

Bis zu 30 % weniger Friktion

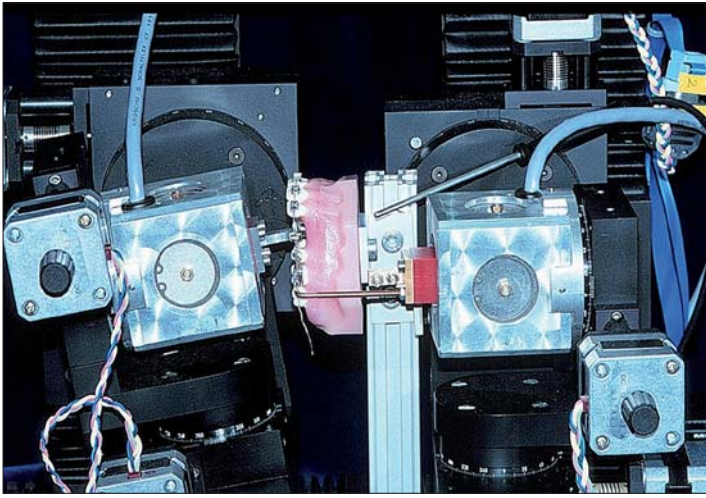


Abb. 2: Simulierte bogengeführte Eckzahnretraktion im OMSS.

KN Fortsetzung von Seite 1

Passive Verschlussmechanismen erlauben dem Bogen dagegen ein ungehindertes Gleiten durch den Bracket-slot. Das Spiel im Bracket-Bogen-Komplex hingegen reduziert die Kontrolle über die Zahnbewegung und kann zu Nivellierungsverlusten führen. Eine systematische Analyse des Reibungsverhaltens selbstligierender Systeme sowie ein Vergleich mit Standard-Edgewise-Brackets ist bislang noch nicht durchgeführt worden.

Ein weiterer Ansatz zur Reduktion der Friktion ist die Optimierung der Oberflächenqualität kieferorthopädischer Drähte. Daneben hängen die Reibungsverluste auch von der Drahtlegierung des eingesetzten Bogens ab. Stahl-drähte erzeugen weniger Friktion als Drähte aus Nickel-Titan(NiTi)-Legierungen. Die Friktionswerte für β -Titan-Drähte liegen sogar noch über denen von NiTi-Drähten. Drescher et al. fanden einen Zusammenhang zwischen der Oberflächenrauheit von Führungsbögen und ihrem Reibungsverhalten.¹⁻³ Sie stellten fest, dass eine rauere Oberfläche zur Zunahme der Friktionswerte führte.

Ähnliche Zusammenhänge bezüglich Drahtoberfläche, Drahtmaterial und Reibung wurden auch von Kusy et al. berichtet.^{4,5} Eine Betrachtung der Situation im Verlauf einer Nivellierung mit hochelastischen Drahtbögen zeigt, dass auch hier ein ungehindertes Durchgleiten des Bogens durch die Bracket-slots notwendig ist.⁶ Daher sind Aussagen, die im Rahmen einer Eckzahnretraktion getroffen werden, auch auf einen Reibungsverlust im Verlauf der Nivellierung anwendbar.

Eine Beschichtung oder Oberflächenvergütung der Drahtoberfläche kann somit einen Einfluss auf das Reibungsverhalten haben. Im Vergleich zum ursprünglichen Draht wird hier eine veränderte Oberfläche geschaffen, die neben der Friktion auch die Ästhetik, das Korrosionsverhalten sowie die mechanische Dauerbelastbarkeit der Drähte beeinflussen kann. Vonseiten der Hersteller werden hier unterschiedlichste Strategien verfolgt. Unter anderem sind dies beispielsweise die Ionenimplantation mit Vergütung der Drahtoberfläche, die Plasmabehandlung zur Feinstreinigung und gezielten Modifikation der Oberfläche (Entfernung von

Rauheitsspitzen in der Mikrostruktur) oder das Aufbringen von zahnfarbenen Teflonbeschichtungen auf die Drahtoberfläche.⁷ Den Verbesserungen von Gleiteigenschaften, Ästhetik und Korrosionsverhalten stehen aber teilweise Probleme in Bezug auf die mechanische Stabilität der Beschichtung gegenüber.

