

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor: Univ.-Prof. Dr. D. Drescher

**In-Vitro Untersuchung der Oberflächenveränderungen von
festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen durch Air-
Polishing mit Clinpro™ Prophy und Air-Flow®**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
Der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Shervin Vali

2007

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Bernd Nürnberg
Dekan

Referent: Prof. Dr. Drescher

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Stüttgen

In ewiger Erinnerung
an meinem Onkel Navid und
meinem Vater Bahman

Ghrem Ah.

Gliederung und Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
2. Literaturübersicht.....	8
2.1 Pulver-Wasserstrahlgeräte zur Zahnreinigung	8
2.1.1 Historie	8
2.1.2 Entfernung von Plaque, Verfärbungen und Zahnstein im Vergleich zu konventionellen Methoden	10
2.2 Einsatzgebiete von Pulver-Wasserstrahlgeräten in der Kieferorthopädie	12
2.2.1 Reinigung während Multiband-Phase	12
2.2.2 Reinigung der Zahnflächen vor dem Ätztvorgang.....	12
2.2.3 Entfernung von Kunststoffresten nach Bracketentfernung	13
2.3 Einsatzgebiete von Pulver-Wasserstrahlgeräten in der Parodontologie	15
2.3.1 Subgingivaler Einsatz des Clinpro Prophy Pulvers in der Parodontologie.....	15
2.3.2 Patientenakzeptanz.....	17
2.4 Wirkungen von Pulver-Wasserstrahlgeräten auf Zahnhartsubstanzen.....	18
2.4.1 Wirkung auf Schmelz.....	18
2.4.2 Wirkung auf Dentin und Wurzelzement.....	21
2.5 Wirkung von Pulver-Wasserstrahlgeräten auf zahnärztliche Restaurationen und Bestandteilen von orthodontischen Apparaturen	24
2.5.1 Metallische Kronen- und Füllungswerkstoffe	24
2.5.2 Kunststoffe.....	25
2.5.3 Keramik	27
2.5.4 Zemente	28
2.5.5 Orthodontische Apparaturen	29
2.6 Wirkungen von Pulver-Wasserstrahlgeräten auf Weichgewebe	30
2.7 Sicherheitshinweise für den Einsatz von Pulver-Wasserstrahlgeräten	31
2.7.1 Nebenwirkungen und Kontraindikationen.....	33
2.8 Friktion zwischen Bracket und Bogen	35
3. Methodik.....	41
3.1 Drahtbestrahlung.....	41

3.1.1 Auswahl der Drähte und Versuchsparameter	41
3.1.2 Aufbau der Versuchsapparatur zur Bestrahlung der Drähte	43
3.1.3 Ablauf der Drahtbestrahlung	45
3.1.4 Kennzeichnung der Proben	46
3.1.5 Aufbau der Apparatur zur Friktionsmessung	46
3.1.6 Leermessung und Friktionsmessung	48
3.1.7 Aufzeichnung und Auswertung der Messdaten	49
3.1.8 Statistische Methoden	49
3.2 Bracketbestrahlung	50
3.2.1 Auswahl der Brackets und Versuchsparameter	50
3.2.2 Vorbereitung der Brackets für die Bestrahlung	51
3.2.3 Umbau der Versuchsapparatur zur Bracketbestrahlung	51
3.2.4 Ablauf der Bracketbestrahlung	52
3.2.5 Vorbereitung der Brackets für das REM	53
3.2.6 Ablauf der REM- Untersuchung	53
4. Ergebnisse	54
4.1 Quantitative Analyse – Ergebnisse der Drahtbestrahlung	54
4.1.1 Ergebnisse und Statistische Auswertung der Friktionsmessung	54
4.2 Qualitative Analyse – Ergebnisse der Bracketbestrahlung	62
4.2.1 Auswertung der Aufnahmen im REM – Keramikbrackets	62
4.2.2 Auswertung der Aufnahmen im REM – Stahlbrackets	64
4.2.3 Auswertung der Aufnahmen im REM – Kunststoffbrackets	66
5. Diskussion	69
5.1. Drahtbestrahlung	70
5.2 Bracketbestrahlung	73
5.2.1 Keramikbracket	73
5.2.2 Stahlbracket	74
5.2.3 Kunststoffbracket	75
5.3. Schlussfolgerungen	76
5.4. Ausblick	78
6. Zusammenfassung	79

7. Literaturverzeichnis	80
8. Anhang	93
9. Danksagung	96
10. Lebenslauf.....	97

1. Einleitung

Pulver-Wasserstrahlgeräte (PWS) werden bereits seit längerem im klinischen Alltag eingesetzt und erweisen sich als gute Hilfsmittel der zahnmedizinischen Prophylaxe. Zur Entfernung von Verfärbungen und weichen Belägen werden Pulver auf Natriumbikarbonat-Basis mit den zugehörigen PWS der jeweiligen Hersteller eingesetzt. Dabei wird unter hohem Druck ein Gemisch aus Wasser und Pulver auf die zu reinigenden Oberflächen gerichtet. Verglichen mit der konventionellen Anwendung mit Gummikelch und Bimsstein ist der Einsatz von PWS effektiver und zeitsparender. Zudem kann eine Hitzeentwicklung vermieden werden. Die diversen Pulver der Hersteller unterscheiden sich durch unterschiedliche Formen und Größen der enthaltenen Partikel. Sie enthalten neben dem Natriumbikarbonat zudem Aromastoffe und Zusatzstoffe, die ein Verklumpen des Pulvers vermeiden sollen. Neben dem Natriumbikarbonat, das für die Reinigung und Politur von Schmelz vorgesehen ist, wurden durch die fortschreitende Entwicklung auch weniger abrasive Pulver entwickelt. Da diese eine geringere Härte besitzen, können PWS nun auch im Rahmen der Parodontalbehandlung in subgingivalen Bereichen eingesetzt werden.

Da ein Großteil der Jugendlichen in Deutschland kieferorthopädisch behandelt wird, stellt der Einsatz von PWS im Rahmen einer kieferorthopädischen Behandlung eine besondere Indikationsstellung dar. Eine Multibandapparatur erhöht die Plaqueretentionsstellen und demzufolge auch das Kariesrisiko. Da die Compliance und die häusliche Zahnreinigung seitens der Patienten oft nicht zufrieden stellend sind, hat die professionelle Zahnreinigung einen besonderen Stellenwert. Aufgrund des hohen Zeitaufwandes der konventionellen Reinigung bei Multibandpatienten, muss jedoch mit sehr hohen Kosten gerechnet werden. Mit Hilfe von PWS kann die Reinigung nun zeitsparend und demzufolge auch günstiger durchgeführt werden, ohne dass Brackets und Bögen entfernt werden müssen. Eine Ergänzung der professionellen Zahnreinigung sollte zusätzlich durch wiederholte Instruktionen und Fluoridierungsmaßnahmen erfolgen.

Die durchgeführte in-vitro Studie soll nachweisen, ob es durch eine PWS-Anwendung (Air-Flow vs. Clinpro Prophy Pulver) zu Oberflächen Veränderungen auf

Bögen und Brackets kommt. Um diese Fragestellung zu klären, wird die Oberflächenveränderung der bestrahlten Bögen quantitativ mit Hilfe einer Friktionsmessung bestimmt. Zudem werden die Oberflächen der Brackets im Rasterelektronenmikroskop qualitativ begutachtet.

2. Literaturübersicht

2.1 Pulver-Wasserstrahlgeräte zur Zahnreinigung

2.1.1 Historie

Bereits im Jahre 1945 wurden Abrasivstrahler von BLACK als Alternative zu rotierenden Instrumenten in der Kavitätenpräparation eingeführt. Hierbei wird ein Strom von verdichtetem Gas (CO_2) mit einem Druck von 30 bis 80 psi zusammen mit Aluminium-Oxid (Al_2O_3) Partikeln mit einer durchschnittlichen Größe von $30\mu\text{m}$ auf den Zahn gerichtet. Der Strahl wird dabei scharf gebündelt und trifft mit hoher kinetischer Energie auf die bestrahlte Oberfläche. Nach BLACK (1945, 1950) ist die Schnittleistung abhängig vom Gasdruck, der Art und Korngröße des Abrasivs, der Bohrung und Länge der Düse, dem Abstand der Düsenöffnung und dem Winkel zur Oberfläche.

Die erschienen Geräte haben sich jedoch durch das gleichzeitige Aufkommen von Turbinen- und Schnellläuferwinkelstücken in den späten 50er Jahren nicht richtig durchgesetzt (FREEDMAN, 1994). Aufgrund der starken Fortschritte von adhäsiven Kompositsystemen kommt es aktuell jedoch zu einer Rückkehr dieser Geräte in der restaurativen Zahnheilkunde. Zudem bieten diese Geräte eine konservative und minimalinvasive Möglichkeit der Kavitätenpräparation (GOLDSTEIN und PARKINGS, 1994).

Eine fortlaufende Weiterentwicklung führte schließlich zu den heute sehr häufig eingesetzten PWS. PWS werden seit 1977 (Prophy-Jet, Dentsply) zur Reinigung und Politur von Zahnoberflächen verwendet (CAVITRON™ PROPHY-JET®, Bedienungsanleitung; EMS AIRFLOW S1, Betriebsanleitung und Produktbrochure). Im Gegensatz zu den Pulverstrahlgeräten zur Kavitätenpräparation mit Aluminiumoxid-Partikeln, werden bei PWS weniger abrasive Bestrahlungsmedien eingesetzt. Das Reinigungspulver besteht zu einem überwiegenden Teil aus Natriumbikarbonat, welches eine Härte besitzt, die zwischen der vom Schmelz und Dentin liegt. Das Air-Flow Pulver besteht zu 99,2% aus Natriumbikarbonat und zu

0,8% aus modifizierten Silikatpartikeln, die jedes Natriumbikarbonat-Partikel umhüllen. Diese Hydrophobierung sorgt für ein besseres Fließverhalten und wirkt einem Verklumpen entgegen. Die Teilchengröße des Air-Flow Pulvers ist dabei unter 0,1mm (siehe Abbildung 1).

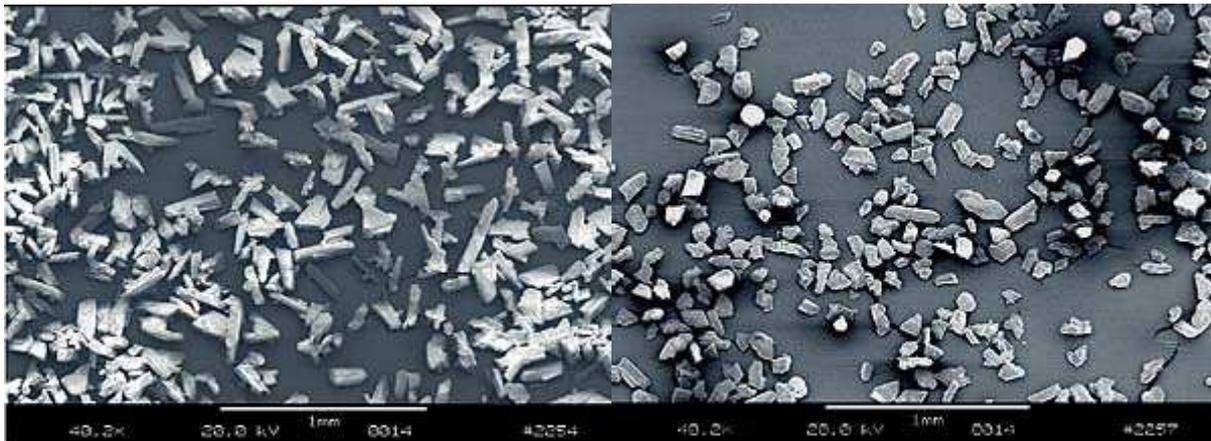


Abbildung 1: REM-Aufnahme des EMS Air-Flow® (links) und des Dentsply Cavitron® Pulvers (rechts) (aus SCHULTE, 2003)

Bei der PWS-Anwendung wird ein Gemisch aus Wasser, Luft und Pulver mit 4-8 bar Richtung Zahnoberfläche beschleunigt (ATKINSON et al. 1984; BARNES et al. 1987; CAVI JET 1983; ORTON, 1987). PWS eignen sich insbesondere zur Entfernung von Plaque und Verfärbungen auf der Zahnoberfläche (ATKINSON et al. 1984; EMS AIRFLOW S1, Produktbrochure; TOEVS, 1985; WEAKS et al. 1984).

Zahlreiche Untersuchungen führten zu einem positiven Ergebnis für den Einsatz von PWS für verschiedene zahnärztliche Anwendungen (BANEK-HIMPLER, 1987; BERKSTEIN et al. 1987; GERBO et al. 1993A und 1993B; HEISER und PFALLER 1984; HORNING et al. 1987A und 1987B; MAHLENDORFF, 1985; WILLMANN et al. 1980).

Neben der klassischen Verwendung von PWS zur Entfernung von Verfärbungen und weichen Zahnbelägen, ergeben sich noch zusätzliche Indikationen (EMS AIRFLOW® S1, Bedienungsanleitung und Produktbrochure):

- Reinigen von Grübchen und Fissuren vor der Versiegelung

- Reinigen der Oberflächen vor dem Einsetzen von restaurativen Versorgungen und Legen von Kompositfüllungen
- Reinigen der Zähne vor der Farbbestimmung
- Reinigen der Zähne vor dem Bleaching
- Reinigen der Zähne vor der Fluoridierung
- Reinigen von fixierten Bändern und Brackets.

2.1.2 Entfernung von Plaque, Verfärbungen und Zahnstein im Vergleich zu konventionellen Methoden

Eine Vielzahl von Studien zeigen, dass der Einsatz von PWS mit Pulvern auf Natriumbikarbonat-Basis eine effektive und zeitsparende Alternative zu konventionellen Techniken darstellt (BARNES et al. 1990; BERKSTEIN et al. 1987; CASTAGNOLA et al. 1983; HORNING et al. 1987B; JOST-BRINKMANN et al. 1994; KONTURRI-NÄRHI et al. 1990; KOSZLOVSKY et al. 1989; RAMAGLIA et al. 1999; WEAKS et al. 1984; YANAMIGURA et al. 1988).

Durch den täglichen Konsum von Tee, Zigaretten, Kaffee und den Gebrauch von antibakteriellen Mundspüllösungen, wie Chlorhexidin und Meridol, kommt es bei dem Großteil der Patienten zu einer natürlichen Verfärbung der Zähne. Diese führt in der Regel seitens der Patienten zu einer Einschränkung der ästhetischen Erscheinung. Aufgrund dieser ästhetischen Einschränkungen spielt für die meisten Patienten die Entfernung der klinisch braun erscheinenden Verfärbungen eine entscheidende Rolle (ERIKSEN und NORDBO, 1978). Konventionell werden im Rahmen der professionellen Zahnreinigung zu ihrer Entfernung Gummikelch und Bimsstein eingesetzt (WILLMANN et al. 1980; ERIKSEN und NORDBO, 1978). Die Verwendung dieser Technik zeigt sich jedoch weniger effektiv bei Entfernung von hartnäckigen Verfärbungen und dem Erreichen von ungünstigen Stellen, die z.B. bei einem Engstand von Zähnen zu beobachten sind.

Die Entfernung von Belägen und Verfärbungen auf Glattflächen mit PWS ist mindestens genauso effektiv wie mit Gummikelch und Polierpaste oder der Anwendung von Handinstrumenten wie Küretten (BERKSTEIN et al. 1987;

HORNING et al. 1987A und 1987B; KONTURRI-NÄRHI et al. 1990; KOSZLOVSKY et al. 1989; LECKEL et al. 1989; RAMAGLIA et al. 1999; WEAKS et al. 1984). Für HOSOYA und JOHNSTON (1989) erwies sich die Reinigung von Milchzahnschmelz mit PWS sogar wirkungsvoller als eine Bimssteinpolitur. BERKSTEIN et al. (1987) benötigten beim Einsatz von PWS zur Zahnreinigung eine Zeit von 3,2 Sekunden pro Zahn. Dadurch konnten Auflagerungen und Verfärbungen mit PWS 3,15-mal schneller entfernt werden als mit Küretten. WEAKS et al. (1984) benötigten in einer split-mouth design Studie bei der Anwendung von Gummikelch und Bimsstein durchschnittlich $13,4 \pm 6,0$ Minuten. Mit dem PWS resultierte das gleiche Ergebnis in einer signifikant geringeren Zeit von nur $5,5 \pm 3,6$ Minuten. RAMAGLIA et al. (1999) konnten durch PWS die Glattflächen der Zähne mit einer Zeitersparnis von über 3 Minuten von Plaque und Verfärbungen reinigen. In Bezug auf die Entfernung von Plaque und Verfärbungen, erwies sich die Reinigung im Gegensatz zu Gummikelch und Bimsstein zudem effektiver.

Im Gegensatz zu Handinstrumenten und anderen konventionellen Geräten können so auch Furchen und Fissuren erreicht werden, die sonst nur schwer oder kaum zugänglich sind (ATKINSON et al. 1984; BERKSTEIN et al. 1987; HORNING et al. 1987A und 1987B; KOSZLOVSKY et al. 1989; SCOTT und GEER, 1987). Mit Hilfe von PWS ist es möglich, eine bessere Tiefenreinigung von Fissuren zu erreichen als mit konventionellen Methoden (KOCH und STAEHLE, 1992 und 1993). Nach vorangehender Reinigung der Fissuren mit PWS wurde zudem eine bessere Adhäsion des Sealers zum Schmelz beobachtet (SCOTT und GEER, 1987).

Der supragingivale Einsatz von PWS führt auf Schmelz zu keiner klinisch relevanten Oberflächenveränderung oder einem Substanzverlust (KONTURRI-NÄRHI et al. 1990; MAHLENDORFF, 1985). Die mit PWS auf Zahnschmelz erzielte Oberflächenglätte entsprach der mit Handinstrumenten (H6/H7) erreichten Qualität (HÜGELMEYER, 1989). Durch den PWS Einsatz ist nach BOYDE (1984) auch eine Entfernung von Zahnstein möglich, jedoch ist die Geschwindigkeit für eine klinische Anwendung zu zeitaufwendig. Daher sollte vor der PWS-Anwendung eine grobe Zahnsteinentfernung mit konventionellen Instrumenten erfolgen. (BOYDE, 1984; BANEK-HIMPLER, 1987). Ein Einsatz von PWS vor der Fluoridierung führt zu einer

Entfernung des Pellikels und demzufolge zu einer Erhöhung der Fluoridwirkung (BOYDE, 1984).

2.2 Einsatzgebiete von Pulver-Wasserstrahlgeräten in der Kieferorthopädie

2.2.1 Reinigung während Multiband-Phase

Der Einsatz von PWS im Rahmen einer kieferorthopädischen Behandlung stellt eine besondere Indikationsstellung dar. Durch eine Multibandapparatur erhöhen sich die Plaqueretentionsstellen und dementsprechend das Kariesrisiko (HEITZE et al. 1992, JOST-BRINKMANN et al. 1996). Insbesondere bei ungenügender Compliance (MANSCHOT, 1991; RUKAT, 1992; YEUNG et al. 1989) oder mangelnder Patienten Geschicklichkeit ist eine professionelle Zahnreinigung von großer Bedeutung. Viele Autoren empfehlen daher die Anwendung von PWS bei Patienten mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen (BARNES et al. 1990; HEISER und PFALLER, 1984; PFALLER und HEISER, 1984; RAMAGLIA et al. 1999; UCHIDA et al. 1986). Durch PWS können Verfärbungen sowie Plaque bei Patienten mit einer Multibandapparatur effizient beseitigt werden, ohne dass Bögen, Ligaturen und Federn entfernt werden müssen oder beschädigt werden (GALLOWAY und PASHLEY, 1987; GERBO et al. 1993A; RAMAGLIA et al. 1999). Während die konventionelle Methode mit Gummikelch und Bims zu leichten Schäden an Brackets und Bögen führte, konnten bei der PWS-Anwendung keine Beschädigungen festgestellt werden (RAMAGLIA et al. 1999).

2.2.2 Reinigung der Zahnflächen vor dem Ätzzvorgang

Die Verwendung von PWS wird nicht nur zur Reinigung von Zähnen und Multibandapparatur diskutiert: Auch zur Vorbereitung des Schmelzes vor Bracketklebung ist ein Einsatz sinnvoll. GERBO und Mitarbeiter (1993A) empfehlen nach ihren Untersuchungen den Einsatz von PWS als Alternative zu Gummikelch und Bimsstein zur Vorbereitung des Zahnschmelzes vor der Bracketbefestigung. Die bukkalen Flächen von 60 extrahierten Zähnen wurden für 30 Sekunden mit dem Prophy-Jet oder Gummikelch und Bimsstein poliert. Nach erfolgtem Abspülvorgang

von 20 Sekunden wurde die Schmelzoberfläche für 30 Sekunden mit 37%-iger Phosphorsäure bearbeitet. Der Schmelz der dritten Gruppe wurde nach der PWS Bestrahlung im Gegensatz zu den beiden anderen Gruppen ein zweites Mal für 30 Sekunden der Phosphorsäure ausgesetzt. Anschließend folgte die Befestigung der Brackets mit dem Concise orthodontic Bonding System. Die Messung der Bondingstärke mit einer Instron universal testing machine ergab keinen Unterschied in Bezug auf die Verwendung von Gummikelch und Bimsstein oder der Prophy-Jet-Anwendung mit einmaligen Anätzvorgang von 30 Sekunden. Das erneute Anätzen in der dritten Gruppe führte jedoch zu einer signifikanten Reduktion der Bondingstärke. Da die zusätzliche Verwendung von Phosphorsäure die Adhäsion des Kunststoffes am Schmelz signifikant reduzierte, befanden sich in dieser Gruppe auch weniger Kunststoffreste auf der Zahnoberfläche. Eine Analyse mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM) zeigte keine Reste vom Pulver auf der Schmelzoberfläche, da diese hinreichend durch das Abspülen entfernt worden waren. Somit hatte der Einsatz von PWS vor der Bracketbefestigung keinen signifikanten Einfluss auf die resultierende Bondingstärke und stellt somit eine gute Alternative im klinischen Einsatz dar.

In Übereinstimmung dazu prüften SCOTT und GREER (1987) die Auswirkungen einer Reinigung durch PWS vor Säure-Ätz-Technik und stellten fest, dass hierdurch im Vergleich zu der konventionellen Reinigung eine stärkere Adhäsion des Sealers am Schmelz resultierte. Dieses Ergebnis erklären sich SCOTT und GREER durch die bessere Erreichbarkeit der PWS in den Fissuren des Zahnes. Andere Autoren empfehlen ebenfalls die Reinigung der Schmelzoberfläche mit PWS vor der Bracketbefestigung (UCHIDA et al. 1986, BOYDE, 1984).

2.2.3 Entfernung von Kunststoffresten nach Bracketentfernung

PFALLER und HEISER (1984) untersuchten die Entfernung von Kunststoffresten nach Bracketabnahme mit dem Air-Flow Gerät. Bei Patienten wurden Prämolaren, die im Rahmen der kieferorthopädischen Therapie zur Extraktion anstanden, mit Brackets beklebt und eine Woche später extrahiert. Die Brackets wurden entfernt und die Zahnoberfläche mit konventionellen Methoden gereinigt. Bei der Untersuchung

im REM konnten weiterhin Kleberreste in Rillen und Furchen, die mit den verwendeten Methoden nicht erreicht worden waren, nachgewiesen werden. Nach einer 15 Sekunden langen Bestrahlung mit dem Air-Flow wurde die Menge an Kunststoff auf der Zahnoberfläche reduziert, jedoch nicht vollständig eliminiert. Erst nach einem erneuten gezielten Einsatz des Air-Flow zeigte sich eine kunststofffreie Zahnoberfläche. Bei den Tests wurde ein Einphasenkleber mit sehr kleinen Mikroteilchen verwendet, wodurch sich PFALLER und HEISER den hohen Effekt des Air-Flow auf die Kunststoffoberfläche erklären.

Dies deckt sich mit den Ergebnissen von CASTAGNOLA (1983), der bei seinen Versuchen feststellte, dass es bei einer Bestrahlung von Komposit mit Makrofüllern lediglich zu einer Lösung der Matrix zwischen den Füllpartikeln kommt. Infolgedessen sollte nach Aussagen von PFALLER und HEISER (1984) die Entfernung von Kunststoffresten bei einem Adhäsivsystem mit mehr Füllstoffen schwieriger zu bewältigen sein. Im Rahmen der Bracketbestrahlung, die mit dem Bracketkleber Transbond befestigt worden waren, stellten JOST-BRINKMANN und RADLANSKI (1998) nach einer Bestrahlungsdauer von drei Minuten starke Aufrauungen der Kompositoberfläche mit Freilegung von Füllstoffpartikeln fest.

