	0,09	4,56	-2,44
101,02	0,12	1,13	0,12	4,62	-2,09
113,46	0,15	1,18	0,16	4,73	-1,82
114,78	0,18	1,22	0,20	4,74	-1,60
116,46	0,22	1,28	0,24	4,76	-1,41
121,63	0,25	1,33	0,29	4,80	-1,25
123,45	0,28	1,40	0,33	4,82	-1,10
125,01	0,32	1,46	0,38	4,83	-0,97
126,69	0,35	1,54	0,43	4,84	-0,84
128,00	0,38	1,62	0,48	4,85	-0,73
128,91	0,42	1,71	0,54	4,86	-0,62
130,00	0,45	1,82	0,60	4,87	-0,51
136,17	0,48	1,94	0,66	4,91	-0,41
138,13	0,52	2,07	0,73	4,93	-0,32
139,74	0,55	2,22	0,80	4,94	-0,23
148,65	0,58	2,40	0,88	5,00	-0,13
149,87	0,62	2,61	0,96	5,01	-0,04
150,37	0,65	2,86	1,05	5,01	0,05
152,29	0,68	3,16	1,15	5,03	0,14
158,57	0,72	3,53	1,26	5,07	0,23
167,30	0,75	4,00	1,39	5,12	0,33
168,32	0,78	4,62	1,53	5,13	0,42
169,89	0,82	5,45	1,70	5,14	0,53
174,66	0,85	6,67	1,90	5,16	0,64
177,27	0,88	8,57	2,15	5,18	0,76
177,49	0,92	12,00	2,48	5,18	0,91
181,04	0,95	20,00	3,00	5,20	1,10
203,84	0,98	60,00	4,09	5,32	1,41