Mithilfe eines neu entwickelten Verfahrens wurden 0.016" x 0.022"er Euro NiTi- und β -Titan-Drähte der Fa. ODS* elektrochemisch behandelt mit dem Ziel, die Reibung im Bracket-Draht-Komplex zu reduzieren, andere physikalische Eigenschaften der orthodontischen Drähte dabei aber nicht negativ zu beeinflussen. Zum Vergleich wurde der Sentalloy Bioforce Ion Guard mit untersucht, einer der Drähte mit den derzeit besten Oberflächeneigenschaften.

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Ergebnisse einer Studie zusammengestellt, die der Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften der oberflächenveredelten Drähte im Vergleich zu nicht veredeltem Material diente. Folgende Untersuchungen wurden dabei durchgeführt:

- Messung der Kraftreduktion durch Reibung während der simulierten bogengeführten Zahnbewegung: Als experimentelles Set-up wurde das Orthodontische Mess- und Simulations-System (OMSS) (Abb. 2) eingesetzt.^{8,9} Die Simulation der Zahnbewegung erfolgte durch sich wiederholende Messvorgänge:
- Messung der ausgeübten Kraft einer NiTi-Zugfeder und der effektiven Kraft am Bracket
- Berechnung von Zahnbewegungen aus den Kraftsystemen
- automatische Durchführung der Zahnbewegungen mit den Verstelltischen des OMSS
- Berechnung der Friktion über die simulierte Zahnbewegung durch Berechnung des Unterschieds der Kraft der Zugfeder und der Kraft am Bracket.

Typische Kurven für einen unbehandelten und einen oberflächenveredelten NiTi-Bogen sind in den Abbildungen 3 und 4 dargestellt. Gegenüber dem unbehandelten Draht weist der vergütete Draht einen deutlich geringeren Kraftverlust durch Friktion auf.

Die Ergebnisse der Messungen zum Reibungsverlust an den NiTi- und β -Titan-Drähten sind in Abbildung 5 in Form

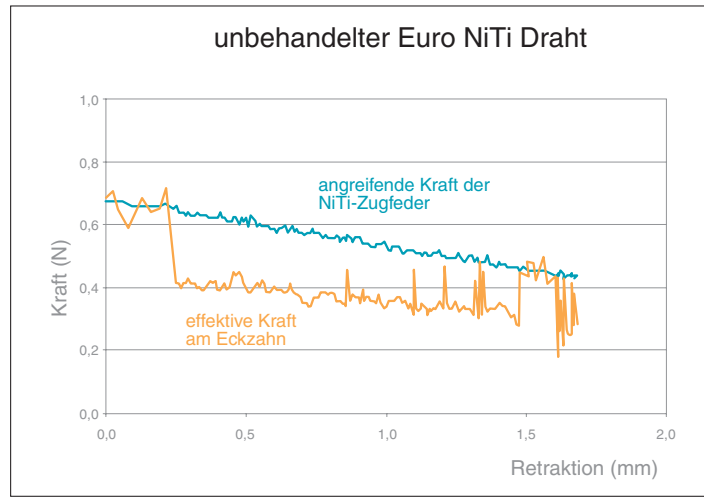


Abb. 3: Verlauf der Kraft der NiTi-Zugfeder (blaue Kurve) und der am Bracket wirksamen Kraft (orange) während der simulierten Zahnbewegung. Der Kraftverlust durch Friktion äußert sich durch die Differenz zwischen orangener und blauer Kurve.