Im Jahre 1986 beschäftigten sich HANNEMANN und DIEDRICH mit dem gleichen Thema und verwendeten für ihre Studie das Prophy-Jet Gerät. Sie untersuchten dazu drei Kunststoffarten mit unterschiedlichem Füllstoffgehalt zur Bracketbefestigung auf Rinderzähnen. Sie schlussfolgerten, dass eine alleinige PWS Anwendung nicht ausreicht, um eine kunststofffreie Oberfläche zu bekommen. Nach einer makroskopischen Vorreinigung mit Scalern oder Hartmetallfinierern fanden sich nach einer PWS Anwendung von 10 Sekunden beim Kunststoff mit dem kleinsten Füllstoffgehalt keine Reste auf der Zahnoberfläche. HANNEMANN und DIEDRICH (1986) empfehlen wie PFALLER und HEISER (1984) den Einsatz von PWS zur Unterstützung der Schmelzpolitur nach der Bracketentfernung unter ergonomischen und mikromorphologischen Gesichtspunkten. Nach einer empfohlenen Expositionszeit von 20 Sekunden entfällt eine anschließende Glättung mit Gummipolierern oder Bimssteinpolitur. Jedoch ist eine Vorreinigung mit konventionellen Methoden die Voraussetzung für den Erfolg. (HANNEMANN und

DIEDRICH, 1986) Auch HEISER und PFALLER (1984) und UCHIDA et al. (1986) halten im Rahmen der kieferorthopädischen Behandlung die Entfernung von Kunststoffresten nach Bracketentfernung mit PWS für möglich.

2.3 Einsatzgebiete von Pulver-Wasserstrahlgeräten in der Parodontologie

2.3.1 Subgingivaler Einsatz des Clinpro Prophy Pulvers in der Parodontologie

Eine Anwendung von PWS in Verwendung mit dem Natriumbikarbonat-Pulver führt auf Wurzeloberflächen schon innerhalb kürzester Zeit zu einer Abrasion der Zahnhartsubstanz (ATKINSON et al. 1984; BERKSTEIN et al. 1987; DE BOEVER und VANDE VELDE, 1985; HORNING et al. 1987B; JOST-BRINKMANN 1998; PETERSILKA et al. 2003D).

Die bakterizide Wirkung des Natriumbikarbonats wird von HORNING (1987A) im Rahmen der Parodontalchirurgie und Taschenbehandlungen als vorteilhaft bewertet. In einer weiteren Studie konnten HORNING et al. (1987B) nachweisen, dass nach 40 Sekunden PWS-Anwendung in der Parodontalchirurgie nur 80µm der Wurzeloberflächen abgetragen wurden. Durch PWS konnten zusätzlich Bereiche erreicht werden, die der konventionellen Reinigung nur schwer zugänglich waren. ATKINSON et al. (1984) untersuchten das Ausmaß des Zementabtrags durch PWS als Indikator ausreichender Detoxikation der Wurzeloberfläche. Nach 30 Sekunden Bestrahlungsdauer konnte ein Abtrag von 636,6µm nachgewiesen werden, welches die Autoren als ausreichenden Abtrag im Rahmen derartiger Parodontalbehandlungen bewerten.

Weitere Autoren berichten, dass die Menge an Substanzabtrag von der Einwirkzeit, Pulver- und Wassereinstellung der Geräte und dem Bestrahlungsabstand der Düse zum Medium abhängig ist (JOST-BRINKMANN, 1998; PETERSILKA et al. 2002 und 2003D).

PETERSILKA und Mitarbeiter (2003D) raten von einem Einsatz von PWS mit Pulver auf Natriumbikarbonat-Basis bei Patienten mit freiliegenden Wurzeloberflächen ab.

Schon nach einer Bestrahlungsdauer von 20 Sekunden wurden maximale Defekttiefen von 473,5µm festgestellt. Selbst durch Optimierung der Versuchsparameter, wie z.B. die Reduktion der Bestrahlungszeit, die den größten Einfluss auf die entstandenen Defekte hatte, konnte eine Abrasion der Wurzeloberfläche nicht verhindert werden.

Um das Einsatzspektrum von PWS auch auf den subgingivalen Bereich mit freigelegten Wurzel- und Dentinoberflächen auszuweiten, wurde ein Pulver auf Glycinbasis (Clinpro™ Prophy, 3M) entwickelt. Unter anderem wegen der kleineren Pulverkorngröße ist das Clinpro Prophy Pulver (< 63 µm) im Vergleich zum Air-Flow® (< 0,1 mm) auf Natriumbikarbonat-Basis weniger abrasiv (PETERSILKA et al. 2003A, 2003B, 2003C).

PETERSILKA (2003A) prüfte in seiner Studie die Auswirkungen von vier neuen Pulversorten im Vergleich zum Standardpulver Natriumbikarbonat auf Wurzeloberflächen. Die Oberflächen von 126 extrahierten Zähnen wurden unter verschiedenen Versuchsparametern für 20 Sekunden mit dem Air-Flow Gerät bestrahlt und anschließend laseroptisch quantifiziert. Die neuen Pulver A-D zeigten signifikant kleinere Defekttiefen als das Natriumbikarbonatpulver. Das Pulver D (Clinpro Prophy) zeigte unter den vier getesteten den zuverlässigsten Transport im Air-Flow S1 und ermöglichte die komplette Entfernung der angefärbten Plaque auf frisch extrahierten Zähnen. Aus diesem Grund empfehlen PETERSILKA et al. zur Plaqueentfernung an freigelegten Wurzeloberflächen und Dentin dieses wenig abrasive Pulver einzusetzen.

In ihren in vivo Halbseitenstudien untersuchten PETERSILKA et al. (2003B, 2003C) die Effizienz der Plaqueentfernung im Rahmen einer Parodontalbehandlung mit dem Clinpro Prophy Pulver im Vergleich zu konventionellen Handinstrumenten. Vor und unmittelbar nach der Therapie wurden in beiden Gruppen subgingivale Plaqueproben von zwei Zähnen mit Sondierungstiefen von 3 bis 5mm entnommen. Zur negativen Kontrolle wurden auch Plaqueproben von unbehandelten Zähnen verwendet. Die Behandlung mit Clinpro Prophy führte zu einer signifikant stärkeren Reduktion der koloniebildenden Einheiten als die Behandlung mit Handinstrumenten. Zudem wurde

die Behandlung mit dem PWS von den Patienten als weniger unangenehm empfunden als die herkömmliche Instrumentierung. Schlussfolgernd wird somit eine Parodontalbehandlung von Taschen bis zu einer Tiefe von 5 mm mit dem Pulver Clinpro Prophy in Kombination mit dem Air-Flow S1 Gerät empfohlen. Im Vergleich zu einer konventionellen Reinigung mit Kùretten erweist es sich als überlegener und effizienter in der Reduktion der Bakterienzahl um ca. 90%. Die PWS-Anwendung ist mit einem Zeitaufwand von 5 Sekunden pro Zahnoberfläche und einem dementsprechenden Bedarf von 10 Minuten für die gesamte Dentition zeitsparender als die Verwendung von Kùretten. Einschränkend wurde festgestellt, dass sich das Clinpro Prophy Pulver sich aufgrund seiner geringen Abrasivität nicht für die Entfernung von Zahnstein eignet. Für die Entfernung von Zahnstein ist somit noch die Verwendung von aggressiveren Instrumenten wie Kùretten, Scalern und Ultraschall indiziert (PETERSILKA et al. 2003B und 2003C).

2.3.2 Patientenakzeptanz

Aus den Angaben von 81 Patienten wurde die Akzeptanz der PWS-Behandlung ermittelt. Auf einer Skala von 0 bis 10 bewerteten die Patienten die Anwendung mit dem Clinpro Prophy Pulver bei 8,5 ein. Im Vergleich hierzu wurde die konventionelle Bearbeitung mit Handinstrumenten mit einem Ergebnis von 4,8 schlechter bewertet. 62 Patienten würden demzufolge in der Zukunft diese Behandlungsform bevorzugen. Zudem bezeichnete der Großteil der Patienten die Behandlung nicht als schmerzhaft und empfand den Geschmack des Pulvers als angenehm (PETERSILKA et al. 2001).

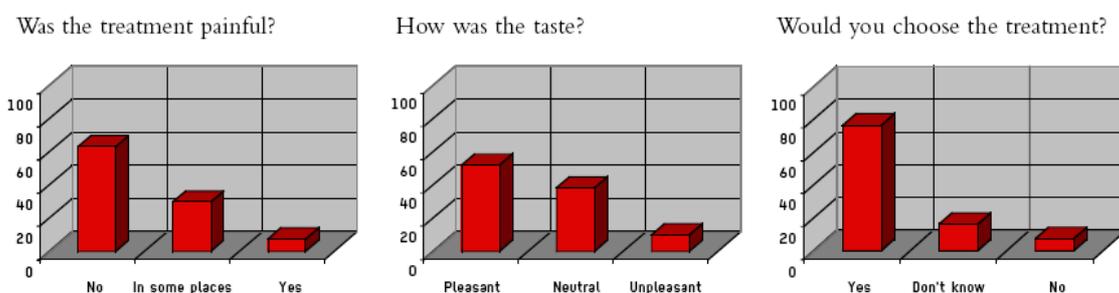


Abbildung 2: Bewertung von 81 Patienten nach einer Behandlung mit dem Clinpro Prophy Pulver (aus PETERSILKA et al. 2001)

2.4 Wirkungen von Pulver-Wasserstrahlgeräten auf Zahnhartsubstanzen

2.4.1 Wirkung auf Schmelz

In der Literatur besteht eine weitgehende Übereinstimmung, dass der Einsatz von PWS auf gesunden Schmelz keine klinisch relevante Aufrauung zur Folge hat. Die Aufrauung der Zahnschmelz-Oberfläche nach Bestrahlung mit PWS ist so minimal, dass sie als klinisch nicht relevant zu bezeichnen ist und daher keiner Nachpolitur bedarf (BANEK-HIMPLER, 1987; BOYDE, 1984; CASTAGNOLA et al. 1983; DE BOEVER und VANDE VELDE, 1985; GERBO et al. 1993B; HEISER und PFALLER, 1984; HÜGELMEYER, 1989; MAHLENDORFF, 1985; SCHULTE, 2003; WILLMANN et al. 1980) (HANNEMANN und DIEDRICH, 1986; HOSOYA et al. 1989; MAHLENDORFF, 1985; TOPOLL et al. 1985; UCHIDA et al. 1986).

Bereits 1980 beschäftigten sich WILLMANN et al. (1980) mit den Auswirkungen des Prophy-Jet auf die Schmelzoberfläche im Vergleich zu konventionellen Methoden. Bei 12 extrahierten Zähnen wurden die Schmelzoberflächen nach erfolgter Bestrahlung von 15 Sekunden und einem Abstand von 1cm visuell, lichtmikroskopisch, rasterelektronenmikroskopisch und profilometrisch begutachtet. Im REM zeigten sich für Gummikelch und Polierpaste sowie Ultraschall charakteristische Muster. Die mit PWS bestrahlten Schmelzoberflächen hingegen zeigten im REM eine uneinheitlich raue Oberfläche. Die profilometrische Untersuchung machte jedoch deutlich, dass die PWS Bestrahlung nur minimale Effekte auf den Schmelz hatte.

Im Jahre 1983 untersuchten CASTAGNOLA et al. die Reinigungswirkung des Prophy-Jet an extrahierten Zähnen. Sie stellten fest, dass es selbst bei einer Expositionsdauer von 3 Minuten nur zu artifiziellen Schmelzveränderungen im REM kam. Die Zahnreinigung mit konventionellen Mitteln wie Bürstchen, Ultraschallgeräten und Scalern hinterlässt im Gegensatz zu dem PWS Prophy-Jet weder makroskopische noch mikroskopische Spuren auf der Schmelzoberfläche.

GERBO und Mitarbeiter (1993B) simulierten an Rinderzähnen den Effekt eines 15jährigen Recallprogramms und verglichen die Schmelzaufrauung nach PWS

Einsatz zur konventionellen Behandlung mit Gummikelch und Bimsstein mit einem Oberflächenprofilometer und einem REM. Es wurde keine signifikante Erhöhung der Schmelzrauheit bei beiden Methoden festgestellt. Das REM lieferte zudem keine Anhaltspunkte für eine Aufrauung der Schmelzoberfläche durch das Air polishing. Die Ergebnisse von HÜGELMEYER (1989) stimmen mit diesen Erkenntnissen überein. Hierbei wurde das Air-Flow Gerät für 10 bis 90 Sekunden im Vergleich zu anderen maschinenbetriebenen Zahnreinigungsinstrumenten angewendet. In Bezug auf die Schmelzrauheit konnte kein Unterschied zwischen der Verwendung von H6/H7, Air-Flow, Gummikelch, EVA-System und Paro-Swing festgestellt werden. Auch eine Erhöhung der Bestrahlungszeit auf bis zu 90 Sekunden führte zu keiner Erhöhung der Schmelzrauheit.

Die Anwendung von Air-Flow in der kieferorthopädischen Praxis an extrahierten gesunden Zähnen wurde 1984 von HEISER und PFALLER untersucht. Es wurden Bestrahlungszeiten von 5, 15 und 30 Sekunden gewählt. Dabei zeigten die bestrahlten Zähne im Vergleich zu der unbestrahlten Kontrollhälfte eine intakte unverletzte Schmelzoberfläche. De BOEVER und VANDE VELDE stellten 1985 bei Verwendung des Prophy-Jet im Schmelzbereich eine Kraterbildung fest. Diese besaß jedoch im Gegensatz zu Bürsten und abrasiven Polierpasten, die tiefe Rillen auf der Schmelzoberfläche verursachten, eine wesentlich glattere Oberfläche. Noch im selben Jahr führte MAHLENDORFF (1985) in einer umfangreichen Untersuchung eine Vergleichsstudie zwischen Gummikelch und Polierpaste, Air-Flow und Prophy-Jet durch. Hierbei wurden die Auswirkungen dieser auf den Schmelz untersucht. Er warnte dennoch vor einer Anwendung auf bereits demineralisierten Schmelz, da es hierbei zu starken Abrasionen kam. Die Gesamtzahl der Untersuchungen bringt den Schluss, dass die Oberfläche nach der Anwendung von Air-Flow oder Prophy-Jet sowohl qualitativ als auch quantitativ im Vergleich zur Anwendung von konventionellen Methoden wie Ultraschall oder Gummikelchen mit Polierpasten weniger rau erscheint. Nach der PWS Anwendung hatten die hochglanzpolierten und die nicht bearbeiteten Schmelzproben keine signifikant höhere Abrasion. Dagegen führten die beiden konventionellen Methoden zu einer signifikanten Abrasion. Beim Vergleich der beiden Geräte fand MAHLENDORFF beim Air-Flow eine etwas geringe

Abrasion als beim Prophy-Jet. Auch bei BANEK-HIMPLER (1987) zeigten sich bei der Verwendung des Air-Flow bei 180 Patienten keine Schmelzschäden im REM.

HANNEMANN und Mitarbeiter verwendeten 1986 das Prophy-Jet Gerät zur Entfernung der Klebereste nach Bracketentfernung. Es kam im Randbereich des Schmelzes zu geringfügigen Aufrauungen. Sie fanden jedoch heraus, dass man nach der Bestrahlung mit dem Prophy-Jet selbst bei einer hohen Vergrößerung eine Oberfläche erreichen kann, die dem naturbelassenen Schmelz vergleichbar ist.

JOST-BRINKMANN prüfte 1998 die Wirkung von vier verschiedenen PWS auf bestrahlten Rinderzähnen, die 60 Sekunden mit unterschiedlichen Wasser und Pulvereinstellungen bestrahlt wurden. Das Clean-Jet führte am Schmelz zu einer größeren Rauheit als die Verwendung von Prophylaxepasten. Zudem führte das Clean-Jet zu einem Schmelzabtrag von bis 0,1mm/ min. Die drei weiteren Geräte Air-Flow, Prophy-Jet und Prophy-Unit erzeugten eine Rauheit, die geringer oder vergleichbar wie nach der Verwendung der Prophylaxepasten war.

Die Bearbeitung des Schmelzes mit PWS zeigt eine Erhöhung der mittleren Rauheitswerte um den Faktor 1,5. Diese Aufrauung entspricht der Anwendung vieler konventionell verwendeter Polierpasten und ist somit als gering anzusehen (SCHULTE, 2003).

Eine Gefahrenquelle bei der Anwendung von PWS ist nach SCHIFFNER (1992) und SCHULTE (2003) bei der Entfernung von Plaque gegeben, da sich unter ihr eine Initialkaries befinden kann, die klinisch nicht ersichtlich ist. SCHIFFNER (1992) stellte er bei der Untersuchung fest, dass es bei der Bestrahlung vom demineralisierten Schmelz zu einem durchschnittlichen Volumenverlust von 33,2% kam. Dabei hat die Vorbehandlung der Schmelzoberfläche einen signifikanten Effekt auf die Abrasion des demineralisierten Schmelzes. Das Abradieren oder Polieren der Schmelzoberfläche vor der Bestrahlung erhöht den Volumenverlust der Areale auf das dreifache. Mit zunehmender Bestrahlungsdauer und der Erhöhung des Druckes kam es zudem zu einer Erhöhung der Defektgröße. Dies entspricht den Ergebnissen von KONTTURI-NÄRHI et al. (1990). Sie fanden bei der Bestrahlung von

plaquebedeckten Schmelz eine größere Abrasion als in den plaquefreien Proben. Auch sie nahmen an, dass sich unter der Plaque demineralisierter Schmelz befand, der sich gegenüber der PWS Bestrahlung weniger widerstandsfähig zeigte. Auch BOYDE (1984) konnte nachweisen, dass kariöser Schmelz beim Einsatz von PWS sehr schnell abgetragen wurde, sogar schneller als das darunter liegende Dentin. Somit besteht seiner Meinung nach ein großer Zusammenhang zwischen Mineralisationsgrad und der Resistenz von Zahnhartsubstanzen gegenüber der PWS Bestrahlung.

2.4.2 Wirkung auf Dentin und Wurzelzement

Bei einem Einsatz von PWS auf das Zahnhartgewebe Dentin und dem Wurzelzement zeigen sich aufgrund der weicheren Zusammensetzung und Struktur eine erheblich geringere Resistenz gegen Abrasionsbeanspruchungen als beim Schmelz. Im Mittel führt eine Bestrahlung des Dentins zu einer Erhöhung der Rauigkeit um das 10fache des Ausgangswertes (SCHULTE, 2003). Bestätigt wurde dies durch die Untersuchungen anderer Autoren, die einen Substanzverlust des Dentins nach einer PWS Bestrahlung feststellten (BESTER et al. 1995; BOYDE, 1984; DE BOEVER und VANDE VELDE, 1985; GALLOWAY und PASHLEY, 1987; JOST-BRINKMANN, 1998; TOPOLL et al. 1985). Eine längere Bestrahlung führte zudem zu einem Verschluss von Dentinkanälchen (ATKINSON et al. 1984; BESTER et al. 1995; GALLOWAY und PASHLEY, 1987), was zu einer Verhinderung der Sensivitätsempfindung führte (ATKINSON et al. 1984; HORNING et al. 1987B). Keinen Anschein für einen Verschluss von Dentintubuli fanden KONTURRI-NÄRHI et al. (1990) bei der Replikaherstellung. Die Replika der bestrahlten Dentinoberflächen zeigten oberflächliche Bläschen, die die Autoren als Flüssigkeitsaustritt aus den Tubuli bezeichneten.

BOYDE untersuchte 1984 die Effekte einer Pulver-Wasserstrahl-Behandlung auf die Zahnhartsubstanzen und Wurzelzement. Beim Dentin zeigte sich ein schneller Abtrag des smear layers und der Zahnhartsubstanz. Dabei wurde das Dentin der peritubulären Zonen aufgrund des hohen Mineralisationsgehaltes weniger stark abradiert als das umgebende Intertubulardentin. Kariöses Dentin wurde wegen der

verminderten Härte leichter abgetragen als gesundes Dentin. Bei der Bestrahlung zervikal liegender Zementoberflächen fand BOYDE selbst bei einer kontinuierlichen Bewegung des Handstücks einen Abtrag von $160\mu\text{m}/\text{min}$. Somit geht die Bestrahlung der Zementoberfläche schon nach wenigen Sekunden in das Wurzelentin über. Aus diesem Grunde empfiehlt er den Einsatz dieser Geräte im Rahmen der Zahnreinigung nur oberhalb der zervikalen Grenze und auf gesunden Schmelzoberflächen.

Diese Ergebnisse korrespondieren mit denen von BESTER et al. aus dem Jahre 1995. Schon ab einer Bestrahlungszeit von 5 Sekunden zeigte sich im REM eine Entfernung des smear layers und des Dentins. Zudem konnten auch Sie eine Obstruktion der Dentinkanäle beobachten, die Sie sich durch das mögliche Vorhandensein von Pulverresten in den Kanälen erklärten. Eine Erhöhung der Bestrahlungszeit führte zu einer erhöhten Abrasion des Dentins, welche nach 40 Sekunden mehr als $700\mu\text{m}$ betrug. Eine Abrasion von Wurzelzement und Dentin in einem Bereich von $200\mu\text{m}$ an konnte auch von weiteren Autoren nachgewiesen werden (DE BOEVER und VANDE VELDE, 1985; TOPOLL et al. 1985). JOST-BRINKMANN und Mitarbeiter (1998) stellten interessanterweise fest, dass die Dentinabrasion beim Air-Flow mit $641\mu\text{m}/\text{min}$ im Vergleich zum Prophy-Jet mit $339,6\mu\text{m}/\text{min}$ deutlich höher lag. MAHLENDORFF (1985) hingegen stellte bei seinen Untersuchungen auf den Zahnschmelz fest, dass das Air-Flow im Gegensatz zum Prophy-Jet Gerät weniger abrasiv war.

Bei der Anwendung von PWS auf Wurzelzement wurden ähnliche Ergebnisse beobachtet wie beim Dentin (BOYDE, 1985; DE BOEVER und VANDE VELDE, 1985; GALLOWAY und PASHLEY, 1987). GALLOWAY und PASHLEY (1987) machen deutlich, dass der Pulver-Wasserstrahl nicht stationär gehalten werden darf, da es sonst innerhalb weniger Sekunden zu einer Kraterbildung kommt. Innerhalb von 30 Sekunden konnten sie mit dem Prophy-Jet eine Abrasion von $1200\mu\text{m}$ feststellen. ATKINSON et al. (1984) wies dementsprechend bei einer 30 Sekunden langen Bestrahlung einen Abtrag von $636,6\mu\text{m}$ Wurzeloberfläche nach. Einen Wurzelzement und Dentinabtrag von $1394\mu\text{m}$ mit dem Air-Flow Gerät innerhalb von 60 Sekunden wurde auch für YANAGIMURA et al. (1988) sichtbar. Der

durchschnittliche Substanzverlust bezogen auf die Expositionszeit betrug nach einer Bestrahlungsdauer von 60 Sekunden 2400µm. Die Wurzeloberfläche nach der Pulver-Wasserstrahl-Behandlung war histologisch glatt und wies eine vergleichbare Oberfläche wie nach einer konventionellen Anwendung mit Küretten auf. Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der Bestrahlungsdauer und dem resultierenden Zement und Dentinabtrag (YANAGIMURA et al. 1988; GALLOWAY und PASHLEY, 1987). Im REM lassen sich die runden Einschläge der Körner des PWS-Gemisches deutlich nachweisen (HÜGELMEYER, 1989).

FLEMMIG et al. (1998) untersuchten die Abhängigkeit der Defekttiefe des Ultraschalls auf Wurzeloberflächen je nach applizierter Kraft, Angulation und Intensitätseinstellung. Bei maximaler Geräteeinstellung führten 2 N laterale Kraft und die Angulation der Spitze von 90° zu maximalen Defekttiefen von bis zu 410,5 µm nach einer Applikationsdauer von 40 Sekunden.

HORNING et al. (1987B) bestrahlten während einer Lappenoperation Wurzeloberflächen mit einer speziellen Instrumentenspitze und stellten nach 40 Sekunden eine Zemententfernung von nur 80µm fest. Die Oberfläche der Wurzeln erschien mikroskopisch glatt und war mit einer Behandlung durch Handinstrumente vergleichbar. Zudem konnten durch die Anwendung von PWS Bereiche wie Furkationen, die sonst mit konventionellen Methoden schwer zugänglich sind, leichter erreicht werden. Im Gegensatz dazu raten PETERSILKA und Mitarbeiter (2003D) in einer aktuellen Studie von einem Einsatz von PWS mit Pulver auf Natriumbikarbonatbasis bei Patienten mit freiliegenden Wurzeloberflächen ab. Nach der Prophy-Jet Behandlung konnten maximale Defekttiefen von 473,5µm nach 20 Sekunden festgestellt werden. Dabei hatte die Bestrahlungszeit den größten Einfluss auf das resultierende Defektvolumen und -tiefe. Eine Reduktion des Bestrahlungsabstandes führte zu einer Erhöhung der Defekttiefe. Ein Unterschied im Arbeitswinkel zwischen 45° und 90° konnte jedoch nicht festgestellt werden.