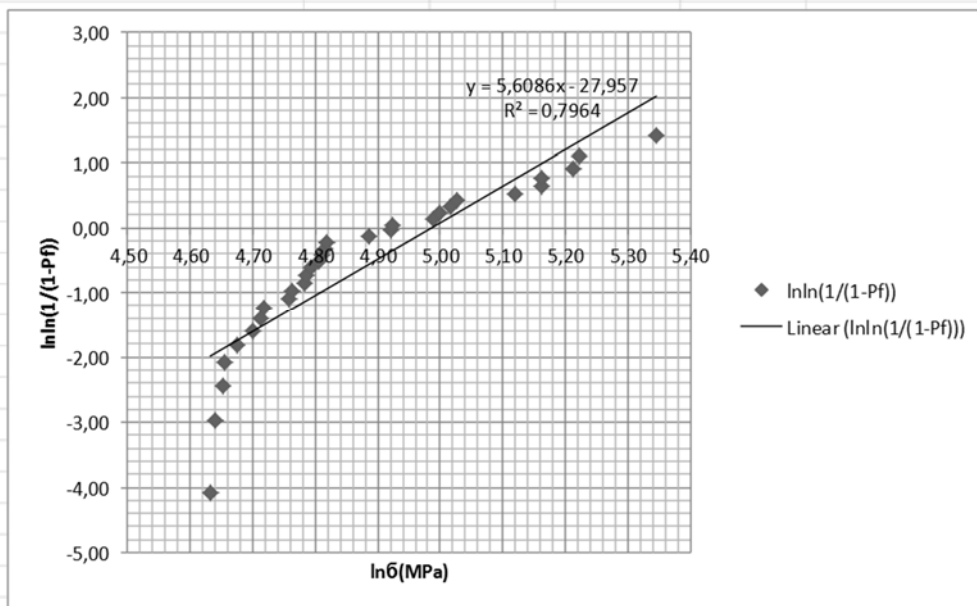


5,02758621
152,564309

Tabelle Messergebnisse 59

ZENOFLEX – Gruppe 3

Biegefestigkeit σ (in MPa)	Pf	1/(1-Pf)	ln(1/(1-Pf))	ln(B)	lnln(1/(1-Pf))
102,62	0,02	1,02	0,02	4,63	-4,09
103,49	0,05	1,05	0,05	4,64	-2,97
104,88	0,08	1,09	0,09	4,65	-2,44
105,18	0,12	1,13	0,12	4,66	-2,09
107,22	0,15	1,18	0,16	4,67	-1,82
109,90	0,18	1,22	0,20	4,70	-1,60
111,41	0,22	1,28	0,24	4,71	-1,41
111,83	0,25	1,33	0,29	4,72	-1,25
116,53	0,28	1,40	0,33	4,76	-1,10
116,97	0,32	1,46	0,38	4,76	-0,97
119,53	0,35	1,54	0,43	4,78	-0,84
119,63	0,38	1,62	0,48	4,78	-0,73
120,76	0,42	1,71	0,54	4,79	-0,62
122,21	0,45	1,82	0,60	4,81	-0,51
122,80	0,48	1,94	0,66	4,81	-0,41
123,48	0,52	2,07	0,73	4,82	-0,32
123,69	0,55	2,22	0,80	4,82	-0,23
132,50	0,58	2,40	0,88	4,89	-0,13
137,23	0,62	2,61	0,96	4,92	-0,04
137,43	0,65	2,86	1,05	4,92	0,05
146,95	0,68	3,16	1,15	4,99	0,14
148,40	0,72	3,53	1,26	5,00	0,23
151,05	0,75	4,00	1,39	5,02	0,33
152,56	0,78	4,62	1,53	5,03	0,42
167,12	0,82	5,45	1,70	5,12	0,53
174,36	0,85	6,67	1,90	5,16	0,64
174,59	0,88	8,57	2,15	5,16	0,76
183,38	0,92	12,00	2,48	5,21	0,91
185,39	0,95	20,00	3,00	5,22	1,10
209,68	0,98	60,00	4,09	5,35	1,41

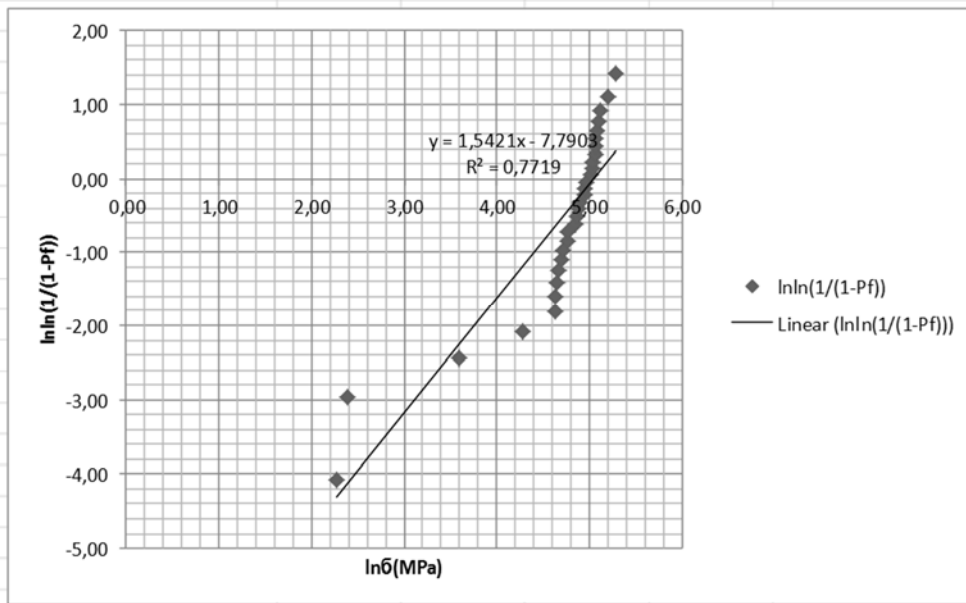


4,98466641
146,15481

Tabelle Messergebnisse 60

ZENOFLEX – Gruppe 4

Biegefestigkeit σ (in MPa)	Pf	1/(1-Pf)	ln(1/(1-Pf))	ln(B)	lnln(1/(1-Pf))
9,63	0,02	1,02	0,02	2,26	-4,09
10,92	0,05	1,05	0,05	2,39	-2,97
36,37	0,08	1,09	0,09	3,59	-2,44
72,70	0,12	1,13	0,12	4,29	-2,09
102,16	0,15	1,18	0,16	4,63	-1,82
103,27	0,18	1,22	0,20	4,64	-1,60
105,32	0,22	1,28	0,24	4,66	-1,41
105,65	0,25	1,33	0,29	4,66	-1,25
109,83	0,28	1,40	0,33	4,70	-1,10
112,38	0,32	1,46	0,38	4,72	-0,97
117,41	0,35	1,54	0,43	4,77	-0,84
117,95	0,38	1,62	0,48	4,77	-0,73
127,03	0,42	1,71	0,54	4,84	-0,62
130,27	0,45	1,82	0,60	4,87	-0,51
131,35	0,48	1,94	0,66	4,88	-0,41
134,83	0,52	2,07	0,73	4,90	-0,32
140,98	0,55	2,22	0,80	4,95	-0,23
141,31	0,58	2,40	0,88	4,95	-0,13
142,90	0,62	2,61	0,96	4,96	-0,04
151,33	0,65	2,86	1,05	5,02	0,05
154,09	0,68	3,16	1,15	5,04	0,14
154,35	0,72	3,53	1,26	5,04	0,23
157,64	0,75	4,00	1,39	5,06	0,33
157,95	0,78	4,62	1,53	5,06	0,42
158,71	0,82	5,45	1,70	5,07	0,53
160,62	0,85	6,67	1,90	5,08	0,64
163,53	0,88	8,57	2,15	5,10	0,76
168,51	0,92	12,00	2,48	5,13	0,91
181,16	0,95	20,00	3,00	5,20	1,10
197,98	0,98	60,00	4,09	5,29	1,41

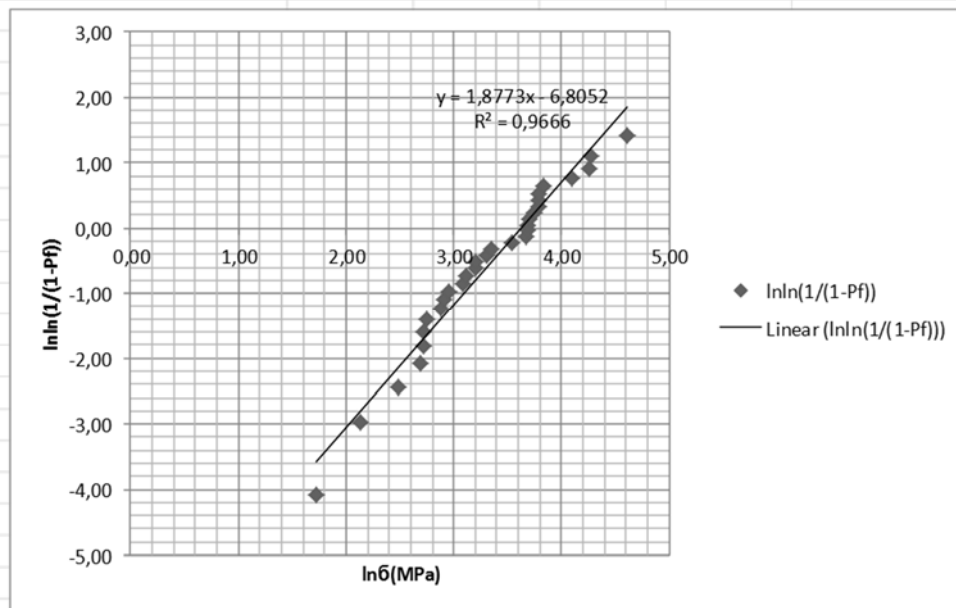


5,05174762
156,29537

Tabelle Messergebnisse 61

ZENOFLEX – Gruppe 5

Biegefestigkeit σ (in MPa)	Pf	1/(1-Pf)	ln(1/(1-Pf))	ln(B)	lnln(1/(1-Pf))
5,59	0,02	1,02	0,02	1,72	-4,09
8,45	0,05	1,05	0,05	2,13	-2,97
11,91	0,08	1,09	0,09	2,48	-2,44
14,76	0,12	1,13	0,12	2,69	-2,09
15,11	0,15	1,18	0,16	2,72	-1,82
15,16	0,18	1,22	0,20	2,72	-1,60
15,58	0,22	1,28	0,24	2,75	-1,41
17,92	0,25	1,33	0,29	2,89	-1,25
18,36	0,28	1,40	0,33	2,91	-1,10
19,27	0,32	1,46	0,38	2,96	-0,97
21,76	0,35	1,54	0,43	3,08	-0,84
22,38	0,38	1,62	0,48	3,11	-0,73
24,43	0,42	1,71	0,54	3,20	-0,62
24,59	0,45	1,82	0,60	3,20	-0,51
27,23	0,48	1,94	0,66	3,30	-0,41
28,47	0,52	2,07	0,73	3,35	-0,32
34,64	0,55	2,22	0,80	3,55	-0,23
39,18	0,58	2,40	0,88	3,67	-0,13
40,14	0,62	2,61	0,96	3,69	-0,04
40,14	0,65	2,86	1,05	3,69	0,05
40,27	0,68	3,16	1,15	3,70	0,14
42,32	0,72	3,53	1,26	3,75	0,23
43,98	0,75	4,00	1,39	3,78	0,33
44,31	0,78	4,62	1,53	3,79	0,42
44,37	0,82	5,45	1,70	3,79	0,53
46,36	0,85	6,67	1,90	3,84	0,64
60,02	0,88	8,57	2,15	4,09	0,76
70,72	0,92	12,00	2,48	4,26	0,91
71,52	0,95	20,00	3,00	4,27	1,10
101,05	0,98	60,00	4,09	4,62	1,41

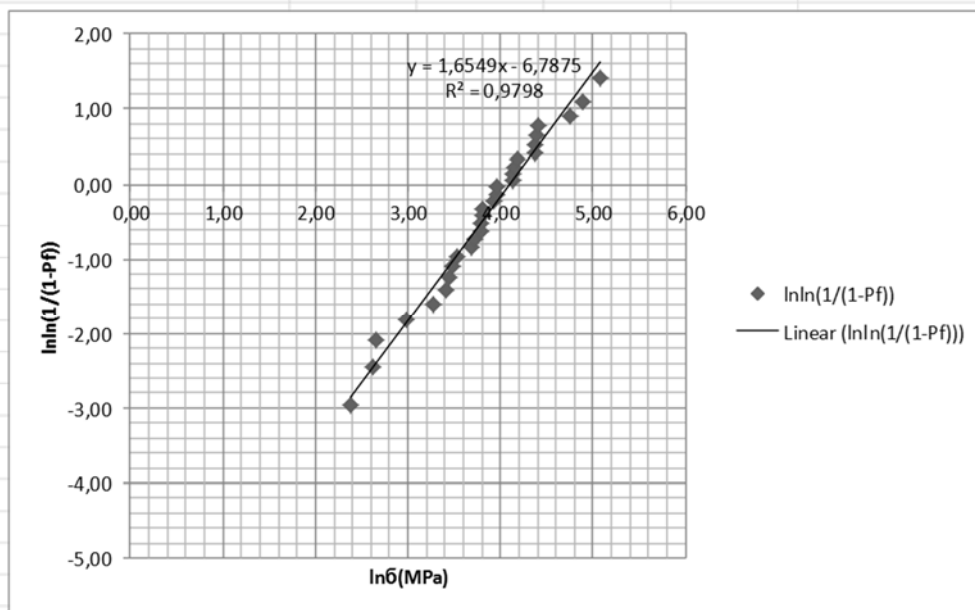


3,62499334
37,5244733

Tabelle Messergebnisse 62

ZENOFLEX – Gruppe 6

Biegefestigkeit $\bar{\sigma}$ (in MPa)	Pf	1/(1-Pf)	ln(1/(1-Pf))	ln(B)	lnln(1/(1-Pf))
0,00	0,02	1,02	0,02		-4,09
10,77	0,05	1,05	0,05	2,38	-2,97
13,85	0,08	1,09	0,09	2,63	-2,44
14,32	0,12	1,13	0,12	2,66	-2,09
19,87	0,15	1,18	0,16	2,99	-1,82
26,37	0,18	1,22	0,20	3,27	-1,60
30,51	0,22	1,28	0,24	3,42	-1,41
31,41	0,25	1,33	0,29	3,45	-1,25
32,63	0,28	1,40	0,33	3,49	-1,10
33,96	0,32	1,46	0,38	3,53	-0,97
39,83	0,35	1,54	0,43	3,68	-0,84
41,39	0,38	1,62	0,48	3,72	-0,73
43,95	0,42	1,71	0,54	3,78	-0,62
44,61	0,45	1,82	0,60	3,80	-0,51
45,13	0,48	1,94	0,66	3,81	-0,41
45,27	0,52	2,07	0,73	3,81	-0,32
50,57	0,55	2,22	0,80	3,92	-0,23
52,18	0,58	2,40	0,88	3,95	-0,13
52,48	0,62	2,61	0,96	3,96	-0,04
61,88	0,65	2,86	1,05	4,13	0,05
62,72	0,68	3,16	1,15	4,14	0,14
63,23	0,72	3,53	1,26	4,15	0,23
66,25	0,75	4,00	1,39	4,19	0,33
78,92	0,78	4,62	1,53	4,37	0,42
79,33	0,82	5,45	1,70	4,37	0,53
81,28	0,85	6,67	1,90	4,40	0,64
81,59	0,88	8,57	2,15	4,40	0,76
116,35	0,92	12,00	2,48	4,76	0,91
131,98	0,95	20,00	3,00	4,88	1,10
161,04	0,98	60,00	4,09	5,08	1,41



4,10145628
60,428224

9.2 Interview mit ZTM Markus Eichin

FRAGE: Wenn Sie mit Verblendkeramiken arbeiten, halten Sie sich beim Brennen immer strikt an die vorgegebenen Temperaturen oder variieren Sie? Wenn ja, warum?

ANTWORT: *Erfahrungsgemäß habe ich festgestellt, dass Kronen schöner rauskommen, wenn man sie leicht unterbrennt. Das heißt, die Struktur (Kanten) und die Feinheiten, die man vorher eingearbeitet hat, bleiben besser erhalten und ich muss danach nicht alles erneut reinschleifen. Deshalb unterschreite ich die vom Hersteller vorgegebenen Brenntemperaturen um ca. 5-10°C. Nachteil ist, dass die Farbe etwas milchiger und heller wird und die Oberfläche minimal poröser, aber eigentlich ist das irrelevant, da man das mit Glanzpaste und Farbe wieder ausgleichen kann.*

FRAGE: Ab welcher Gradzahlüberschreitung würden Sie sagen, kommt es zu signifikanten Qualitätsunterschieden im Endresultat?

ANTWORT: *Ich würde sagen, um eine sichtbare Änderung zu erhalten, muss man die vorgegebene Temperatur um ca. 30°C nach oben und unten variieren. Was dann passieren kann, wenn man z.B. zu hoch brennt, ist, dass sich Sprünge in der Keramik bilden können. Wenn man aber zu niedrig, also viel zu niedrig brennt, kann es passieren, wenn der Patient zubeißt, dass die Krone bricht. Hier ist die Keramik dann nicht richtig verschmolzen.*

FRAGE: Variieren Sie auch noch weitere Parameter wie beispielsweise die Aufheiz- oder die Abkühlzeit?

ANTWORT: *Nein, hier habe ich die besten Erfahrungen mit den vorgegebenen Werten gemacht.*

FRAGE: Haben Sie schon einmal aus Versehen einen der genannten Parameter verändert und gegebenenfalls eine Änderung des Endresultats?

ANTWORT: *Nein, eigentlich nicht.*

FRAGE: Haben Sie Erfahrung mit Brennwatte?

ANTWORT: *Ja, ich benutze sie gerne anstelle von herkömmlichen Brennlägern, aber nur bei Vollkeramikrestorationen wie Inlays oder Teilkronen, einfach aus dem Grund, weil es geschickter ist. Man kann die kleinen Teile viel besser lagern und die Gefahr, dass sie runterfallen, ist nicht gegeben.*

FRAGE: Sind Ihnen Unterschiede aufgefallen im Vergleich zum herkömmlichen Brennen auf Brennlägern?

ANTWORT: *Von der Qualität her nicht, was mich nur stört ist, dass nach dem Brennen mit Brennwatte öfters Fasern an den Rändern der Restauration kleben bleiben, die man dann wieder wegpolieren muss. Das ist etwas lästig...*

FRAGE: Sind Ihnen im Allgemeinen schon einmal andere beeinflussende Faktoren aufgefallen, die einen Einfluss auf die Farbgebung, die Festigkeit oder die Oberflächengüte einer Verblendkeramik hatten?

ANTWORT: *Nein, da fällt mir spontan nichts ein.*

Vielen Dank für das Interview!

ZTM Markus Eichin

Hauptstr. 20-22

79215 Elzach

10 Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle ganz herzlich allen danken, die mir beim Erstellen der vorliegenden Arbeit zur Seite gestanden und mich unterstützt haben.

Mein erster Dank gilt Herrn Prof. Dr. Jürgen Geis-Gerstorfer für die freundliche Überlassung des Themas sowie für die wissenschaftliche Unterstützung und die nette Betreuung.

Weiterhin möchte ich mich bei meiner Mentorin Frau Christine Schille für die kontinuierliche Unterstützung und die wertvollen Ratschläge zur Umsetzung meiner Arbeitsthematik bedanken. Sie haben über die gesamte Zeit an mich geglaubt und mir an manch trübem Versuchstag ein Lächeln ins Gesicht gezaubert - Vielen Dank dafür! Auch dir, Sebastian: Danke für alles!

Ebenfalls ein großes Dankeschön an all die Mitarbeiter der Sektion MWT Tübingen, die mir während meiner Arbeit mit Rat und Tat zur Seite gestanden und mich so nett aufgenommen haben. Insbesondere bei Ihnen, Herr Dr. Detlef Axmann, möchte ich mich besonders bedanken für die Unterstützung bei der statistischen Datenauswertung.

Ich bedanke mich ebenfalls bei den Firmen Wieland Dental+Technik GmbH & Co. KG (Pforzheim), DEKEMA (Freilassing), Megadental GmbH (Büdingen) und Renfert (Hilzingen) für die materielle Unterstützung und die praktische Ermöglichung meiner Arbeit und Herrn ZT Markus Eichin für die Zeit und das nette Interview im Vorfeld.

Mein besonderer Dank geht an meine liebe Familie, auf die ich mich immer und in jeder Situation blind verlassen kann, und an meinen Freund Patrick. Danke mein Herz, dass du mich über all die Zeit unterstützt, ertragen und motiviert hast.

THX Lord for being my strength!

11 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Die Dissertation ist bisher keiner anderen Fakultät vorgelegt worden.

Ich erkläre, dass ich bisher kein Promotionsverfahren erfolglos beendet habe und dass keine Aberkennung eines bereits erworbenen Doktorgrades vorliegt.

.....
Datum

.....
Claudia Niebuhr

12 Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Claudia Christine Niebuhr, geb. Rapp

Geburtsdatum: 29.12.1984

Geburtsort: Pforzheim

Staatsangehörigkeit: deutsch

Familienstand: verheiratet

Eltern: Marina Rapp, geb. Travica

Geb.: 30.04.1960

Beruf: Medizinisch Technische Assistentin

Wolfgang C. Rapp

Geb.: 07.11.1956

Beruf: Rektor

Geschwister: Christian G. Rapp

Geb.: 21.10.1986

Beruf: Lehrer

Schule:

1991 - 1995	Ludwig-Uhland-Schule, Schömberg
1995 - 2002	Enztalgymnasium, Bad Wildbad
2002 - 2004	Theodor-Heuss-Gymnasium, Pforzheim
25.06. 2004	Erlangen der allgemeinen Hochschulreife/Abitur

Studium:

Oktober 2005	Aufnahme des Zahnmedizinstudiums an der Eberhard-Karls-Universität, Tübingen
02.10.2006	Naturwissenschaftliche Vorprüfung
04.04.2008	Zahnärztliche Vorprüfung
06.06.2011	Zahnärztliche Prüfung
16.06.2011	Approbation zur Zahnärztin

Berufstätigkeit:

Okt 2011 – Sep 2013	Vorbereitungsassistentin in der ZA-Praxis: Dr. Michael Butzki Grabenstr. 4 72116 Mössingen
Okt 2013 – jetzt	angestellte Zahnärztin (bei oben genannter Praxis)