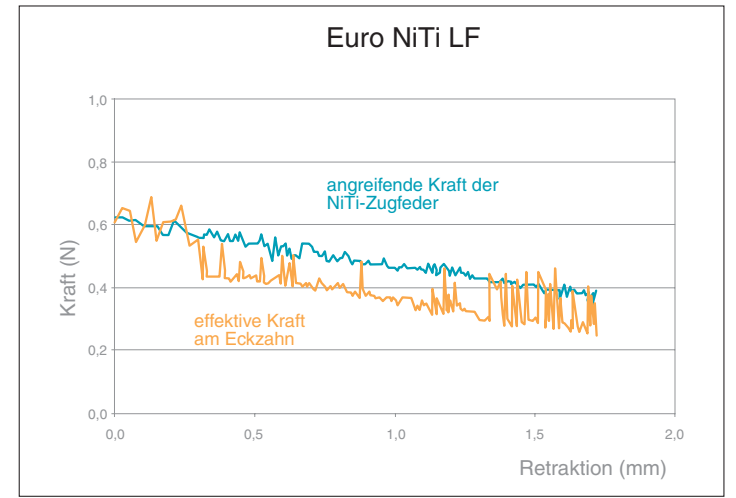


Abb. 4: Beim vergüteten Draht ist die Differenz zwischen blauer und orangener Kurve deutlich geringer. Die Friktion konnte signifikant reduziert werden.

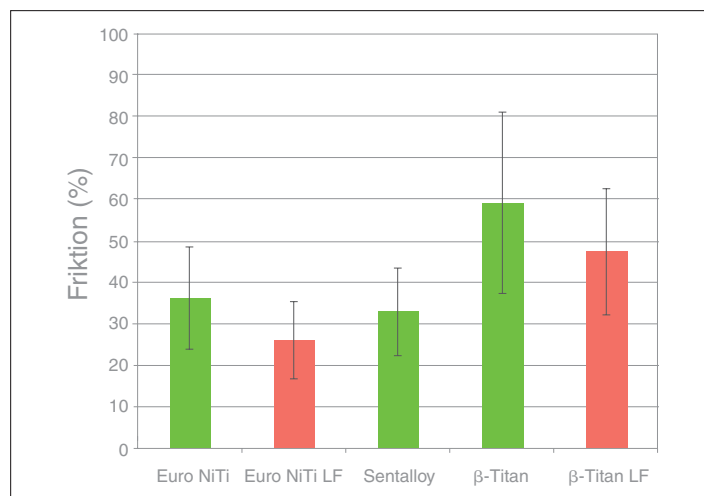


Abb. 5: Mittelwerte und Standardabweichungen der Reibungsverluste für die verschiedenen untersuchten Drähte.

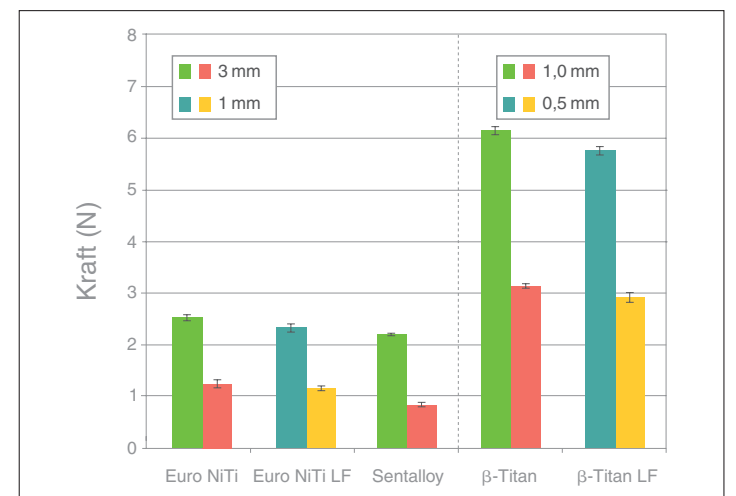


Abb. 6: Geometrieänderungen durch die Oberflächenveredelung: Keine signifikante Veränderung der Abmessungen, alle Bögen innerhalb der vorgegebenen Toleranzen.

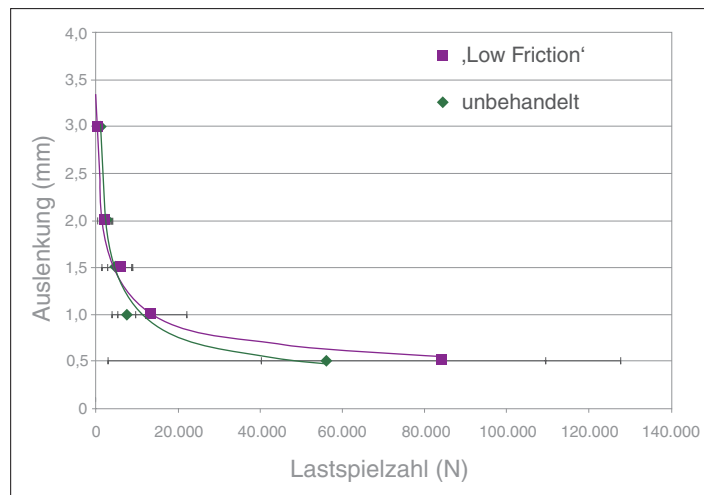


Abb. 7: Wöhlerkurven des oberflächenveredelten und des unbehandelten Euro-NiTi-Drahtes.

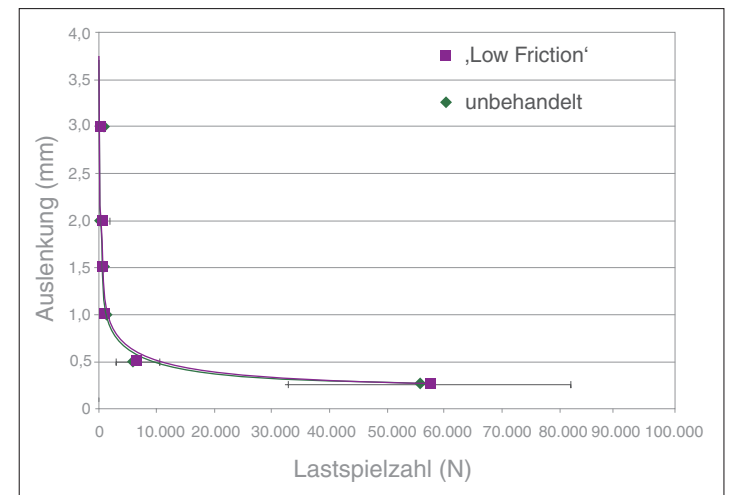


Abb. 8: Wöhlerkurven der beiden behandelten und unvergüteten β -Titan-Drähte.

der Mittelwerte und Standardabweichungen aufgetragen. Es wurden jeweils zehn Drahtbögen vermessen und

der Mittelwert für diese Messungen ermittelt. Der typische Reibungsverlust für unbehandelte NiTi-Bögen liegt bei ca.

35 %, β -Titan-Bögen zeigen Reibungswerte von bis zu 60 %. Die Reibungsverluste bei den oberflächenveredel-

ten Bögen konnte signifikant reduziert werden.

Fortsetzung auf Seite 6 KN

ANZEIGE

www.halbich-lingual.de

Thomas Halbich

LINGUALTECHNIK

PATIENTEN

BEHANDLER

ANZEIGE

**KN Fortsetzung von Seite 5**

In einer weiteren Messung der Nivellierungskraft in einem Dreipunkt-Biegeversuch nach einer ISO/DIN-Vorschrift waren die Kräfte bei 3 mm

Auslenkung relativ hoch für alle NiTi-Drahttypen. Bei 1 mm Auslenkung (Ende des Plateaus) liegen die Kräfte bei ca. 1 N. Für die β -Titan-Bögen sind die Kräfte bereits nach 0,5 mm exzessiv.

Es zeigen sich nur geringe Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Bögen. Aufgrund einer leichten Reduktion des Durchmessers behandelte gegenüber unbehandelte β -Titan-Drähte von

2 %, reduzierte sich die Kraft im Drei-Punkt-Biege- und Nivellierungsversuch von 7,3 N auf 6,1 N. Bei den NiTi-Drähten blieben die durchschnittliche Kraft (ca. 1 N) und Neigung des Entlastungsplateaus konstant.

Außerdem wurden die Geometrie- und Oberflächenveränderungen durch das Veredelungsverfahren analysiert (Abb. 6). Dabei ergab sich eine geringfügige, jedoch nicht signifikante Reduktion des Drahtquerschnitts. Insbesondere lagen alle Bögen innerhalb der Toleranz, die durch den Standard definiert wurde. Auch die Kantenverrundung nahm bei den β -Titan-Proben geringfügig zu, während bei den NiTi-Proben keine Veränderung festzustellen war. Die geringfügige Querschnittsverminderung kann auch die reduzierte Kraft im Drei-Punkt-Biege- und Nivellierungsversuch erklären.

Bei der werkstoffkundlichen Untersuchung der oberflächenveredelten kieferorthopädischen NiTi- und β -Titan-Bögen konnten keine negativen Einflüsse dieses neuen Verfahrens in Hinblick auf das Dauerbruchverhalten bestimmt werden (Abb. 7, 8).

Das Dauerbruchverhalten wird in sogenannten Wöhler-Versuchen getestet. Dabei werden Probekörper einer zyklischen mechanischen Dauerbelastung mit unterschiedlichen vordefinierten Auslenkungen ausgesetzt. Im Falle der untersuchten Drähte wurden bei einer Drahtlänge von 10 mm Auslenkungen zwischen 0,5 und 3,0 mm aufgebracht. Die Probe wird dann so lange zyklisch belastet, bis sie bricht oder eine Maximalzahl von Lastspielzyklen erreicht ist. Trägt man den Zeitpunkt des Bruchereignisses gegen die Auslenkung auf, ergeben sich charakteristische Kurven wie in den Abbildungen 7 und 8 dargestellt, und man kann das Dauerbruchverhalten verschiedener Produkte vergleichen. Die Kurven verdeutlichen, dass das Veredelungsverfahren keinerlei negative Einflüsse auf die mechanischen Eigenschaften erwarten lässt.

Abschließend wurden die Oberflächen der kieferorthopädischen Bögen mithilfe von rasterelektronenmikroskopischen (REM) Aufnahmen dokumentiert. Die verschiedenen untersuchten Oberflächen sind in Abbildung 9 zusammengestellt. Die Reduktion der Oberflächenrauheit durch den Veredelungsprozess zeigt sich sehr deutlich, sowohl beim NiTi- als auch beim β -Titan-Draht.

Schlussfolgerung

Durch diese neuartige Oberflächenbehandlung orthodontischer Drähte konnte der Reibungsverlust um etwa 20 bis 30 % reduziert werden, während alle anderen untersuchten physikalischen Eigenschaften nahezu unverändert blieben. Die Vorteile der reduzierten Reibung können während der Nivellierungsphase oder während des Lückenschlusses genutzt werden und unerwünschte Nebenwirkungen, die durch den Kraftverlust durch Friktion klinisch beim Patienten entstehen, können somit durch Einsatz dieser neuen Bögen signifikant reduziert werden.

*Anm. d. Red.: ODS GmbH Kisdorf, Tel.: 0 41 93/96 58 40, www.orthodent.de

KN Kurzvita**Miriam Meier**

- geboren am 19.12.1981 in Köln
- 2001–2007 Studium der Zahnmedizin, Universität zu Köln
- seit 2008 kieferorthopädische Weiterbildung in freier Praxis, Schwelm und Krefeld

KN Kurzvita**Univ.-Prof. Dr. Bert Braumann**

- 1982–1987 Studium der Zahnmedizin, Friedrich-Schiller-Universität Jena
- 1987 Staatsexamen und Approbation als Zahnarzt
- 1987 Beginn der Fachzahnarzt Ausbildung im Fachgebiet Kieferorthopädie, FSU Jena
- 9/1989–8/1991 Weiterbildungsassistent, freie KFO-Praxis in Bonn
- 10/1991 Promotion zum Dr. med. auf dem Gebiet der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, FSU Jena
- 9/1991–8/1995 Wissenschaftlicher Angestellter, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Poliklinik für Kieferorthopädie
- 11/1992 Anerkennung zum Führen der Gebietsbezeichnung „Kieferorthopädie“
- 9/1995–6/2003 Wissenschaftlicher Assistent, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Poliklinik für Kieferorthopädie
- 6/2003 Habilitation, Rhein. Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- 6/2003 Verleihung der venia legendi für das Lehrgebiet „Kieferorthopädie“, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- 7/2003 Kommissarischer Leiter der Poliklinik für Kieferorthopädie, Universität zu Köln
- seit 7/2005 Direktor der Poliklinik für Kieferorthopädie, Universität zu Köln

KN Kurzvita**cand. med. dent. Bashir Schatlo**

Doktorand an der Stiftungsprofessur für Oralmedizinische Technologie

KN Adresse

Dr. med. dent. Jan Roehlike
FZA für Kieferorthopädie
Franz-Schubert-Straße 2
51643 Gummersbach
Tel.: 0 22 61/2 77 41
Fax: 0 22 61/6 25 75
E-Mail: info@dr-roehlike.de
www.dr-roehlike.de

KN Kurzvita**Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Christoph Peter Bouraueel**

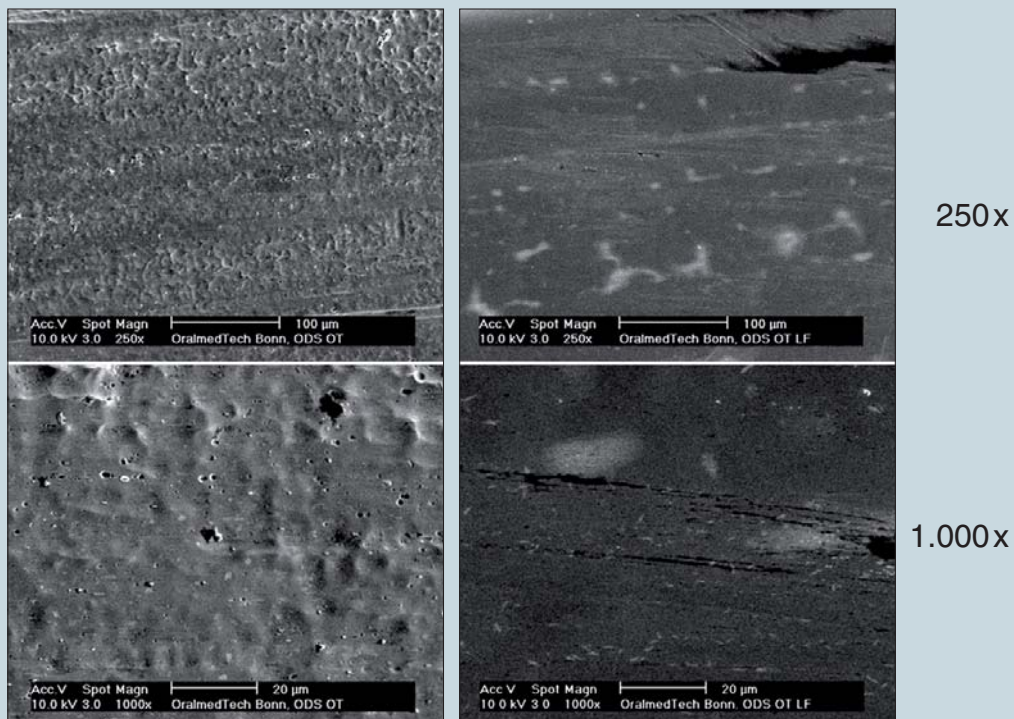
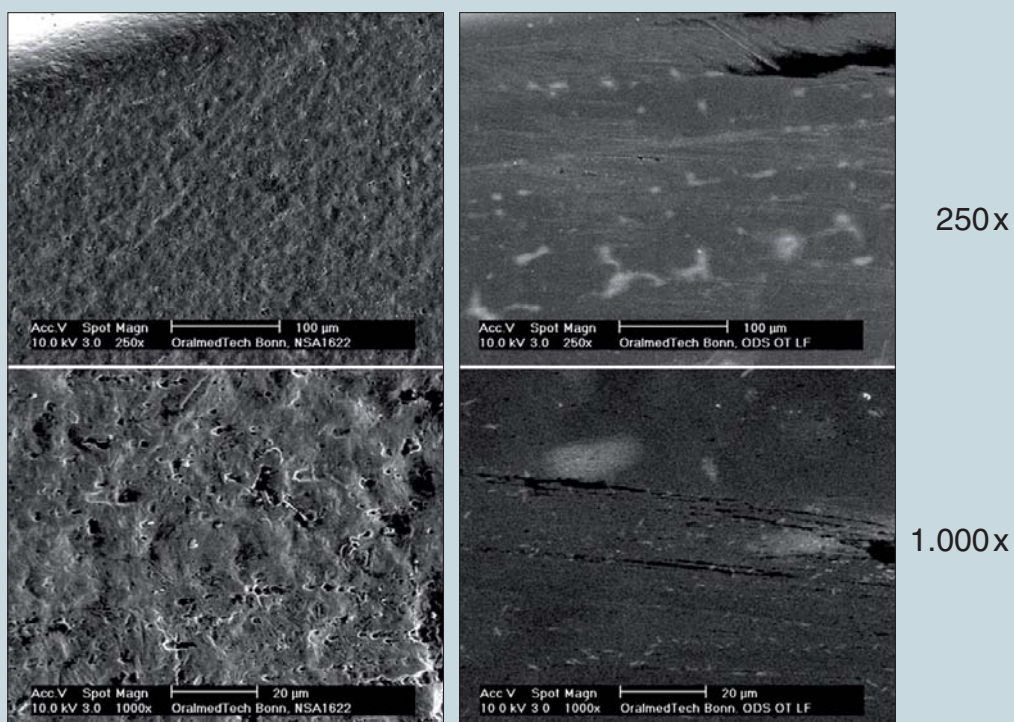
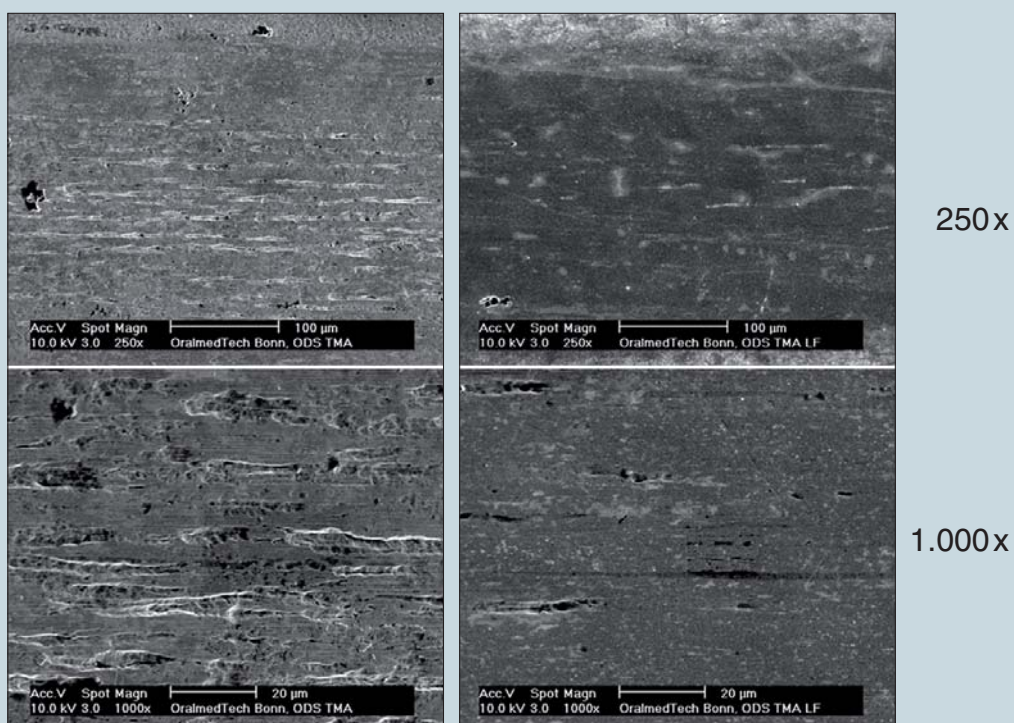
- geboren 1958
- 1980–1987 Studium der Physik in Bonn, Diplom 1987
- 1987–2006 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Poliklinik für KFO in Bonn
- interdisziplinäre Promotion 1992
- 1998 Habilitation in Experimenteller Zahnheilkunde/Biomechanik
- 2006 Übernahme Stiftungsprofessur für Oralmedizinische Technologie
- Wissenschaftliche Arbeitsgebiete: Kieferorthopädische Biomechanik und Werkstoffkunde, numerische Methoden zur Simulation des Knochenumbaus, superelastische Legierungen in der Kieferorthopädie, Implantatbiomechanik, Prothetische Biomechanik und Werkstoffkunde, Entwicklung biomechanischer Messtechnik