Entgegen der Aussagen anderer Autoren zeigten BERKSTEIN und Mitarbeiter (1987) in ihrer Studie, dass eine regelmäßige Entfernung von Kaffee-Verfärbungen im Wurzelbereich über einen Zeitraum von drei Jahren mit Küretten zu einem Verlust

von 325,09µm Zement führte. Hingegen führte die PWS Anwendung nur zu einem Abtrag von 127,66µm der Oberfläche.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse wird davon abgeraten, freiliegendes Dentin und Wurzelzement mit PWS zu reinigen (BESTER et al. 1995; BOYDE, 1984; DE BOEVER und VANDE VELDE, 1985; GALLOWAY und PASHLEY, 1987; HÜGELMEYER, 1989; JOST-BRINKMANN, 1998; PETERSILKA et al. 2003D; SCHULTE, 2003; TOPOLL et al. 1985; YANAGIMURA et al. 1988).

2.5 Wirkung von Pulver-Wasserstrahlgeräten auf zahnärztliche Restaurationen und Bestandteilen von orthodontischen Apparaturen

2.5.1 Metallische Kronen- und Füllungswerkstoffe

LUBOW und COOLEY (1986) untersuchten mit dem Prophy-Jet die Auswirkungen auf Amalgam und zwei Goldlegierungen. Die beiden Goldlegierungen zeigten in der profilometrischen Untersuchung einen signifikanten Zuwachs der Oberflächenrauheit. Beim Amalgam führte die Bestrahlung nur zu einer Aufrauung, wenn die Oberfläche vor der Bestrahlung poliert wurde. Auf unpolierten Amalgamoberflächen konnten keine Effekte festgestellt werden.

Neben einer Aufrauung der Amalgamoberfläche fanden ELIADES et al. (1991) eine Veränderung der oberflächlichen Amalgamzusammensetzung nach erfolgter Prophy-Jet Anwendung von 5 Sekunden.

FRANKE (2004) stellte nach einer Bestrahlungsdauer von 30 Sekunden im REM eine Aufrauung des Goldrandes bei Galvanokeramikronen fest. Bei einer rasterelektronenmikroskopischen Auswertung einer in vivo Untersuchung stellten DE BOEVER und VANDE VELDE (1985) ebenfalls Amalgamaufrauungen als Folge einer Prophy-Jet-Bestrahlung fest. HÜGELMEYER (1989) stellte bei seiner Studie ebenfalls eine aufrauende Wirkung des Air-Flow auf Amalgamoberflächen fest. Diese Oberflächenveränderung ist jedoch bei Verwendung anderer Methoden wie Hand-

Scaler-Bearbeitung, Gummikelchpolitur und EVA-System vergleichbar hoch und wird sogar von Air-Scaler und Optision übertroffen.

SCHULTE beschreibt in seiner Publikation im Jahre 2003 ebenfalls eine aufrauende Wirkung von PWS auf metallischen Werkstoffen. Diese zeigt eine Zunahme der Rauheit um den Faktor 1,5 bei hochgoldhaltigen Gusslegierungen und dem Faktor 4 beim Amalgam. Dadurch verlieren metallische Restaurationen klinisch nach der Bestrahlung ihren Glanz und erscheinen matt. Er empfiehlt deshalb die Bestrahlung dieser zu vermeiden. Ist es dennoch unvermeidbar, sollte anschließend eine Politur der metallischen Oberflächen vorgenommen werden.

2.5.2 Kunststoffe

CASTAGNOLA et al. untersuchten 1983 die Auswirkungen einer Prophy-Jet Bestrahlung an mikro- und makrogefüllten Komposit-Füllungen. Die REM-Untersuchungen zeigten einen deutlichen Abtrag von beiden Füllungsflächen. Jedoch waren Kunststoffe mit anorganisch gefüllten Makroteilchen vom Typ Concise nicht so anfällig auf die Prophy-Jet Bestrahlung wie der mikrogefüllte Kunststoff Silar. UCHIDA et al. (1986) kamen zu dem Ergebnis, dass Kunststoffe mit Füllstoffen sich widerstandsfähiger gegenüber einer PWS Bestrahlung erwiesen.

COOLEY et al. (1986) untersuchten die Oberflächenrauheit der drei Kunststoffe Concise, Silar und Prisma nach einer Bestrahlung mit Prophy-Jet. Bereits nach einer Applikationsdauer von 5 Sekunden zeigte sich eine signifikante Erhöhung der Rauheit. Bei Concise und Silar stieg die Rauheit mit fortlaufender Bestrahlungsdauer. Beim lichthärtenden Prisma kam es jedoch bei Erhöhung der Bestrahlungszeit zu keiner zusätzlichen Erhöhung der Oberflächenrauheit. Beim Einsatz von PWS bei Recall Patienten wird daher empfohlen, bevorzugt lichthärtende Komposite zu verwenden.

In einer weiteren Untersuchung im Jahre 1986 fanden LUBOW und COOLEY bei den drei Kunststoffen Concise, Silar und Prisma die größten Rauheiten unter allen zehn getesteten zahnärztlichen Materialien. Dieser Effekt setzte, wie schon in der oben

genannten Studie, bereits nach einer Bestrahlungszeit von 5 Sekunden ein und wurde mit fortlaufender Bestrahlung zusätzlich erhöht. Hierbei kommt es im Gegensatz zur vorangegangenen Studie von COOLEY et al. (1986) auch beim lighthärtenden Kunststoff Prisma zu einer Erhöhung der Rauheit bei fortlaufender Bestrahlung. Es wird empfohlen, die Bestrahlung von Kompositen während der Prophylaxesitzung klinisch zu vermeiden und bei erfolgter Bestrahlung eine Nachpolitur vorzunehmen (LUBOW und COOLEY, 1986).

BARNES und Mitarbeiter untersuchten im Jahre 1987 die Auswirkungen einer PWS-Bestrahlung auf zahnärztliche Restaurationen im REM. Beim Kunststoff Prisma-fil wurden nach einer Bestrahlung von 5 Sekunden durchschnittlich 0,1mm abgetragen. Der mikrogefüllte Kunststoff Dura-fil zeigte hierbei nur die Hälfte des Materialabtrages des Prisma-fil. Diese Aussage korreliert mit der Publikation von SHULTZ et al. (1993). Im REM zeigten sich beim Concise eine höhere Porosität als beim Adhäsiv System 1+. Es wird ebenfalls angenommen, dass Makrogefüllte Komposite im Gegensatz zu den Kleinpartikelkompositen eine größere Abrasivität aufweisen. Diese Aussage steht jedoch im Widerspruch zu den Behauptungen anderer Publikationen (CASTAGNOLA et al. 1983; UCHIDA et al. 1986; REEL et al. 1989).

Im Jahre 1990 untersuchten BARNES und Mitarbeiter in einer rasterelektronenmikroskopischen Studie den Einfluss einer 5 bis 60 Sekunden langen Prophy-Jet-Bestrahlung auf dem Komposit Bracketkleber Concise. Entgegen den eigenen Ergebnissen aus dem Jahre 1987 konnten die Autoren keinen erwarteten Materialabtrag feststellen. Als mögliche Erklärung wird aufgeführt, dass in der älteren Arbeit die Strahlrichtung gemäß Herstellerangaben zwischen 60 bis 80° betrug, in der neuen Studie jedoch eine Strahlrichtung gewählt wurde, die senkrecht zur Zahnoberfläche lag.

HÜGELMEYER (1989) setzte das Air-Flow ein und erkannte in der profilometrischen Untersuchung und im REM starke Aufrauungen eines Mikrofillerkomposits durch eine 10 und 100 Sekunden langen Bestrahlung. Im Vergleich dazu war die Oberflächenveränderung mit dem Ultraschall noch deutlicher. Auch SCHULTE

(2003) berichtete über eine Aufrauung von Kompositen um den Faktor 6. Daher sollte seiner Meinung nach eine Bestrahlung von Kompositrestaurationen vermieden werden. Im Falle einer Bestrahlung sollte allerdings eine Nachpolitur vorgenommen werden.

GORFIL et al. (1988) konnten nach einer Ultraschallsäuberung oder einer PWS-Politur von Zähnen mit Zahnhalsfüllungen keine nachteiligen Folgen auf den Randschluss der Komposit- oder Amalgamfüllungen feststellen.

Ungeachtet von Ausnahmen kommt die Mehrzahl der Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass eine PWS Bestrahlung zu einer Aufrauung von Kompositoberflächen führt. (BARNES et al. 1987; UCHIDA et al. 1986; COOLEY et al. 1986; LUBOW und COOLEY, 1986; CASTAGNOLA et al. 1983; DE BOEVER und VANDE VELDE, 1985; EMS AirFlow[®] S1, Bedienungsanleitung; GUTMANN et al. 1993; HÜGELMEYER, 1989; REEL et al. 1989; SCHULTE, 2003; SHULTZ et al. 1993). Einige Autoren beschreiben sogar einen festgestellten Abtrag des Materials (BARNES et al. 1987; COOLEY et al. 1986; REEL et al. 1989).

2.5.3 Keramik

Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Restaurationsmaterialien kam es nach SCHULTE (2003) bei einem Einsatz von PWS auf heißgepresste Glaskeramik oder auf gesinterte Verblendkeramik zu keiner Zunahme der Oberflächenrauheit. Die Bestrahlung der Keramik führte im Vergleich zu den metallischen Restaurationen zu keiner Änderung des Oberflächenglanzes des Materials.

Aus der Untersuchung von LUBOW und COOLEY (1986) an zwei Keramikverblendmaterialien resultierten ebenfalls keine Oberflächenveränderungen bei einer Bestrahlungsdauer von bis zu 30 Sekunden. Eine Bestrahlungsdauer von zwei Minuten erzeugte jedoch nach LECKEL et al. (1989) eine signifikante Aufrauung der Keramikoberfläche. Nach einer Bestrahlungsdauer von 60 Sekunden war dieser Effekt auf die Oberfläche der Keramik noch nicht signifikant. FRANKE (2004) untersuchte den Einfluss verschiedener Prophylaxemethoden auf Goldrand und

Keramik von Galvanokeramischen Kronen im REM. Nach einer Bestrahlungsdauer von 30 Sekunden konnte noch keine Änderung der Keramikoberfläche festgestellt werden. Erst nach 4,5 Minuten kam es zur Rauheitssteigerung in Form von Grübchen. Aufgrund ihrer aufrauenden Wirkung wurde die Anwendung von PWS bei Galvanokeramikronen nicht empfohlen. Im Vergleich dazu führte jedoch der Einsatz von Ultraschall und Gracey Kürretten noch zu größeren Zerstörungen der Oberfläche.

ELIADES und Mitarbeiter (1991) konnten bei ihrer Untersuchung auf Vita-Keramik nachweisen, dass sich nach einer Prophy-Jet Bestrahlung Sprünge in der Glasur und zudem auch vereinzelt Grübchen an der Oberfläche des Materials befanden.

COOLEY et al. (1986) bestrahlten verschiedene Keramiken und Keramikfarben für 30 Sekunden mit dem Prophy-Jet aus 5mm Abstand. Makroskopisch kam es zu keiner Änderung der Farbe und der Glanzbrandschicht. Im REM zeigten sich bei allen Keramiken, außer der Willceram-Keramik, starke bis weniger ausgeprägte Veränderungen. Diese waren durch die Freilegung keramikinterner Bläschen gekennzeichnet. JOST-BRINKMANN und RADLANSKI (1997) konnten bei der Bestrahlung von Keramikbrackets und der anschließenden rasterelektronenmikroskopischen Betrachtung keine Veränderung der Oberfläche feststellen.

2.5.4 Zemente

Entgegen der Aussage von BARNES et al. im Jahre 1990, die keine Effekte des Zinkphosphatzementes bei der PWS-Bestrahlung feststellten, kamen andere Autoren zu gegensätzlichen Erkenntnissen.

COOLEY et al. (1988A) bestrahlten vier verschiedene Glasionomorzemente aus einem Abstand von 10mm für 5 bis 10 Sekunden. Als Vergleich dazu wurden korrespondierende Zementproben mit Gummikelch und Bimsstein poliert. Schon makroskopisch waren auf allen bestrahlten Proben Oberflächenveränderungen erkennbar. Die Erhöhung der Bestrahlungszeit führte ebenfalls zu einer geringen Rauheitssteigerung. Im REM zeigten beide Methoden raue Oberflächen, die aber

nach der Clavi-Jet Bestrahlung vom stärkeren Ausmaß waren. Aufgrund seiner großen Abrasivität wurde die Verwendung des Clavi-Jet auf Glasionomerkementen nicht empfohlen.

GUTMANN und Mitarbeiter (1993) untersuchten die Auswirkungen einer Prophy-Jet Bestrahlung auf Ketac Fil und kamen zu ähnlichen Ergebnissen wie COOLEY et al. (1988A). Nach einer Bestrahlungsdauer von 10 Sekunden zeigten 8 von 10 Proben Oberflächenaufrauungen, die auf die Bestrahlung zurückzuführen waren.

2.5.5 Orthodontische Apparaturen

SHULTZ et al. (1993) untersuchten die Bestrahlung des Verbundes zwischen Bonding und Metallbracket eines 1 Phasen-Produktes System 1+ und dem 2 Pasten-System Concise. Bei der Messung der Kraft um diesen Verbund zu lösen, wurde bei dem 1 Pasten-System keine Abnahme der Bondingstärke nach erfolgter Bestrahlung festgestellt. Beim Concise zeigte sich erst bei einer Bestrahlungszeit von 60 Sekunden eine Abnahme der Bondingstärke. Diese lag aber aufgrund der ohnehin stärkeren Bindung des 2 Phasen-Systems noch weit oberhalb des klinisch erforderlichen Wertes von 6 – 8 MPa. Daher stellen PWS nach Shultz et al. keine Kontraindikation bei Bracket-Bondingsystemen dar.

BARNES et al. (1990) beschrieb in seiner Publikation bei einer 60 sekündigen Bestrahlung des Concise einen intakten Rand des Bracket-Adhäsiv-Zahnverbundes. Dieses unerwartete Ergebnis führten BARNES et al. (1990) auf den Bestrahlungswinkel von 90° zurück. Dieser hatte möglicherweise zu einer Veränderung des Streukegels und somit einer Abschwächung des Bestrahlungseffektes geführt.

Durch die stark abrasive Wirkung von PWS auf Kompositen empfehlen einige Autoren den Einsatz zur Beseitigung von Kunststoffresten nach der Bracketentfernung (HANNEMANN und DIEDRICH, 1986; HEISER und PFALLER, 1984; PFALLER und HEISER, 1984; UCHIDA et al. 1986).

JOST-BRINKMANN und RADLANSKI (1997) beobachteten die Wirkung von PWS auf Stahl-, Keramik- und Kunststoffbrackets im REM. Dabei zeigten die Oberflächen der Stahl- und Keramikbrackets keine klinisch relevanten Veränderungen. Beim Kunststoffbracket kam es jedoch zu deutlichen Effekten mit Freilegung von Füllerpartikeln, Kantenabrundung und Stufenbildung zwischen Stahlslot und Kunststoff. Aufgrund der Abrasivität von Kunststoffbrackets durch die Bestrahlung raten UCHIDA et al. (1986) ebenfalls von einer Bestrahlung ab.

GERBO et al. (1993A) sowie UCHIDA und Mitarbeiter (1986) empfehlen PWS durch ihre Effizienz in der Plaqueentfernung bei Patienten mit kieferorthopädischen Apparaturen. Sie führten auf, dass diese weder Ligaturen, noch Drähte schädigen, ohne dies jedoch durch eigene Messdaten zu belegen.

2.6 Wirkungen von Pulver-Wasserstrahlgeräten auf Weichgewebe

DE BOEVER und VANDE VELDE stellten 1985 fest, dass die klinische Verwendung des Prophy-Jet am Gingivalrand und im Interdentalraum zu einer Desquamation der Gingiva mit begleitender Blutung führte. Nach einer Zeit von zwei bis drei Tagen heilte diese jedoch ab und selbst bei Patienten mit hohen Taschentiefen kam es zu keiner Ausbildung eines Parodontalabszesses. Ferner konnten KONTTURI et al. (1989) einen Bezug zwischen der erosiven Gingivareaktion und dessen Entzündungszustand nachweisen.

WEAKS et al. (1984) sowie weitere Autoren fanden bei ihren Untersuchungen unmittelbar nach dem Einsatz der PWS einen höheren Traumaindex der Gingiva als nach der Gummichelcpolitur. Klinisch war dieses Ergebnis jedoch eine Woche nach der Behandlung nicht mehr festzustellen (MISHKIN et al. 1986; WEAKS et al. 1984; YANAGIMURA et al. 1988). Dabei untersuchten die genannten Autoren nur Patienten mit einer gesunden Gingiva oder Patienten mit lokalisierten gingivalen Entzündungen. Der Effekt auf eine generalisiert entzündete Gingiva wurde nicht untersucht.

MISHKIN et al. (1986) empfehlen zudem den Mund des Patienten nach der Anwendung gut auszuspülen und die Lippen mit Vaseline zu schützen. So können Auflösungen oberflächlicher Epithelschichten der Unterlippe vermieden werden.

BANEK-HIMPLER (1987) fand bei der Behandlung von 180 Patienten mit dem Air-Flow Gerät nur Schädigungen am Zahnfleisch wenn es zu einer akzidentellen direkten Bestrahlung des Zahnfleisches gekommen war. Gelegentlich geäußerte Beschwerden der Patienten über leichtes Brennen des Zahnfleisches verschwanden bereits 1- 2 Tage nach der Behandlung. Nach einer PWS-Reinigung von Zähnen vor der Extraktion zeigten sich keine Heilungskomplikationen der Gingiva an der Extraktionswunde (HORNING et al. 1987B).

In einer aktuellen Studie von KOZLOVSKY et al. (2005) zeigte sich nach der PWS-Behandlung ein lokalisiertes Trauma der Gingiva, welche durch Erosionen gekennzeichnet war. Der Keratinverlust bei der Verwendung des stand-alone Gerätes Jetpolisher war signifikant höher als bei dem Handstück Prophyflex. Es konnte zudem ein Bezug zwischen der Bestrahlungszeit und den daraus resultierenden Effekten der Gingiva festgestellt werden. Die Autoren empfehlen daher, bei der klinischen Anwendung von PWS den Bereich der angrenzenden Gingiva mit einer Aluminiumfolie abzudecken. Es ist zu bedenken, dass schon eine Bestrahlung der Gingiva von 5 Sekunden zu einem tiefen Defekt des Epithels führte, welche die Ausbildung einer gingivalen Rezession unterstützen könnte.

Übereinstimmend mit der Meinung mehrerer Autoren, führt eine PWS-Anwendung zu einer Abschürfung und Blutung der beteiligten Gingiva, welche lediglich temporär war und innerhalb kurzer Zeit abheilte und sich somit klinisch als nicht signifikant erweist (BANEK-HIMPLER, 1987; DE BOEVER und VANDE VELDE, 1985; KONTTURI et al. 1989; MISHKIN et al. 1986; WEAKS et al. 1984; YANAGIMURA et al. 1988).

2.7 Sicherheitshinweise für den Einsatz von Pulver-Wasserstrahlgeräten

Um die Sicherheit einer PWS-Anwendung zu gewährleisten, müssen der Patient sowie der Behandler und andere beteiligte Personen im Raum berücksichtigt werden.

Zum Schutz der Augen aller Beteiligten wird empfohlen, eine Schutzbrille zu verwenden (EMS AIRFLOW S1, Bedienungsanleitung; LOGOTHESIS und MARTINEZ-WELLES, 1995; SNYPER et al. 1990). Kontaktlinsen sollten während der Behandlung herausgenommen werden, da sich der feine Pulverstaub zwischen Kontaktlinse und Auge absetzen könnte. Zudem kann das im Air-Flow Pulver enthaltene Zitrusaroma bei einigen Patienten zu allergischen Reaktionen führen (EMS AIRFLOW S1, Bedienungsanleitung).

Aufgrund der Aerosolbildung beim PWS Einsatz wird das Tragen eines Mundschutzes empfohlen. Eine Minimierung des erzeugten Sprays kann hierbei durch eine suffiziente Absaugvorrichtung erreicht werden (EMS AIRFLOW S1, Bedienungsanleitung; LOGOTHESIS und MARTINEZ-WELLES, 1995). Das erzeugte Aerosol entspricht dem eines Ultraschallgerätes und birgt somit die gleichen Risiken und Schutzmaßnahmen (HORNING, 1987A). Ein Mund-Nasen-Schutz mit einer bakteriellen Filtrationseffizienz von 74 bis 98% wird empfohlen (BARNES, 1991; SNYDER et al. 1990). Dennoch kommt es trotz einer guten Absauganlage zu einer bakteriellen Kontamination der Umgebung und eines damit verbundenen Infektionsrisikos mit Tuberkulose, Hepatitis B und anderen Erkrankungen durch den Spraynebel (HORNING, 1987A; LOGOTHESIS und MARTINEZ-WELLES, 1995). Zudem kann durch die Verwendung von desinfizierenden Mundspüllösungen vor der Reinigung die Zahl der Mundhöhlenkeime und der somit befindlichen Keime im Aerosol reduziert werden (LOGOTHESIS und MARTINEZ-WELLES, 1995).

LOGOTHESIS und MARTINEZ-WELLES (1995) untersuchten die Wirksamkeit von Chlorhexidin Spülungen zur Keimreduktion in der Umgebung der PWS-Anwendung. Die Patienten spülten 10 Minuten vor der Behandlung zweimal für 30 Sekunden mit Chlorhexidin. Ohne Chlorhexidin-Anwendung kam es zu einer bakteriellen Kontamination der Umgebung in einer Entfernung von bis zu zwei Metern. Das zweifache Spülen führte zu einer Reduktion der koloniebildenden Einheiten um den Faktor 10. Somit wird die Anwendung von Chlorhexidin vor der PWS-Anwendung empfohlen.

2.7.1 Nebenwirkungen und Kontraindikationen

Durch die mögliche Resorption des Natriumbikarbonats durch die Mundschleimhaut in den Körperkreislauf ist auf eine Natriumbelastung der Patienten durch die PWS-Anwendung zu achten. Natriumbikarbonat führte bei den Untersuchungen von RAWSON et al. (1985) nach einer PWS-Anwendung von 5 Minuten zu einer systemischen Störung des Säure-Basen-Haushaltes des Körpers. Der PH im Serum verblieb jedoch nicht auf einen gefährlichen Niveau, wenn die körpereigenen Puffersysteme ungestört funktionierten. Hierzu wurde das venöse Blut eines Probanden ausgewertet. Dabei war die Hyperventilation und nicht die PWS-Anwendung der Grund der Alkalose.

In einer späteren Studie von SNYDER et al. (1990) wurden gegensätzliche Ergebnisse gewonnen. Nach einer PWS Anwendung von 5 Minuten bei Hunden wurde die chemische Analyse des PH und der Natrium-, Kalium- und Bikarbonatkonzentration im arteriellen Blut durchgeführt. Nur die Kaliumkonzentration war signifikant höher. Diese hatte jedoch nach Aussagen der Autoren keine klinische Signifikanz. Um Änderungen im Elektrolythaushalt zu untersuchen wurde das arterielle Blut als aussagefähiger, als das in der vorangegangenen Studie untersuchte venöse Blut, eingestuft (RAWSON et al. 1985; SNYDER et al. 1990).

Patienten, die eine salzarme Diät verordnet bekommen haben, ist der Einsatz von PWS kontraindiziert, da das Pulver aufgrund des Natriumgehaltes salzhaltig ist (EMS AIRFLOW S1, Bedienungsanleitung; MISHKIN et al. 1986). Bei Patienten mit einer Bronchitis oder Asthma kann das feine Spray aus Luft und Pulver zu Beschwerden der Atemwege führen. Verschiede Autoren empfehlen bei Vorhandensein von Nierenschäden und/ oder Hochdruckleiden sowie chronischen pulmonalen Obstruktionen von einer Anwendung mit PWS abzusehen (EMS AIRFLOW S1, Bedienungsanleitung GUTMANN et al. 1993; HORNING, 1987A).

