

Aus der Abteilung Experimentelle Zahnheilkunde
(Leiter: Univ. - Prof. Dr. R. J. Radlanski)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
des Fachbereiches Humanmedizin
der Freien Universität Berlin

**Der Haftverbund
zwischen einer Kobalt – Chrom – Legierung und
Keramik
nach Anwendung eines neuen
Sol – Gel – Tauchverfahrens zur
Oberflächenkonditionierung**

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Humanmedizin
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Detlev Rüdiger Rose
aus Görlitz

Referent: PD Dr. rer. nat. R. Strietzel

Korreferent: Prof. Dr. G. Sauer

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Humanmedizin
der Freien Universität Berlin

Klinik und Poliklinik für Zahn -, Mund - und Kieferheilkunde

Promoviert am: 07.09.2001

Widmung

meinen Eltern
meinen Lehrern

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG.....	9
2	SCHRIFTUM.....	11
2.1	Entwicklung der Metall – Keramik –Verbundsysteme.....	11
2.2	Keramik.....	12
2.3	Metalle.....	14
2.4	Theorien zum Haftverbund Metall – Keramik.....	16
2.4.1	Kontraktionskräfte.....	17
2.4.2	Mechanische Bindung.....	18
2.4.3	Adhäsive Bindung.....	18
2.4.4	Chemische Bindung.....	18
2.5	Einflußfaktoren auf den Haftverbund.....	20
2.5.1	Oberflächenvorbehandlung.....	20
2.5.2	Einfluß des Brandes.....	20
2.5.3	Elastizitätsmodul.....	20
2.5.4	Haftvermittler.....	21
2.5.5	Verarbeitungsfehler.....	22
2.5.6	Oxidbrand.....	23
2.6	Verfahren zur Prüfung des Metall – Keramik – Haftverbundes.....	23
2.7	Sol – Gel – Technik.....	26
2.7.1	Definition von Solen und Gelen.....	26
2.7.2	Aufbringen von Schichten mit Hilfe der Sol – Gel – Technik.....	28
3	MATERIAL UND METHODE.....	31
3.1	Material.....	31
3.1.1	Aufbrennfähige NEM – Legierung Wirobond C.....	31
3.1.2	Verblendkeramik Omega 900.....	32
3.1.3	Konditionierungsverfahren.....	34
3.2	Methode.....	34
3.2.1	Prüfkörper.....	34
3.2.2	Prüfmethode.....	35

3.2.3	Apparatur.....	36
3.2.4	Verfahren.....	36
3.2.5	Bestimmung der Scher – Verbundfestigkeit.....	38
3.2.6	Experimentelle Bestimmung des Elastizitätsmoduls.....	40
3.3	Durchführung.....	41
3.3.1	Vorversuche.....	41
3.3.2	Herstellung der Prüfkörper.....	44
3.3.3	Oberflächenkonditionierung der Prüfkörper (1. Serie).....	45
3.3.4	Aufbrennen der Keramik.....	46
3.3.5	Lagerung der Prüfkörper.....	49
3.3.6	Durchführung des SCHWICKERATH –Test.....	50
3.3.7	Modifikation der Titandioxidbeschichtung (2. Serie).....	50
3.4	Oberflächenuntersuchungen.....	52
3.5	Statistisches Verfahren.....	55
3.5.1	Mittelwert.....	55
3.5.2	Median.....	56
3.5.3	Standardabweichung.....	56
3.5.4	Variationskoeffizient.....	56
3.5.5	Prüfstatistik.....	56
4	ERGEBNISSE.....	59
4.1	Ergebnisse SCHWICKERATH –Test.....	59
4.1.1	Scher – Verbundfestigkeit 1. und 2. Serie.....	59
4.1.1.1	Trockenlagerung.....	59
4.1.1.2	Naßlagerung.....	65
4.1.1.3	Thermocycling.....	70
4.1.1.4	Vergleich der Lagerungsarten.....	75
4.2	Ergebnisse der oberflächenanalytischen Untersuchungen.....	78
4.2.1	Ergebnisse der REM – Analyse.....	78
4.2.2	Ergebnisse der EDX – Analyse.....	79
5	DISKUSSION.....	85
5.1	Diskussion des Meßfehlers.....	85

5.1.1	Einfluß der Verarbeitung.....	85
5.1.2	Eignung der Verfahren.....	87
5.1.3	Meßfehler des verwendeten Untersuchungsverfahrens.....	88
5.1.4	Meßfehler der verwendeten Beschichtungsmethode.....	88
5.2	Diskussion der Meßwerte.....	89
5.2.1	Schlußfolgerung.....	92
6	ZUSAMMENFASSUNG.....	93
6.1	Summery.....	94
7	LITERATURVERZEICHNIS.....	97
8	ANHANG.....	109
8.1	Verwendete Materialien.....	109
8.2	Verwendete Geräte.....	110
8.3	Meßwerte.....	111
8.3.1	Haftverbund.....	111
8.3.2	EDX – Analyse.....	135
8.3.3	Elastizitätsmodul.....	145

8 ANHANG

8.1 Verwendete Materialien

- ° Akemi Transparent, Fa. Jean Wirtz (Kunstharz)
- ° Begosol, Fa. Bego (Anmischflüssigkeit)
- ° Carat, Fa. De Trey Dentsply (Isolierflüssigkeit für Keramik)
- ° Metadi II Paste, Fa. Buchler (Diamantpolierpaste)
- ° Korox 110 µm Edelmetall, Fa. Bego
- ° Leit-C, Fa. Neubauer Chemikalien (kohlenstoffhaltige Fixiermasse)
- ° Polyethylenfolienstreifen
- ° Siliziumkarbidschleifpapier 200, 400, 600, 1000, 1200, Fa. Jean Wirtz
- ° Silver paint, Fa. Agar scientific LTD (Leitsilberbahnen)
- ° Sole: ZrO₂ (Typ ZTP-A),
Al₂O₃ (Typ AcAc),
SiO₂ (Typ TEOS),
TiO₂ (Typ T42 und T43)
- ° Vita Omega 900 Dentin 3M1 (Chargennummer 5241) Fa. Vita
- ° Vita Omega 900 Opaque 3M1 (Chargennummer 5277) Fa. Vita
- ° Vita Omega Opaque Liquid, Fa. Vita
- ° Wachsentspannungsspray Wilanez W 2, Fa. Wiland
- ° Wachsdraht für Gußkanäle, Fa. Bego
- ° Wirobond C (Chargennummer 1300), Fa. Bego
- ° Wirowest, Fa. Bego (Einbettmasse)

8.2 Verwendete Geräte

- Bügelfeinmeßschraube, Fa. Helius
- Diamantscheibe, Diamantschleifkörper, Hartmetallfräsen, Fa. Komet
- EDX-Gerät PV 9100, Fa. EDAX
- Gußmuffel Größe 9 und Papiereinlage
- Gußtrichterformer für Nautilus T
- Duostar F 2, Fa. Bego (Laborabstrahlgerät)
- Nautilus T, Fa. Bego (Hochfrequenz-Vakuum-Druckgußmaschine)
- Rasterelektronenmikroskop Cambridge-Stereoscan 150 MK 2
- Sputtergerät SCD-40, Fa. Balzer Union
- Stereoauflichtmikroskop, Fa. Carl Zeiss
- Tischschleif- und -poliermaschine TF 250, Fa. Jean Wirtz
- Universalprüfmaschine Instron, Modell 6025, Fa. Wolpert
- Vakumat 100, Fa. Vita (Keramikkbrennofen)
- Vakuumanmischgerät Multivac 4, Fa. Degussa
- Vorwärmofen MIHM-Vogt

8.3 Meßwerte**8.3.1 Haftverbund**Meßprotokoll A1

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH

Metall: Wirobond C

Keramik: Vita Omega 900

Sol - Gel - Konditionierung: ohne

Lagerungsart: 4 Wochen, 35 °C, trocken

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa	
1	13,40	3,03	13,27	0,54	3,87	51,34	
2	13,30	2,90	13,76	0,54	3,87	53,25	
3	13,20	3,00	13,20	0,54	3,87	51,08	
4	13,20	3,04	13,03	0,54	3,87	50,41	
5	13,40	3,07	13,09	0,54	3,87	50,68	
6	13,30	2,91	13,71	0,54	3,87	53,06	
7	12,80	3,15	12,19	0,53	4,00	48,76	
Mittelwert						MPa	51,23
Median						MPa	51,08
Minimum						MPa	48,76
Maximum						MPa	53,25
Standardabweichung						MPa	1,56
Variationskoeffizient						%	3,04

Tab. 8.1 Meßwerte und beschreibende Statistik der unbeschichteten Prüfkörper nach Trockenlagerung

Meßprotokoll A2

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: ohne
 Lagerungsart: 4 Wochen, 35 °C, naß

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	12,90	2,95	13,12	0,54	3,87	50,77
2	12,50	2,89	12,98	0,54	3,87	50,22
3	12,00	2,96	12,16	0,54	3,87	47,07
4	14,66	3,10	14,19	0,54	3,87	54,90
5	13,90	3,03	13,76	0,54	3,87	53,26
6	10,70	2,94	10,92	0,52	4,14	45,20
7	11,90	3,00	11,90	0,52	4,14	49,27
Mittelwert					MPa	50,10
Median					MPa	50,22
Minimum					MPa	45,20
Maximum					MPa	54,90
Standardabweichung					MPa	3,35
Variationskoeffizient					%	6,69