KN Kurzvita**Dr. Jan Oliver Roehlike**

- geboren am 21.02.1975 in Neuss
- 1995–2000 Studium der Zahnmedizin, Universität zu Köln
- 2000 Approbation als Zahnarzt
- 1/2001–2/2002 wissenschaftlicher Mitarbeiter, Abteilung für Zahnerhaltung und Parodontologie, Universität zu Köln
- 2/2002–4/2003 Weiterbildungsassistent in der Fachpraxis Dr. Posselt in Köln
- 5/2003–4/2005 wissenschaftlicher Mitarbeiter, Abteilung für Kieferorthopädie, Universität zu Köln
- 3/2005 Promotion zum Doktor der Zahnmedizin, Universität zu Köln
- 5/2005–12/2006 Assistent in der Praxis Dr. Leif Johannessen in Gummersbach
- seit 1/2007 selbstständiger Kieferorthopäde nach Übernahme der Fachpraxis Dr. Leif Johannessen in Gummersbach
- seit 5/2005 Teilnehmer der Studiengruppe Kieferorthopädie unter der Leitung von Herrn Prof. Drescher in Düsseldorf
- Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Linguale Orthodontie (DGLO) und der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO)

KN TIPP

Zum Artikel „Bis zu 30 % weniger Friktion“ steht auf www.zwp-online.info in der Rubrik „Fachgebiete“ unter „Kieferorthopädie“ eine Literaturliste zum Download bereit.

**Abb. 9a:** Oberflächenbeschaffenheit des unbehandelten Euro NiTi (links) und des vergüteten Euro NiTi LF (rechts).**Abb. 9b:** Vergleich der Oberflächen des Sentalloy Ion Guard (links) und des Euro NiTi LF (rechts).**Abb. 9c:** Oberflächen des unvergüteten β -Titan-Drahtes (links) und oberflächenveredelten β -Titan LF (rechts).