Zudem sollte der Pulverstrahl nie auf das Zahnfleisch gerichtet werden, da durch die eingeblasene Luft in den Körperkreislauf die Gefahr einer Embolie bestehen könnte (EMS AIRFLOW S1, Bedienungsanleitung). Mehrere Publikationen berichteten über

die Entstehung eines Emphysems nach einer PWS-Anwendung (FINLAYSON und STEVENS, 1988; JOSEPHSON et al. 2001; LIEBENBERG und CRAWFORD, 1997). Bei FINLAYSON und STEVENS wurde der Strahl entgegen der Herstellerangaben, die einen Winkel von 30 bis 60° zur Zahnoberfläche empfehlen, direkt in eine tiefe parodontale Tasche gerichtet (EMS AIRFLOW S1, Bedienungsanleitung). Im Normalfall kam es jedoch bei gesunden Patienten zu einer Rückbildung des Emphysems innerhalb von 24 bis 72 Stunden. Entgegen diesen Vorkommnissen fanden PETERSILKA et al. (2003B und 2003C) bei der Bestrahlung von Wurzeloberflächen im Rahmen der Parodontalbehandlung keine Ausbildung eines Emphysems, obwohl sie den Strahl direkt in die parodontale Tasche richteten. Dieses Ergebnis führen sie auf die geringen abrasiven Fähigkeiten des Pulvers Clinpro Prophy zurück, welches einen subgingivalen Einsatz ohne eine große Schädigung vom gingivalem Weichgewebe ermöglicht.

JOST-BRINKMANN et al. (1994) untersuchten das Risiko transitorischer Bakteriämien nach einer PWS-Anwendung im Vergleich zu häuslichen oder konventionellen Reinigungsmethoden. Nach der Blutabnahme zeigte sich bei einem Drittel der Patienten ein Bakterienwachstum, welcher jedoch aufgrund der geringen Größe einer häuslichen Reinigung entsprach. Aufgrund der nicht erhöhten Inzidenz von Bakteriämien, besteht keine Notwendigkeit zur Endocarditisprophylaxe vor einem PWS-Einsatz.

Da das Zahnoberhäutchen, das den Zähnen einen natürlichen Schutz vor Verfärbungen gibt, durch die Reinigung entfernt wird, sollte der Patient unterwiesen werden, nach der Behandlung auf das Rauchen sowie Tee, Kaffee oder andere färbenden Lebensmittel zu verzichten. Erst nach 2- 3 Stunden führt der Eiweißgehalt des Speichels zu einer erneuten Bildung des Zahnoberhäutchens (EMS AIRFLOW S1, Bedienungsanleitung).

2.8 Friktion zwischen Bracket und Bogen

Die Friktion ist eine physikalische Kraft, die als Widerstand der Bewegung von zwei sich berührenden Körpern entgegenwirkt. Es besteht eine Unterscheidung zwischen Haft- und Gleitreibung. Die Haftreibung bezeichnet die kleinste notwendige Kraft zum Starten einer Bewegung. Die Gleitreibung entspricht dabei der Kraftgröße, welche die gleitende Bewegung eines Festkörpers mit einer konstanten Geschwindigkeit entgegenwirkt (LOTFUS et al. 1999).

Um ein Objekt gegen den anderen zu bewegen, muss die Krafteinwirkung die Reibung überragen. Aus diesem Grunde führt ein erhöhter Reibungswiderstand zu einer Abschwächung des kieferorthopädischen Behandlungsergebnisses und bedarf einer größeren Kraftapplikation (KAPUR et al. 1999). In der Orthodontie impliziert der Begriff Friktion eine Vielzahl von Reibungseffekten, die bei der bogengeführten Zahnbewegung auftreten (DRESCHER et al. 1990). Eine Erhöhung der eingesetzten orthodontischen Kraft führt zu einer zusätzlichen Belastung der Verankerungseinheit, was in einigen Fällen zu einem Verankerungsverlust und sogar zu einem Behandlungsmisserfolg führen könnte (DRESCHER et al. 1989B und 1990).

Zudem ist festzustellen, dass der Zahn bei der bogengeführten Zahnbewegung nicht kontinuierlich am Bogen bewegt wird. Durch die zum Widerstandszentrum des Zahnes exzentrische Kraftapplikation besteht vielmehr ein Wechselspiel zwischen Kippung bzw. Rotation und Aufrichtung bzw. Derotation, welche zu einer Haftreibung zwischen Bracket und Draht führt (DRESCHER et al. 1989B).

Folgende mechanische Parameter bestimmen die Friktion (SCHUMACHER et al. 1990):

- Bracketangulation,
- Bracketbreite,
- Drahtmaterial- und Oberflächenrauigkeit,
- Drahtdimension
- Form des Drahtquerschnittes,
- Torque,

- Ligatur,
- Bracketmaterial.

Bei der bogengeführten Zahnbewegung zeigt sich eine Abhängigkeit der Friktion von diesen Faktoren in folgender abnehmender Wichtigkeit: Biologischer Widerstand, Oberflächenrauheit des Drahtes, vertikale Drahtdimension, Bracketbreite und die elastischen Eigenschaften des Drahtes (DRESCHER et al. 1989).

ANDREASEN und QUEVENDO (1970) untersuchten die Variablen Bracketbreite, Drahtstärke sowie Angulation des Bracketslots zum Drahtverlauf in einer in-vitro-Studie. Bei der Führung eines Brackets entlang des Drahtes zeigte sich eine Steigerung der Friktion mit zunehmender Drahtstärke und Angulation. Keinen signifikanten Einfluss hatten dabei die unterschiedlichen Bracketweiten oder die Zugabe von Speichel. Zusätzlich wurden die Auswirkungen der Ligatur durch den Einsatz einer Druckfeder standardisiert. PETERSEN et al. (1982) verwendeten ebenfalls die von ANDREASEN und QUEVENDO beschriebene Apparatur. In ihrer Untersuchung zeigten Nitinoldrähte eine geringere Friktion als Stahldrähte. Dabei war der Einfluss der Drahtdimension beim Nitinol nur als gering einzustufen.

GARNER (1986) simulierte mit Hilfe einer Apparatur, zum Vergleich verschiedener Bracket- und Bogenkombinationen, die benötigte Kraft für eine Eckzahnretraktion. Standardstahl erzeugte hierbei die kleinste Friktion, gefolgt von Nitinol und mit einer großen Differenz das Beta-Titan (TMA) (DRESCHER et al. 1989B und 1990; GARNER, 1986).

Die höchste Friktion wird seitens der Autoren einstimmig bei der Verwendung von TMA Draht festgestellt (ANGOLKAR et al. 1990; CACCIFESTA et al. 2003; DRESCHER et al. 1989B und 1990; GARNER, 1986; JOST-BRINKMANN et al. 1992; KAPILA et al. 1990; KAPUR et al. 2004; KRISHNAN und KUMAR, 2004; LOTFUS et al. 1999). Bei NiTi- und Stahldrähten sind die Ergebnisse der Autoren uneinheitlich. Während einige Autoren eine kleinere Friktion von NiTi feststellten (ANGOLKAR et al. 1990; JOST-BRINKMANN et al. 1992; KAPUR et al. 2004; PETERSEN et al. 1982; TSELEPIS et al. 1994), konnten andere Autoren eine

geringere Friktion bei Stahldrähten feststellen (DRESCHER et al. 1989B und 1990; GARNER, 1986). CACCIFESTA et al. (2003) konnten keinen signifikanten Unterschied zwischen NiTi und Stahldrähten messen. Diese Variabilität ist möglicherweise auf die verschiedenen Versuchsparameter (DRESCHER et al. 1989A) und die Angulation zwischen Bracket und Draht zurückzuführen, die bei einigen Versuchen nicht auf Null eingestellt war (TSELEPIS et al. 1994).

DRESCHER et al. (1990) untersuchten den Kraftverlust durch die Friktion unter der Berücksichtigung unterschiedlicher Drahtmaterialien, Bracketbreiten und Drahtdimensionen. Bei Verwendung eines Drahtes aus Standard Stahl ergab das Verhältnis von orthodontisch angelegter zu resultierender Kraft im günstigsten Falle 2,3. Das bedeutet, dass im günstigsten Fall die Verankerungseinheit mit der 2,3 fachen Kraft belastet wird. Der Kraftverlust ist beim Nitinol Draht mit einem Faktor von 2,6 etwas höher als beim Standard Stahl. Im Falle des TMA Drahtes mit einem Wert von 4,3 geht ein Vielfaches der applizierten Kraft verloren und führt zu einer enormen Belastung der Verankerungseinheit. (DRESCHER et al. 1990).

Übereinstimmend dazu waren in einer früheren Studie die Reibungskoeffizienten der Drahtmaterialien (DRESCHER et al. 1989). Zwischen den verschiedenen Drahtlegierungen bestehen erhebliche Unterschiede in der Oberflächenrauheit (DOWNING et al. 1994; DRESCHER et al. 1989A, 1989B und 1990). Dementsprechend zeigte die Oberfläche des TMA Drahtes im REM die höchste Oberflächenrauheit, wobei die Stahldrähte die glatteste Oberfläche aufwiesen. (DRESCHER et al. 1989; BOURAUUEL et al. 1998; DOWNING et al. 1994; KRISHNAN und KUMAR, 2004). Die Rauheit des Nitinols überstieg den Wert der Stahldrähte, lag jedoch noch weit unterhalb der TMA-Drähte (BOURAUUEL et al. 1998; DRESCHER et al. 1989).

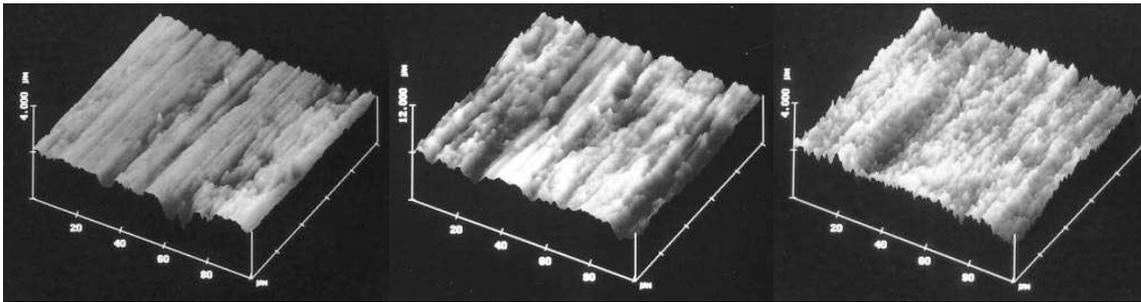


Abbildung 3: Rasterkraftmikroskopische Aufnahmen der Drahtoberflächen (v.l.n.r.: Stahl, TMA, Nitinol) (aus BOURAUUEL et al. 1998)

Eine Vergrößerung der Drahtdimension führte einheitlich zu einer Friktionssteigerung (ANDREASEN und QUEVEDO, 1970; ANGOLKAR et al. 1990; CACCIFESTA et al. 2003; DOWNING et al. 1994; GARNER 1986; DRESCHER et al. 1989A, 1989B und 1990; KAPILA et al. 1990; TANNE et al. 1991; TSELEPIS et al. 1994).

Zusätzlich kamen DRESCHER et al. (1990) zu dem Ergebnis, dass die Friktion im Wesentlichen vom vertikalen und nicht von der horizontalen Drahtdimension beeinflusst wurde. Sie empfehlen die Verwendung eines 0,016 x 0,022 Stahldrahtes während der Führungsphase, da dieser den besten Kompromiss zwischen Friktion und Wurzelkontrolle darstellt.

Schlussfolgernd haben die Oberflächenrauheit und die vertikale Dimension der Drahtmaterialien eine große Bedeutung in Bezug auf das Friktionsverhalten der Drähte (DRESCHER et al. 1989A, 1989B und 1990; GARNER, 1986; PETERSON et al. 1982; SCHUMACHER et al. 1990).

Bei dem Einfluss der Bracketgröße auf die Friktion bestehen seitens der Autoren unterschiedliche Meinungen. Während einige Autoren kleinere Friktionswerte bei der Verwendung von breiteren Brackets fanden (DRESCHER et al. 1989A, 1989B und 1990; JOST-BRINKMANN et al. 1992), kamen andere Autoren zu gegensätzlichen Ergebnissen (FRANK und NIKOLAI, 1980; KAPILA et al. 1990).

JOST-BRINKMANN et al. (1992) untersuchten die Friktion von Stahl- und Keramikbrackets in Kombination mit verschiedenen Drahtmaterialien. Im Gesamtergebnis zeigten die Keramikbrackets eine signifikant höhere Friktion.

Detailliert betrachtet bestand bei Verwendung von TMA-Draht mit runden oder rechteckigen Querschnitt und Kant-Nitinol-Draht kein signifikanter Unterschied zwischen Keramik- und Stahlbrackets. Eine höhere Friktion der Keramikbrackets wurde somit nur mit Stahldrähten gemessen. Die polykristallinen Keramikbrackets zeigten bei der Verwendung von Stahldrähten und Kant-TMA-Drähten eine geringere Friktion als das verwendete monokristalline Bracket. Bei runden TMA- und Kant-Nitinol-Drähten war kein Unterschied zwischen dem polykristallinen und monokristallinen Brackets erkennbar. SCHUMACHER et al. (1990) konnten bei polykristallinen Brackets ebenfalls eine geringfügig größere Friktion beobachten als bei Stahlbrackets. Bei monokristallinen Brackets war dieser Unterschied noch deutlicher. In der Studie von ANGOLKAR und Mitarbeiter (1990) zeigten die Keramikbrackets im Vergleich zu Stahlbrackets in allen untersuchten Draht-Bracket-Kombinationen höhere Friktionswerte. Im Gegensatz zu Keramikbrackets mit Stahlslot zeigten Vollkeramikbrackets erhöhte Reibungswerte (LOTFUS et al. 1999). TANNE et al. (1991) konnten durch die hohen Reibungskräfte von Keramikbrackets eine geringere Zahnbewegung erreichen als mit Stahlbrackets. Während Stahlbrackets bei der REM Untersuchung auf den untersuchten Drahtoberflächen oberflächliche Kratzer zeigten, waren diese Veränderungen bei Verwendung von Keramikbrackets tiefer und deutlicher.

Bei Verwendung von Polycarbonatbrackets zeigen sich ebenfalls erhöhte Reibungswiderstände (BERGER, 1990; TSELEPIS et al. 1994). Die sehr hohen Reibungskräfte von faserverstärkten Kunststoffbrackets erklärte sich BERGER (1990) durch die zum Teil sehr raue Oberfläche. CACCIFESTA et al. (2003) fanden bei ihren Untersuchungen eine vergleichbare Friktion zwischen selbstlegierenden Polycarbonatbrackets und konventionellen Stahlbrackets, wobei das selbstlegierende Stahlbracket eine deutlich geringere Friktion zeigte.

SCHUMACHER et al. (1990) untersuchten den Einfluss der Ligatur auf die Friktion zwischen Bracket und Bogen. Die Friktion wurde mehr von der Ligatur und der Legierungsart als von der Drahtdimension bestimmt. Dabei erzeugten Alastics signifikant kleinere Reibungswerte als Stahlligaturen. Stahlligaturen in Kombination mit Stahldrähten erzeugten eine Friktion, die den eingesetzten orthodontischen

Kräften entsprach, welche somit zu einem Stoppen der Zahnbewegung führte. Aus diesem Grunde empfehlen SCHUMACHER et al. ein nachträgliches Lösen der Ligatur um ca. 90 bis 180°, um klinisch eine Zahnbewegung zu erreichen.

Die Auswirkungen des Speichels auf die Friktion sind vernachlässigbar (ANDREASEN und QUEVEDO, 1970; DRESCHER et al. 1990; PETERSON et al. 1982). Im Gegensatz dazu resultierte aus den Messungen anderer Autoren eine Steigerung (DOWNING, 1995; STANNARD et al. 1986) oder eine Reduktion der Friktion durch Speichel (TSELEPIS et al. 1994).

3. Methodik

Diese In-vitro-Untersuchung unterteilt sich in zwei Abschnitte. Der erste Teil befasst sich mit den Oberflächenveränderungen von kieferorthopädischen Drähten durch Bestrahlung mit Pulverarten auf Natriumbikarbonat- (Air-Flow^{®1}) und auf Glycinbasis (Clinpro[™] Prophy Powder²). Die Messung der Oberflächenrauheit erfolgte in einer quantitativen Analyse, welche mit Hilfe einer Friktionsmessung durchgeführt wurde.

Im zweiten Versuchsabschnitt wurde die Änderung der Materialoberfläche von kieferorthopädischen Brackets durch Bestrahlung mit beiden Pulverarten experimentell verglichen. Die Auswertung erfolgte mit einem REM in Form einer qualitativen Analyse.

3.1 Drahtbestrahlung

3.1.1 Auswahl der Drähte und Versuchsparameter

Es wurden drei unterschiedliche kieferorthopädische Drähte in gerader Form (Stahl: smile dental, 01-0023; TMA: Ormco, 266-0010; und Nickel-Titan: GAC, 02-523-083) mit einem Querschnitt von 0,016 x 0,022 Inch verwendet. Diese wurden auf jeweils 15 cm lange Abschnitte gekürzt.

Folgende Versuchsparameter wurden in die Versuchsanordnung realisiert:

- Der Draht wurde bis zur Hälfte bestrahlt. Als Kontrolle diente das jeweils unbestrahlte andere Ende des Drahtes (jeweils 7,5 cm)
- Der Bestrahlungsabstand zwischen dem Handstück des PWS und der Drahtoberfläche war variabel und wurde mit Werten von jeweils 2 und 4 mm eingestellt
- Die Bestrahlungsdauer des Drahtes betrug 5 und 10 s

¹ EMS, Nyon

² 3M ESPE, Seefeld

- Als Bestrahlungsmedien wurden das herkömmliche Air-Flow® auf Natriumbikarbonat-Basis und das Clinpro™ Prophy Pulver auf Glycin-Basis eingesetzt

	Stahl	TMA	NiTi
Anzahl der Proben	5	5	3
Bestrahlungsabstand	2 mm, 4 mm	2 mm, 4 mm	2 mm, 4 mm
Bestrahlungsdauer	5 s, 10 s	5 s, 10 s	5 s, 10 s
Bestrahlungsmedium	Clinpro Prophy, Air-Flow	Clinpro Prophy, Air-Flow	Clinpro Prophy, Air-Flow
Probenzahl	40	40	24
Gesamtprobenzahl	104		

Tabelle 1: Zusammenfassung der Versuchsparameter zur Drahtbestrahlung

3.1.2 Aufbau der Versuchsapparatur zur Bestrahlung der Drähte

Die Versuchsparameter aus Tabelle 1 wurden in einer Messapparatur umgesetzt:

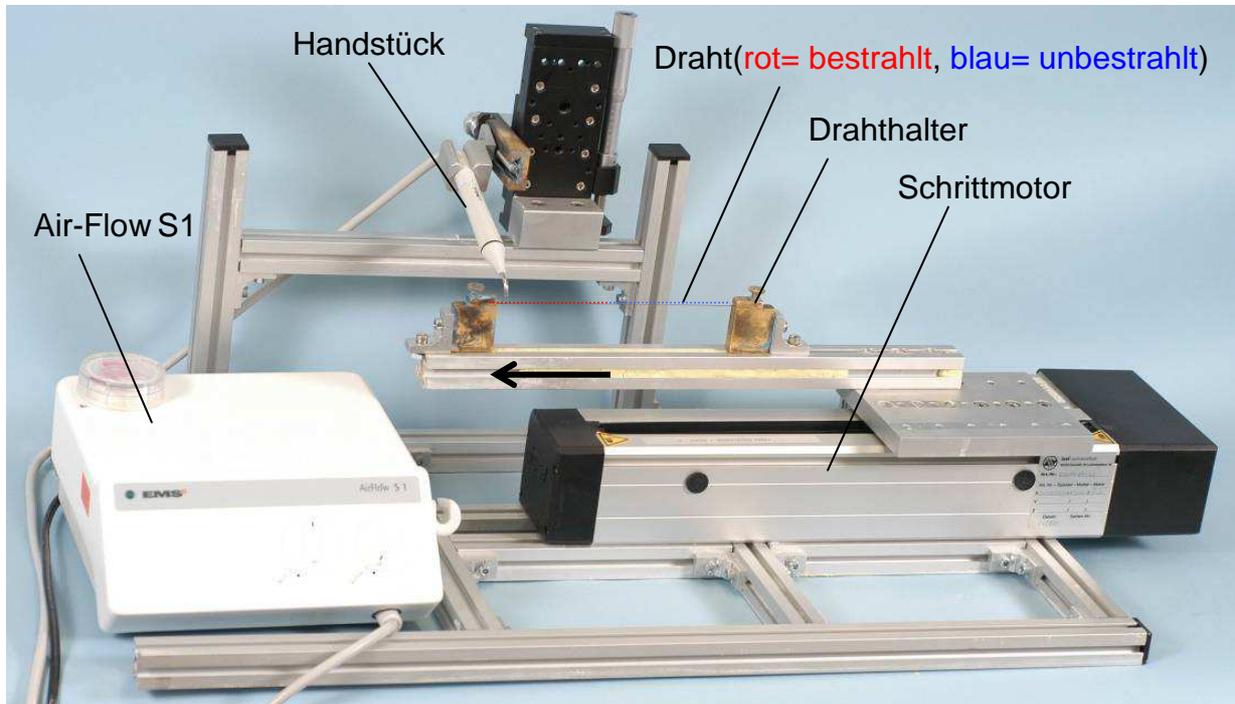


Abbildung 4: Aufbau der Versuchsapparatur zur Bestrahlung der Drähte

Die Apparatur setzt sich zusammen aus:

- einem Schrittmotor (Iselautomation³)
- einer stationären Befestigungsvorrichtung für den Draht
- einem Air-Flow S1⁴ PWS
- Haltevorrichtung für das Handstück des Gerätes

Die Anteile der Versuchsapparatur waren folgendermaßen konzipiert. Um den Draht während der Bestrahlung entlang des Handstücks zu führen, wurde dieser von einem Schrittmotor (Iselautomation) angetrieben. Der Schrittmotor wurde durch ein Aluprofil ergänzt, auf dem der 15 cm lange Draht, mittels der konstruierten Verschraubhalterung fest an beiden Enden eingespannt wurde. Am PWS Air-Flow S1 wurde der Regler für die Pulverzufuhr auf Maximum und die Einstellung für die Wasserzufuhr auf die mittlere Einstellung ausgerichtet. Der externe Druck wurde mit

³ iselautomation, Eichenzell

⁴ EMS, Nyon

Hilfe eines externen Luftdruckregulierventils konstant auf 4,5 bar reguliert. Am Air-Flow S1 wurde entsprechend der Herstellerangaben ein Wasseranschluss mit einem Wasserdruck von 3,5 bar angeschlossen. Für das Handstück des Air-Flow S1 wurde ein höhenverstellbarer Halter konstruiert, der diesen im 30° Winkel zum Draht fixierte. Mit einer Drehschraube wurde der Abstand der Düse zum Draht auf 2 bzw. 4 mm festgelegt.



Abbildung 5 und 6: Ausrichtung des Handstücks zum fixierten Draht im 30° Winkel

Die erforderliche Software für die Steuerung des Schrittmotors RMSBiomech (RoboticMeasurementSystem) ist eine selbst entwickelte Software der Kieferorthopädischen Abteilung der HHU Düsseldorf. Durch den Einsatz der Software wurden Geschwindigkeit und Fahrtstrecke festgelegt. Die Geschwindigkeit wurde so eingestellt, dass eine Stelle des Drahtes 5 bzw. 10 s bestrahlt wurde. Für das Air-Flow S1 Gerät wurde eine Streuung der Düse von 3 mm angenommen. Somit würde 1 mm des Drahtes bei einer Geschwindigkeit von 1 mm/s für 3 Sekunden bestrahlt werden.

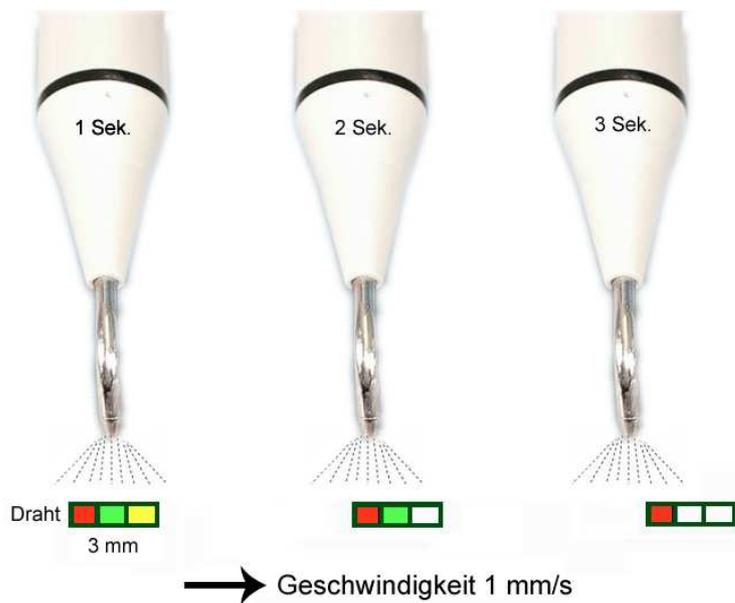


Abbildung 7: Streukegel des Air-Flow S1 aus 2 mm Abstand

Bei einer Geschwindigkeit von 1 mm/s wurde jeder Millimeter des Drahtes (rotes Kästchen in Abbildung 7) für 3 s bestrahlt. Hiermit ergab sich für 5s Bestrahlungszeit eine Geschwindigkeit von 0,6 mm/s und bei 10 s Bestrahlungszeit eine Geschwindigkeit von 0,3 mm/s. Diese Geschwindigkeiten galten für einen Bestrahlungsabstand von 2 mm. Bei einem Bestrahlungsabstand von 4 mm wurde angenommen, dass sich dabei der Streukegel auf 5mm erhöht. Aufgrund dieser Tatsache waren die zu selektierenden Geschwindigkeiten dann proportional bei 1 mm/s und 0,5 mm/s.

3.1.3 Ablauf der Drahtbestrahlung

Es wurden jeweils 5 Drähte aus Stahl und TMA sowie 3 Drähte aus NiTi mit den unterschiedlichen Parametern behandelt und nach der Bestrahlung mit einem Wasserstrahl gereinigt. Im RMSBiomech wurde als Fahrtstrecke 75 mm eingestellt. Bei Fahrtbeginn wurde das Air-Flow S1 Gerät durch Bestätigung des Fußpedals gestartet und bis zum Stoppen des Schrittmotors nach 75 mm getätigt. Der bis zur Hälfte bestrahlte Draht wurde gewendet und mit der Rückseite nach oben mit den gleichen Parametern bestrahlt. Bei der Bestrahlung der Rückseite bewegte sich der Schrittmotor wieder Richtung Ausgangsposition. Die Kontrollhälfte des Drahtes am anderen Ende bleibt auf beiden Seiten frei von jeglicher Bestrahlung. Die

verschiedenen Versuchsparameter führten zu jeweils 40 Proben Stahl und TMA und zu 24 Proben NiTi, so dass insgesamt 104 Drähte für die folgende Friktionsmessung zur Verfügung standen.

3.1.4 Kennzeichnung der Proben

Für die spätere Auswertung der Proben wurde folgendes Kennzeichnungssystem verwendet: Das jeweils bestrahlte Ende des Drahtes wurde mit einer Hohlkehlzange zu einem Kreis modifiziert. Der Kreis diente zudem zur Befestigung des Drahtes bei der Friktionsmessung. Auf dieser Basis wurde die Kreisbiegung farbcodiert und luftdicht in einer Klarsichthülle abgelegt. Die Kennzeichnung der Hüllen erfolgte mit einer Farb- und Zahlencodierung.

3.1.5 Aufbau der Apparatur zur Friktionsmessung

Um eine Oberflächenveränderung der bestrahlten Materialien zu untersuchen, wurden die Drähte einer Friktionsmessung unterzogen. Reibung ist anhängig von dem verwendeten Material und variiert mit der Oberflächenrauheit der Materialien.

Die Apparatur zur Friktionsmessung setzte sich zusammen aus:

- einem Oberkiefer Eckzahn Universal Stahlbracket⁵
- einer Aufhängungsvorrichtung für den Draht
- Kugellager und Walzen für die Führung des Drahtes
- einem Roboter zur Bewegung des Drahtes durch das Bracket
- einem induktiven Wegsensor
- einem Kraftsensor
- einem Gerät zur Erfassung der Messdaten
- einer Software zur Steuerung des Roboters und Erfassung der Messdaten

⁵ Ormco Orthodontics, USA

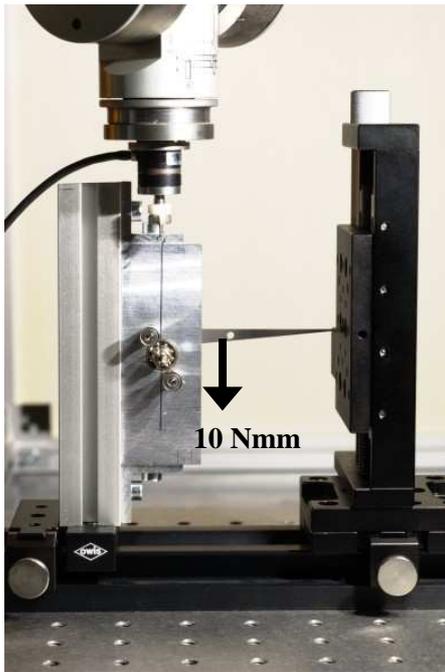


Abbildung 8 und 9: Aufbau der Versuchsanordnung zur Frikionsmessung der bestrahlten Drähte

Untersuchungsablauf:

Der 15 cm lange Draht wurde mit seiner Kreisbiegung nach oben durch die Öffnung des Kraftsensors geführt und durch einen Metallpin fixiert. Nach unten hin verlief der Draht durch den Slot des Brackets und wurde unter Verwendung einer Drahtligatur⁶ locker im Slot gehalten. Um eine exakte Führung des Drahtes durch den Slot des Brackets zu ermöglichen, wurde ein Roboter der Baureihe Rx60⁷ eingesetzt. Mit Hilfe des Roboters und der RMSBiomech Steuerung war es möglich, exakte Positionierungen und Bewegungen durchzuführen (Wiederholungsgenauigkeit des Roboters: +/- 0,02 mm).

Zur Messwerterfassung des Kraft- und Wegaufnehmers wurde das System Spider8⁸ eingesetzt. Die Spider8-Meßkanäle verfügen über geeignete Messverstärker und A-D-Wandler. Mit Hilfe von RMSBiomech wurden die eingehenden Signale für die weitere statistische und graphische Auswertung aufbereitet und abgespeichert.

Die Fahrtstrecke des Roboters wurde auf 70 mm und die Fahrtgeschwindigkeit auf 1 mm/s eingestellt. Die bestehende Anfahr- und Bremsrampe wurde nach einigen Versuchsdurchläufen anhand eines Graphen bestimmt und der dazugehörige lineare

⁶ smile dental, Düsseldorf

⁷ Stäubli Tec-Systems GmbH, Bayreuth

⁸ Hottinger Baldwin Messtechnik, Darmstadt

Anteil ermittelt. Es ergab sich ein Messabschnitt konstanter Geschwindigkeit von 35 mm. Innerhalb dieses Messabschnittes kamen die Hälfte der Messwerte im bestrahlten und die andere Hälfte im unbestrahlten Draht zu liegen.

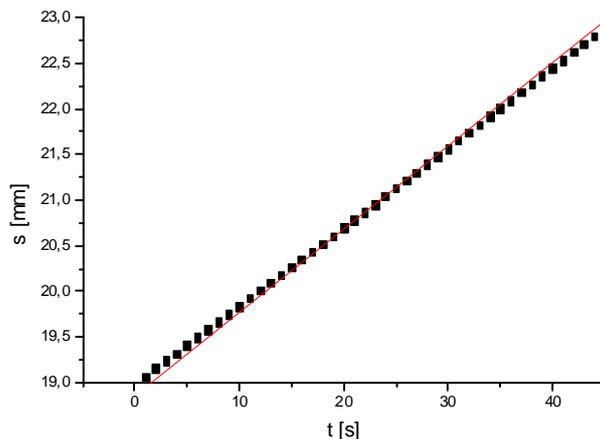


Abbildung 10: Bestimmung der konstanten Fahrtstrecke des Roboters

3.1.6 Leermessung und Friktionsmessung

Die Leermessung hatte die Aufgabe, unerwünschte Faktoren wie die Reibung der Lager herauszufiltern. So ging jeder Friktionsmessung eines Drahtes eine Leermessung voraus. Im Gegensatz zur eigentlichen Messung befand sich in der Leermessung kein definiertes Drehmoment von 10 Nmm an der Messgabel. Nach abgelaufener Messung wurde der Friktionswert aus der Leermessung von dem Messwert der eigentlichen Friktionsmessung subtrahiert.

Um die Abläufe der Friktionsmessung zu automatisieren, wurde mit der Skriptsprache Python⁹ ein Skript geschrieben, das über die Software RMSBiomech die Versuchsdurchläufe steuerte.

Grundprinzip der Friktionsmessung stellt sich in der Angulationsbewegung des Drahtes dar. Diese wurde durch das angehängte Gewicht und der daraus resultierenden Drehmomentbildung erreicht. An den diagonal gegenüberliegenden Flügeln des Brackets kam es infolge dessen zu einem Kontakt mit dem Draht. Die

⁹ Python Software Foundation

daraus resultierende Reibung beider Materialien ist in erster Linie abhängig von den Materialeigenschaften und der Oberflächenrauheit dieser Materialien.

Das Python-Skript speicherte am Ende der Messung nur die Messwerte aus den konstant durchlaufenen 35 mm des Drahtes. Die restlichen Messwerte, die sich in der Anfahr- und Bremsrampe befanden, wurden automatisch ausgefiltert. Es ergaben sich aus diesem Abschnitt des Drahtes 400 Messwerte für Strecke [mm] und Kraft [N]. Die ersten 200 ermittelten Messwerte lagen im bestrahlten und die restlichen 200 im unbestrahlten Anteil des Drahtes.

3.1.7 Aufzeichnung und Auswertung der Messdaten

Nach Ablauf der Leer- und Friktionsmessung wurden die Daten mit Hilfe der Software RMSBiomech in das Tabellenkalkulationsprogramm Excel¹⁰ übertragen. Um den Nettowert der Friktion zu erhalten, folgte eine Subtraktion der Leermessung von der eigentlichen Messung. Zudem wurden innerhalb dieser Excel Datei auch der Mittelwert und die Standardabweichung des bestrahlten und unbestrahlten Messabschnitts ermittelt.

3.1.8 Statistische Methoden

Um eine statistische Signifikanz der Messergebnisse zu untersuchen, wurden die Messdaten in das Statistikprogramm SPSS¹¹ 11.5 übertragen.

Die Darstellung der Messwerte erfolgte durch Box-Whiskers-Diagramme von Tukey. Zur statistischen Überprüfung der Messergebnisse wurde eine Varianzanalyse (ANOVA= analysis of variance) mit Messwiederholung durchgeführt.

¹⁰ Office-Paket, Version 2000, Microsoft Corporation, Deutschland

¹¹ SPSS GmbH Software, München

3.2 Bracketbestrahlung

3.2.1 Auswahl der Brackets und Versuchsparameter

Für die Bracketbestrahlung wurden drei unterschiedliche Bracketmaterialien (Stahl: Ormco, 340-1440/ Universal; Keramik: Ormco, 443-0511 und Kunststoff: RMO, M03025) ausgewählt.

Versuchs-Parameter:

- Der Bestrahlungsabstand zwischen dem Handstück des PWS und der Bracketoberfläche wurde auf 2 mm eingestellt
- Die Bestrahlungsdauer der Brackets betrug 5, 10, 30 und 60 s
- Es wurden drei unterschiedliche Bracketmaterialien der gleichen Bestrahlungszeit in einer Reihe bestrahlt
- Als Bestrahlungspulver wurden das Air-Flow und das Clinpro Prophy eingesetzt
- Als Kontrolle diente jeweils ein unbestrahltes Bracket

	Stahl	Keramik	Kunststoff
Anzahl der Proben	1	1	1
Bestrahlungsabstand	2 mm	2 mm	2 mm
Bestrahlungsdauer	5 s, 10 s, 30 s, 60 s, unbestrahlt	5 s, 10 s, 30 s, 60 s, unbestrahlt	5 s, 10 s, 30 s, 60 s, unbestrahlt
Bestrahlungsmedium	Clinpro Prophy, Air-Flow	Clinpro Prophy, Air-Flow	Clinpro Prophy, Air-Flow
Gesamtprobenzahl	10	10	10

Tabelle 2 Zusammenfassung der Versuchsparameter zur Bracketbestrahlung

3.2.2 Vorbereitung der Brackets für die Bestrahlung

Die Brackets wurden für die spätere Untersuchung im REM mit Sekundenkleber auf die Stiftprobenteller (Plano®: #G301) befestigt. Zur Aufbewahrung der befestigten Proben wurden zwei Kunststoffboxen präpariert und zur Aufnahme der Stiftprobenteller vorbereitet. Eine Box mit 15 Proben war für die Bestrahlung mit Clinpro Prophy, eine weitere Box mit 15 Proben für die Air-Flow-Bestrahlung. Die Proben wurden auf der Rückseite des Stiftprobentellers mit einem wasserfesten Stift mit einer Nummer markiert. Die Nummern und die dazugehörigen Parameter wurden in einer Excel Tabelle gespeichert.

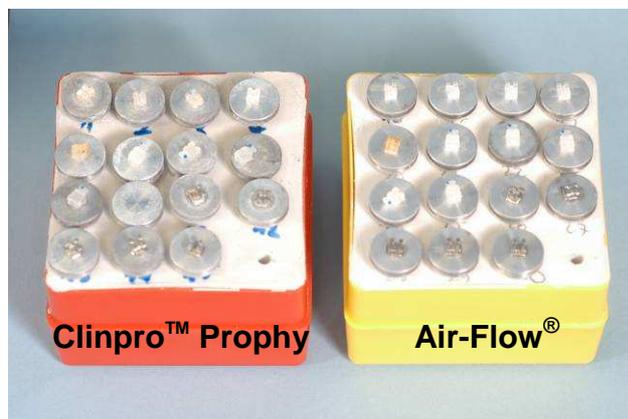


Abbildung 11: Aufbewahrungsboxen für die REM-Stiftprobenteller der Bracketbestrahlung

3.2.3 Umbau der Versuchsanordnung zur Bracketbestrahlung

Die Versuchsanordnung aus der Drahtbestrahlung wurde für die Bracketbestrahlung umgebaut. Die Drahthalterung wurde entfernt und gegen eine Silikonhalterung zur Aufnahme von drei Stiftprobentellern ausgetauscht. Die Wasser-, Druck- und Pulvereinstellung des Air-Flow S1 Gerätes sowie der Winkel des Handstücks zum Bracket von 30° wurden hierbei nicht modifiziert. Die Software RMSBiomech sorgte für die Steuerung des eingesetzten Schrittmotors. Jede Stelle des Brackets wurde je nach Durchgang für 5s, 10s, 30s bzw. 60 s bestrahlt. Die Geschwindigkeiten aus einem Bestrahlungsabstand von 2 mm wurden errechnet und in das RMSBiomech übertragen. Es ergaben sich somit Geschwindigkeiten zwischen 0,6 mm/s bei 5 s und 0,05 mm/s bei 60 s.

Die Versuchsanordnung:

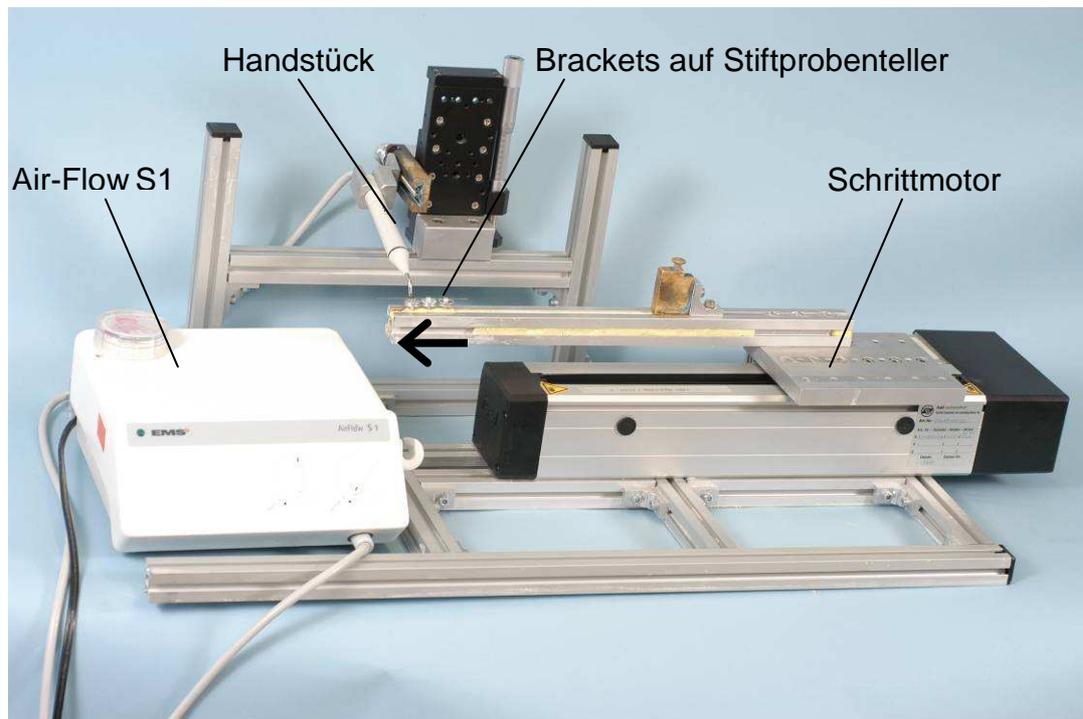


Abbildung 12: Aufbau der Versuchsanordnung zur Bestrahlung der Brackets

3.2.4 Ablauf der Bracketbestrahlung

Drei auf den Stiftprobentellern befestigte Brackets aus den Materialien Stahl, Kunststoff und Keramik wurden an einem 10 cm langen Stahldraht¹² mit Hilfe von Drahtligaturen¹³ befestigt und in einem konstanten Abstand von 2 mm mit Clinpro Prophy oder Air-Flow bestrahlt. Die drei Brackets, die in einem Durchgang bestrahlt wurden, wiesen die gleiche Bestrahlungszeit auf. Nach der Bestrahlung wurden die Brackets mit Wasser abgespült und zur späteren REM Auswertung staubdicht in der Box gelagert. Ein unbestrahltes Bracket von jedem Material diente als Kontrolle und wurde zur späteren REM Auswertung aufbewahrt.

¹² smile dental, Düsseldorf

¹³ smile dental, Düsseldorf

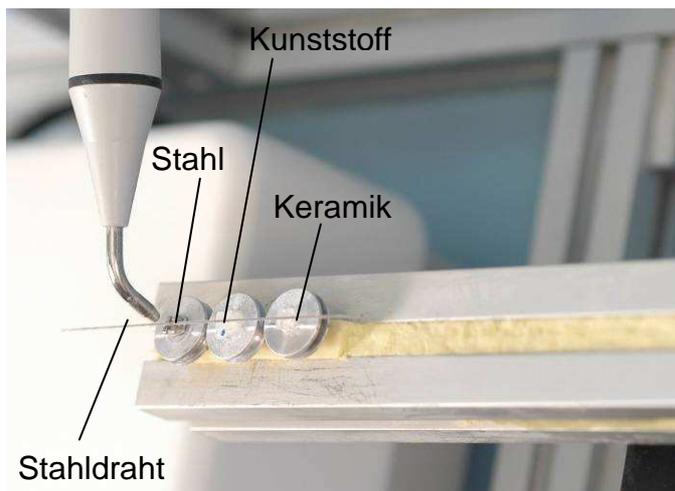


Abbildung 13: Detailaufnahme der Bracketanordnung für die Bracketbestrahlung

3.2.5 Vorbereitung der Brackets für das REM

Die Stifttellerproben wurden für die rasterelektronenmikroskopische Auswertung vorbereitet. Es erfolgte das Sputtern der Proben, bei dem die Brackets mit einer Goldschicht bedampft wurden.

3.2.6 Ablauf der REM- Untersuchung

Zur qualitativen Analyse der Bracketbestrahlung diente das Zeiss Rasterelektronenmikroskop¹⁴. Von jedem bestrahlten Bracket wurde eine 15 fache, sowie eine 200 fache Vergrößerung getätigt. Zusätzlich wurden von einigen Proben Bilder in 500 facher Vergrößerung aufgenommen. Als Kontrolle zur späteren Auswertung wurden von den drei unbestrahlten Bracketmaterialien eine 15 fache und 200 fache Vergrößerung angefertigt. Die Software PC TV speicherte die im REM erfassten Aufnahmen als Bilddateien im BMP Format.

¹⁴ Carl Zeiss NTS GmbH, Oberkochen

4. Ergebnisse

4.1 Quantitative Analyse – Ergebnisse der Drahtbestrahlung

4.1.1 Ergebnisse und Statistische Auswertung der Friktionsmessung

Als Vergleich zu den ermittelten Reibungswerten der bestrahlten Drahtoberflächen wurden Box-Whiskers-Plots für die unbestrahlten Kontrollhälften der Drähte erstellt (Abb. 14).

Hierbei zeigen sich folgende Friktionswerte für die untersuchten Materialoberflächen: Stahl weist im unbestrahlten Zustand einen Mittelwert von 0,9705 N, TMA von 1,2201 N und Nickel-Titan von 0,8197 N auf. Die Varianzanalyse zeigt dabei ebenfalls eine deutliche Signifikanz der unterschiedlichen Drahtmaterialien von $p < 0,001$ (Stahl $n = 40$, TMA $n = 40$ und NiTi $n = 24$).

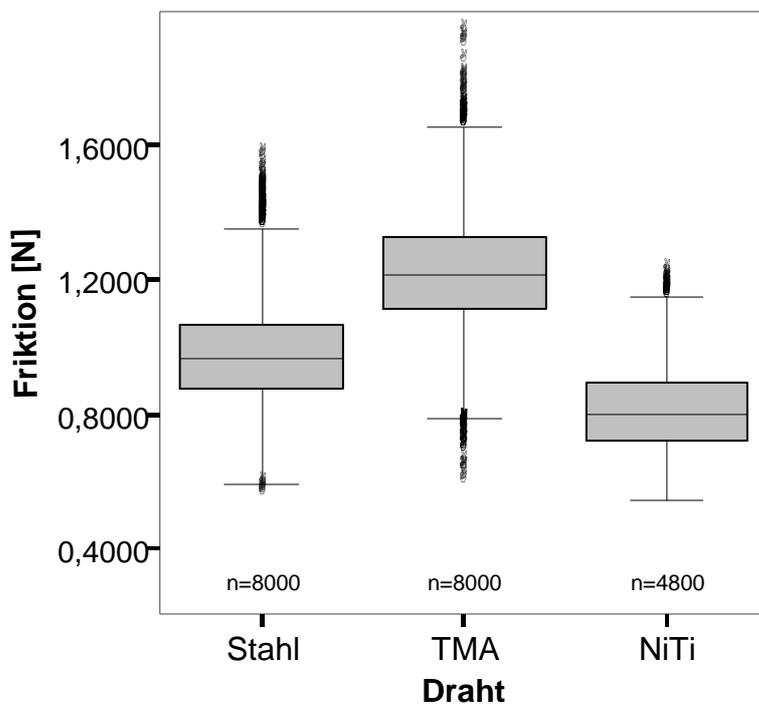


Abbildung 14: Box-Whiskers-Plot mit den Friktionswerten der unbestrahlten Drahtmaterialien

Zu Beginn der Auswertung der bestrahlten Drahtabschnitte werden zunächst die unterschiedlichen Versuchsparemeter mittels Box-Whiskers-Plots dargestellt. Auf dieser Basis werden die Diagramme analysiert und den Ergebnissen der Varianzanalyse gegenübergestellt und ausgewertet. In diesen Diagrammen werden alle gemessenen Friktionswerte kategorisiert nach Bestrahlungspulver (Abb.15), Bestrahlungsabstand (Abb.16- 18) und Bestrahlungsdauer (Abb.19- 21) dargestellt.

Unterschied zwischen Bestrahlungspulvern Clinpro Prophy und Air-Flow:

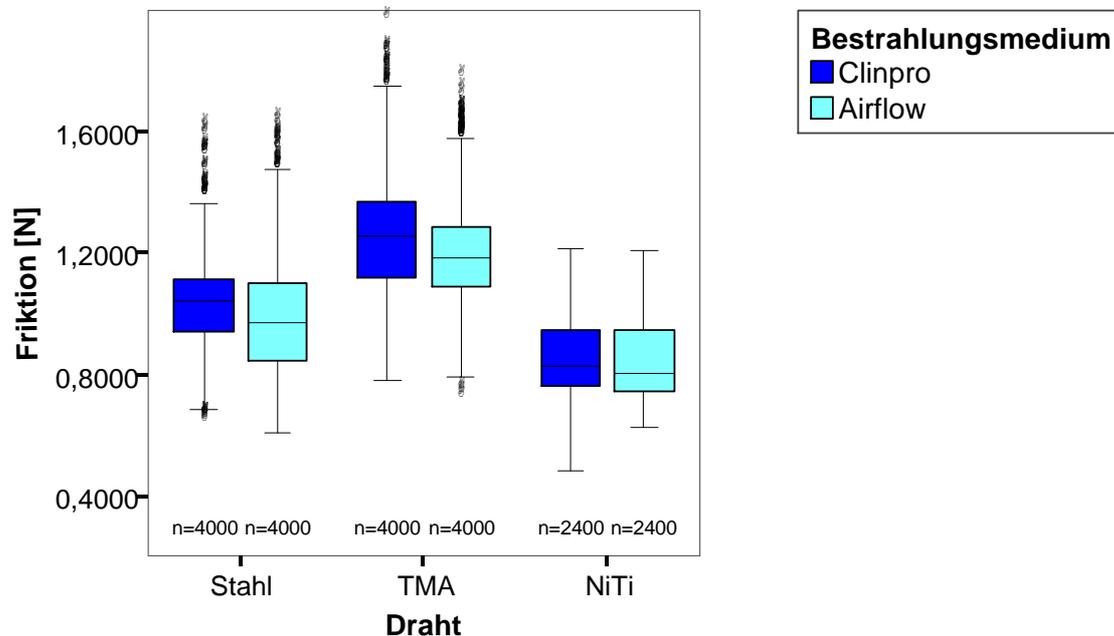


Abbildung 15: Vergleich der verwendeten Drahtmaterialien (Stahl, TMA, NiTi) in Bezug auf die erfolgte Bestrahlung mit Clinpro Prophy und Air-Flow, Bestrahlungsdauer von 5 und 10 s im Bestrahlungsabstand von 2 und 4 mm

Abbildung 15 zeigt für alle drei Drahtmaterialien (Stahl, TMA und NiTi) die Reibungswerte beider Bestrahlungspulver. Bei den Stahl und TMA-Bögen zeigen sich Friktionswerte, die nach Bestrahlung mit Clinpro Pulver leicht höher sind als nach Bestrahlung mit Air-Flow Pulver. Der Unterschied ist mit $p=0,263$ statistisch nicht signifikant.

Wirkung des Bestrahlungsabstandes auf die gemessene Friktion:

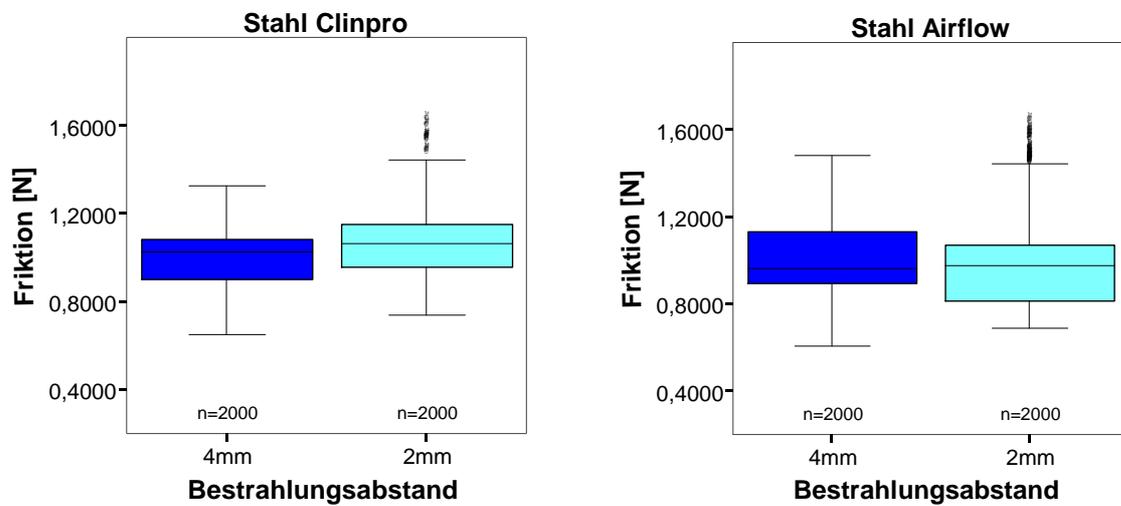


Abbildung 16: Auswirkung des Bestrahlungsabstandes als Box-Whiskers-Plots dargestellt, 16x22 Stahldraht, Bestrahlungsdauer von 5 und 10 s mit Clinpro Prophy und Air-Flow

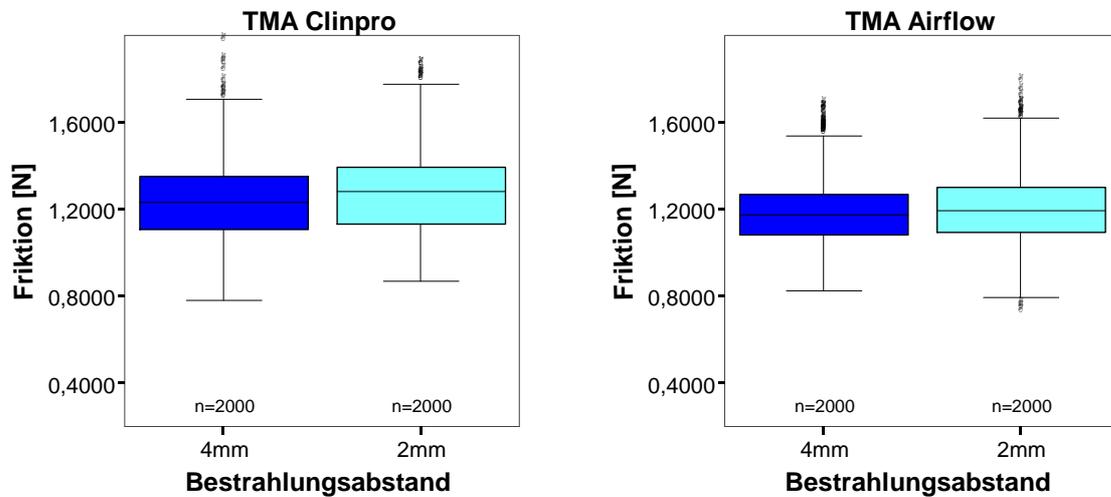


Abbildung 17: Auswirkung des Bestrahlungsabstandes als Box-Whiskers-Plots dargestellt, 16x22 TMA-Draht, Bestrahlungsdauer von 5 und 10 s mit Clinpro Prophy und Air-Flow

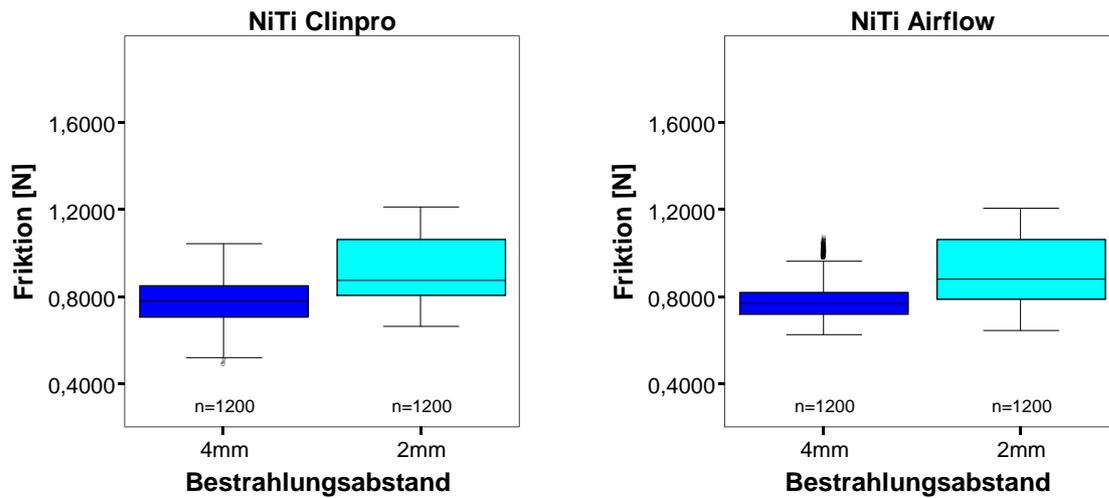


Abbildung 18: Auswirkung des Bestrahlungsabstandes als Box-Whiskers-Plots dargestellt, 16x22 NiTi-Draht, Bestrahlungsdauer von 5 und 10 s mit Clinpro Prophy und Air-Flow

Wie in Abbildung 16- 18 feststellbar, führt eine Reduktion des Bestrahlungsabstandes von 4 mm auf 2 mm beim Stahldraht und TMA-Draht zu keiner signifikanten Veränderung der gemessenen Friktion. Die gemessene Reibung ist beim NiTi-Draht sowohl beim Clinpro Prophy als auch beim Air-Flow in 2 mm Bestrahlungsabstand leicht erhöht. Die Statistische Auswertung des Bestrahlungsabstandes weist keine statistische Signifikanz auf ($p=0,271$).

Die Wirkung der Bestrahlungsdauer auf die Reibung:

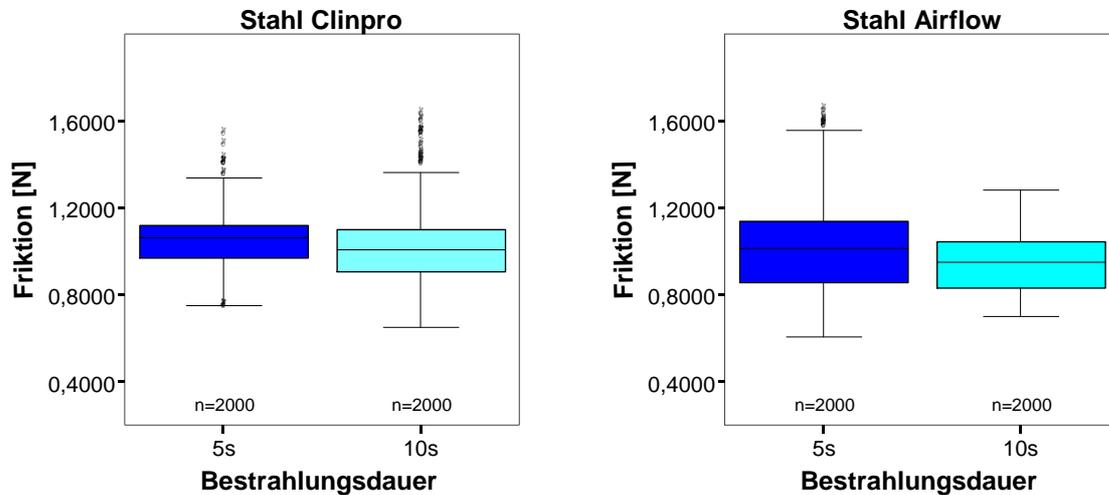


Abbildung 19: Auswirkung der Bestrahlungsdauer als Box-Whiskers-Plots dargestellt, 16x22 Stahldraht, Bestrahlungsabstand von 2 und 4 mm mit Clinpro Prophy und Air-Flow

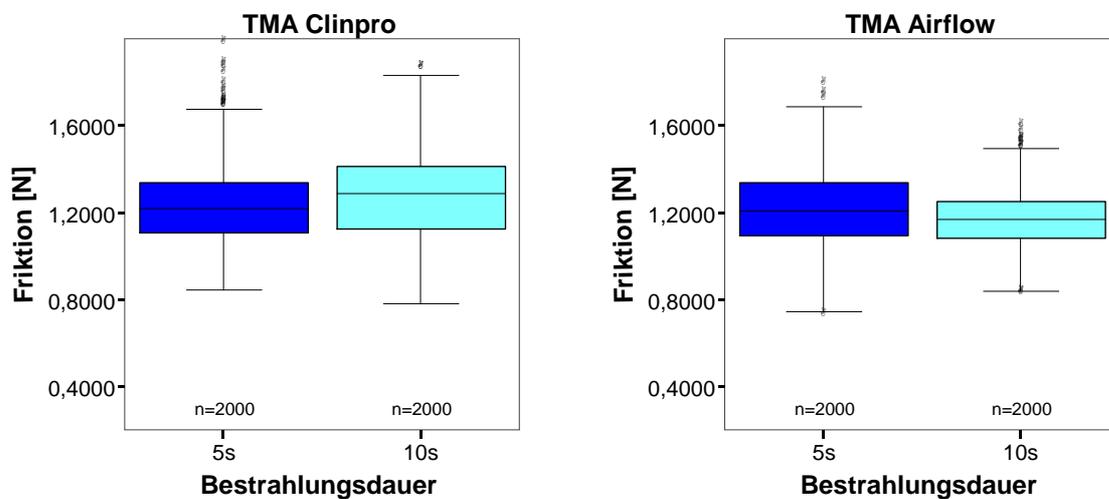


Abbildung 20: Auswirkung der Bestrahlungsdauer als Box-Whiskers-Plots dargestellt, 16x22 TMA-Draht, Bestrahlungsabstand von 2 und 4 mm mit Clinpro Prophy und Air-Flow

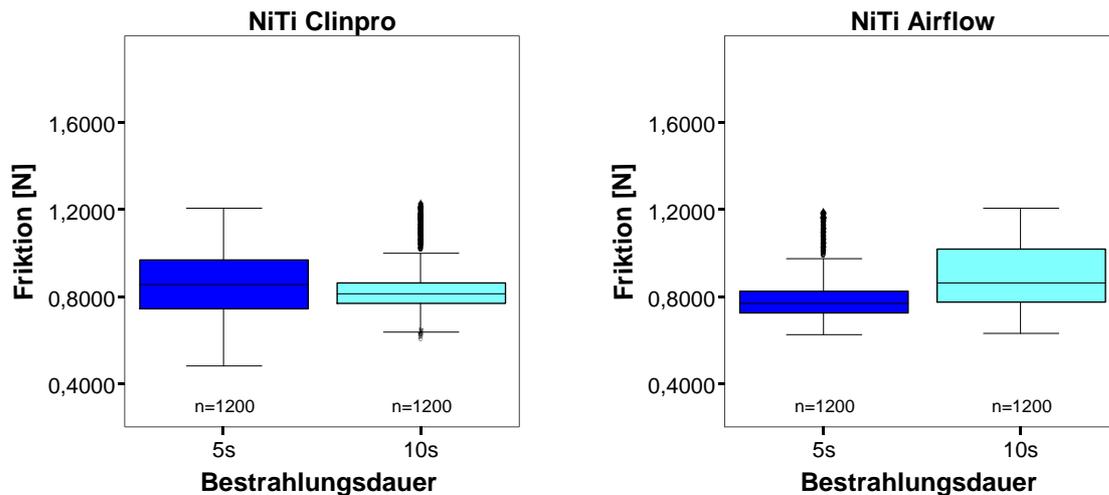


Abbildung 21: Auswirkung der Bestrahlungsdauer als Box-Whiskers-Plots dargestellt, 16x22 NiTi-Draht, Bestrahlungsabstand von 2 und 4 mm mit Clinpro Prophy und Air-Flow

Wie in Abbildung 19- 21 ersichtlich, führt eine Erhöhung der Bestrahlungsdauer von 5 auf 10 s zu keiner signifikanten Veränderung der gemessenen Reibung der Drahtoberfläche. Entsprechend ergibt die Varianzanalyse keine statistische Signifikanz für die Bestrahlungsdauer ($p= 0,693$).

Die errechneten Mittelwerte beider Bestrahlungspulver sind in Tabelle 3 tabellarisch erfasst und den Kontrollwerten der unbestrahlten Drahtmaterialien gegenübergestellt. Die Differenz zwischen dem bestrahlten und dem unbestrahlten Friktionswert in Newton kann auch als relativer Wert (Differenz [%]) angegeben werden. Hierbei zeigt sich eine Veränderung der Friktion durch die Bestrahlung sowohl mit Clinpro Prophy (+2,88% bei TMA, +4,35% bei NiTi und +5,63% bei Stahl) als auch mit Air-Flow (-2,22% bei TMA, +1,27% bei Stahl und +3,41% bei NiTi).

Clinpro Prophy	Mittelwert (bestrahlt)	Mittelwert (unbestrahlt)	Differenz [N]	Differenz [%]
Stahl	1,0284 N	0,9705 N	+0,0579	5,63%
TMA	1,2564 N	1,2201 N	+0,0362	2,88%
NiTi	0,8570 N	0,8197 N	+0,0373	4,35%
Air-Flow	Mittelwert (bestrahlt)	Mittelwert (unbestrahlt)	Differenz [N]	Differenz [%]
Stahl	0,9830 N	0,9705 N	+0,0125	1,27%
TMA	1,1936 N	1,2201 N	-0,0265	-2,22%
NiTi	0,8486 N	0,8197 N	+0,0289	3,41%

Tabelle 3: Mittelwerte der Stahl-, TMA-, NiTi-Drähte nach Bestrahlung mit Clinpro Prophy und Air-Flow in Vergleich zu den dazugehörigen Mittelwerten der unbestrahlten Kontrollhälften, Bestrahlungsabstände 2 und 4 mm, Bestrahlungsdauer 5 und 10 s

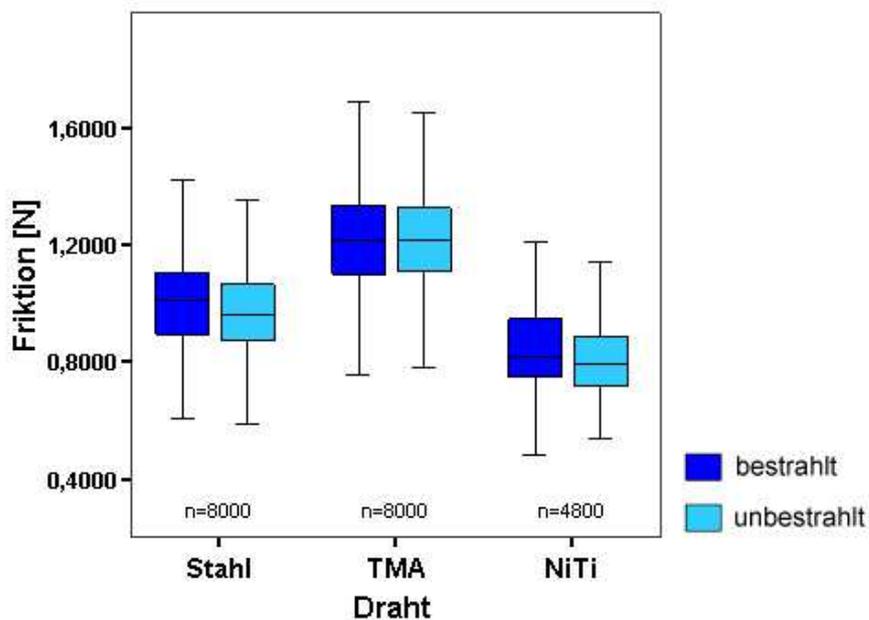


Abbildung 22: Vergleich der bestrahlten Drahtabschnitte (Stahl, TMA, NiTi) mit den dazugehörigen unbestrahlten Referenzhälften als Box-Whiskers-Plots dargestellt, Bestrahlungsabstände 2 und 4 mm, Bestrahlungsdauer 5 und 10 s in Verwendung der Bestrahlungspulver Clinpro Prophy und Air-Flow

Die Varianzanalyse zeigt eine statistische Signifikanz zwischen bestrahlt und unbestrahlt ($p= 0,004$).

4.2 Qualitative Analyse – Ergebnisse der Bracketbestrahlung

4.2.1 Auswertung der Aufnahmen im REM – Keramikbrackets

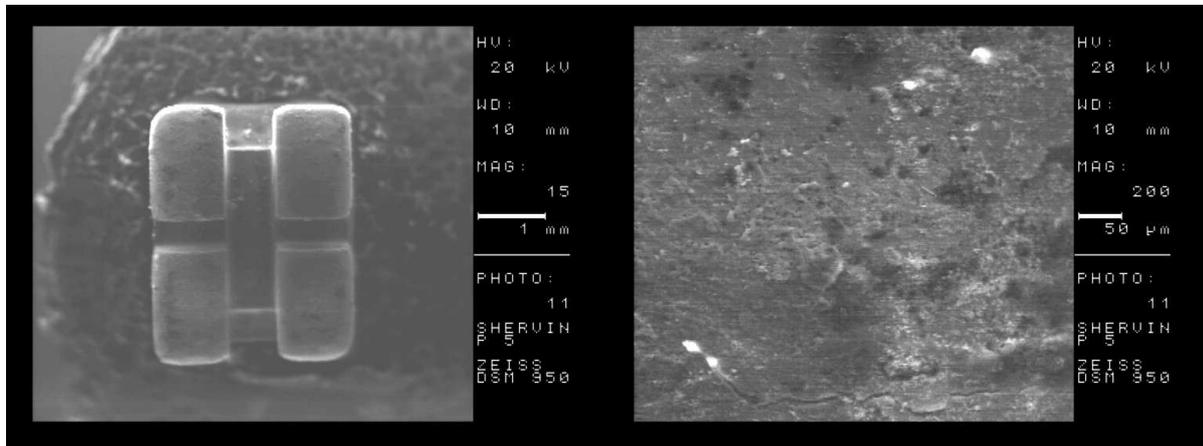


Abbildung 23: 15 fache und 200 fache Vergrößerung eines unbestrahlten Keramikbrackets im REM

Das unbestrahlte Keramikbracket weist in 200 facher Vergrößerung eine raue Oberfläche auf (Abbildung 23). Die vom Hersteller aufgetragene temporäre Farbbeschichtung führt zu einer Rauheit des unbestrahlten Keramikbrackets im REM. Abbildungen 24 bis 27 zeigen die Auswirkungen der Pulver Clinpro Prophy und Air-Flow in Bezug auf die Bestrahlungsdauer von 5, 10, 30 und 60 Sekunden. Die Oberfläche der Keramikbrackets zeigt nach Bestrahlung mit Clinpro Prophy und Air-Flow keine erkennbare Aufrauung.

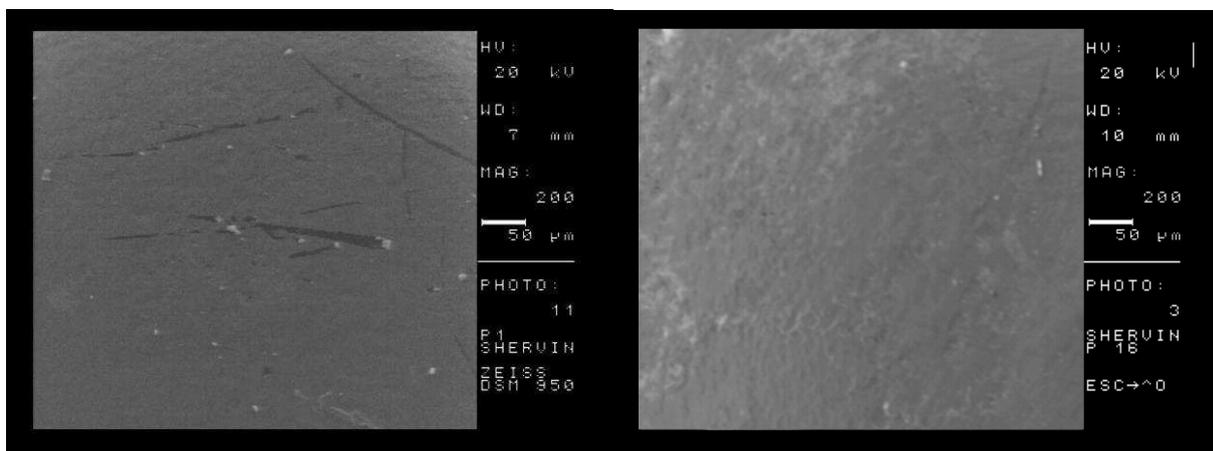


Abbildung 24: 200 fache Vergrößerung eines Keramikbrackets im REM nach einer Bestrahlungsdauer von 5s mit Clinpro Prophy (links) und Air-Flow (rechts)

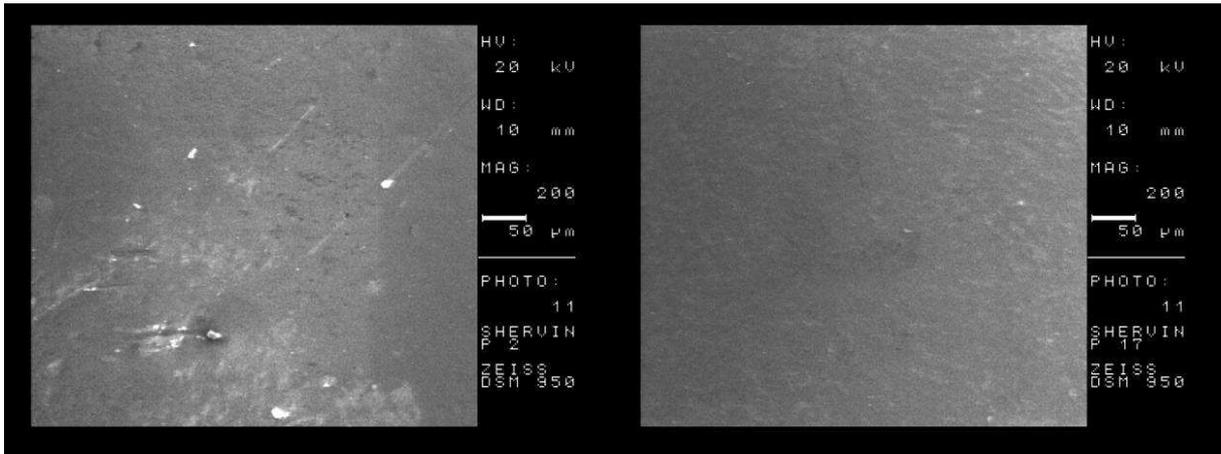


Abbildung 25: 200 fache Vergrößerung eines Keramikbrackets im REM nach einer Bestrahlungsdauer von 10s mit Clinpro Prophy (links) und Air-Flow (rechts)

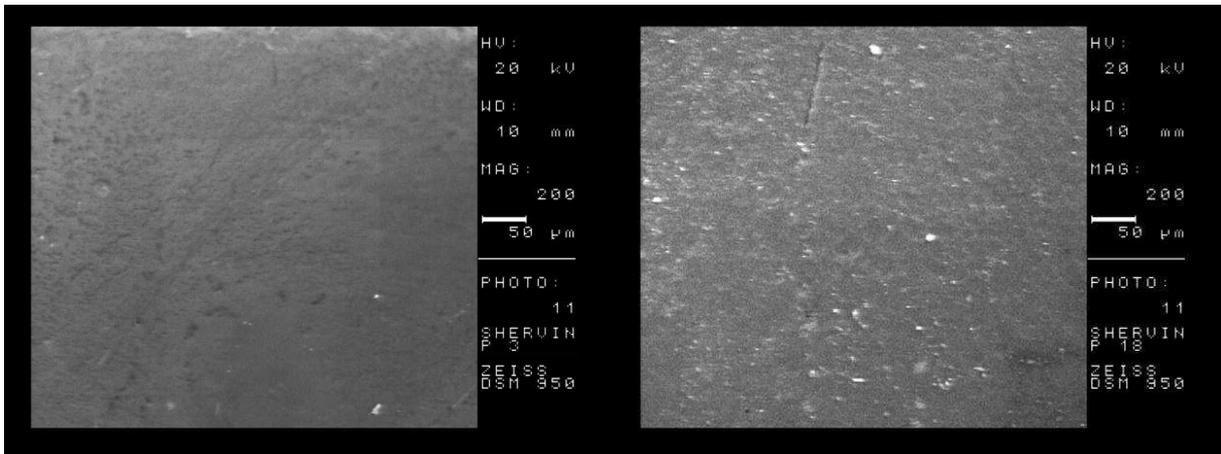


Abbildung 26: 200 fache Vergrößerung eines Keramikbrackets im REM nach einer Bestrahlungsdauer von 30s mit Clinpro Prophy (links) und Air-Flow (rechts)

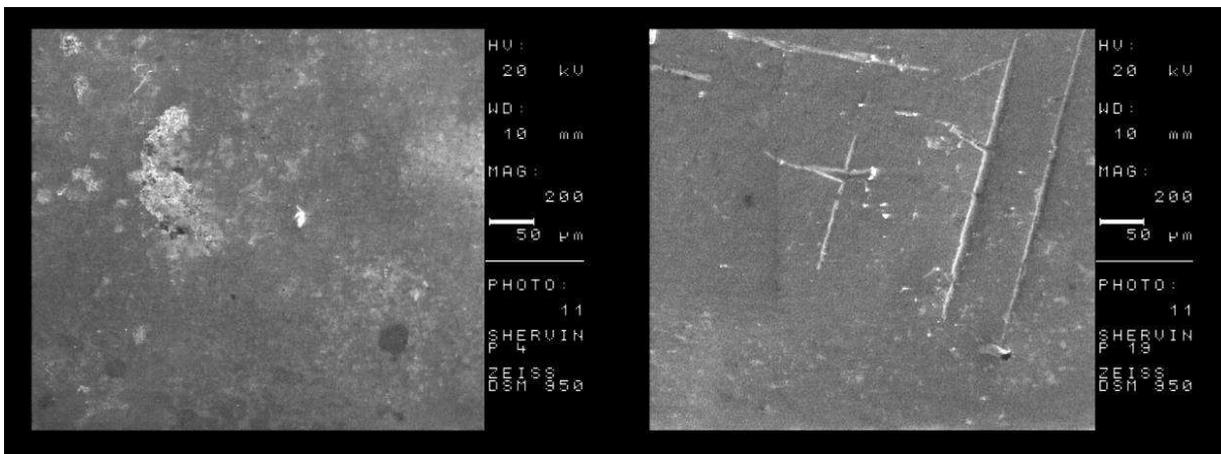


Abbildung 27: 200 fache Vergrößerung eines Keramikbrackets im REM nach einer Bestrahlungsdauer von 60s mit Clinpro Prophy (links) und Air-Flow (rechts)

4.2.2 Auswertung der Aufnahmen im REM – Stahlbrackets

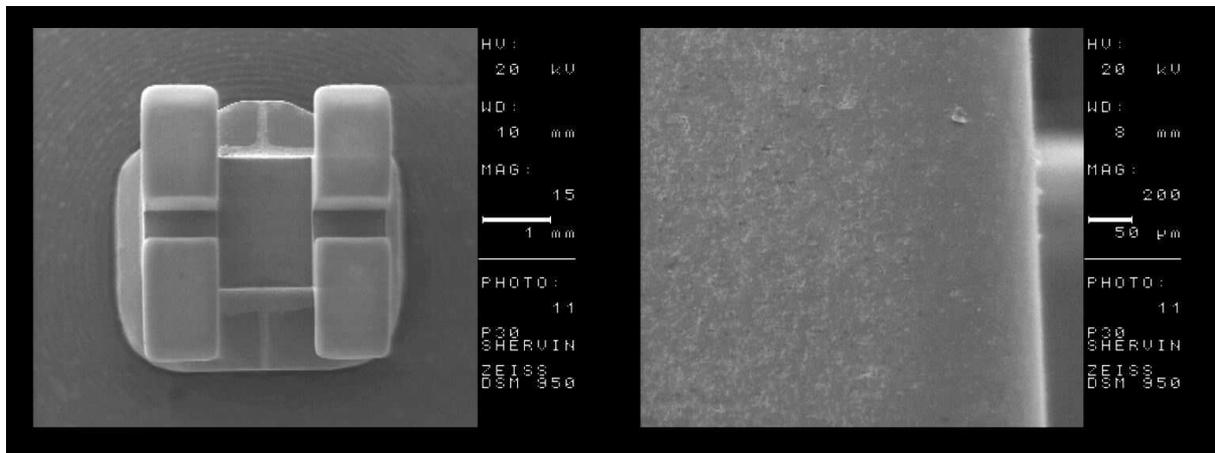


Abbildung 28: 15 fache und 200 fache Vergrößerung eines unbestrahlten Stahlbrackets im REM

Das unbestrahlte Stahlbracket weist keine Besonderheiten der Oberfläche auf. Es ist durch eine glatte Oberflächenbeschaffenheit gekennzeichnet (Abbildung 28). Bereits nach einer Bestrahlungsdauer von 10 Sekunden mit dem Pulver Air-Flow scheint die Oberfläche des Stahlbrackets aufgeraut (Abbildung 30). Diese Veränderung wird nach 30 und nach 60 Sekunden noch etwas deutlicher. Im Vergleich dazu sind bei der Bestrahlung mit Clinpro Prophy keine Abweichungen zu dem unbestrahlten Stahlbracket feststellbar (Abbildungen 29- 32).

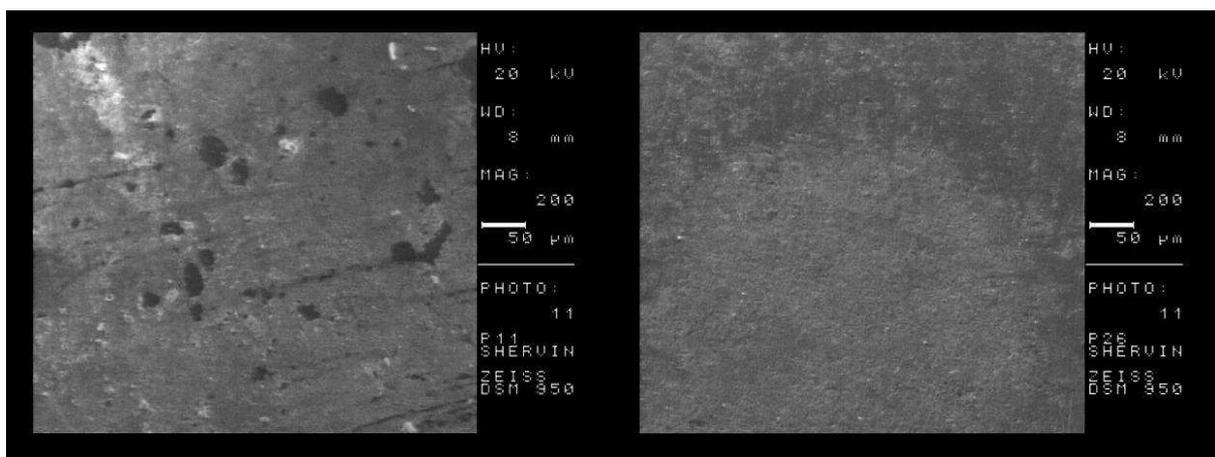


Abbildung 29: 200 fache Vergrößerung eines Stahlbrackets im REM nach einer Bestrahlungsdauer von 5s mit Clinpro Prophy (links) und Air-Flow (rechts)

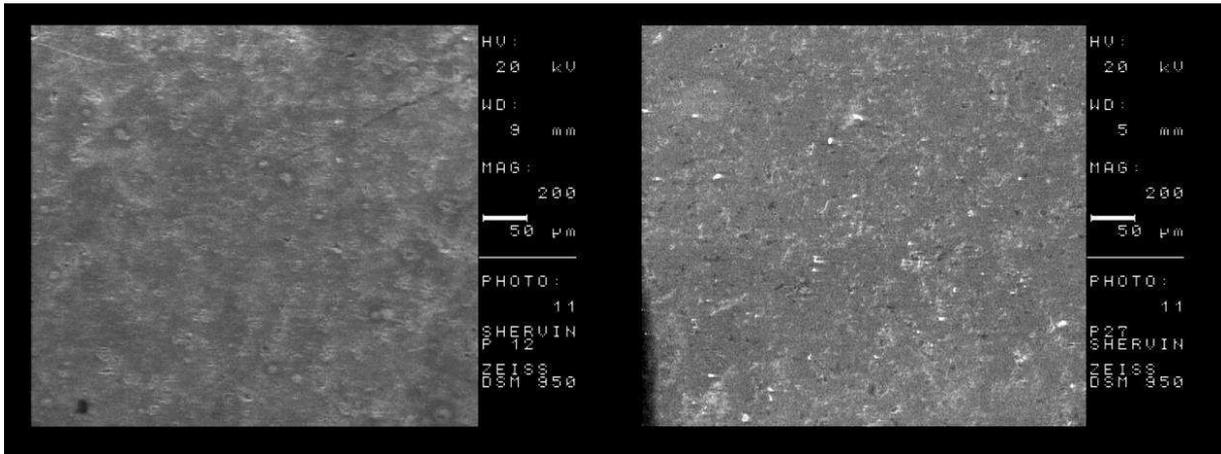


Abbildung 30: 200 fache Vergrößerung eines Stahlbrackets im REM nach einer Bestrahlungsdauer von 10s mit Clinpro Prophy (links) und Air-Flow (rechts)

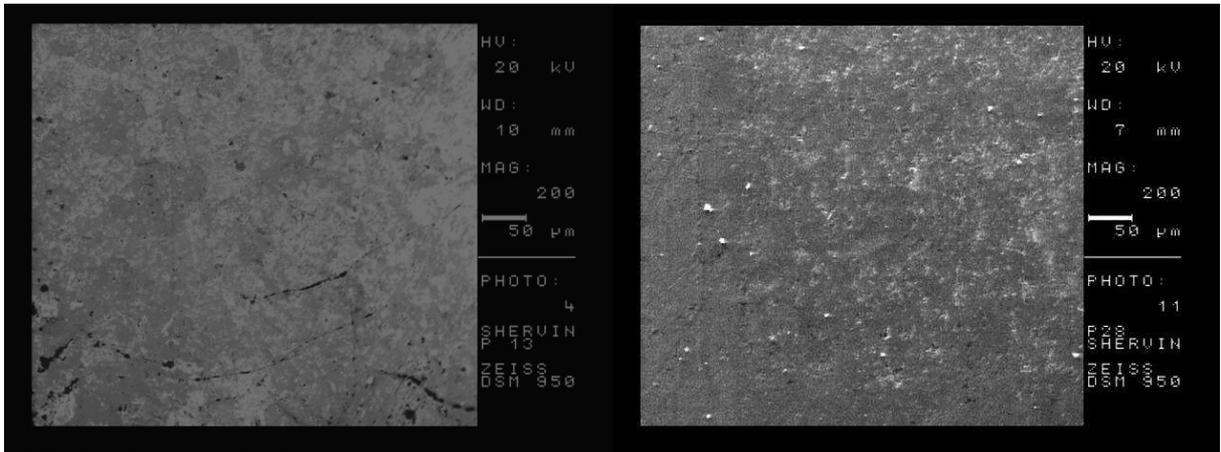


Abbildung 31: 200 fache Vergrößerung eines Stahlbrackets im REM nach einer Bestrahlungsdauer von 30s mit Clinpro Prophy (links) und Air-Flow (rechts)

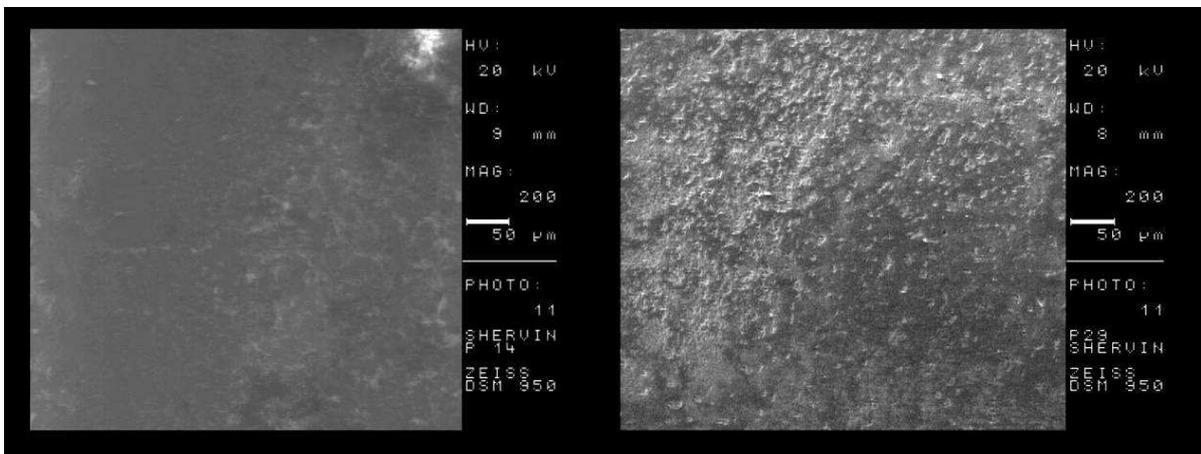


Abbildung 32: 200 fache Vergrößerung eines Stahlbrackets im REM nach einer Bestrahlungsdauer von 60s mit Clinpro Prophy (links) und Air-Flow (rechts)

4.2.3 Auswertung der Aufnahmen im REM – Kunststoffbrackets

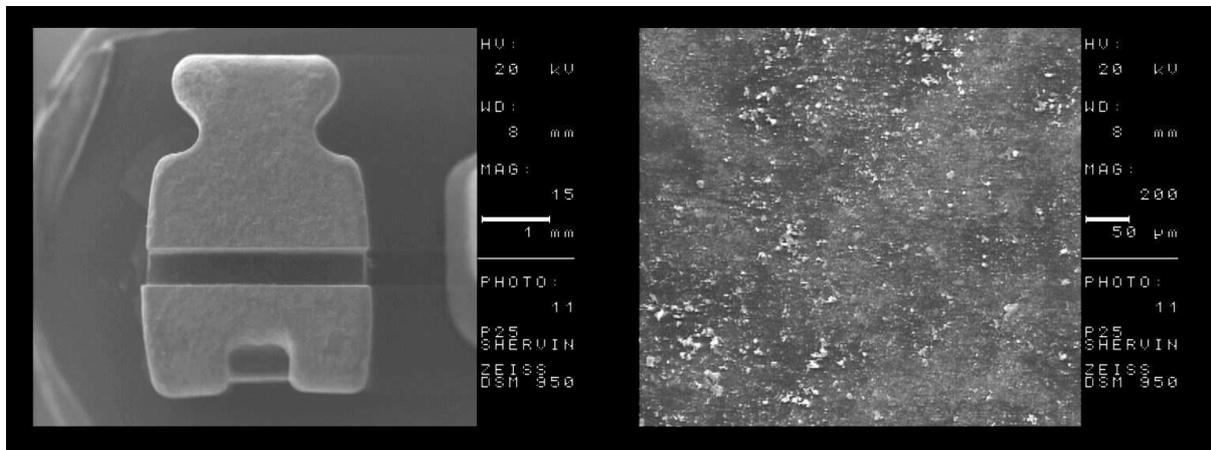


Abbildung 33: 15 fache und 200 fache Vergrößerung eines unbestrahlten Kunststoffbrackets im REM

Die REM Aufnahmen des Kunststoffbrackets zeigen bereits im unbestrahlten Zustand eine raue Oberfläche des Materials (Abbildung 33). Nach einer Bestrahlungsdauer von 5 und 10 Sekunden mit dem Pulver Clinpro Prophy weist das Kunststoffbracket keine sichtbaren Oberflächenveränderungen auf. Bei Air-Flow hingegen sind bereits nach einer Bestrahlung von 5 Sekunden zusätzliche Aufrauungen des Materials wahrnehmbar. Dieses Ergebnis spiegelt sich auch nach einer Verdopplung der Bestrahlungszeit auf 10 Sekunden wieder. Nach Verwendung des Pulvers Clinpro Prophy zeigt sich erst nach einer Bestrahlungsdauer von 30 und 60 Sekunden eine Modifikation der Bracketoberfläche (Abbildungen 34-37).

Die Abbildungen 38 und 39 zeigen die verstärkte Aufrauung der Kunststoffoberfläche durch Air-Flow im Vergleich zu Clinpro Prophy. Bei einer Bestrahlungsdauer von 60 Sekunden erscheinen beide Proben verglichen mit der unbestrahlten Probe aufgeraut. Die Aufrauung der Oberfläche erscheint aber nach der Air-Flow Behandlung gröber und vom stärkeren Ausmaß.

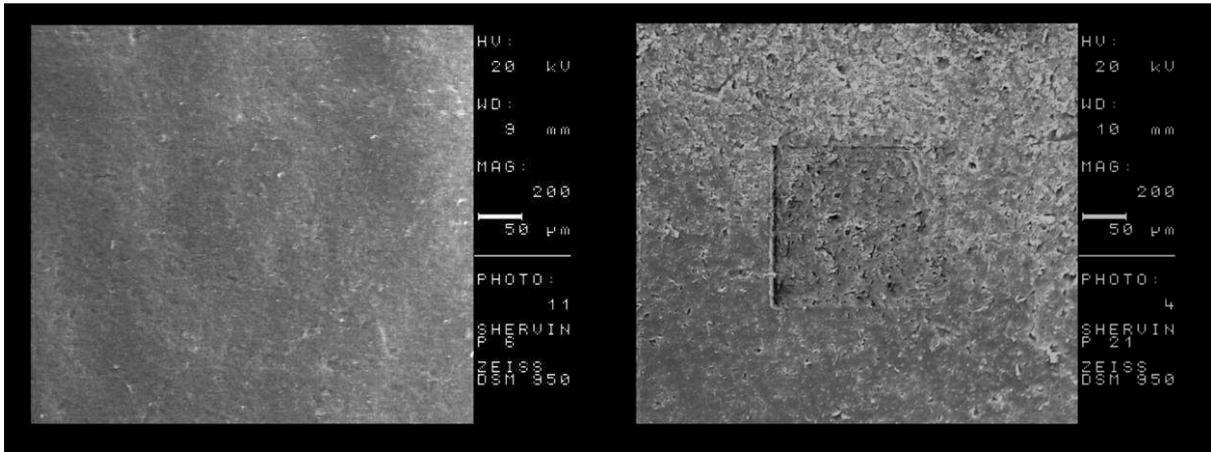


Abbildung 34: 200 fache Vergrößerung eines Kunststoffbrackets im REM nach einer Bestrahlungsdauer von 5s mit Clinpro Prophy (links) und Air-Flow (rechts)

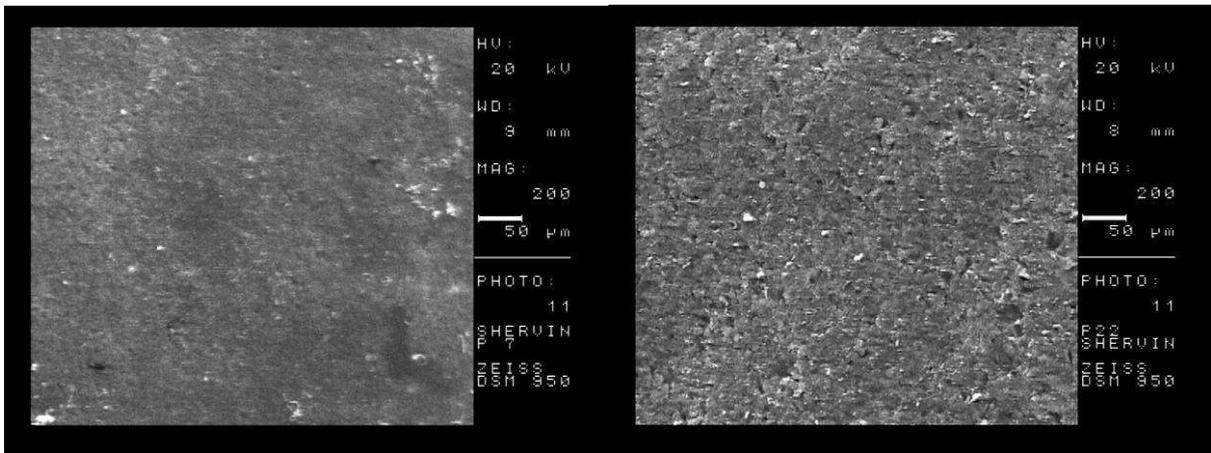


Abbildung 35: 200 fache Vergrößerung eines Kunststoffbrackets im REM nach einer Bestrahlungsdauer von 10s mit Clinpro Prophy (links) und Air-Flow (rechts)

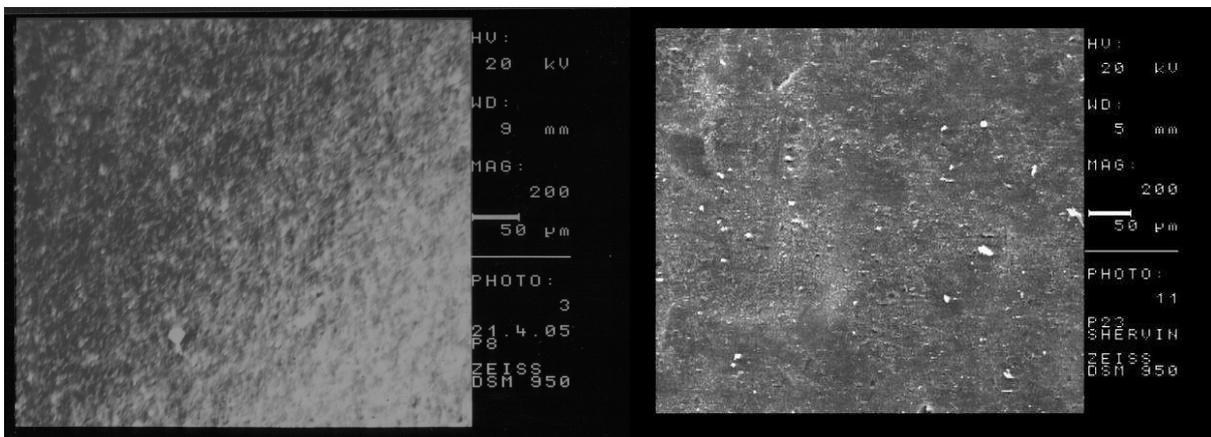


Abbildung 36: 200 fache Vergrößerung eines Kunststoffbrackets im REM nach einer Bestrahlungsdauer von 30s mit Clinpro Prophy (links) und Air-Flow (rechts)

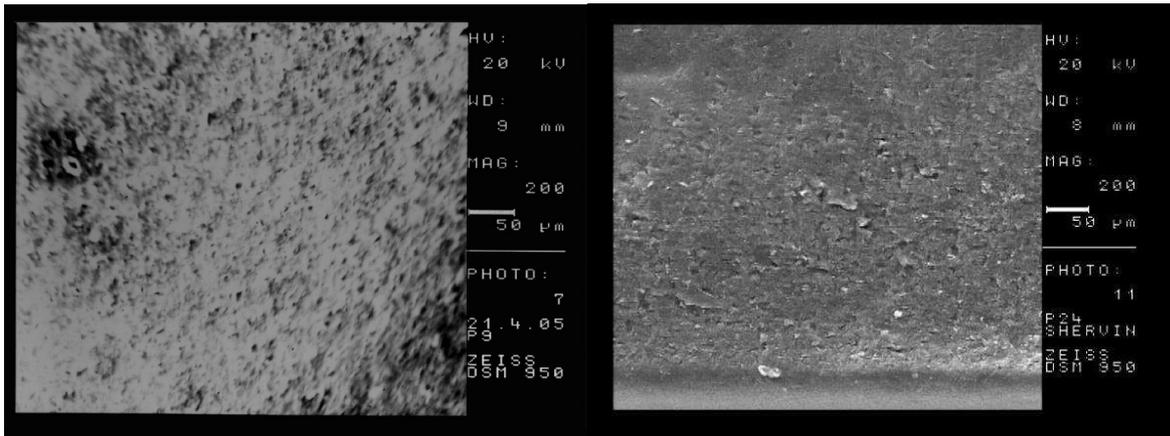


Abbildung 37: 200 fache Vergrößerung eines Kunststoffbrackets im REM nach einer Bestrahlungsdauer von 60s mit Clinpro Prophy (links) und Air-Flow (rechts)

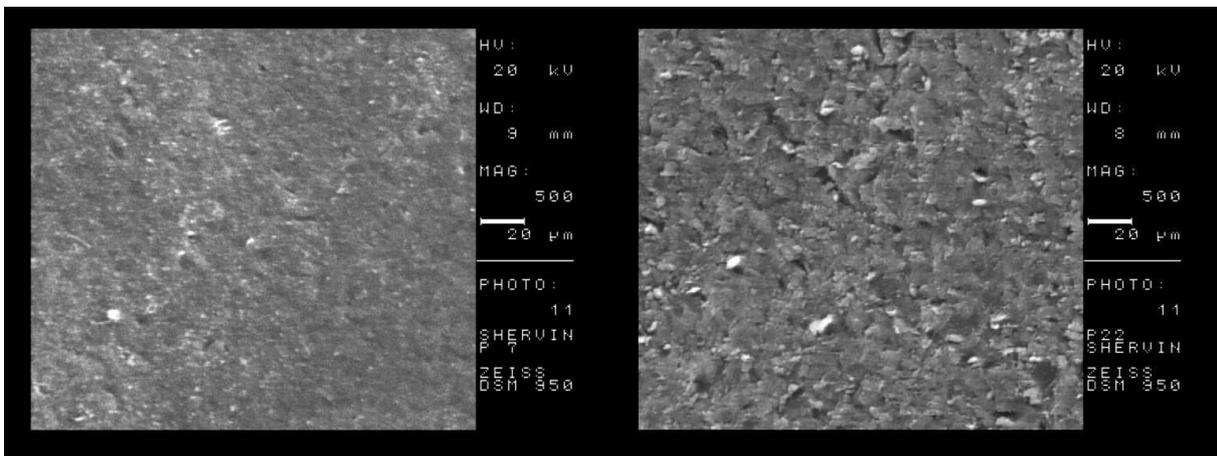


Abbildung 38: 500 fache Vergrößerung eines Kunststoffbrackets im REM nach einer Bestrahlungsdauer von 10s mit Clinpro Prophy (links) und Air-Flow (rechts)

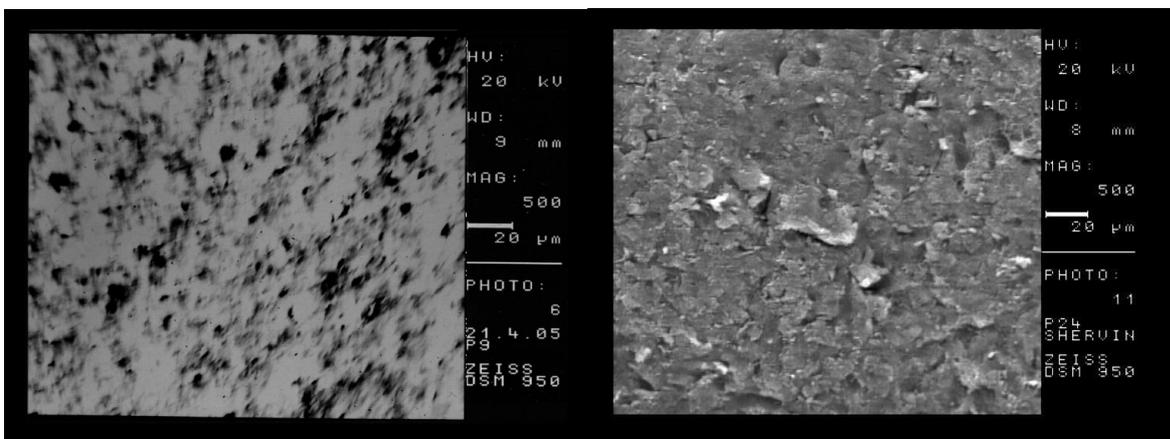


Abbildung 39: 500 fache Vergrößerung eines Kunststoffbrackets im REM nach einer Bestrahlungsdauer von 60s mit Clinpro Prophy (links) und Air-Flow (rechts)

5. Diskussion

Laut einer Studie von PETERSILKA et al. (2003A) haben die Änderung von Wasser- und Pulvereinstellungen der PWS Auswirkungen auf die Abrasivität. Die größten Defekttiefen auf den Wurzeloberflächen wurden hierbei bei mittlerer Wasser- und bei hoher Pulvereinstellung gemessen. JOST-BRINKMANN (1998) kommt zu dem Ergebnis, dass die Pulvereinstellung am Air-Flow S1 Gerät keinen Effekt auf die Oberflächenrauheit von Schmelzoberflächen hat, wogegen die Abrasion des Schmelzes bei maximaler Wassereinstellung des Gerätes zunimmt. In unserer Studie wurden die Auswirkungen der Wasser- und Pulver Einstellungen des Air-Flow Gerätes nicht untersucht; gemäß Herstellerangaben wurden die Pulvereinstellung auf die maximale und die Wasserzufuhr auf die mittlere Stufe eingestellt.

PETERSILKA et al. (2002) stellten beim Vergleich von vier PWS fest, dass die austretende Pulvermenge eine Abhängigkeit zum Pulverfüllstatus der Kammer zeigte. Beim Air-Flow zeigte die Pulvereinstellung des Gerätes nach dem vierten 120 Sekunden Durchgang keinen Unterschied mehr. Da die Pulveraustrittsrates einen wichtigen Einfluss auf die Abrasivität der bestrahlten Materialien und Zahnhartsubstanzen hat, ist nur durch vorhergegangene Auffüllung der Pulverkammer ein konstanter Pulverstrom zu gewährleisten. Um bei unseren Untersuchungen eine konstante Bestrahlung der Drähte und der Brackets sicherzustellen, wurde die Kammer des Air-Flow Gerätes nach jeder Bestrahlung bis zur maximalen Markierung aufgefüllt.

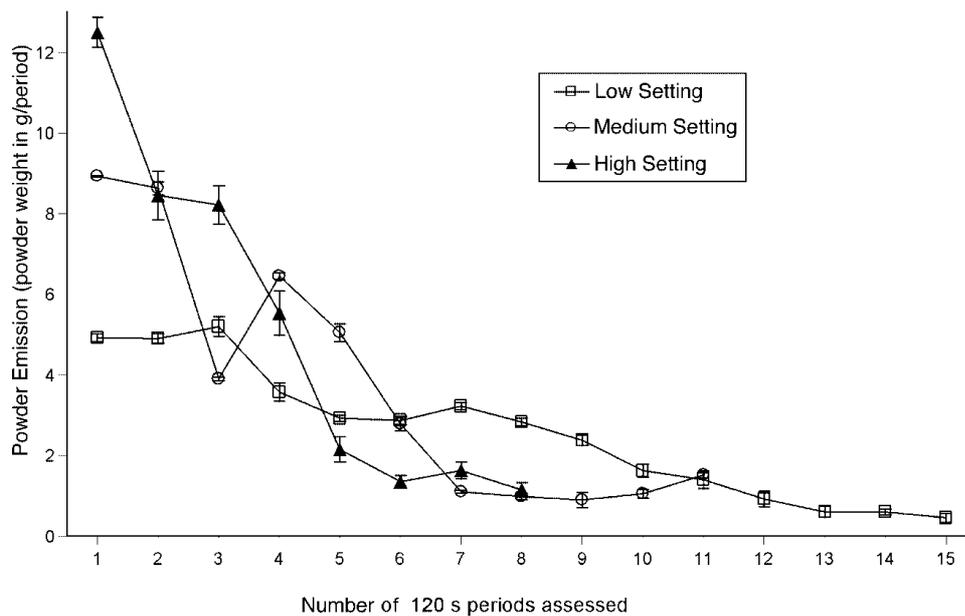


Abbildung 40: Pulveraustrittsraten des Air-Flow in den drei unterschiedlichen Pulvereinstellungen (aus PETERSILKA et al. 2002)

Während HORNING (1987B) keinen Unterschied zwischen einem Arbeitswinkel von 45 und 90° feststellte, führten BARNES et al. (1990) den noch nach 60 Sekunden Bestrahlung intakten Rand des Bracket-Adhäsiv-Zahnverbundes auf den Bestrahlungswinkel von 90° zurück. Dieser Winkel führte möglicherweise zu einer Variation des Streuegels und somit zu einer Reduktion des Effektes. Um klinisch verwertbare Ergebnisse zu bekommen, wurde der Bestrahlungswinkel, der gemäß Herstellerangaben zwischen 30-60° betragen sollte, durch den Halter in der Versuchsanordnung auf 30° eingestellt (EMS AIRFLOW[®] S1, Bedienungsanleitung).

5.1. Drahtbestrahlung

Der Einfluss einer Bestrahlung mit einem PWS auf kieferorthopädische Drähte (Stahl, TMA, NiTi) wurde mit Hilfe der Friktionsmessung mit und ohne Bestrahlung quantitativ untersucht. Die Friktionswerte der unbestrahlten Drahthälften zeigten signifikante materialspezifische Unterschiede. Nickel-Titan und Stahl haben mit einem Mittelwert von 0,8197N und 0,9705N eine deutlich kleinere Friktion als der TMA-Draht mit 1,2201N. Dieses Resultat deckt sich mit den Ergebnissen anderer Autoren, in denen ebenfalls die höchste Reibung beim TMA-Draht im Vergleich zum Stahl- und NiTi- Draht beobachtet wurde (ANGOLKAR et al. 1990; CACCIAFESTA et

al. 2003; DOWNING et al. 1994; DRESCHER et al. 1989B und 1990; GARNER, 1986; JOST-BRINKMANN et al. 1992; KAPILA et al. 1990; KAPUR et al. 2004; KRISHNAN und KUMAR, 2004; LOTFUS et al. 1999). Bei NiTi und Stahl bestehen uneinheitliche Ergebnisse anderer Studien. Während einige Autoren eine kleinere Friktion von NiTi feststellten (ANGOLKAR et al. 1990; JOST-BRINKMANN et al. 1992; KAPUR et al. 2004; PETERSEN et al. 1982; TSELEPIS et al. 1994), konnten andere Autoren eine geringere Friktion bei Stahldrähten (DRESCHER et al. 1989B und 1990; GARNER, 1986) nachweisen.

In unserer Studie wurden für NiTi Drähte kleinere Reibungswerte gemessen. Die unterschiedlichen Ergebnisse sind vermutlich auf die höhere Elastizität der NiTi-Drähte und den ungleichen Versuchsanordnungen der Autoren zurückzuführen. In unserer Friktionsmessung wurde ein konstanter Angulationswinkel zwischen Bracket und Bogen eingestellt. Bei der bogengeführten Zahnbewegung kommt es jedoch, durch die zum Widerstandszentrum exzentrische Kraftapplikation, zu einem Wechselspiel zwischen Kippung und Aufrichtung, was klinisch zu einer Variation des Angulationswinkels führt (DRESCHER et al. 1989B).

Das Hauptziel der Friktionsmessung war es, die Effekte der Bestrahlung auf die Drahtmaterialien darzulegen. Somit hatte hier eine Simulation der klinischen Variation des Angulationswinkels für den Vergleich der unbestrahlten und bestrahlten Drahthälften keine Bedeutung.

Laut Herstellerangaben (EMS) wird ein Bestrahlungsabstand von 3 - 5mm empfohlen. PETERSILKA et al. (2003D) fanden bei der Bestrahlung von Wurzeloberflächen mit Natriumbikarbonat bei einem Abstand von 2mm die höchsten Defekttiefen, wobei das Defektvolumen gleich war. Durch einen weiten Abstand zum Bestrahlungsobjekt wird eine größere Streuung des Strahls und somit das Erreichen eines größeren Bestrahlungsareals angenommen. Die Abstandsreduktion von 4 auf 2mm führte auch in dieser Studie zu einer leichten Erhöhung der Friktion, welche aber aufgrund der Härte der Drahtlegierungen im Vergleich zu Dentin und Wurzelzement nur minimal und nicht als klinisch relevant zu bezeichnen ist. Aufgrund

der Materialeigenschaften der Drähte hat zudem die Wahl des verwendeten Pulvers keinen signifikanten Einfluss auf das Ausmaß der Drahtoberflächenveränderung.

Da nach SCHUMACHER et al. (1990) die Ligatur und der Legierungsvorgang einen signifikanten Einfluss auf die Friktion zwischen Bracket und Bogen hat, wurden in unserem Versuch die Drahtligaturen nur locker gebunden. Um die Friktion zwischen Draht und Bracket ohne den Einfluss der Ligatur zu messen, wurde vor jeder Friktionsmessung sichergestellt, dass kein Kontakt zwischen Draht und Ligatur bestand.

Die Verwendung des gleichen Stahlbrackets in der gesamten Friktionsmessung könnte durch die Reibung mit dem Draht zu einer Oberflächenveränderung des Brackets geführt haben. In den Untersuchungen von TANNE et al. (1991) führte die Verwendung von Keramikbrackets auf Drahtmaterialien in der REM-Betrachtung zu tieferen Kratzern als Stahlbrackets. Stahlbrackets erzeugten nur oberflächliche und weniger ausgeprägte Kratzer der Drahtoberfläche (TANNE et al. 1991). Da es jedoch in unserer Friktionsmessung in erster Linie auf die Unterschiede zwischen bestrahlten und unbestrahlten Drahthälften ankam, die sich auf den gleichen Draht befanden, ist von keiner Beeinflussung der Messergebnisse durch Veränderungen des verwendeten Stahlbrackets auszugehen.

Im Rahmen seiner Versuche stellte JOST-BRINKMANN (1997) nach der Bestrahlung von Drähten und Brackets mit dem Prophy-Jet außer beim NiTi-Draht mit Teflon Beschichtung ein Gleichbleiben oder eine Reduktion der Friktion fest. Als Vergleichsgruppe dienten dabei die unbestrahlten Messergebnisse von TERBRÜGGEN aus dem Jahre 1999. Die Friktionssteigerung beim NiTi ist auf die Entfernung der Teflonbeschichtung durch die Bestrahlung zurückzuführen. Die leichte Reduktion der Friktion der Drähte erklärte sich JOST-BRINKMANN durch eine geringfügige Glättung der Drähte durch die PWS-Bestrahlung.

In unseren Untersuchungen kam es entgegen der Ergebnisse von JOST-BRINKMANN (1997) zu einer geringen Friktionssteigerung der Drähte von durchschnittlich 2,5%. Jedoch ist der gemessene Anstieg nach der Bestrahlung

aufgrund seiner Größe als klinisch nicht relevant zu bezeichnen (Tabelle 3, Abbildung 22). Eine Erhöhung der Bestrahlungsdauer von 5 auf 10 Sekunden führt zu keiner zusätzlichen Erhöhung der Friktion. Während bei JOST-BRINKMANN (1997) die Bestrahlungszeit 60 Sekunden betrug, wurden hier kürzere Bestrahlungszeiten von 5 bzw. 10 Sekunden gewählt. In der klinischen Anwendung ist die Bestrahlungsdauer pro Fläche wohl kürzer als 10 Sekunden.

Zudem wurden hier fabrikneue Drähte bestrahlt. Eine Veränderung des Friktionsverhaltens von in vivo befindlichen Drähten und Brackets durch Plaque und Zahnstein ist nicht auszuschließen. Ferner kommt es bei der klinischen Anwendung von PWS zu keiner Bestrahlung des Bracketschlitzes und aller Drahtoberflächen, wodurch es klinisch zu einer Minimierung der ohnehin geringen Auswirkungen der Bestrahlung kommt.

Aufgrund der geringen Auswirkungen von PWS auf Metalle (LUBOW und COOLEY, 1986; DE BOEVER und VANDE VELDE, 1985; ELIADES et al. 1991; FRANKE, 2004; HÜGELMEYER, 1989; SCHULTE, 2003), ist bei einer klinischen Anwendung bei Patienten mit kieferorthopädischen Apparaturen keine nennenswerte Beeinflussung des Friktionsverhaltens zu erwarten.

5.2 Bracketbestrahlung

5.2.1 Keramikbracket

Die raue Oberfläche der Keramikbrackets im REM ist auf die Farbbeschichtung der Brackets zurückzuführen. Bei der Betrachtung der abgestrahlten Oberfläche im REM, erscheint diese glatt und zeigt keine Aufrauung durch die PWS-Bestrahlung. Dementsprechend beschreiben SCHUMACHER et al. (1990) eine glatte Oberfläche des monokristallinen Brackets im REM. Die hohen Friktionswerte erklärten Sie sich durch die scharfen Kanten im Slotbereich und die sehr hohe Härte des Materials. Andere Autoren stellen im Gegensatz zu Stahlbrackets eine rauere und unregelmäßigere Oberfläche fest (ANGOLKAR et al. 1990; TANNE et al. 1991).

Die Bestrahlung der Keramikbrackets von 60 Sekunden mit den Pulvern Clinpro Prophy und Air-Flow führte in unserer Studie zu keiner Veränderung der Oberfläche im REM. Dieses Ergebnis entspricht den Untersuchungen von SCHULTE (2003), der Auswirkungen von PWS auf Zahnhartgewebe und Restaurationsmaterialien darstellte: Keramik erfuhr bei einer Natriumbikarbonat-Bestrahlung von 10 Sekunden keine Veränderung der Oberflächenrauheit. Erst ab einer Bestrahlungsdauer von mehr als 120 Sekunden kam es zu einer Oberflächenveränderung. JOST-BRINKMANN und RADLANSKI (1998) konnten nach einer Bestrahlungsdauer von drei Minuten keine Auswirkungen der PWS-Anwendung im REM auf der Oberfläche von Keramikbrackets nachweisen. Im klinischen Einsatz werden so hohe lokalen Bestrahlungszeiten wahrscheinlich nie oder sehr selten erreicht. Insofern kann man davon ausgehen, dass es bei einer sachgemäßen Verwendung zu keiner Veränderung der Keramikbracket-Oberfläche kommt.

Die Widerstandsfähigkeit der Keramik auf die PWS-Bestrahlung ist auf die Materialeigenschaften zurückzuführen. Bei Brackets aus Aluminiumoxid (Al_2O_3) werden polykristalline Brackets, die klinisch häufig verwendet werden, von den monokristallinen Sapphirebrackets unterschieden. JOHNSON et al. (2005) stellten bei ihren Untersuchungen eine höhere Bruchfestigkeit des Monokristallin-Brackets Inspire im Vergleich zu den anderen untersuchten polykristallinen Brackets fest. Sapphire ist die dritthärteste Substanz überhaupt und besitzt eine Härte die neunmal so hoch ist wie die des Schmelzes oder des Edelstahl (SWARTZ, 1988). Dieses hat klinisch bei einem Kontakt zwischen Schmelz und der Sapphire Keramik extreme Abrasionen zur Folge (KARAMOUZOS et al. 1997).

5.2.2 Stahlbracket

Bei Verwendung des Clinpro Prophy Pulvers kam es zu keiner Veränderung des Stahlbrackets, bei Air-Flow Pulver erst ab 10 Sekunden zu einer leichten Aufrauung, die klinisch minimal relevant erscheint. In Übereinstimmung dazu stellten JOST-BRINKMANN und RADLANSKI (1998) keine klinisch relevanten Oberflächenveränderungen von Stahlbrackets mit vier unterschiedlichen PWS fest.

Selbst eine Bestrahlungszeit von drei Minuten, welche einer regelmäßigen professionellen Zahnreinigung für die Dauer einer Multibandbehandlung von drei Jahren im 4 Wochen Abstand entsprach, erzeugte keine Veränderungen der Oberfläche im REM. Die Stahlsloteinlage des Kunststoffbrackets zeigte demzufolge ebenfalls keine Veränderung durch die Bestrahlung.

Insgesamt sind die Auswirkungen von PWS auf metallischen Oberflächen wie z.B. Amalgam und Gold in Übereinstimmung mehrerer Autoren und den eigenen Ergebnissen auf Stahlbrackets als gering einzustufen. PWS führen lediglich zu einer leichten Aufrauung der Materialoberfläche (LUBOW und COOLEY, 1986; DE BOEVER und VANDE VELDE, 1985; ELIADES et al. 1991; FRANKE, 2004; HÜGELMEYER, 1989; SCHULTE, 2003). Klinisch verlieren metallische Restaurationen nach der Bestrahlung ihren Glanz und erscheinen matt (SCHULTE, 2003). Zusätzlich führen auch andere Reinigungsmethoden zu einer Aufrauung von metallischen Oberflächen (FRANKE, 2004; HÜGELMEYER, 1989). Die Aufrauung des Amalgams durch PWS ist im Gegensatz zu anderen Methoden wie Hand-Scaler-Bearbeitung, Gummikelchpolitur und EVA-System vergleichbar hoch und wird sogar von Air-Scaler und Optision übertroffen (HÜGELMEYER, 1989).

5.2.3 Kunststoffbracket

Nach SCHULTE (2003) kommt es bei der Bestrahlung von Komposit mit Natriumbikarbonat nach einer Bestrahlungsdauer von 10 Sekunden zu einer Erhöhung der Oberflächenrauheit um das 6 fache des Ausgangwertes. Bei den Untersuchungen anderer Autoren zeigte sich ebenfalls eine Aufrauung der Kunststoffoberfläche durch PWS (BARNES et al. 1987; UCHIDA et al. 1986; COOLEY et al. 1986; LUBOW und COOLEY, 1986; CASTAGNOLA et al. 1983; DE BOEVER und VANDE VELDE, 1985; EMS AirFlow[®] S1, Bedienungsanleitung; GUTMANN et al. 1993; HÜGELMEYER, 1989; REEL et al. 1989; SHULTZ et al. 1993).

In unserer Studie zeigt sich bei Verwendung des Pulvers Air-Flow ebenfalls eine Aufrauung der Oberfläche der Kunststoffbrackets. Diese setzt beim Air-Flow schon

nach einer Bestrahlung von 5 Sekunden ein und verstärkt sich mit zunehmender Bestrahlungsdauer. Nach einer Bestrahlungsdauer von 5 und 10 Sekunden mit Clinpro Prophy ist keine sichtbare Veränderung der Kunststoffoberfläche des Brackets erkennbar. Erst nach einer Bestrahlungsdauer von 30 und 60 Sekunden zeigt Clinpro Prophy eine Modifikation der Oberfläche. Die Veränderung der Oberfläche erschien nach Clinpro Prophy Anwendung generell feinkörniger und vom kleineren Ausmaß. Bei Air-Flow hingegen schien es zu einer Abtragung von Kunststoff mit Freilegung von Füllstoffpartikeln zu kommen.

In Übereinstimmung empfehlen JOST-BRINKMANN und RADLANSKI (1998) aufgrund der eigenen Untersuchungen keine PWS-Anwendung bei Patienten mit Vollkunststoffbrackets. Die Bestrahlungsdauer von drei Minuten führte unabhängig von den vier verwendeten PWS zu deutlichen Oberflächenveränderungen in Form der Freilegung von Füllerpartikeln, Kantenabrundung und Stufenbildung zwischen Stahlslot und Kunststoff. