

4 Ergebnisse

4.1 Statistische Auswertung der Ergebnisse

Gegenstand dieser Untersuchung ist Zahnersatz in Form von Metallkeramikkronen. Ein wichtiger Aspekt ist die Oberflächenrauigkeit der Keramikkronen.

Nachdem die Messungen durchgeführt wurden, wird zuerst eine deskriptive Auswertung der Daten vorgenommen. Es werden die Variablen des Datensatzes erläutert; es wird auf das Messverfahren, wie die Werte gewonnen wurden, eingegangen. Die beiden Produktgruppen, Symbio ceram und Vita Omega 900, werden getrennt mit statistischen Kenngrößen beschrieben; die Daten werden grafisch veranschaulicht. Anschließend werden mit Hilfe statistischer Tests die Flächen verglichen. Es werden die Flächen der Symbio-Gruppe miteinander verglichen, analog hierzu werden die gleichen Vergleiche in der Vita-Gruppe durchgeführt. Um Unterschiede zwischen der Symbio ceram- und der Vita Omega 900 - Keramik herauszufinden, werden diese flächenweise miteinander verglichen.

Die erhobenen Daten werden mit statistischen Kenngrößen beschrieben. Der Datensatz ist in zwei dentalkeramische Massen aufgeteilt; die Symbio- und die Vita-Gruppe. Es werden Lage- und Streuungsmaße für die Daten berechnet. Mittelwert und Median beschreiben die Lage der Daten; Minimum und Maximum und die Standardabweichung geben Auskunft über die Variabilität und Streuung der Werte. Boxplots und Histogramme (Häufigkeitsverteilungen) beschreiben die Verteilung der Daten grafisch.

Die Oberfläche jeder Krone wird, wie in 3.3.5 dargestellt, in fünf Flächen unterteilt:

Tab. 4.1: Übersicht über die durchgeführten Bearbeitungen der Flächen 1-5

Fläche (Symbio- und Vita-Gruppe)	Bearbeitung
Fläche 1	Grobe Vorpolutur
Fläche 2	Feine Politur
Fläche 3	Extra feine Politur
Fläche 4	Brand nach Herstellerangaben
Fläche 5	Brand nach Techniker Erfahrung

Es werden drei Arten von Vergleichen durchgeführt: Die Symbio-Flächen werden miteinander verglichen, die Vita-Flächen werden miteinander verglichen, und abschließend werden die Symbio- mit den Vita-Flächen verglichen.

Ein wichtiges Ergebnis ist, dass die fein und extra fein polierten Flächen der Symbio-Gruppe (Fläche 2 und 3) signifikant glatter sind als die Flächen 1, 4 und 5. Die Fläche 3 der Symbio-Gruppe ist glatter als die Fläche 2 dieser Gruppe. In der Vita-Gruppe sind die Flächen 2 und 3 glatter als Fläche 1; die Fläche 3 ist glatter als Fläche 2, die mit dem Standardverfahren poliert wird. Die fein und extra fein polierten Flächen 2 und 3 sind aber nicht glatter als die Flächen 4 und 5. Vergleicht man die Symbio-Gruppe mit der Vita-Gruppe, so ergibt sich, dass nur die Flächen 2 und 3 der Symbio-Gruppe glatter sind als die entsprechenden Flächen der Vita-Gruppe. Die restlichen Flächen der Symbio-Gruppe sind nicht glatter als die Flächen der Vita-Gruppe.

In der Symbio-Gruppe und der Vita-Gruppe werden jeweils fünf Variablen erhoben, nämlich die Oberflächenrauheit von fünf Flächen einer Krone.

In der Symbio-Gruppe liegen für alle fünf untersuchten Flächen zehn Messwerte vor; in der Vita-Gruppe liegen für die Flächen 1 und 3 neun Messungen vor, für die Flächen 2, 4 und 5 liegen zehn Messwerte vor. Insgesamt kann also von einem nahezu balanzierten Datensatz gesprochen werden (Tab. 4.2).

4.1.1 Deskriptive Analyse

Für die statistische Auswertung werden die Rz-Werte verwendet. In Tabelle 4.3 und 4.4 werden die Meßdaten der beiden dentalkeramischen Massen Symbio und Vita mit statistischen Kenngrößen dargestellt. Es werden Lage- und Streuungsmaße für die Daten berechnet. Mittelwert und Median geben Auskunft über die Lage der Daten, Minimum und Maximum sowie die Standardabweichung über die Variabilität und Streuung der Werte. Box-Plots stellen die Verteilung der Daten graphisch dar (Abb. 4.1 und 4.3).

4.1.2 Erhobene Variablen

In der Symbio-Gruppe und in der Vita-Gruppe werden jeweils fünf Variablen erhoben, nämlich die Rauheit von fünf Flächen einer Krone.

Hierzu wird die Oberfläche einer Krone in fünf Bereiche aufgeteilt, die unterschiedlich ver- und bearbeitet werden. Tabelle 4.1 gibt eine Übersicht über die vorgenommenen Bearbeitungen der fünf Flächen. Tabelle 4.2 zeigt die Rohdaten der gemessenen Rz-Werte.

Tab. 4.2: Rohdaten der gemessenen Rz-Werte (Probe 1-20 Vita- bzw. Symbio-Gruppe)

Vita-Gruppe

Probe	Fläche 1 (μm)	Fläche 2 (μm)	Fläche 3 (μm)	Fläche 4 (μm)	Fläche 5 (μm)
1	10,9	5,37	6,09	2,82	3,8
3	13,8	5,7	2,21	3,93	4,73
5	12,8	4,25	2,27	3,48	3,4
7	12,8	5,64	4,89	2,74	2,94
9		7,07	2,25	3,27	3,48
11	13,5	5,13	2,89	3,02	4,05
13	13,2	5,59	1,58	2,96	4,48
15	14,5	4,91	1,89	2,85	2,01
17	12,4	6,72		2,43	1,89
19	13,7	5,16	2,46	3,23	2,71

Symbio-Gruppe

Probe	Fläche 1 (μm)	Fläche 2 (μm)	Fläche 3 (μm)	Fläche 4 (μm)	Fläche 5 (μm)
2	13,8	2,78	1,34	5,25	4,22
4	13,5	4,07	1,02	4,15	3,38
6	14,7	3,74	1,18	4,95	3,94
8	12,3	2,48	0,87	4,9	7,41
10	13,4	4,25	1,26	4,35	3,64
12	13,7	4,15	3,13	4,93	4,36
14	13,3	3,1	2,36	6,61	5,5
16	11,9	4,33	1,14	4,42	3,66
18	11,7	2,19	1,55	5,7	4,67
20	12,3	3,73	0,8	4,49	4,03

4.1.3 Beschreibung der Symbio-Gruppe

Mittelwert und Median einer Fläche unterscheiden sich nur geringfügig (siehe Tabelle 4.3). Dies gilt für alle Flächen der Symbio-Gruppe. Die größte gemessene Rauheit findet sich auf Fläche 1 mit 14,7 μm , die kleinste Rauheit auf Fläche 3 mit 0,8 μm . Die durchschnittliche Rauheit ist auf Fläche 1 am größten und auf Fläche 3 am niedrigsten. Fläche 4 und 5 unterscheiden sich nur geringfügig, bis auf die Standardabweichung: diese ist für Fläche 5 deutlich größer als für Fläche 4. Die Standardabweichungen, als Maß für die Variabilität der fünf untersuchten Flächen, sind unterschiedlich und reichen von 0,73 μm (Fläche 3) bis zu 1,19 μm (Fläche 5) (Tab. 4.3).

Tab. 4.3: Deskriptive Größen der gemessenen Rauheit der Symbio-Gruppe.

	Fläche 1 (μm)	Fläche 2 (μm)	Fläche 3 (μm)	Fläche 4 (μm)	Fläche 5 (μm)
Minimum	11,70	2,19	0,80	4,15	3,38
1. Quartil	12,30	2,86	1,05	4,44	3,73
Median	13,35	3,74	1,22	4,92	4,13
Mittelwert	13,06	3,48	1,47	4,98	4,48
3. Quartil	13,65	4,13	1,50	5,18	4,59
Maximum	14,70	4,33	3,13	6,61	7,41
Stabw.	0,96	0,78	0,73	0,74	1,19

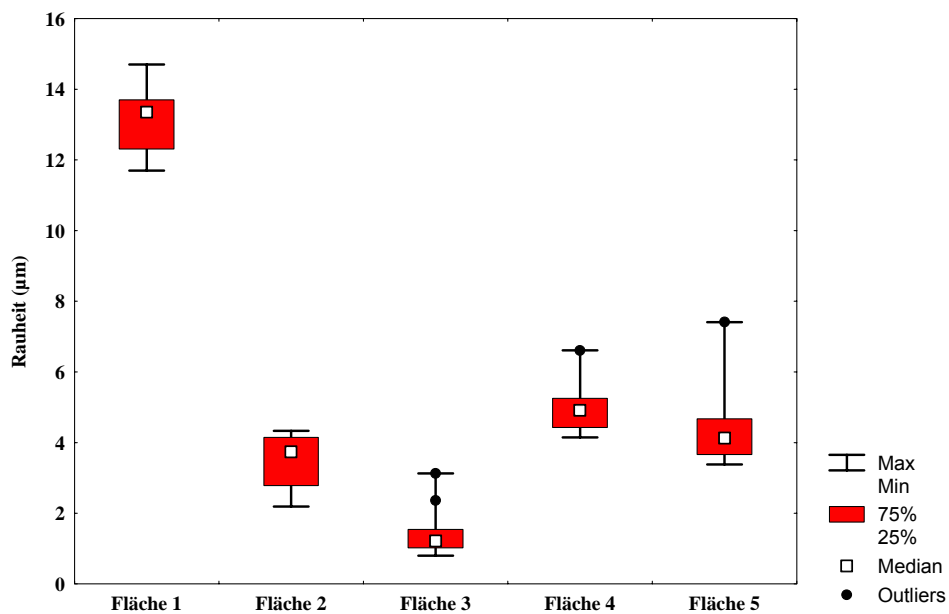


Abb. 4.1: Box-Plots der fünf Flächen (Symbio-Gruppe)

An den Box-Plots der Symbio-Gruppe (Abb. 4.1) wird deutlich, dass Fläche 1 sich von den übrigen Flächen unterscheidet. Auf den Flächen 3, 4 und 5 finden sich Ausreißer, die nicht aus dem Datensatz entfernt werden, da eine Überprüfung der Meßprotokolle keinen Hinweis auf fehlerhafte Messungen gab.

Außerdem läßt sich erkennen, daß sich die fünf Flächen anhand ihrer Rauigkeit, gemessen am Median, unterscheiden. Es wird auch bestätigt, daß die Variabilität der Rauigkeit der Flächen unterschiedlich ist. Die Verteilung der Rauigkeit auf den Flächen 1 und 2 scheint linksschief zu sein, die Verteilung der Rauigkeit auf den Flächen 3, 4 und 5 rechtsschief.

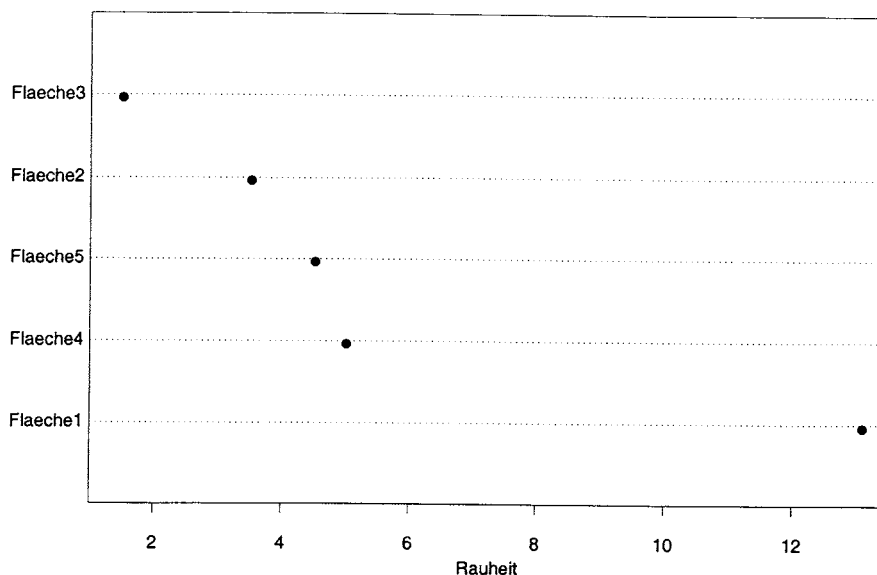


Abb. 4.2: Dot-Chart: mittlere Rauigkeit der Symbio-Gruppe

Das Dot-Chart in Abbildung 4.2 illustriert die mittlere Rauigkeit auf den fünf Flächen, der Größe nach sortiert. Fläche 3 erscheint im Durchschnitt sehr glatt, Fläche 1 sehr rau; die Flächen 2, 4 und 5 liegen dazwischen.

4.1.4 Beschreibung der Vita-Gruppe

Auch in der Vita-Gruppe bestehen nur geringe Unterschiede zwischen Mittelwert und Median einer Fläche. Dies gilt für alle fünf Flächen (Tab. 4.4). Die größte gemessene Rauigkeit findet sich auf Fläche 1 (14,5 μm), die kleinste auf Fläche 3 (1,58 μm). Die durchschnittliche Rauigkeit ist auf Fläche 1 am größten (13,07 μm) und auf Fläche 3 am niedrigsten (2,94 μm). Die Variabilität der fünf untersuchten Flächen, gemessen anhand der

Standardabweichung, ist unterschiedlich; sie reicht von 0,42 μm (Fläche 4) bis 1,51 μm (Fläche 3).

Tab. 4.4: Deskriptive Größen der gemessenen Rauheit der Vita-Gruppe

	Fläche 1 (μm)	Fläche 2 (μm)	Fläche 3 (μm)	Fläche 4 (μm)	Fläche 5 (μm)
Minimum	10,90	4,25	1,58	2,43	1,89
1. Quartil	12,80	5,14	2,21	2,83	2,77
Median	13,20	5,48	2,27	2,99	3,44
Mittelwert	13,07	5,55	2,94	3,07	3,35
3. Quartil	13,07	5,67	2,89	3,26	3,99
Maximum	14,50	7,07	6,09	3,93	4,73
Stabw.	1,03	0,83	1,51	0,42	0,97

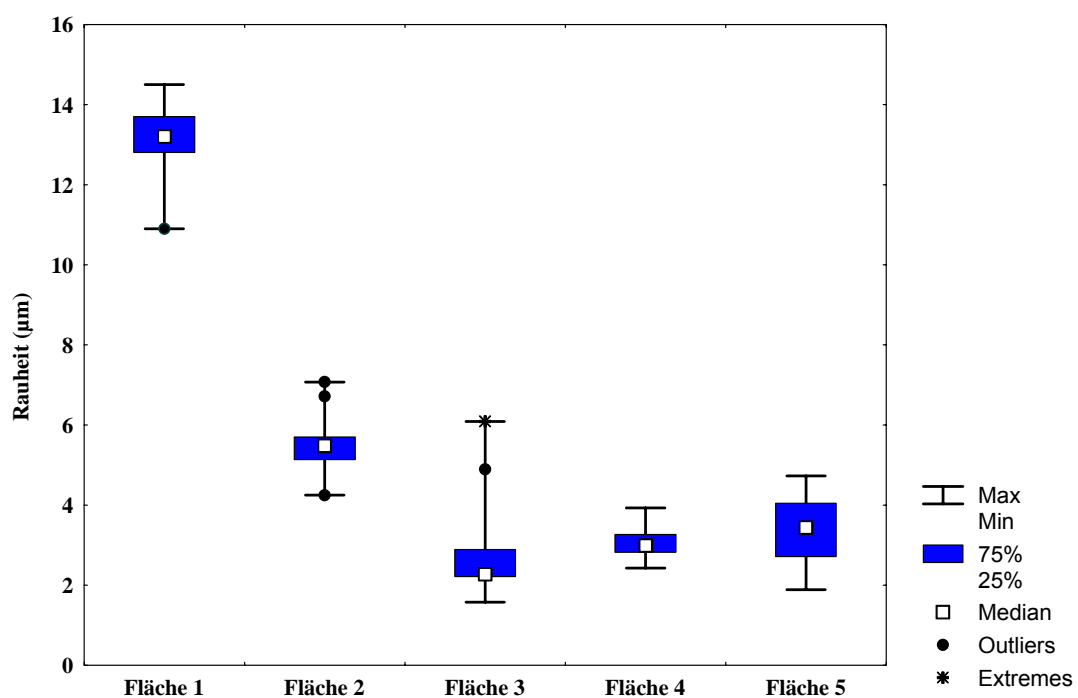


Abb. 4.3: Box-Plots der fünf Flächen (Vita-Gruppe)

Abbildung 4.3 zeigt die Box-Plots der Vita-Gruppe. Fläche 1 unterscheidet sich von den übrigen Flächen recht deutlich. Es tritt ein Ausreißer auf, ein zu kleiner Wert im Vergleich zu den restlichen Werten der Fläche 1.

Auf Fläche 2 finden sich drei Ausreißer, zwei zu große und ein zu kleiner Wert. Auf Fläche 3 sind zwei zu große Werte zu beobachten. Eine Überprüfung der Messprotokolle gab keinen Hinweis auf fehlerhafte Messungen, so daß die Werte nicht aus dem Datensatz entfernt wurden. Die Mediane der fünf Flächen unterscheiden sich: Fläche 1 hat einen sehr großen ($13,2 \mu\text{m}$) und Fläche 3 einen eher kleinen Median ($2,27 \mu\text{m}$). Es lässt sich auch eine unterschiedliche Variabilität der Rauheit der Flächen beobachten. Die Verteilung der Rauheit auf Fläche 1 scheint linksschief zu sein, die Verteilung auf Fläche 3 rechtsschief. Die Verteilung der Rauheit auf Fläche 4 erscheint symmetrisch.

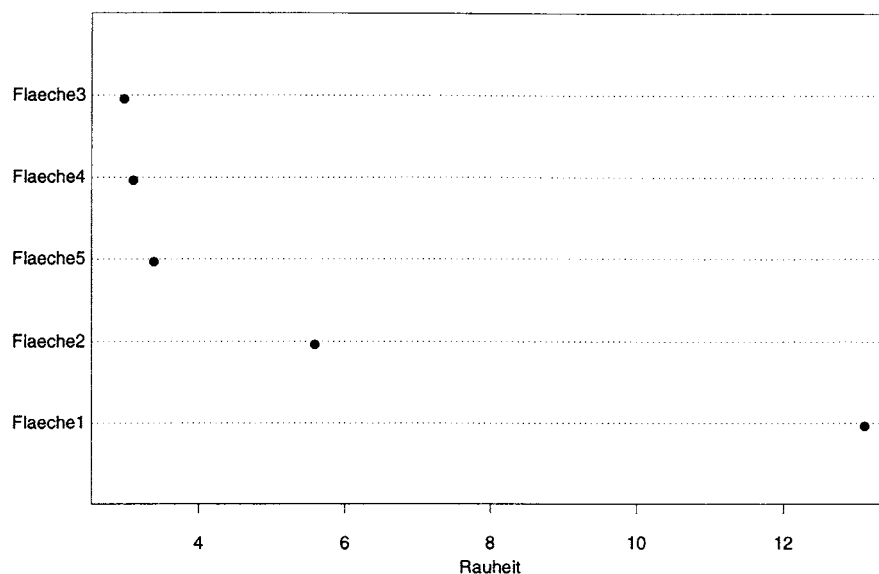


Abb. 4.4: Dot-Chart: Mittlere Rauheit der Vita-Gruppe

Das Dot-Chart in Abbildung 4.4 illustriert die mittlere Rauheit der fünf Flächen der Vita-Gruppe, der Größe nach sortiert. Die Flächen 3, 4 und 5 sind im Durchschnitt recht glatt verglichen mit Fläche 1, die sehr rau ist; Fläche 2 ist nicht so glatt wie die Flächen 3, 4 und 5, aber sehr viel glatter als Fläche 1.

4.1.5 Analyse der Rauheit

Es wird behauptet, dass die Flächen 2 und 3 sehr viel glatter sind als die übrigen, weil diese mit den wirkungsvolleren Methoden poliert werden; Fläche 3 soll auch glatter sein als Fläche 2, weil Fläche 3 mit allen drei Poliermethoden hintereinander extra fein und aufwendig poliert wird. Es handelt sich um einseitige Hypothesen, die hier zu prüfen sind. Diese Testprobleme werden für die Symbio- und die Vita-Gruppe getrennt betrachtet. Die Metallkeramik der Symbio-Gruppe besteht aus einer neuen Werkstoffgruppe, den hydrothermalen Keramiken. Die Metallkeramik der Vita-Gruppe besteht aus einem weiterentwickelten bewährten Material. Es soll daher geprüft werden, ob das neue Material der Symbio-Gruppe glatter ist als die Kronen der Vita-Gruppe, und zwar flächenweise. Auch in diesem Fall liegt eine einseitige Fragestellung vor. Die Testprobleme sind in den Tabellen 4.5, 4.6 und 4.7 aufgeführt. Dabei bezeichnet μ_i den Mittelwert der Oberflächenrauigkeit einer der fünf Flächen, μ_i^S den Mittelwert der Oberflächenrauigkeit der i-ten Fläche der Symbio-Gruppe und μ_i^V den Mittelwert der Oberflächenrauigkeit der i-ten Fläche der Vita-Gruppe, $i = 1, \dots, 5$.

Tab. 4.5: Testprobleme (Symbio-Gruppe)

<u>Fläche</u>	Nullhypothese	Alternative
1 - 2	$\mu_1 \leq \mu_2$	vs. $\mu_1 > \mu_2$
1 - 3	$\mu_1 \leq \mu_3$	vs. $\mu_1 > \mu_3$
2 - 3	$\mu_2 \leq \mu_3$	vs. $\mu_2 > \mu_3$
2 - 4	$\mu_2 \geq \mu_4$	vs. $\mu_2 < \mu_4$
2 - 5	$\mu_2 \geq \mu_5$	vs. $\mu_2 < \mu_5$
3 - 4	$\mu_3 \geq \mu_4$	vs. $\mu_3 < \mu_4$
3 - 5	$\mu_3 \geq \mu_5$	vs. $\mu_3 < \mu_5$
4 - 5	$\mu_4 \leq \mu_5$	vs. $\mu_4 > \mu_5$

Tab. 4.6: Testprobleme (Vita-Gruppe)

Fläche	Nullhypothese	Alternative
1 - 2	$\mu_1 \leq \mu_2$	vs. $\mu_1 > \mu_2$
1 - 3	$\mu_1 \leq \mu_3$	vs. $\mu_1 > \mu_3$
2 - 3	$\mu_2 \leq \mu_3$	vs. $\mu_2 > \mu_3$
2 - 4	$\mu_2 \geq \mu_4$	vs. $\mu_2 < \mu_4$
2 - 5	$\mu_2 \geq \mu_5$	vs. $\mu_2 < \mu_5$
3 - 4	$\mu_3 \geq \mu_4$	vs. $\mu_3 < \mu_4$
3 - 5	$\mu_3 \geq \mu_5$	vs. $\mu_3 < \mu_5$
4 - 5	$\mu_4 \leq \mu_5$	vs. $\mu_4 > \mu_5$

Tab. 4.7: Testprobleme (Vergleich Symbio-Vita)

Fläche	Nullhypothese	Alternative
1	$\mu_1^S \geq \mu_1^V$	vs. $\mu_1^S < \mu_1^V$
2	$\mu_2^S \geq \mu_2^V$	vs. $\mu_2^S < \mu_2^V$
3	$\mu_3^S \geq \mu_3^V$	vs. $\mu_3^S < \mu_3^V$
4	$\mu_4^S \geq \mu_4^V$	vs. $\mu_4^S < \mu_4^V$
5	$\mu_5^S \geq \mu_5^V$	vs. $\mu_5^S < \mu_5^V$

4.1.6 Analyse der Symbio-Gruppe

Betrachtet man die Q-Q-Plots der Daten der Symbio-Gruppe, so sind keine gravierenden Abweichungen von der Normalverteilungsannahme zu erkennen (Abbildungen 4.5 – 4.9). Man erkennt die Ausreißer auf den Flächen 3, 4 und 5 wieder.

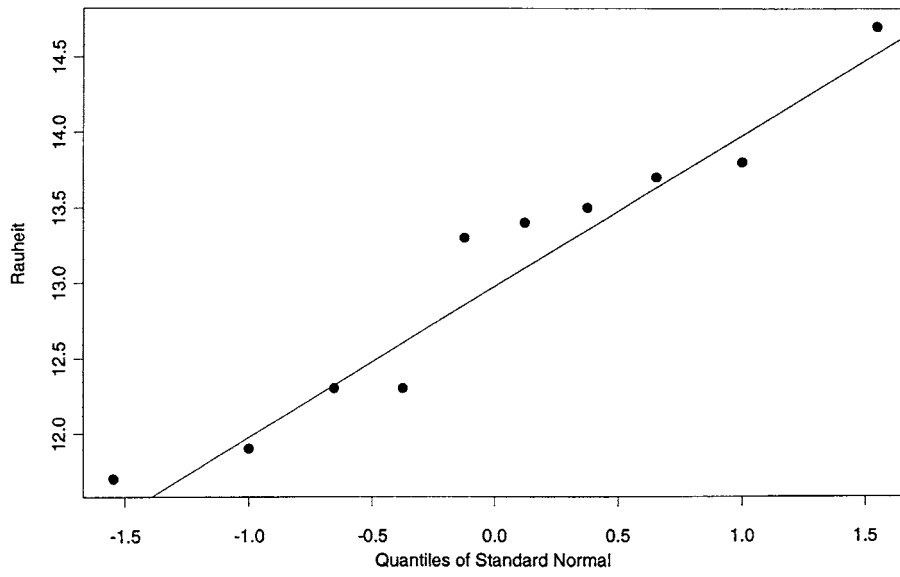


Abb. 4.5: Q-Q-Plot Fläche 1 (Symbio-Gruppe)

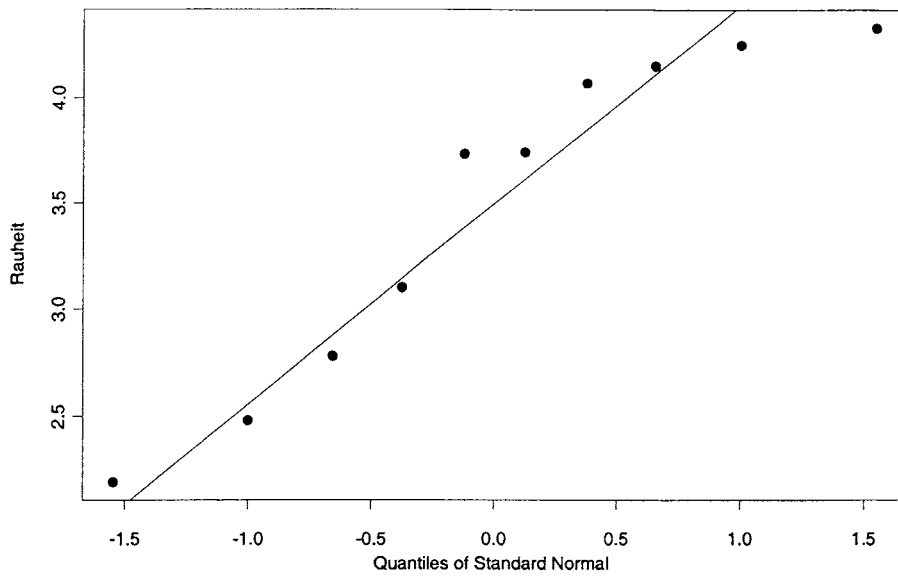


Abb. 4.6: Q-Q-Plot Fläche 2 (Symbio-Gruppe)

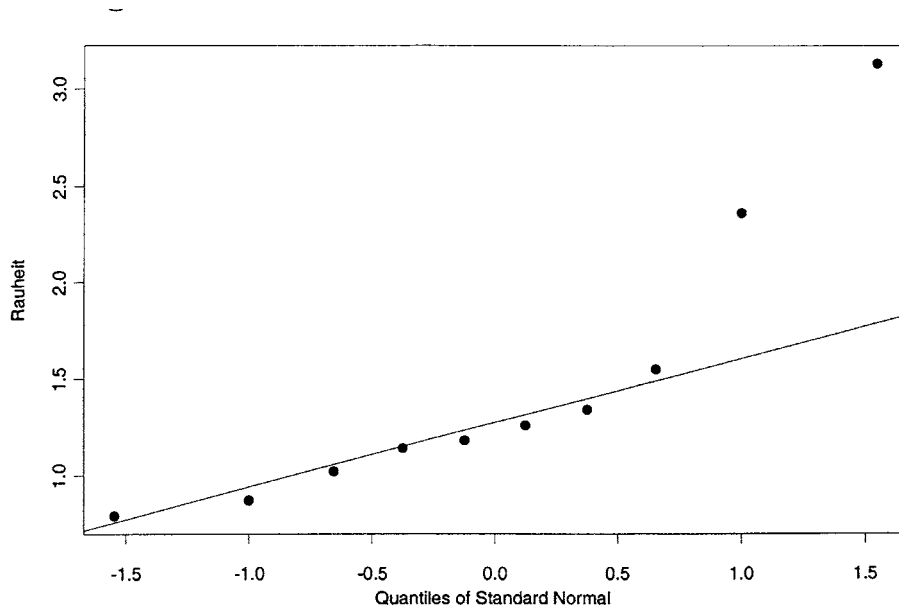


Abb. 4.7: Q-Q-Plot Fläche 3 (Symbio-Gruppe)

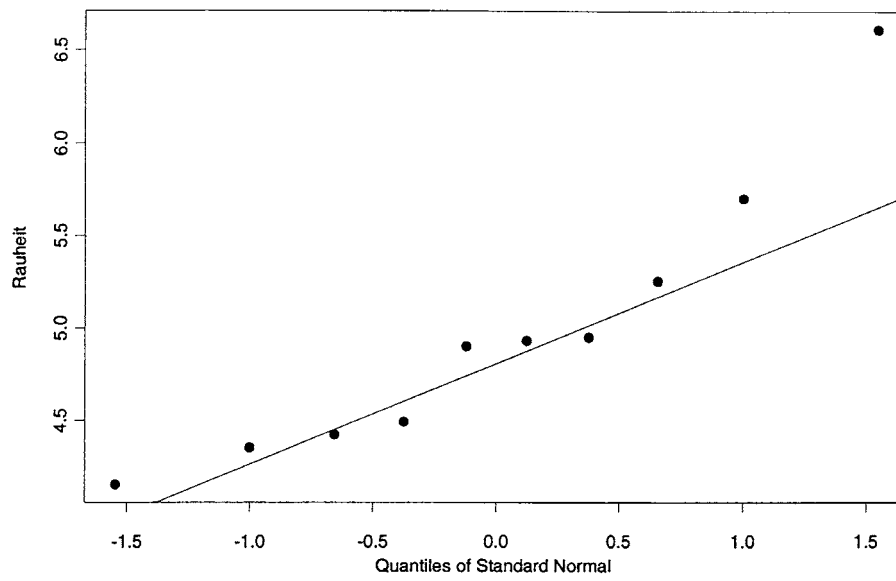


Abb. 4.8: Q-Q-Plot Fläche 4 (Symbio-Gruppe)

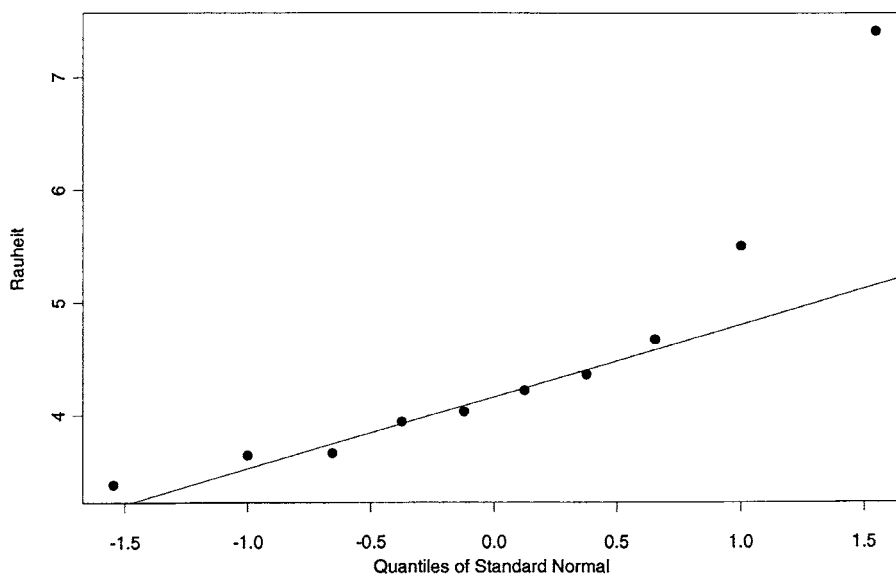


Abb. 4.9: Q-Q-Plot Fläche 5 (Symbio-Gruppe)

Tab. 4.8: Überprüfung der Varianzhomogenität (Symbio-Gruppe)
(keine Angabe zur Signifikanz: nicht signifikant)

Fläche	Teststatistik	p-Wert (%)	Signifikanz
1 - 2	1,51	54,94	
1 - 3	1,73	42,45	
2 - 3	1,15	83,95	
2 - 4	1,13	85,71	
2 - 5	0,43	22,72	
3 - 4	0,98	98,21	
3 - 5	0,38	16,12	
4 - 5	0,38	16,77	

Es kann von homogenen Varianzen zwischen den Stichproben, die zu vergleichen sind, ausgegangen werden, weil der F-Test auf Varianzhomogenität keinen Unterschied findet (Niveau 5%), siehe Tabelle 4.8.

Tab. 4.9: Vergleich der Rauheit (Symbio-Gruppe)

(** : signifikant zum Niveau 5%)

(***) : signifikant zum Niveau 1%)

keine Angabe: nicht signifikant)

Fläche	Alternative	Teststatistik	p-Wert (%)	Signifikanz
1 - 2	$\mu_1 > \mu_2$	24,37	0,00	***
1 - 3	$\mu_1 > \mu_3$	30,29	0,00	***
2 - 3	$\mu_2 > \mu_3$	5,94	0,00	***
2 - 4	$\mu_2 < \mu_4$	-4,38	0,02	***
2 - 5	$\mu_2 < \mu_5$	-2,21	2,01	**
3 - 4	$\mu_3 < \mu_4$	10,68	0,00	***
3 - 5	$\mu_3 < \mu_5$	-6,81	0,00	***
4 - 5	$\mu_4 > \mu_5$	1,11	14,01	

In Tabelle 4.9 wird die Rauheit der fünf unterschiedlichen Flächen der Symbio-Gruppe untereinander verglichen (t-Test).

Vergleich der Flächen 1 und 2

Zwischen der Rauheit der Flächen 1 und 2 besteht ein signifikanter Unterschied (signifikant zum Niveau 1%). Fläche 2 ist bedeutend glatter als Fläche 1 (Tab. 4.9).

Vergleich der Flächen 1 und 3

Die Fläche 3 ist sehr viel glatter als Fläche 1, der Unterschied ist signifikant zum Niveau 1% (Tab. 4.9).

Vergleich der Flächen 2 und 3

Der t-Test zeigt, daß Fläche 3 bedeutend glatter ist als Fläche 2. Der Unterschied ist signifikant zum Niveau 1% (Tab. 4.9).

Vergleich der Flächen 2 und 4

Die Fläche 2 ist signifikant glatter als die Fläche 4 (Tab. 4.9).

Vergleich der Flächen 2 und 5

Die Fläche 2 ist auch glatter als die Fläche 5. Der Unterschied ist signifikant zum Niveau 5% (Tab. 4.9).

Vergleich der Flächen 3 und 4

Die Fläche 3 ist bedeutend glatter als die Fläche 4. Der Unterschied ist signifikant zum Niveau 1% (Tab. 4.9).

Vergleich der Flächen 3 und 5

Die Fläche 3 ist auch sehr viel glatter als die Fläche 5. Der Unterschied ist signifikant zum Niveau 1% (Tab. 4.9).

Vergleich der Flächen 4 und 5

In diesem Fall findet der t-Test keine Signifikanz; Fläche 5 ist nicht glatter als Fläche 4 (Tab. 4.9).

4.1.7 Analyse der Vita-Gruppe

Auch die Q-Q-Plots der Vita-Gruppe liefern keinen schwerwiegenden Hinweis gegen eine Normalverteilungsannahme der Daten (Abb. 4.10 – 4.14). Die Ausreißer auf den Flächen 1, 2 und 3 sind zu erkennen.

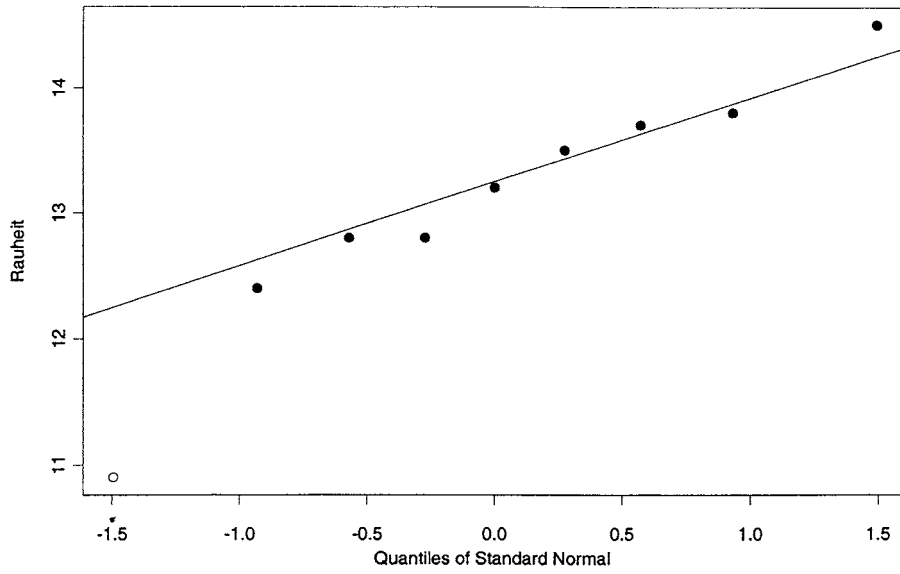


Abb. 4.10: Q-Q-Plot Fläche 1 (Vita-Gruppe)

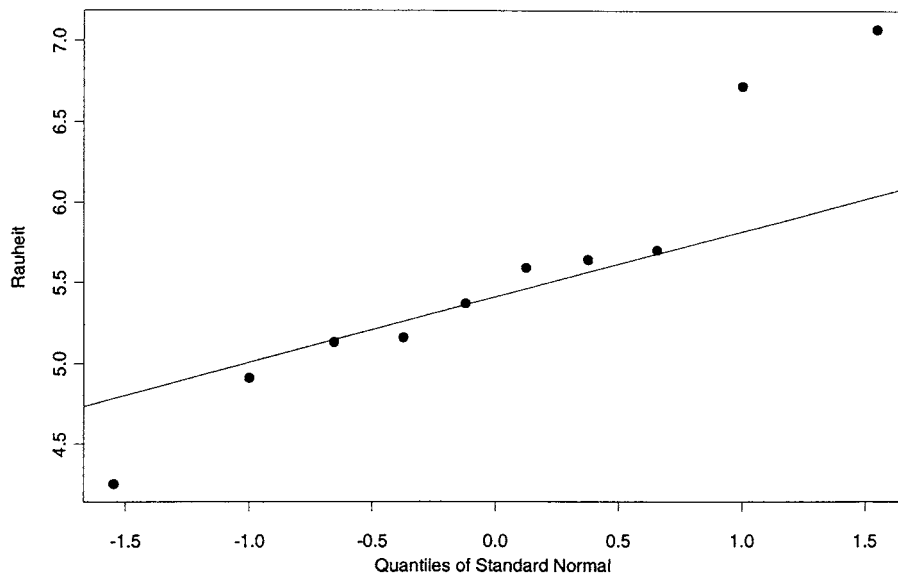


Abb. 4.11: Q-Q-Plot Fläche 2 (Vita-Gruppe)

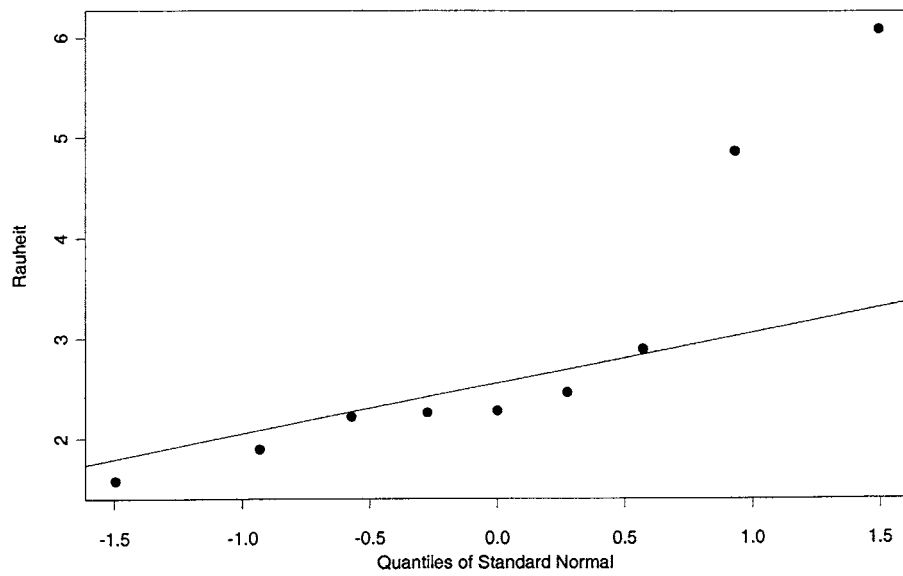


Abb. 4.12: Q-Q-Plot Fläche 3 (Vita-Gruppe)

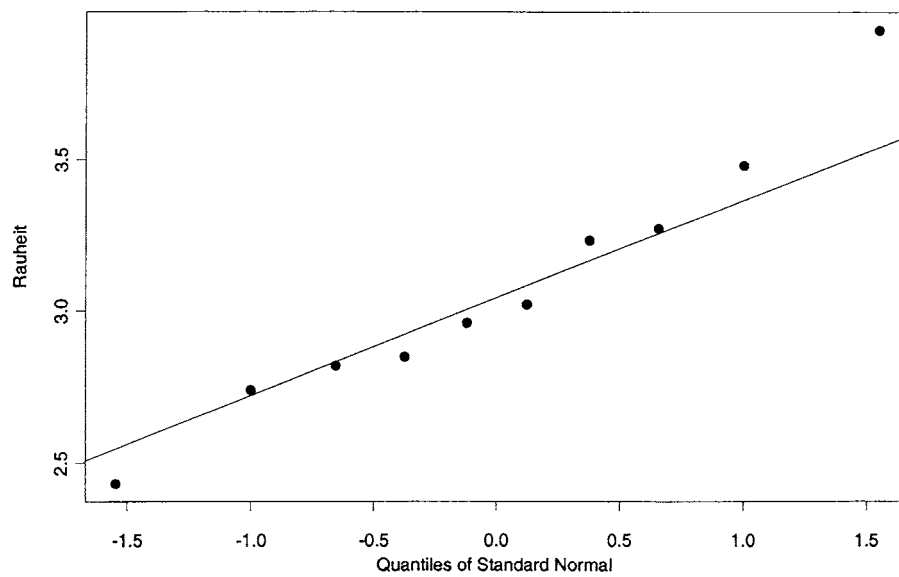


Abb. 4.13: Q-Q-Plot Fläche 4 (Vita-Gruppe)

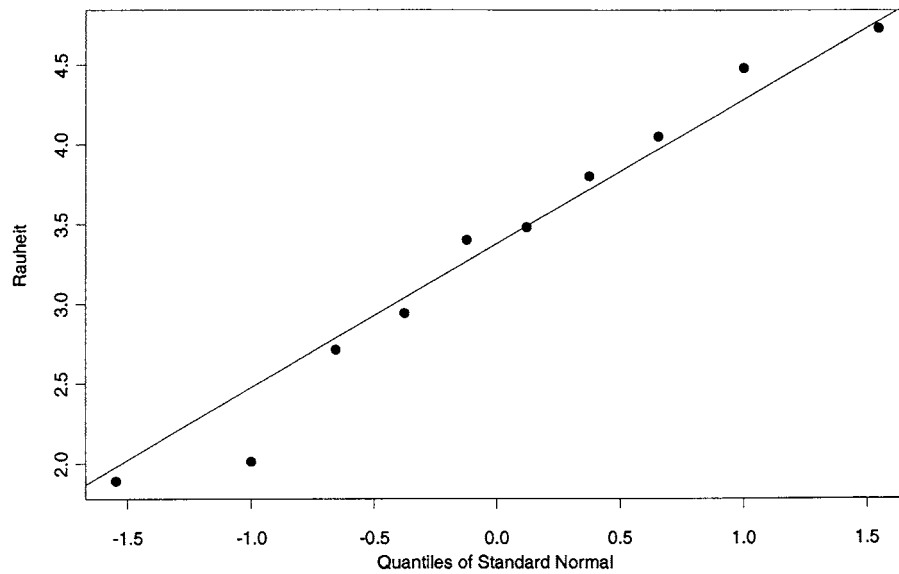


Abb. 4.14: Q-Q-Plot Fläche 5 (Vita-Gruppe)

Tab. 4.10: Überprüfung der Varianzhomogenität (Vita-Gruppe)

(** : signifikant zum Niveau 5%)

(keine Angabe: nicht signifikant)

Fläche	Teststatistik	p-Wert (%)	Signifikanz
1 - 2	1,55	52,92	
1 - 3	0,46	29,89	
2 - 3	0,30	9,21	
2 - 4	3,82	5,88	
2 - 5	0,73	65,38	
3 - 4	12,70	0,09	**
3 - 5	2,45	20,48	
4 - 5	0,19	2,21	**

Die Prüfung auf Varianzhomogenität in der Vita-Gruppe ergibt: Die Varianzen der Daten auf Fläche 3 und 4 unterscheiden sich, die Varianzen der Daten auf Fläche 3 und 5 sind auch signifikant verschieden. Im Falle der Flächen 2

und 4 findet sich kein signifikanter Unterschied im strengen Sinne (p -Wert=5,88%), aber im weiteren Vorgehen wird vorsichtshalber davon ausgegangen, daß die Varianzen verschieden sind. Für die übrigen Vergleiche kann von homogenen Varianzen der Daten ausgegangen werden (Tab. 4.10).

Tab. 4.11 : Vergleich der Rauheit (Vita-Gruppe)

(*** : signifikant zum Niveau 1%

keine Angabe: nicht signifikant)

Fläche	Alternative	Teststatistik	p-Wert (%)	Signifikanz
1 - 2	$\mu_1 > \mu_2$	17,61	0,00	***
1 - 3	$\mu_1 > \mu_3$	16,61	0,00	***
2 - 3	$\mu_2 > \mu_3$	4,74	0,01	***
2 - 4	$\mu_2 < \mu_4$	8,43	100,00	
2 - 5	$\mu_2 < \mu_5$	5,48	100,00	
3 - 4	$\mu_3 < \mu_4$	-0,26	39,94	
3 - 5	$\mu_3 < \mu_5$	-0,70	24,57	
4 - 5	$\mu_4 > \mu_5$	-0,83	79,06	

Tab. 4.12: Vergleich der Rauheit mit Hilfe des Welch-Tests (Vita-Gruppe)

(keine Angabe zur Signifikanz: nicht signifikant)

Fläche	Alternative	Teststatistik	p-Wert (%)	Signifikanz
2 - 4	$\mu_2 < \mu_4$	8,43	100,00	
3 - 4	$\mu_3 < \mu_4$	-0,25	40,53	
4 - 5	$\mu_4 > \mu_5$	-0,83	78,81	

In den Tabellen 4.11 und 4.12 werden die fünf unterschiedlichen Flächen der Vita-Gruppe untereinander mit Hilfe des t-Tests und des Welch-Tests verglichen.

Vergleich der Flächen 1 und 2

Fläche 2 ist bedeutend glatter als Fläche 1. Der Unterschied ist signifikant zum Niveau 1% (Tab. 4.11).

Vergleich der Flächen 1 und 3

Fläche 3 ist auch viel glatter als Fläche 1. Der Unterschied ist signifikant zum Niveau 1% (Tab. 4.11).

Vergleich der Flächen 2 und 3

Fläche 3 ist signifikant glatter als Fläche 2. Der Unterschied ist signifikant zum Niveau 1% (Tab. 4.11).

Vergleich der Flächen 2 und 4

Fläche 2 ist nicht signifikant glatter als Fläche 4 (Tab. 4.11). Der Welch –Test entscheidet genauso (Tab. 4.12).

Vergleich der Flächen 2 und 5

Auch dieser Vergleich der Rauheit ist nicht signifikant (Tab. 4.11)

Vergleich der Flächen 3 und 4

Fläche 3 ist nicht signifikant glatter als Fläche 4 (Tab. 4.11). Auch hier trifft der Welch –Test die gleiche Entscheidung (Tab. 4.12).

Vergleich der Flächen 3 und 5

Fläche 3 ist nicht signifikant glatter als Fläche 5 (Tab. 4.11)

Vergleich der Flächen 4 und 5

Auch dieser Vergleich endet mit einem nicht signifikanten Ergebnis (Tab. 4.11 und 4.12).

4.1.8 Vergleich der Symbio- und Vita-Gruppe

Um einen Vergleich der Symbio- und Vita-Gruppe zu erhalten, wird anhand der Rauigkeit geprüft, ob die Flächen der Symbio-Gruppe sich von den Flächen der Vita-Gruppe unterscheiden. Behauptet wird, daß die Flächen der Symbio-Gruppe glatter sind als die Flächen der Vita-Gruppe.

Die Voraussetzung, daß die Varianzen der Daten homogen sein sollten, wird wieder mit dem F-Test geprüft (Tab. 4.13). Das Ergebnis ist, daß die Varianz der Daten auf Fläche 3 der Symbio-Gruppe sich von der Varianz der Daten auf Fläche 3 der Vita-Gruppe unterscheidet. Sonst kann wieder von homogenen Varianzen ausgegangen werden.

Fläche 2 der Symbio-Gruppe ist wesentlich glatter als die entsprechende Fläche 2 der Vita-Gruppe (Tab. 4.14). Auch die Fläche 3 der Symbio-Gruppe ist glatter als die Fläche 3 der Vita-Gruppe; der Welch-Test entscheidet genauso (Wert der Teststatistik = -2,67, p-Wert=1,07%).

Die restlichen Flächen der Symbio-Gruppe sind nicht glatter als die entsprechenden Flächen der Vita-Gruppe.

Tab. 4.13: Überprüfung der Varianzhomogenität (Symbio-Vita)

(** : signifikant zum Niveau 5%

keine Angabe: nicht signifikant)

Fläche	Teststatistik	p-Wert (%)	Signifikanz
1	0,88	84,17	
2	0,90	87,50	
3	0,23	4,46	**
4	3,03	11,44	
5	1,53	53,82	

Tab. 4.14: Vergleich der Rauheit Symbio-Vita

(***) : signifikant zum Niveau 1%

keine Angabe: nicht signifikant)

Fläche	Teststatistik	p-Wert (%)	Signifikanz
1	-0,01	49,43	
2	-5,74	0,00	***
3	-2,76	0,66	***
4	7,07	100,00	
5	2,33	98,42	

4.1.9 Zusammenfassung der statistischen Analyse

Symbio-Gruppe

Die Flächen 2 und 3 sind signifikant glatter als die grob polierte Fläche 1. Das heißt, dass bereits mit dem Silikonpolierer eine signifikant glattere Oberfläche erreicht wird. Mit der diamanthaltigen Paste lässt sich die Oberfläche noch glatter polieren. Auffällig ist auch, dass selbst durch die Politur mit einem Silikonpolierer die Oberfläche der Fläche 2 größer ist, als die der Fläche 4 + 5. Infolgedessen lässt sich schließen, dass man nach dem Polieren mit einem Diamanten, eine größere Oberflächenglätte mit dem Silikonpolierer erreichen kann als die Glätte der Ausgangsfläche. Eine weitere Politur mit der Diamantpaste und dem Schwabbel ergibt eine noch bessere Oberflächenglätte.

Vita-Gruppe

Die Fläche 2 ist signifikant glatter als die Fläche 1. Damit ist bewiesen, dass durch die Politur mit dem Silikonpolierer, die aufgeraute Oberfläche der Keramik mit einem Diamanten, geglättet werden kann. Durch eine nochmalige Politur mit der diamanthaltigen Paste, kann sie noch glatter poliert werden. Das Ergebnis zeigt ebenfalls, dass die polierten Flächen 2+3 nicht signifikant glatter sind als die Flächen 4+5. Das bedeutet, dass man die

aufgeraute Oberfläche signifikant glätten kann ohne nochmaligen Glanzbrand. Eine Oberflächenglätte, wie die Flächen 4+5 (Ausgangsflächen) aufweisen, wurde durch die Politur aber nicht erreicht.

4.2 Rasterelektronenmikroskopische (REM) Analyse

Die Oberflächen der Proben wurden nach der Bearbeitung im REM auf charakteristische Schliifspuren und Oberflächenstrukturen untersucht. Die folgenden Abbildungen zeigen typische Beispiele der Oberflächenmorphologie von jeweils einer Probe mit fünf Flächen der Vita Omega 900 und der Symbio ceram Keramik bei 500-facher Vergrößerung.

4.2.1 REM - Analyse der Vita Omega 900

Abbildung 4.15 zeigt Fläche 1 der Vita-Keramik, die durch die grobe Vorpolitur mit einem diamantierten Fräser bearbeitet wurde. Sie weist eine sehr raue Oberfläche auf. Fläche 1 erscheint optisch als raueste Oberfläche.

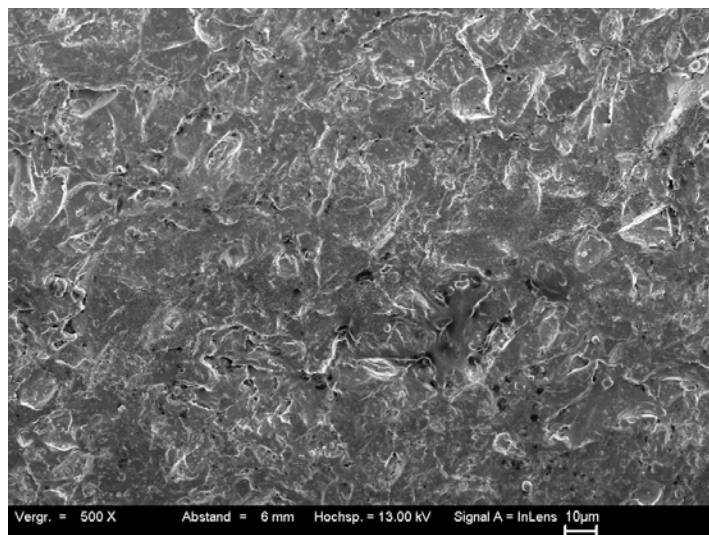


Abb. 4.15: Fläche 1 (Vita-Keramik) **Grobe Vorpolitur** 500x.

Abbildung 4.16 stellt Fläche 2 der gleichen Keramik dar. Fläche 2 wurde ebenfalls grob vorgepoliert und danach erfolgte eine feine Politur mit einem universellen Silikonpolierer. Durch den letzten Bearbeitungsschritt erscheint die Oberfläche von Fläche 2 glatter als Fläche 1.

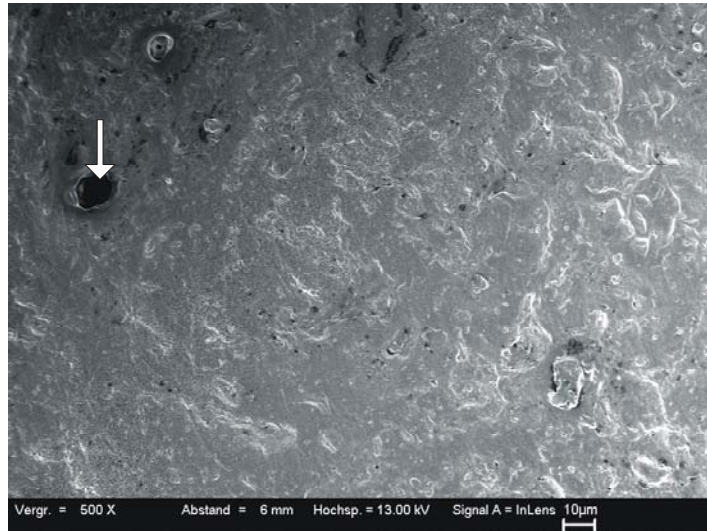


Abb. 4.16: Fläche 2 (Vita-Keramik) **Feine Politur** 500x.
Links oben befindet sich eine angeschliffene Gefügeluftblase (weißer Pfeil), die sich als Pore darstellt.
Luftblasen entstehen trotz Kondensation und Vakuumbrand.

Die sehr glatte Oberfläche von Fläche 3 der Vita-Keramik, wie sie in **Abb. 4.17** zu betrachten ist, wurde nach einer groben und feinen Politur wie bei Fläche 2 mit einer anschließenden extra feinen Politur mit einem Wollschwabbel erreicht. Fläche 3 erscheint optisch sehr viel glatter als Fläche 1 und 2.

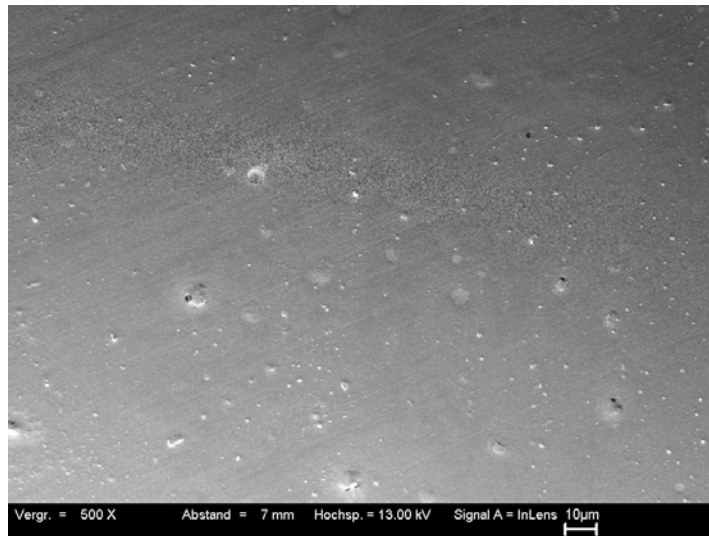


Abb. 4.17: Fläche 3 (Vita-Keramik) **Extra feine Politur** 500x.
Deutlich sind Oberflächenstörungen in Form von weißen, gepunkteten Arealen und kleinen Poren erkennbar. Dabei könnte es sich um angeschliffene Luftblasen handeln.

Fläche 4 der Vita-Keramik, die in **Abbildung 4.18** zu sehen ist, zeigt die Ausgangssituation nach dem Brennvorgang. Diese Oberfläche wurde nicht poliert. Es ist eine flache Reliefbildung zu erkennen. Optisch erscheint Fläche 4 dennoch als glatte Fläche.

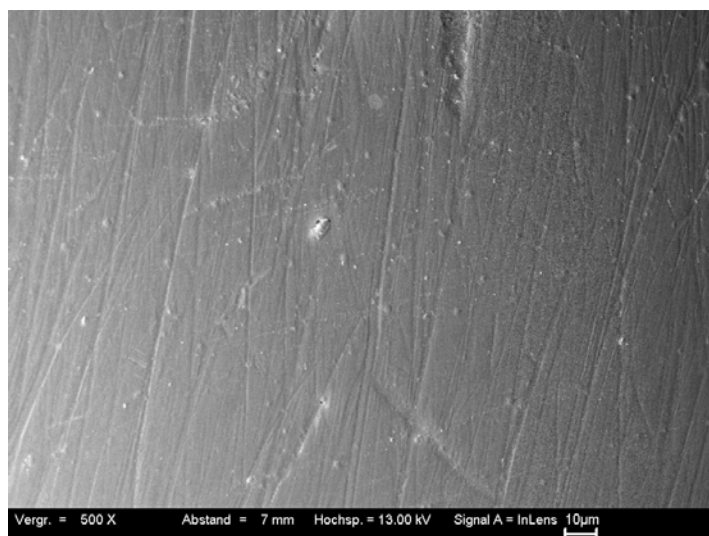


Abb. 4.18: Fläche 4 (Vita-Keramik) **Brand nach Herstellerangabe** 500x

Abbildung 4.19 zeigt Fläche 5 der Vita-Keramik, die ebenfalls die Ausgangssituation nach dem Brennvorgang darstellt und dessen Oberfläche auch nicht poliert wurde. Sie zeigt ebenfalls eine optisch glatte mit flachen riefen übersäte Oberfläche.

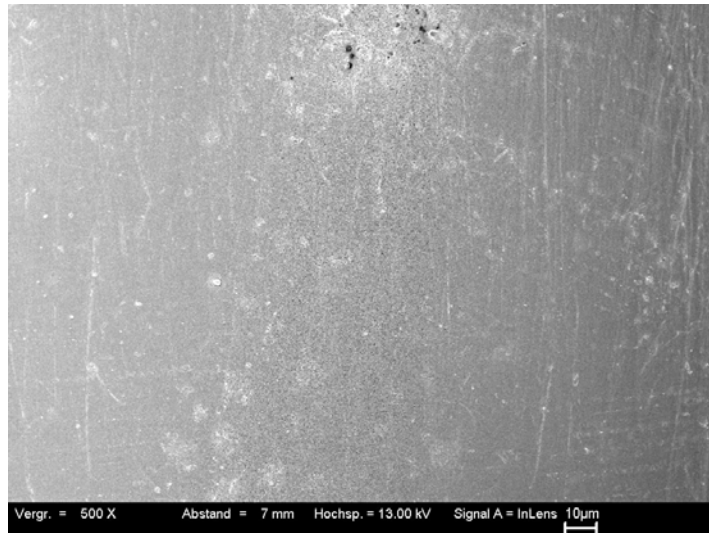


Abb. 4.19: Fläche 5 (Vita-Keramik) **Brand nach Techniker Erfahrung** 500x.
ZTM-Praxislabor (Prof. Dr.Reppel)

4.2.2 REM-Analyse der Symbio ceram Keramik

Abbildung 4.20 zeigt Fläche 1 der Symbio ceram Keramik, die durch die grobe Vorpolitur mit einem diamantierten Fräser und abtragende Bearbeitung mittels eines roten Schnellläufers eine sehr raue Oberfläche aufweist. Fläche 1 erscheint in dieser Gruppe optisch als raueste Oberfläche.

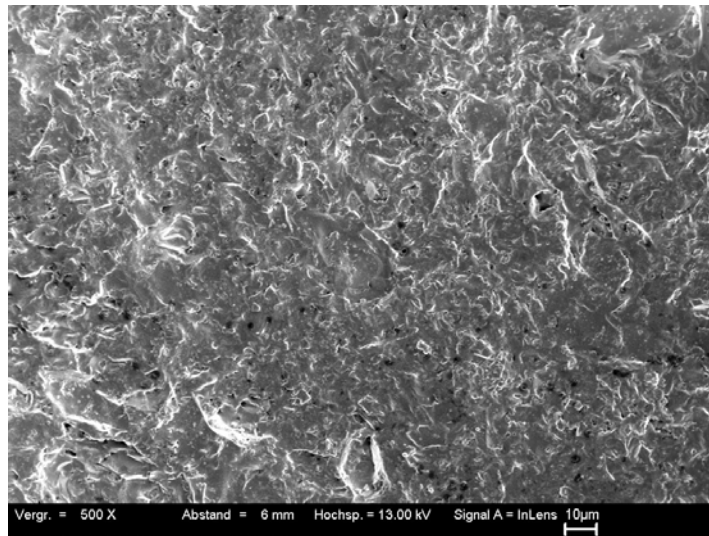


Abb. 4.20: Fläche 1 (Symbio ceramic) **Grobe Vorpolitur** 500x.

Abbildung 4.21 stellt Fläche 2 der Symbio ceramic Keramik dar. Fläche 2 wurde ebenfalls grob vorpoliert und danach erfolgte eine feine Politur mit einem universellen Silikonpolierer. Durch den letzten Bearbeitungsschritt erscheint die Oberfläche von Fläche 2 glatter als Fläche 1.

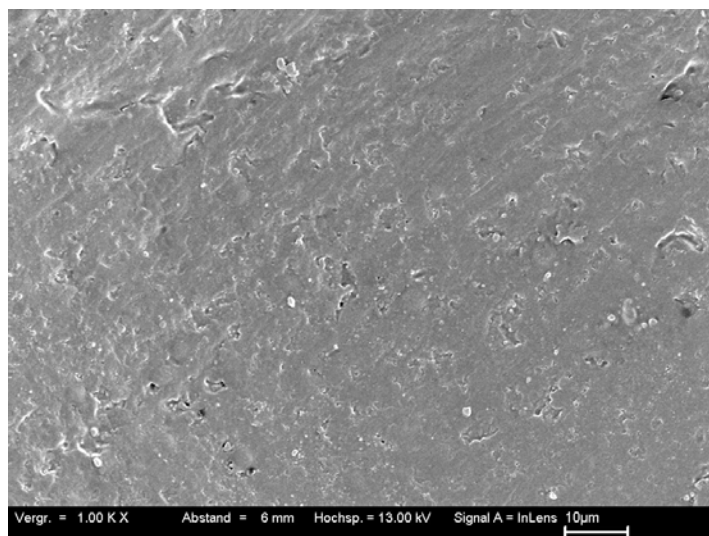


Abb. 4.21: Fläche 2 (Symbio ceramic) **Feine Politur** 500x.

Die sehr glatte Oberfläche von Fläche 3 der Ducera-Keramik, wie sie in **Abb. 4.22** zu beobachten ist, wurde nach einer groben und feinen Politur wie bei Fläche 2 mit einer anschließenden feinen Politur mittels eines Wollschwabbels erreicht. Fläche 3 erscheint optisch sehr viel glatter als Fläche 1 und 2.

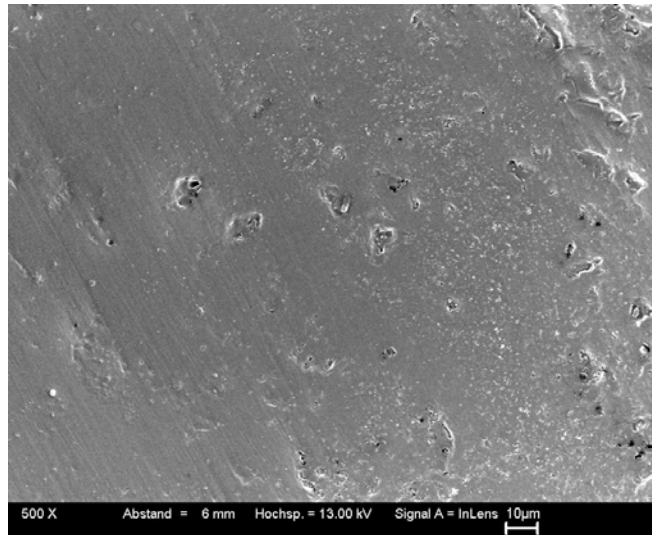


Abb. 4.22: Fläche 3 (Symbio ceramic) **Extra feine Politur** 500x.
Deutlich sind Oberflächenstörungen in Form von weißen, gepunkteten Arealen und kleinen Poren besonders auf der rechten Seite der Abbildung erkennbar.

Fläche 4 der Symbio ceramic Keramik, die in **Abbildung 4.23** zu sehen ist, zeigt die Ausgangssituation nach dem Brennvorgang. Diese Oberfläche wurde nicht poliert. Es ist eine flache Reliefbildung zu erkennen. Optisch erscheint Fläche 4 als glatte Fläche.

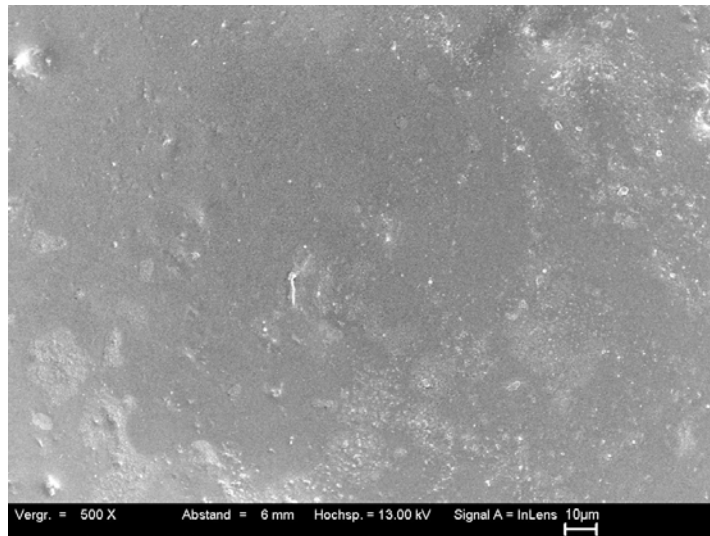


Abb. 4.23: Fläche 4 (Symbio ceram) **Brand nach Herstellerangabe** 500x.
Auf Fläche 4 sind ebenso wie bei Fläche 3
Oberflächenstörungen in Form von weißen,
gepunkteten Arealen und kleinen Poren erkennbar.

Abb. 4.24 zeigt die Fläche 5 der Symbio ceram Keramik, die die Ausgangssituation darstellt. Diese Fläche ist unbearbeitet und erscheint optisch als glatte Oberfläche.

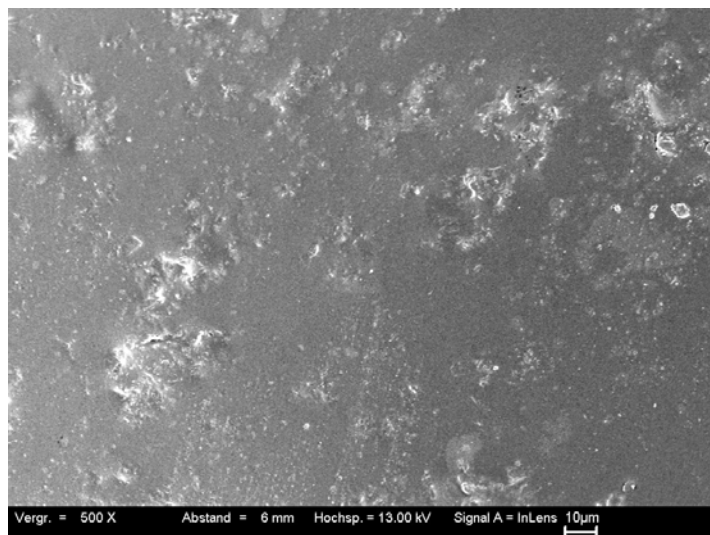


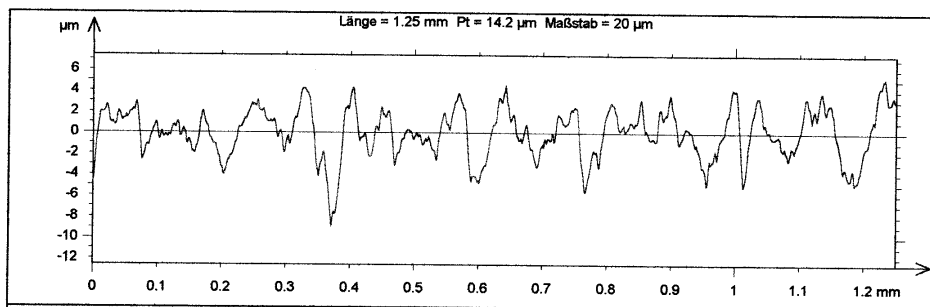
Abb. 4.24: Fläche 5 (Symbio ceram) **Brand nach Techniker Erfahrung** 500x.
ZTM-Praxislabor (Prof. Dr. Reppel)

4.3 Auswertung der Profilogramme

Um die vorliegenden Messergebnisse in ihrer Aussagekraft zu unterstützen, wurden bei der 3D-Rauigkeitsmessung mit dem Hommel Tester T8000 Einzelprofilogramme der Probenoberflächen aufgenommen. Aus diesen Aufzeichnungen wurden charakteristische Profilogramme zusammengestellt, bei denen der Rz-Wert möglichst den Mittelwert aus den zehn Messungen der einzelnen Flächen der beiden Gruppen repräsentieren.

Die Gegenüberstellung der Profilogramme untereinander macht deutlich, welchen Einfluß die angewandten Bearbeitungs- und Polierverfahren auf die Keramikoberfläche haben.

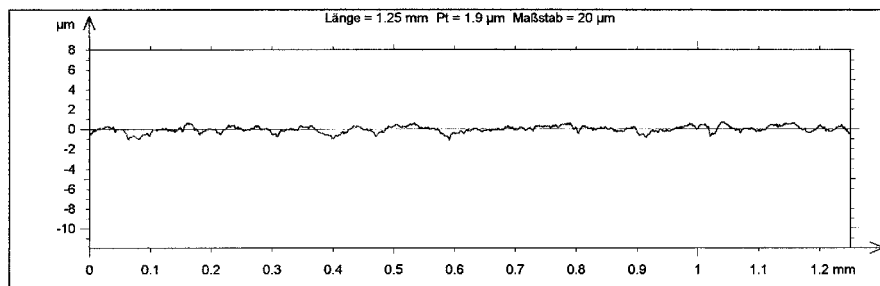
4.3.1 Charakteristische Profilogramme der Flächen 1-5 (Symbio-Gruppe)



Fläche 1

Abb. 4.25: charakteristisches Profilogramm von Fläche 1 der Symbio-Gruppe
(Grobe Vorpolitur)

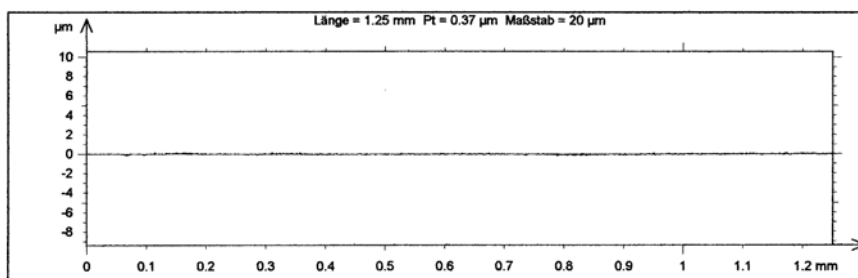
Die grobe Vorpolitur mit einem diamantierten Fräser hinterläßt auf Fläche 1 der Zahnkronen eine wellige, mit tief reichenden, spitzen und unregelmäßigen Zacken versehene Oberfläche (**Abb. 4.25**).



Fläche 2

Abb. 4.26: charakteristisches Profilogramm von Fläche 2 der Symbio-Gruppe
(Feine Politur)

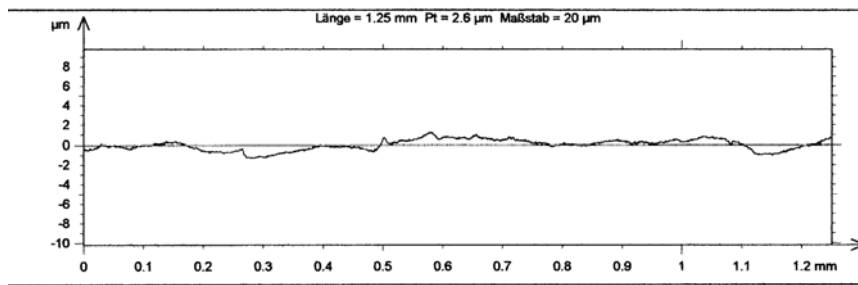
Das Profilogramm der Fläche 2 zeigt einen ausgewogenen geraden Verlauf mit einer nur gering unregelmäßigen Mikrostruktur, was auf eine glattere Oberfläche schließen lässt (**Abb. 4.26**). Sie wurde nach einer groben Vorpolitur durch eine feine Endpolitur mit einem universellen Silikonpolierer erreicht. Dies wird durch die statistische Auswertung bestätigt. Der Unterschied zwischen Fläche 1 und 2 ist signifikant zum Niveau 1%.



Fläche 3

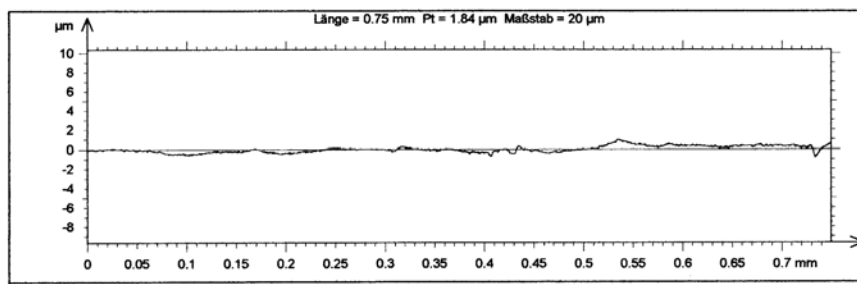
Abb. 4.27: charakteristisches Profilogramm von Fläche 3 der Symbio-Gruppe
(Extra feine Politur)

Fläche 3 zeigt eine ausgeglichene, glatte Makro- und Mikrostruktur, was auf eine sehr glatte Oberfläche schließen lässt (**Abb. 4.27**). Sie wird nach grober Vorpolitur durch eine feine und extra feine Politur mit einer diamanthaltigen Polierpaste erreicht. Auch hier werden die statistischen Ergebnisse bestätigt, dass Fläche 3 signifikant glatter ist als Fläche 1, 2, 4 und 5 (zum Niveau 1%).



Fläche 4

Abb. 4.28: charakteristisches Profilogramm von Fläche 4 der Symbio-Gruppe
(Brand nach Herstellerangabe)

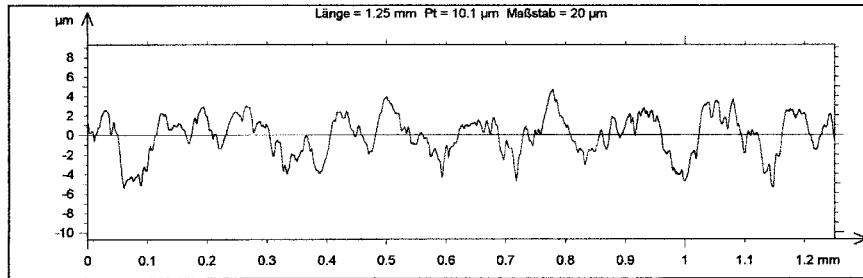


Fläche 5

Abb. 4.29: charakteristisches Profilogramm von Fläche 5 der Symbio-Gruppe
(Brand nach Techniker Erfahrung)

Fläche 4 und 5 wurden beide nicht bearbeitet. Ihre Profilogramme zeigen einen ausgeglichenen, leicht welligen Verlauf mit einer ruhigen Mikrostruktur, was auf glatte Oberflächen schließen lässt (**Abb. 4.28 und 4.29**). Die Oberflächen erscheinen aber nicht glatter als die Flächen 2 und 3, sondern eher etwas rauer. Dies wird ebenfalls durch die Statistik bestätigt. Der Unterschied zwischen Fläche 4 und den Flächen 2 und 3 ist signifikant zum Niveau 1%, zwischen Fläche 5 und 2 signifikant zum Niveau 5%, zwischen Fläche 5 und 3 signifikant zum Niveau 1%, aber zwischen Fläche 4 und 5 nicht signifikant.

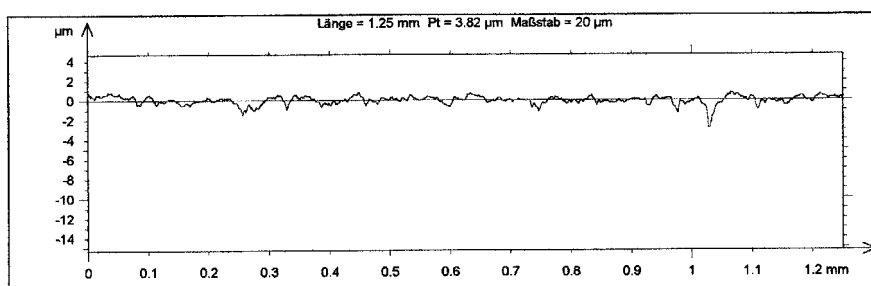
4.3.2 Charakteristische Profilogramme der Flächen 1-5 (Vita-Gruppe)



Fläche 1

Abb. 4.30: charakteristisches Profilogramm von Fläche 1 der Vita-Gruppe
(Grobe Vorpolitur)

Die grobe Vorpolitur mit einem diamantierten Fräser hinterlässt auf Fläche 1 der Zahnkronen aus der Vita-Gruppe ebenso wie bei der Symbio-Gruppe eine wellige, mit tief reichenden, spitzen Zacken versehene Oberfläche (Abb. 4.30).



Fläche 2

Abb. 4.31: charakteristisches Profilogramm von Fläche 2 der Vita-Gruppe
(Feine Politur)

Fläche 2 zeigt einen ausgewogenen geraden Verlauf, aber im Vergleich zur entsprechend bearbeiteten Fläche der Symbio-Gruppe Unregelmäßigkeiten in der Mikrostruktur (Abb. 4.31). Durch die statistische Analyse wird bestätigt, dass Fläche 2 der Vita-Gruppe rauher ist als die der Symbio-Gruppe. Der statistische Vergleich der Fläche 1 und 2 innerhalb der Vita-

Gruppe zeigt einen signifikanten Unterschied zum Niveau 1%. Fläche 2 erscheint auch im Profilogramm bedeutend glatter.

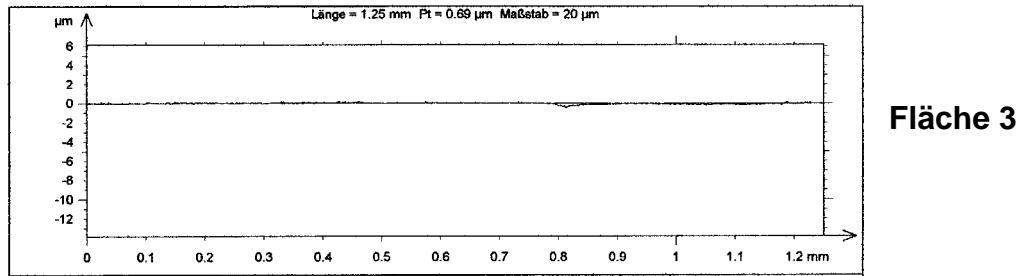
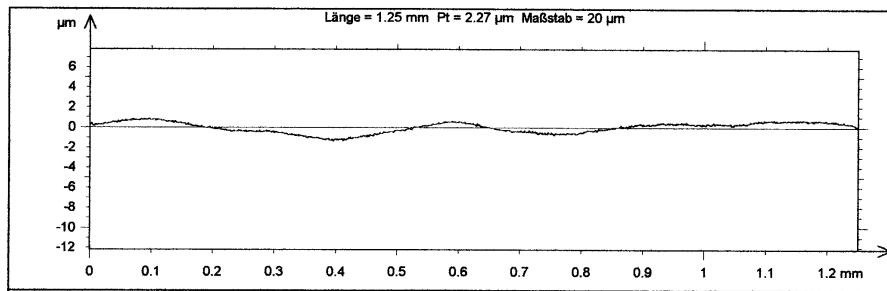


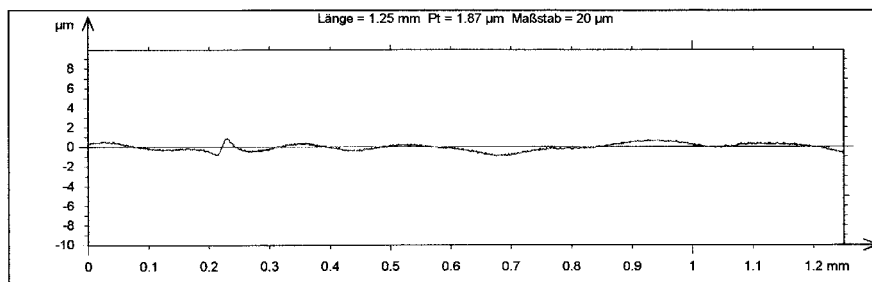
Abb. 4.32: charakteristisches Profilogramm von Fläche 3 der Vita-Gruppe
(Extra feine Politur)

Fläche 3 ist gekennzeichnet durch eine ausgeglichene, glatte Makrostruktur mit einer fast glatten Mikrostruktur mit minimalen Abweichungen, die in der Symbio-Gruppe nicht erscheinen. Die statistische Auswertung beweist ebenso, dass Fläche 3 der Vita-Gruppe rauher ist als die entsprechende Fläche der Symbio-Gruppe (**Abb. 4.32**). Desweiteren zeigen sowohl die Profilogramme als auch die statistischen Ergebnisse, dass Fläche 3 glatter ist als Fläche 1 und 2 (signifikant zum Niveau 1%) innerhalb der Vita-Gruppe.



Fläche 4

Abb. 4.33: charakteristisches Profilogramm von Fläche 4 der Vita-Gruppe
(Brand nach Herstellerangabe)



Fläche 5

Abb. 4.34: charakteristisches Profilogramm von Fläche 5 der Vita-Gruppe
(Brand nach Techniker Erfahrung)

Die Profilogramme der unbearbeiteten Flächen 4 und 5 zeigen beide einen ausgeglichenen, leicht welligen Verlauf mit einer ruhigen Mikrostruktur, was auf glatte Oberflächen schließen lässt (**Abb. 4.33 – 4.34**). Die Oberflächen erscheinen nicht glatter als die entsprechenden Flächen der Symbio-Gruppe, was durch die statistische Analyse bestätigt wird. Der Unterschied ist nicht signifikant. Die Flächen 4 und 5 der Vita-Gruppe sind im statistischen Vergleich nicht glatter als Fläche 2 und 3 der gleichen Gruppe (nicht signifikant). Dieses Ergebnis wird auch bei den entsprechenden Profilogramm-Vergleichen ersichtlich.