Tab. 8.2 Meßwerte und beschreibende Statistik der unbeschichteten Prüfkörper nach 4-wöchiger Lagerung in Wasser

Meßprotokoll A3

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: ohne
 Lagerungsart: 5000 Thermowechselzyklen

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	11,10	2,95	11,29	0,52	4,14	46,73
2	13,10	2,91	13,51	0,53	4,00	54,02
3	14,00	3,08	13,64	0,53	4,00	54,55
4	14,20	2,95	14,44	0,55	3,75	54,15
5	12,00	2,89	12,46	0,53	4,00	49,83
6	12,40	2,95	12,61	0,54	3,87	48,80
7	13,90	3,24	12,87	0,54	3,87	49,81
Mittelwert					MPa	51,13
Median					MPa	49,83
Minimum					MPa	46,73
Maximum					MPa	54,55
Standardabweichung					MPa	3,09
Variationskoeffizient					%	6,05

Tab. 8.3 Meßwerte und beschreibende Statistik der unbeschichteten Prüfkörper nach 5000 Temperaturwechselzyklen

Meßprotokoll B1

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Zirkoniumdioxid
 Lagerungsart: 4 Wochen, 35 °C, trocken

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	11,40	2,95	11,59	0,53	4,00	46,37
2	12,00	3,05	11,80	0,53	4,00	47,21
3	12,40	3,04	12,24	0,53	4,00	48,95
4	12,40	3,15	11,81	0,52	4,14	48,89
5	11,82	2,96	11,98	0,53	4,00	47,92
6	12,50	2,93	12,80	0,53	4,00	51,19
7	12,60	3,06	12,35	0,53	4,00	49,41
Mittelwert					MPa	48,56
Median					MPa	48,89
Minimum					MPa	46,37
Maximum					MPa	51,19
Standardabweichung					MPa	1,58
Variationskoeffizient					%	3,25

Tab. 8.4 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Zirkoniumdioxid beschichteten Prüfkörper nach Trockenlagerung

Meßprotokoll B2

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Zirkoniumdioxid
 Lagerungsart: 4 Wochen, 35 °C, naß

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	12,30	2,97	12,42	0,53	4,00	49,70
2	13,70	3,20	12,84	0,54	3,87	49,71
3	16,30	3,20	15,28	0,58	3,45	52,72
4	15,19	3,05	14,94	0,57	3,54	52,89
5	14,30	3,06	14,02	0,57	3,54	49,63
6	12,60	2,95	12,81	0,57	3,54	45,36
7	15,50	3,20	14,53	0,58	3,45	50,13
Mittelwert					MPa	50,02
Median					MPa	49,71
Minimum					MPa	45,36
Maximum					MPa	52,89
Standardabweichung					MPa	2,50
Variationskoeffizient					%	5,01

Tab. 8.5 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Zirkoniumdioxid beschichteten Prüfkörper nach 4-wöchiger Lagerung in Wasser

Meßprotokoll B3

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Zirkoniumdioxid
 Lagerungsart: 5000 Thermowechselzyklen

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	13,90	2,90	14,38	0,55	3,75	53,92
2	11,90	2,95	12,10	0,53	4,00	48,41
3	12,30	2,92	12,64	0,53	4,00	50,55
4	12,20	2,80	13,07	0,52	4,14	54,12
5	13,30	3,12	12,79	0,52	4,14	52,94
6	11,50	2,93	11,77	0,52	4,14	48,75
7	11,40	2,90	11,79	0,52	4,14	48,82
Mittelwert					MPa	51,07
Median					MPa	50,55
Minimum					MPa	48,41
Maximum					MPa	54,12
Standardabweichung					MPa	2,54
Variationskoeffizient					%	4,97

Tab. 8.6 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Zirkoniumdioxid beschichteten Prüfkörper nach 5000 Temperaturwechselzyklen

Meßprotokoll C1

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Aluminiumoxid
 Lagerungsart: 4 Wochen, 35 °C, trocken

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	13,10	2,90	13,55	0,55	3,75	50,82
2	12,20	2,90	12,62	0,54	3,87	48,84
3	11,70	2,90	12,10	0,54	3,87	46,84
4	12,40	2,88	12,92	0,56	3,64	47,02
5	12,10	2,97	12,22	0,54	3,87	47,30
6	15,00	3,27	13,76	0,55	3,75	51,61
7	12,20	3,07	11,92	0,54	3,87	46,14
Mittelwert					MPa	48,37
Median					MPa	47,30
Minimum					MPa	46,14
Maximum					MPa	51,61
Standardabweichung					MPa	2,12
Variationskoeffizient					%	4,39

Tab. 8.7 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Aluminiumoxid beschichteten Prüfkörper nach Trockenlagerung

Meßprotokoll C2

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Aluminiumoxid
 Lagerungsart: 4 Wochen, 35 °C, naß

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	11,10	3,00	11,10	0,52	4,14	45,95
2	11,70	3,10	11,32	0,53	4,00	45,29
3	12,00	3,20	11,25	0,53	4,00	45,00
4	11,40	3,08	11,10	0,53	4,00	44,42
5	9,50	2,90	9,83	0,53	4,00	39,31
6	10,90	3,12	10,48	0,53	4,00	41,92
7	12,40	3,00	12,40	0,55	3,75	46,50
Mittelwert					MPa	44,06
Median					MPa	45,00
Minimum					MPa	39,31
Maximum					MPa	46,50
Standardabweichung					MPa	2,56
Variationskoeffizient					%	5,80

Tab. 8.8 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Aluminiumoxid beschichteten Prüfkörper nach 4-wöchiger Lagerung in Wasser

Meßprotokoll C3

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Aluminiumoxid
 Lagerungsart: 5000 Thermowechselzyklen

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	13,80	3,40	12,18	0,54	3,87	47,12
2	12,20	3,20	11,44	0,53	4,00	45,75
3	13,10	3,12	12,60	0,54	3,87	48,75
4	12,00	2,87	12,54	0,54	3,87	48,54
5	11,70	3,00	11,70	0,53	4,00	46,80
6	10,60	2,93	10,85	0,53	4,00	43,41
7	10,40	3,00	10,40	0,53	4,00	41,60
Mittelwert					MPa	46,00
Median					MPa	46,80
Minimum					MPa	41,60
Maximum					MPa	48,75
Standardabweichung					MPa	2,65
Variationskoeffizient					%	5,75

Tab. 8.9 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Aluminiumoxid beschichteten Prüfkörper nach 5000 Temperaturwechselzyklen

Meßprotokoll D1

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Siliziumdioxid
 Lagerungsart: 4 Wochen, 35 °C, trocken

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	13,00	3,20	12,19	0,54	3,87	47,17
2	13,56	3,20	12,71	0,55	3,75	47,67
3	12,00	3,03	11,88	0,54	3,87	45,98
4	12,80	3,10	12,39	0,54	3,87	47,94
5	12,00	3,08	11,69	0,54	3,87	45,23
6	12,20	3,12	11,73	0,54	3,87	45,40
7	11,00	2,85	11,58	0,54	3,87	44,81
Mittelwert					MPa	46,31
Median					MPa	45,98
Minimum					MPa	44,81
Maximum					MPa	47,94
Standardabweichung					MPa	1,26
Variationskoeffizient					%	2,73

Tab. 8.10 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Siliziumdioxid beschichteten Prüfkörper nach Trockenlagerung

Meßprotokoll D2

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Siliziumdioxid
 Lagerungsart: 4 Wochen, 35 °C, naß

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	11,30	3,00	11,30	0,54	3,87	43,73
2	10,80	2,97	10,91	0,53	4,00	43,64
3	9,90	3,03	9,80	0,53	4,00	39,21
4	9,20	2,87	9,62	0,53	4,00	38,47
5	9,50	2,95	9,66	0,53	4,00	38,64
6	9,60	2,88	10,00	0,53	4,00	40,00
7	11,10	3,20	10,41	0,54	3,87	40,27
Mittelwert					MPa	40,57
Median					MPa	40,00
Minimum					MPa	38,47
Maximum					MPa	43,73
Standardabweichung					MPa	2,23
Variationskoeffizient					%	5,49

Tab. 8.11 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Siliziumdioxid beschichteten Prüfkörper nach 4-wöchiger Lagerung in Wasser

Meßprotokoll D3

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Siliziumdioxid
 Lagerungsart: 5000 Thermowechselzyklen

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	10,00	3,00	10,00	0,53	4,00	40,00
2	11,47	3,09	11,14	0,54	3,87	43,10
3	10,70	3,15	10,19	0,53	4,00	40,76
4	9,70	3,05	9,54	0,53	4,00	38,16
5	10,90	3,05	10,72	0,53	4,00	42,89
6	11,10	2,98	11,17	0,53	4,00	44,70
7						
Mittelwert					MPa	41,60
Median					MPa	41,82
Minimum					MPa	38,16
Maximum					MPa	44,70
Standardabweichung					MPa	2,39
Variationskoeffizient					%	5,74

Tab. 8.12 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Siliziumdioxid beschichteten Prüfkörper nach 5000 Temperaturwechselzyklen

Meßprotokoll E1

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Titandioxid
 Lagerungsart: 4 Wochen, 35 °C, trocken

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	12,50	2,98	12,58	0,54	3,87	48,70
2	13,80	2,90	14,28	0,55	3,75	53,53
3	11,30	2,78	12,19	0,53	4,00	48,78
4	13,70	3,22	12,76	0,54	3,87	49,40
5	11,60	3,05	11,41	0,52	4,14	47,24
6	13,00	3,10	12,58	0,53	4,00	50,32
7	12,70	3,20	11,91	0,53	4,00	47,63
Mittelwert					MPa	49,37
Median					MPa	48,78
Minimum					MPa	47,24
Maximum					MPa	53,53
Standardabweichung					MPa	2,11
Variationskoeffizient					%	4,27

Tab. 8.13 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Titandioxid beschichteten Prüfkörper nach Trockenlagerung

Meßprotokoll E2

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Titandioxid
 Lagerungsart: 4 Wochen, 35 °C, naß

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	14,30	2,96	14,49	0,54	3,87	56,09
2	14,20	3,27	13,03	0,53	4,00	52,11
3	14,90	3,23	13,84	0,53	4,00	55,36
4	11,86	2,88	12,35	0,53	4,00	49,42
5	12,10	2,84	12,78	0,54	3,87	49,47
6	12,70	3,05	12,49	0,54	3,87	48,34
7	12,60	2,98	12,68	0,54	3,87	49,09
Mittelwert					MPa	51,41
Median					MPa	49,47
Minimum					MPa	48,34
Maximum					MPa	56,09
Standardabweichung					MPa	3,18
Variationskoeffizient					%	6,18

Tab. 8.14 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Titandioxid beschichteten Prüfkörper nach 4-wöchiger Lagerung in Wasser

Meßprotokoll E3

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Titandioxid
 Lagerungsart: 5000 Thermowechselzyklen

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	12,50	3,05	12,30	0,53	4,00	49,18
2	13,30	3,06	13,04	0,55	3,75	48,90
3	13,40	3,05	13,18	0,55	3,75	49,43
4	13,30	2,97	13,43	0,54	3,87	51,99
5	11,40	2,79	12,26	0,54	3,87	47,44
6	12,60	3,27	11,56	0,53	4,00	46,24
7	14,50	3,05	14,26	0,54	3,87	55,20
Mittelwert					MPa	49,77
Median					MPa	49,18
Minimum					MPa	46,24
Maximum					MPa	55,20
Standardabweichung					MPa	2,99
Variationskoeffizient					%	6,00

Tab. 8.15 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Titandioxid beschichteten Prüfkörper nach 5000 Temperaturwechselzyklen

Meßprotokoll F1

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Titandioxid, T42, 900 °C
 Lagerungsart: 4 Wochen, 35 °C, trocken

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	12,84	3,20	12,04	0,54	3,87	46,59
2	13,56	3,05	13,34	0,55	3,75	50,02
3	11,97	2,99	12,01	0,53	4,00	48,04
4	11,10	2,88	11,56	0,53	4,00	46,25
5	13,00	2,90	13,45	0,53	4,00	53,79
6	12,48	3,00	12,48	0,53	4,00	49,92
7	12,09	3,00	12,09	0,53	4,00	48,36
Mittelwert					MPa	48,99
Median					MPa	48,36
Minimum					MPa	46,25
Maximum					MPa	53,79
Standardabweichung					MPa	2,57
Variationskoeffizient					%	5,24

Tab. 8.16 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Titandioxid (T42, 900 °C) beschichteten Prüfkörper nach Trockenlagerung

Meßprotokoll F2

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Titandioxid, T42, 900 °C
 Lagerungsart: 4 Wochen, 35 °C, naß

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	10,86	2,88	11,31	0,53	4,00	45,25
2	11,96	3,00	11,96	0,53	4,00	47,84
3	10,98	2,95	11,17	0,53	4,00	44,66
4	13,04	3,03	12,91	0,53	4,00	51,64
5	11,24	2,85	11,83	0,53	4,00	47,33
6	14,46	3,18	13,64	0,55	3,75	51,16
7	13,75	3,02	13,66	0,54	3,87	52,86
Mittelwert					MPa	48,68
Median					MPa	47,84
Minimum					MPa	44,66
Maximum					MPa	52,86
Standardabweichung					MPa	3,24
Variationskoeffizient					%	6,65

Tab. 8.17 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Titandioxid (T42, 900 °C) beschichteten Prüfkörper nach 4-wöchiger Lagerung in Wasser

Meßprotokoll F3

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Titandioxid, T42, 900 °C
 Lagerungsart: 5000 Thermowechselzyklen

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	12,79	2,95	13,01	0,54	3,87	50,34
2	12,23	3,06	11,99	0,54	3,87	46,40
3	11,65	3,12	11,20	0,54	3,87	43,35
4	12,65	2,98	12,73	0,54	3,87	49,28
5	12,19	3,10	11,80	0,54	3,87	45,65
6	12,74	3,15	12,13	0,54	3,87	46,96
7	12,15	2,96	12,31	0,53	4,00	49,26
Mittelwert					MPa	47,32
Median					MPa	46,96
Minimum					MPa	43,35
Maximum					MPa	50,34
Standardabweichung					MPa	2,46
Variationskoeffizient					%	5,19

Tab. 8.18 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Titandioxid (T 42, 900 °C) beschichteten Prüfkörper nach 5000 Temperaturwechselzyklen

Meßprotokoll G1

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Titandioxid, T43, 600 °C
 Lagerungsart: 4 Wochen, 35 °C, trocken

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	11,26	2,80	12,06	0,52	4,14	49,95
2	12,81	3,03	12,68	0,54	3,87	49,08
3	12,39	2,98	12,47	0,53	4,00	49,89
4	12,57	2,93	12,87	0,53	4,00	51,48
5						
6	11,37	2,99	11,41	0,53	4,00	45,63
7	11,84	2,80	12,69	0,53	4,00	50,74
Mittelwert					MPa	49,46
Median					MPa	49,92
Minimum					MPa	45,63
Maximum					MPa	51,48
Standardabweichung					MPa	2,05
Variationskoeffizient					%	4,14

Tab. 8.19 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Titandioxid (T 43, 600 °C) beschichteten Prüfkörper nach Trockenlagerung

Meßprotokoll G2

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Titandioxid, T43, 600 °C
 Lagerungsart: 4 Wochen, 35 °C, naß

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	12,96	2,94	13,22	0,53	4,00	52,90
2	13,52	3,00	13,52	0,53	4,00	54,08
3	10,10	2,82	10,74	0,53	4,00	42,98
4	13,44	2,90	13,90	0,53	4,00	55,61
5	14,33	3,18	13,52	0,54	3,87	52,32
6	13,05	3,00	13,05	0,55	3,75	48,94
7						
Mittelwert					MPa	51,14
Median					MPa	52,61
Minimum					MPa	42,98
Maximum					MPa	55,61
Standardabweichung					MPa	4,57
Variationskoeffizient					%	8,94

Tab. 8.20 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Titandioxid (T 43, 600 °C) beschichteten Prüfkörper nach 4-wöchiger Lagerung in Wasser

Meßprotokoll G3

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Titandioxid, T43, 600 °C
 Lagerungsart: 5000 Thermowechselzyklen

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	11,26	3,00	11,26	0,53	4,00	45,04
2	11,62	2,95	11,82	0,53	4,00	47,27
3	12,03	2,90	12,44	0,53	4,00	49,78
4	13,31	2,91	13,72	0,53	4,00	54,89
5	12,26	2,90	12,68	0,53	4,00	50,73
6	11,82	2,91	12,19	0,53	4,00	48,74
7	13,85	3,38	12,29	0,53	4,00	49,17
Mittelwert					MPa	49,37
Median					MPa	49,17
Minimum					MPa	45,04
Maximum					MPa	54,89
Standardabweichung					MPa	3,06
Variationskoeffizient					%	6,19

Tab. 8.21 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Titandioxid (T 43, 600 °C) beschichteten Prüfkörper nach 5000 Temperaturwechselzyklen

Meßprotokoll H1

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Titandioxid, T42, 600 °C, abgestrahlt
 Lagerungsart: 4 Wochen, 35 °C, trocken

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	11,78	3,04	11,63	0,55	3,75	43,59
2	13,29	3,18	12,54	0,53	4,00	50,15
3	11,12	2,90	11,50	0,53	4,00	46,01
4	13,43	3,00	13,43	0,55	3,75	50,36
5	14,90	3,13	14,28	0,55	3,75	53,55
6	12,13	3,00	12,13	0,53	4,00	48,52
7	14,73	3,08	14,35	0,55	3,75	53,80
Mittelwert					MPa	49,43
Median					MPa	50,15
Minimum					MPa	43,59
Maximum					MPa	53,80
Standardabweichung					MPa	3,74
Variationskoeffizient					%	7,57

Tab. 8.22 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Titandioxid (T 42, 600 °C, abgestrahlt) beschichteten Prüfkörper nach Trockenlagerung

Meßprotokoll H2

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Titandioxid, T42, 600 °C, abgestrahlt
 Lagerungsart: 4 Wochen, 35 °C, naß

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	13,85	3,03	13,71	0,54	3,87	53,07
2	13,30	3,06	13,04	0,54	3,87	50,46
3	11,50	2,97	11,62	0,53	4,00	46,46
4	10,66	2,82	11,34	0,53	4,00	45,36
5	11,84	2,82	12,60	0,53	4,00	50,38
6	13,37	3,18	12,61	0,54	3,87	48,81
7	12,94	2,98	13,03	0,53	4,00	52,11
Mittelwert					MPa	49,52
Median					MPa	50,38
Minimum					MPa	45,36
Maximum					MPa	53,07
Standardabweichung					MPa	2,83
Variationskoeffizient					%	5,71

Tab. 8.23 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Titandioxid (T 42, 600 °C, abgestrahlt) beschichteten Prüfkörper nach 4-wöchiger Lagerung in Wasser

Meßprotokoll H3

Methode: Biege - Scher - Versuch nach SCHWICKERATH
 Metall: Wirobond C
 Keramik: Vita Omega 900
 Sol - Gel - Konditionierung: Titandioxid, T42, 600 °C, abgestrahlt
 Lagerungsart: 5000 Thermowechselzyklen

Nr.	Kraft F gemessen in N	Breite Prüfkörper b in mm	Kraft F' korregiert in N	Dicke Prüfkörper d in mm	Koeffizient k in mm ⁻²	Scher- Verbund- festigkeit τ in Mpa
1	12,10	3,12	11,63	0,53	4,00	46,54
2	11,25	2,80	12,05	0,54	3,87	46,65
3	13,04	2,98	13,13	0,54	3,87	50,80
4	14,38	3,24	13,31	0,55	3,75	49,93
5	13,10	3,17	12,40	0,55	3,75	46,49
6	13,35	2,93	13,67	0,53	4,00	54,68
7	11,54	2,88	12,02	0,53	4,00	48,08
Mittelwert					MPa	49,02
Median					MPa	48,08
Minimum					MPa	46,49
Maximum					MPa	54,68
Standardabweichung					MPa	3,03
Variationskoeffizient					%	6,18

Tab. 8.24 Meßwerte und beschreibende Statistik der mit Titandioxid (T 42, 600 °C, abgestrahlt) beschichteten Prüfkörper nach 5000 Temperaturwechselzyklen

8.3.2 EDX - Analyse

Meßprotokoll EDX - Analyse

Metall:

Wirobond C

Keramik:

Vita Omega 900

Sol - Gel - Konditionierung:

ohne

Kontrolle					
	Keramik	Opaker	Keramik- bruchseite	Legierungs- bruchseite	Legierung
Element	c(100%)	c(100%)	c(100%)	c(100%)	c(100%)
Co	0,25	0,51	3,55	47,00	61,52
Cr	0,23	0,77	15,72	21,00	23,75
Mo	4,07	3,51	2,72	3,45	5,66
W	1,24	1,02	1,21	3,78	5,05
Ce	4,08	20,93	20,01	5,86	1,85
Si	39,67	30,59	17,67	4,32	0,00
In	21,84	11,18	10,28	1,94	0,99
Al	15,19	13,82	13,58	9,16	0,44
K	7,09	7,85	3,56	0,62	0,00
Zr	3,50	5,64	6,76	1,70	0,48
Ti	2,84	4,19	4,94	1,17	-

Tab. 8.25 EDX - Analyse der Elementverteilung der Kontrollprobe

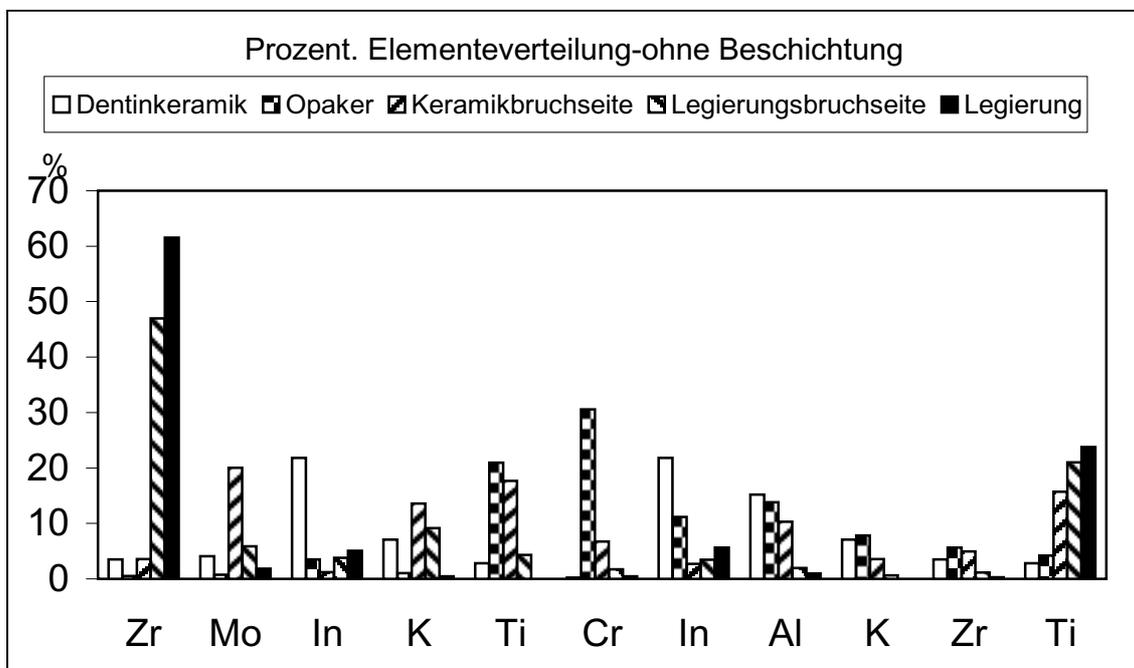


Abb. 8.1 Darstellung der Elementverteilung in der Verbundzone der Kontrollprobe

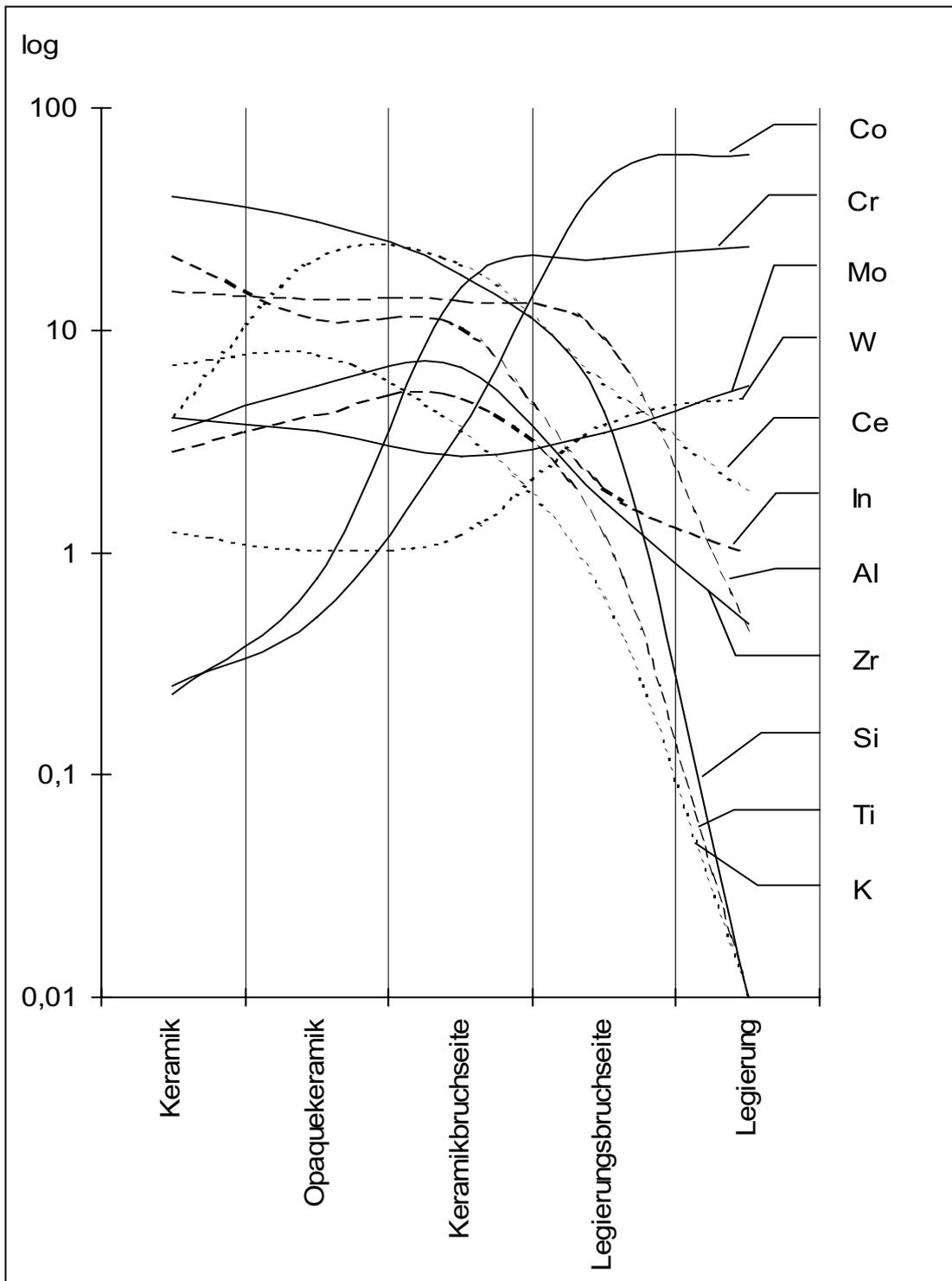


Abb. 8.2 Konzentrationsgradienten ausgewählter Elemente in der Verbundzone einer unbeschichteten Kontrollprobe

Meßprotokoll EDX - Analyse

Metall:

Keramik:

Sol - Gel - Konditionierung:

Wirobond C

Vita Omega 900

Zirkoniumdioxid

Zirkoniumdioxid					
	Keramik	Opaker	Keramik- bruchseite	Legierungs- bruchseite	Legierung
Element	c(100%)	c(100%)	c(100%)	c(100%)	c(100%)
Co	0,34	0,43	4,10	55,07	64,77
Cr	0,33	0,63	18,85	22,44	24,99
Mo	3,95	3,76	2,30	3,01	4,59
W	0,52	0,26	0,48	4,19	4,43
Ce	4,81	15,38	18,64	4,07	0,92
Si	37,92	32,25	17,98	2,49	0,00
In	23,36		7,93	0,96	0,11
Al	15,64	13,25	11,42	4,00	0,09
K	6,67	8,35	3,91	0,41	0,00
Zr	3,47	7,61	9,89	2,62	0,06
Ti	3,00	5,11	4,51	0,75	-

Tab. 8.26 EDX - Analyse der Elementverteilung der Zirkoniumdioxid-
beschichteten Probe

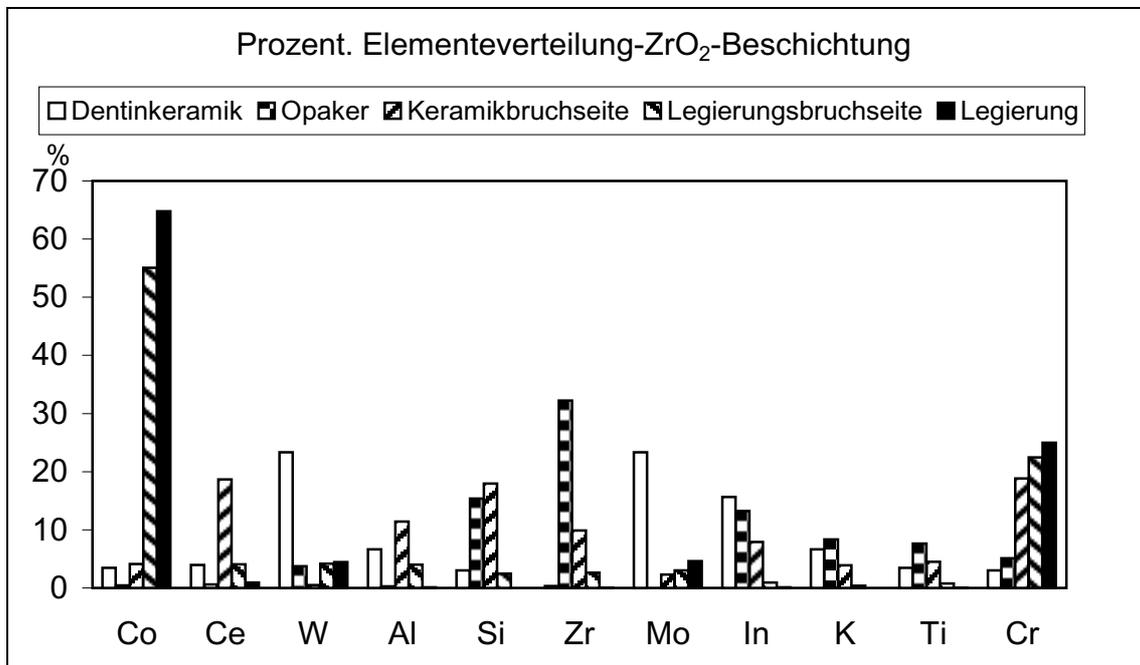


Abb. 8.3 Darstellung der Elementverteilung in der Verbundzone der
Zirkoniumdioxidbeschichteten Probe

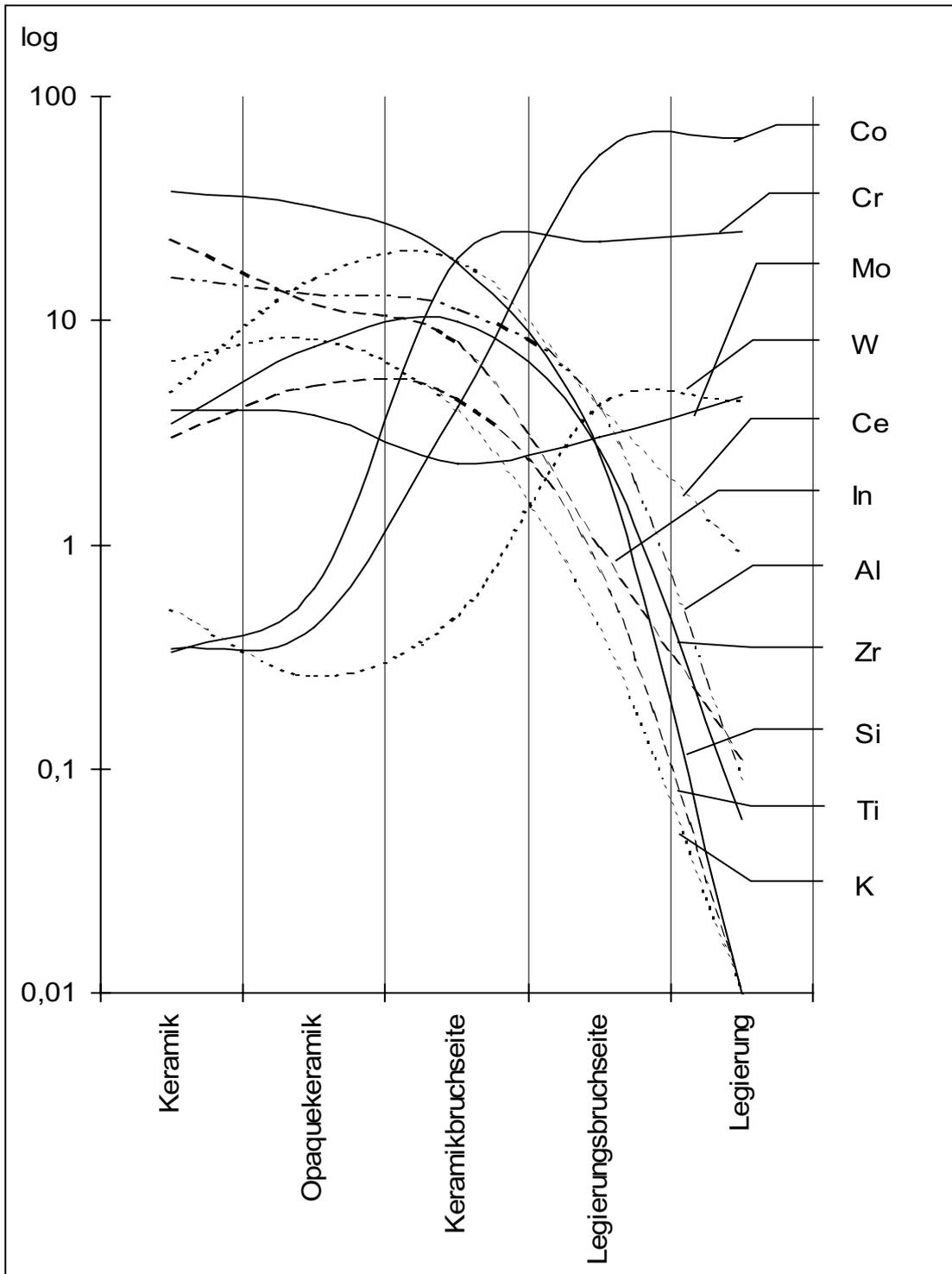


Abb. 8.4 Konzentrationsgradienten ausgewählter Elemente in der Verbundzone einer zirkoniumdioxidbeschichteten Probe

Meßprotokoll EDX - Analyse

Metall:

Wirobond C

Keramik:

Vita Omega 900

Sol - Gel - Konditionierung:

Aluminiumoxid

Aluminiumoxid					
	Keramik	Opaker	Keramik- bruchseite	Legierungs- bruchseite	Legierung
Element	c(100%)	c(100%)	c(100%)	c(100%)	c(100%)
Co	0,45	0,29	5,69	55,10	63,14
Cr	0,32	0,28	26,74	21,34	24,59
Mo	4,16	4,49	2,63	4,07	5,00
W	1,19	0,64	0,91	4,38	4,91
Ce	4,95		17,10	3,58	1,31
Si	37,81	36,73	14,32	2,17	0,00
In	22,58	13,28	8,53	1,46	0,40
Al	15,43	15,97	11,57	5,81	0,30
K	6,73		2,62	0,25	0,00
Zr	3,35	3,68	5,74	1,21	0,24
Ti	3,03	3,21	4,14	0,64	-

Tab. 8.27 EDX - Analyse der Elementverteilung der Aluminiumoxid-
beschichteten Probe

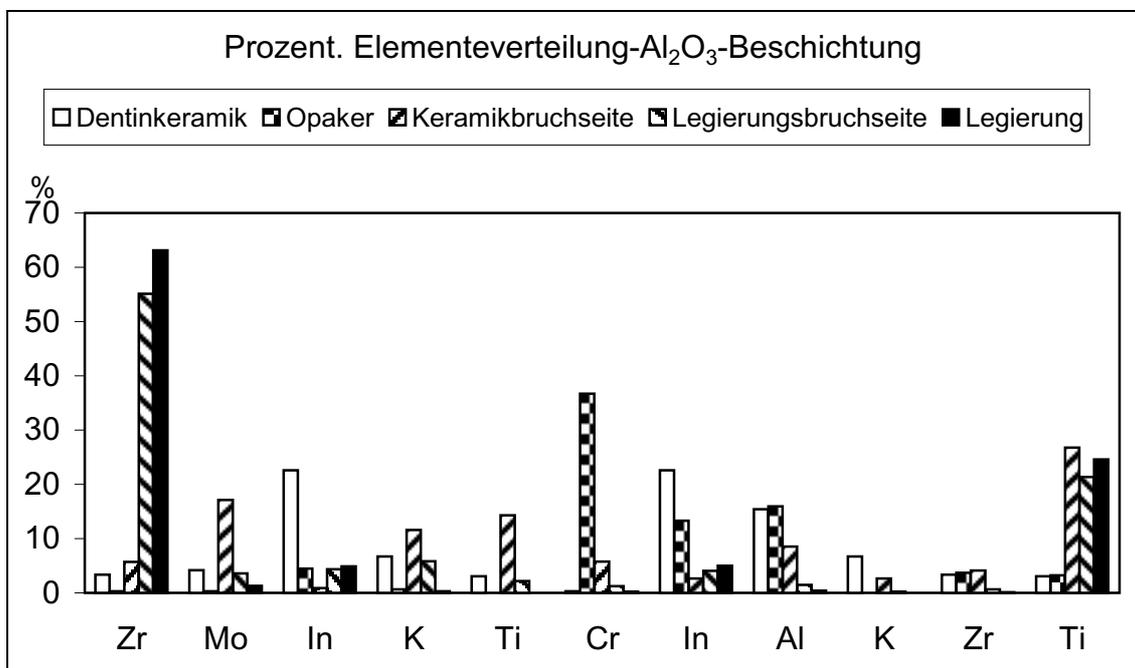


Abb. 8.5 Darstellung der Elementverteilung in der Verbundzone der
Aluminiumoxidbeschichteten Probe

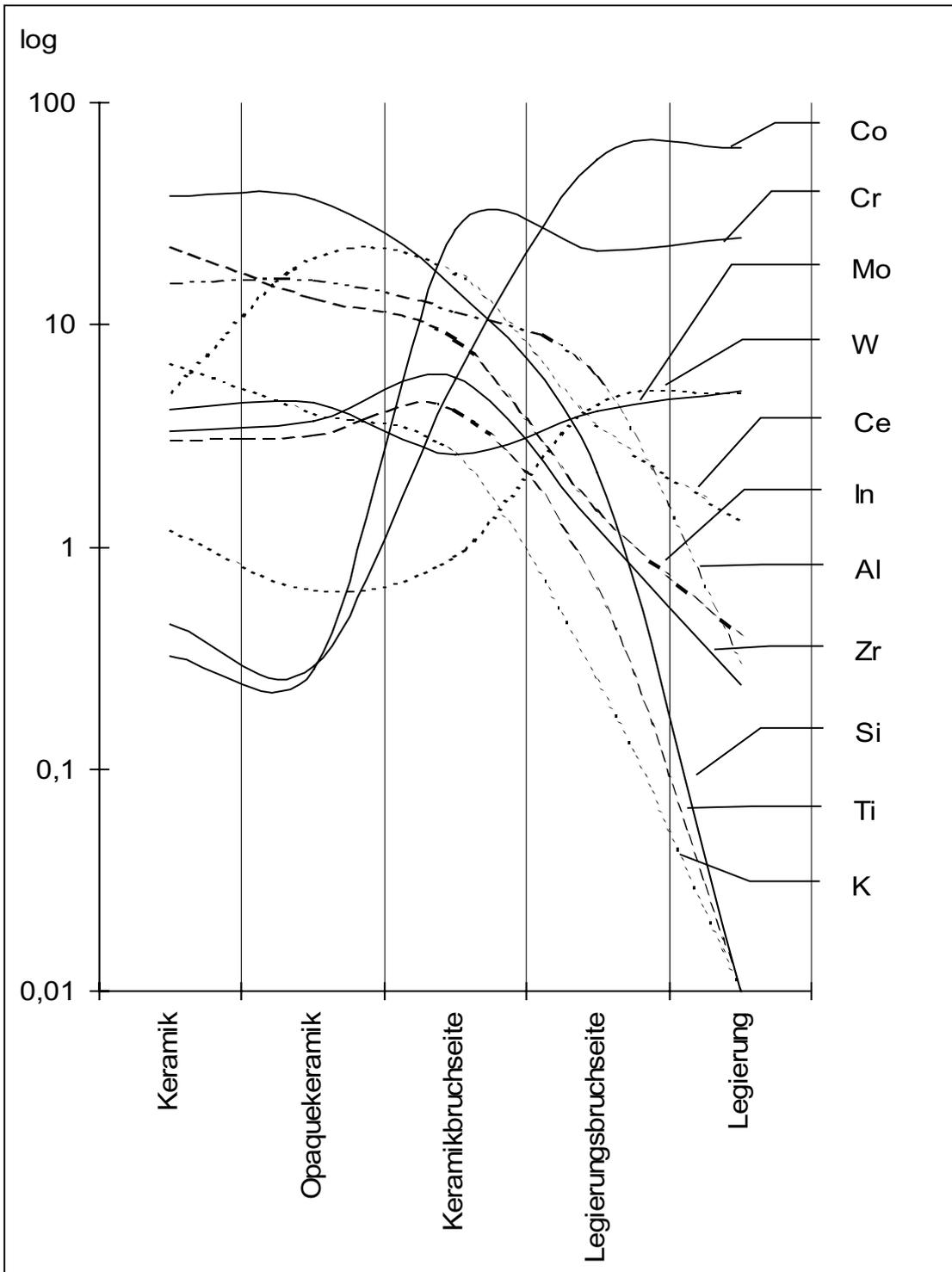


Abb. 8.6 Konzentrationsgradienten ausgewählter Elemente in der Verbundzone einer aluminiumoxidbeschichteten Probe

Meßprotokoll EDX - Analyse

Metall:

Keramik:

Sol - Gel - Konditionierung:

Wirobond C

Vita Omega 900

Siliziumdioxid

Siliziumdioxid					
	Keramik	Opaker	Keramik- bruchseite	Legierungs- bruchseite	Legierung
Element	c(100%)	c(100%)	c(100%)	c(100%)	c(100%)
Co	0,28	0,58	3,46	56,13	64,44
Cr	0,26	0,84	23,85	21,67	24,81
Mo	3,73	3,48	2,75	4,08	4,75
W	0,81	0,83	0,75	4,55	4,26
Ce	4,27	24,66	17,76	3,53	1,06
Si	39,60	28,63	17,12	1,83	0,00
In	22,05	12,48	9,32	1,19	0,17
Al	15,72	12,78	11,76	5,29	0,20
K	7,16	4,71	2,87	0,18	0,00
Zr	3,13	4,91	5,64	0,92	0,21
Ti	2,99	6,10	4,73	0,63	-

Tab. 8.28 EDX - Analyse der Elementverteilung der Siliziumdioxid-
beschichteten Probe

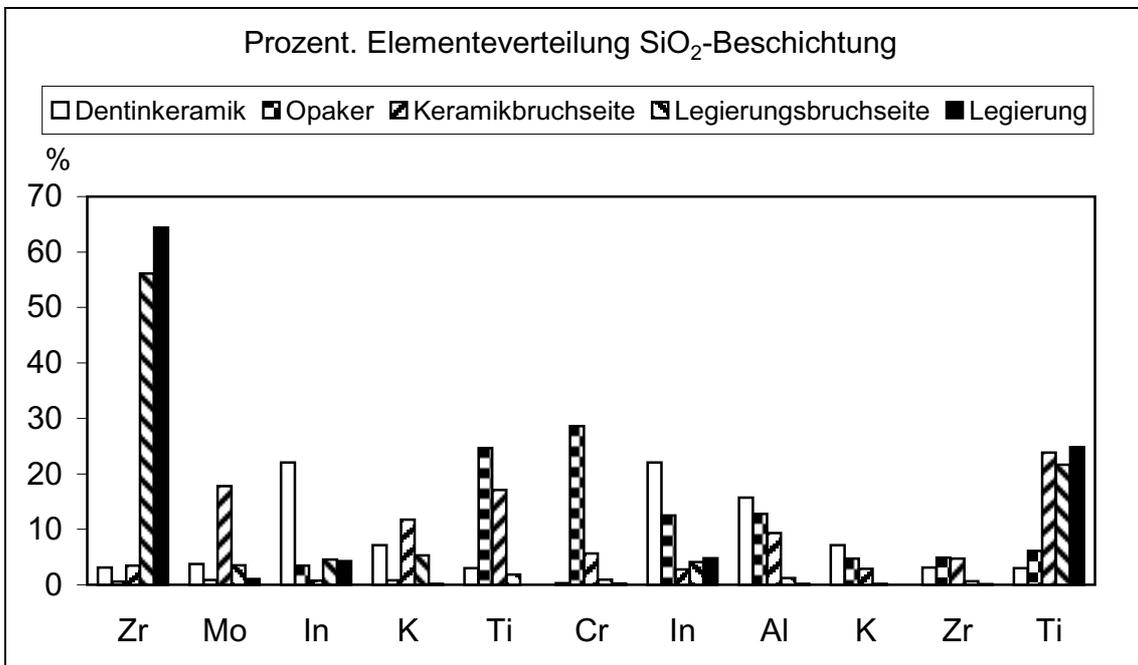


Abb. 8.7 Darstellung der Elementverteilung in der Verbundzone der
Siliziumdioxidbeschichteten Probe

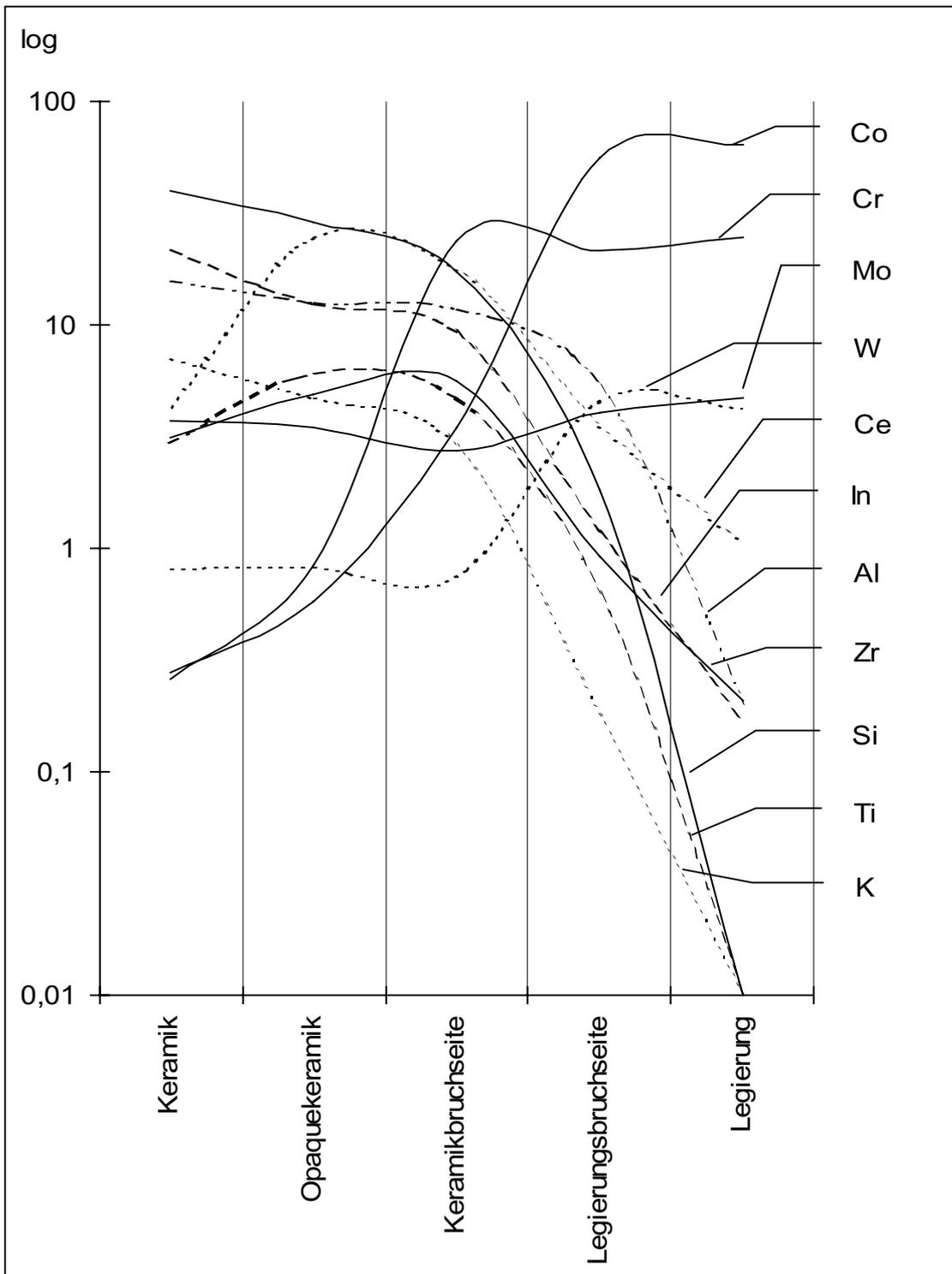


Abb. 8.8 Konzentrationsgradienten ausgewählter Elemente in der Verbundzone einer siliziumdioxidbeschichteten Probe

Meßprotokoll EDX - Analyse

Metall:

Keramik:

Sol - Gel - Konditionierung:

Wirobond C

Vita Omega 900

Titandioxid

Titandioxid					
	Keramik	Opaker	Keramik- bruchseite	Legierungs- bruchseite	Legierung
Element	c(100%)	c(100%)	c(100%)	c(100%)	c(100%)
Co	0,45	0,35	4,16	56,69	63,07
Cr	0,26	0,70	22,67	22,31	24,25
Mo	4,34	3,41	2,70	3,67	5,01
W	0,87	0,49	1,52	4,56	5,16
Ce	4,21	22,04	16,05	2,58	1,46
Si	39,40	29,05	16,28	1,92	0,00
In	22,10	10,98	9,33	1,25	0,29
Al	15,07	12,52	11,31	4,37	0,25
K	7,17	5,51	3,33	0,14	0,00
Zr	3,19	9,33	5,38	0,84	0,40
Ti	2,95	5,63	7,27	1,68	-

Tab. 8.29 EDX - Analyse der Elementverteilung der Titandioxid-
beschichteten Probe

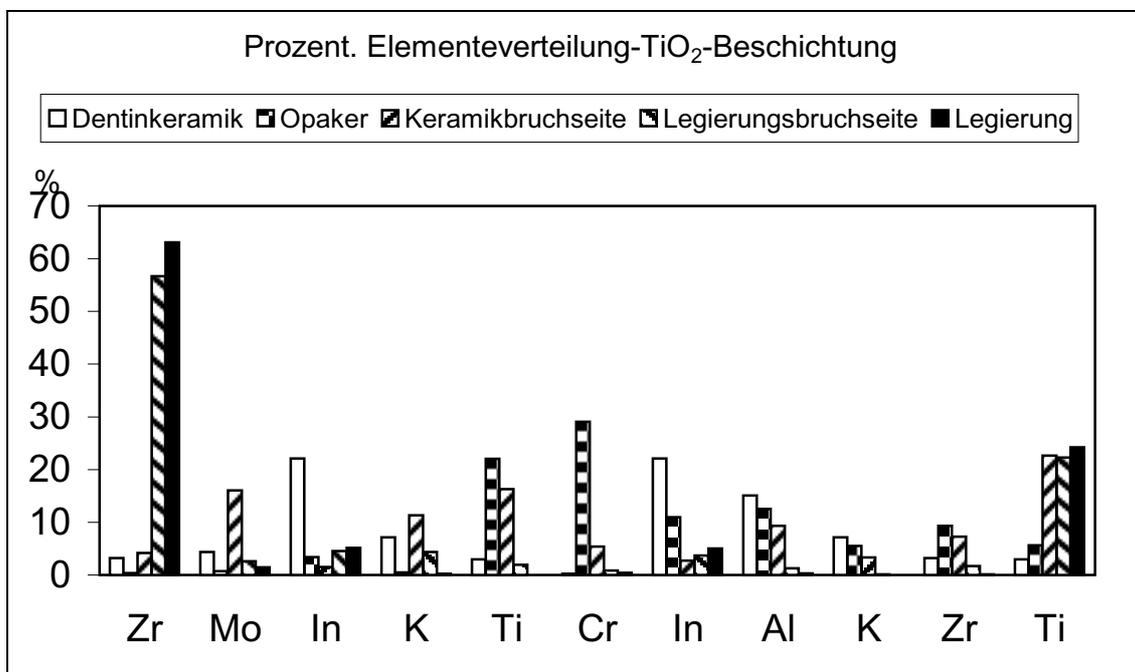


Abb. 8.9 Darstellung der Elementverteilung in der Verbundzone der
Titandioxidbeschichteten Probe

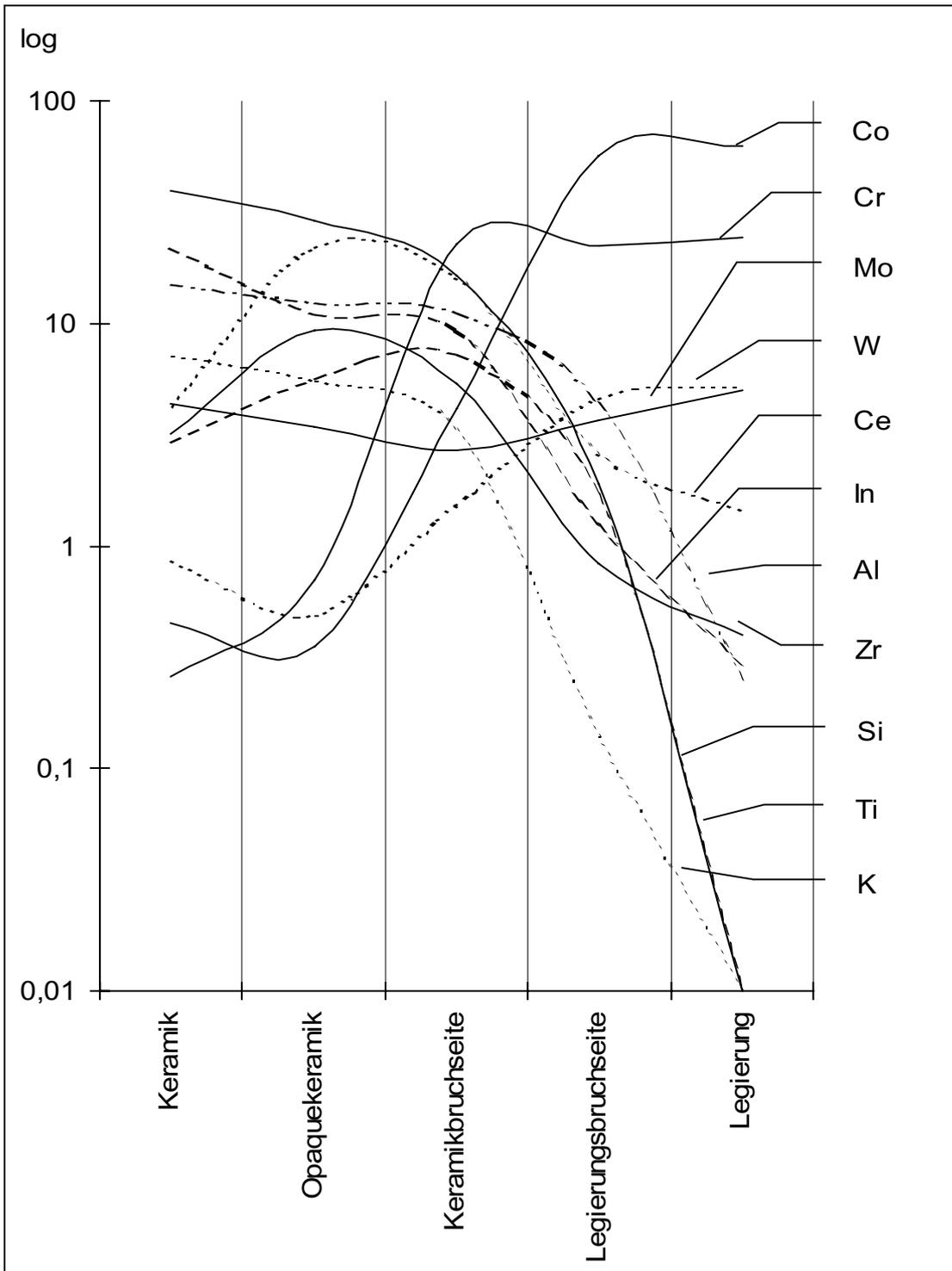


Abb. 8.10 Konzentrationsgradienten ausgewählter Elemente in der Verbundzone einer titandioxidbeschichteten Probe

8.3.3 Elastizitätsmodul

Meßprotokoll A

Legierung: Wirobond C
Brände: 0

Nr.	Kraft F in N	Auflagen- weite L in mm	Breite Prüfkörper b in mm	Dicke Prüfkörper d in mm	Durch- biegung f in mm	Elastizitäts- modul E in Mpa
7	12,70	20,07	3,14	0,55	0,31	158492
8	11,82	20,07	3,14	0,55	0,31	147510
9	12,35	20,07	3,10	0,54	0,31	164947
10	13,37	20,07	3,30	0,54	0,31	167748
11	11,35	20,07	3,17	0,54	0,31	148244
12	11,00	20,07	3,00	0,53	0,31	160570
Mittelwert			MPa	157919		
Median			MPa	159531		
Minimum			MPa	147510		
Maximum			MPa	167748		
Standardabweichung			MPa	8430		
Variationskoeffizient			%	5,3		

Tab. 8.30 Experimentelle Ermittlung des Elastizitätsmoduls der Legierung nach dem Gießen

Meßprotokoll B

Legierung: Wirobond C
Brände: 5

Nr.	Kraft F in N	Auflagen- weite L in mm	Breite Prüfkörper b in mm	Dicke Prüfkörper d in mm	Durch- biegung f in mm	Elastizitäts- modul E in Mpa
1	9,93	20,07	3,08	0,55	0,31	126337
2	9,70	20,07	3,11	0,54	0,31	129137
3	9,54	20,07	2,97	0,55	0,31	125871
4	11,26	20,07	3,08	0,55	0,31	143258
5	8,97	20,07	2,93	0,55	0,31	119966
6	9,96	20,07	2,87	0,54	0,31	143687
Mittelwert			MPa	131376		
Median			MPa	127737		
Minimum			MPa	119966		
Maximum			MPa	143687		
Standardabweichung			MPa	9835		
Variationskoeffizient			%	7,5		

Tab. 8.31 Experimentelle Ermittlung des Elastizitätsmoduls der Legierung nach 5 simulierten Bränden

DANKSAGUNG

Ich danke ganz besonders Herrn PD Dr. rer. nat. R. Strietzel für die Überlassung des Themas und die Bereitschaft, sich mit den anstehenden Fragen und Problemen zu befassen.

Ich danke den Mitarbeitern der Abteilung Experimentelle Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde von Univ. - Prof. Dr. R. J. Radlanski für die Unterstützung bei der Durchführung der Versuche, ganz besonders Frau Bölling bei der Biege – Scherprüfung nach SCHWICKERATH.

Für den Einsatz am REM – und EDX – Gerät sowie die Anfertigung sämtlicher REM – Bilder und Hilfe bei den Analysen möchte ich mich bei Frau Scheidereiter bedanken.

Herrn Norby und seinem Labor danke ich für die Unterstützung bei der Prüfkörperherstellung. Für die Benutzung des Praxislabors bedanke ich mich bei Herrn Dr. Ratzel und Herrn Dr. Schmidt.

Der Firma BEGO – Bremen danke ich für die Bereitstellung der Materialien und Herrn Felde vom IWT – Bremen für die Beschichtung der Prüfkörper.

LEBENS LAUF

Persönliche Daten:

- Vor - / Zuname: Detlev Rüdiger Rose
- Geburtsdatum: 06. 06. 1969
- Geburtsort: Görlitz
- Eltern: Helmut Rose und Gisela Rose, geb. Thomas

Schulbildung:

- 1976-1986: Zehnklassige Polytechnische Oberschule, Lodenau
- 1986-1989: Berufsausbildung zum Maschinen - und Anlagen - monteur mit Abitur, Görlitz / Niesky
- 15.07.1989: Erlangen der Hochschulreife, Facharbeiter Maschinen - und Anlagenmonteur für Turbinen - bau, Maschinenbau Görlitz

Wehrdienst:

- 1989-1990: Ausbildung zum Offizier auf Zeit für Nachrichten - technik, Zittau
- 1990-1991: Nachrichtenoffizier im Panzerregiment 15, Cottbus

Beruflicher Werdegang:

- 01.09.1991-01.06.1992: Erlangen der Hochschulreife im Fach Biologie, Abendgymnasium Niesky
- 01.01.1992-30.09.1992: Vorpraktikum, Orthopädische Klinik „Martin - Ulbrich - Haus“, Rothenburg
- 01.10.1992: Immatrikulation als Student der Zahnmedizinen an der Humboldt - Universität zu Berlin, Medizinische Fakultät, Universitätsklinikum Charité
- 12.10.1992-01.04.1995: Vorklinische Ausbildung, Universitätsklinikum Charité
- 01.09.1993: Naturwissenschaftliche Vorprüfung
- 15.03.1995: Zahnärztliche Vorprüfung
- 01.04.1995-15.07.1997: Klinische Ausbildung, Zahnklinik der Charité, Berlin
- 04.08.1996-12.10.1996: Famulatur an der University of the Western Cape, Kapstadt, Südafrika
- 17.11.1997: Zahnärztliche Prüfung, Staatsexamen, Humboldt - Universität zu Berlin
- 24.11.1997: Approbation als Zahnarzt
- 01.01.1998: Assistenz Zahnarzt in Berlin - Schöneberg
- 01.09.2000: In eigener Praxis in Berlin - Charlottenburg
- 07.09.2001: Promotion an der Freien Universität Berlin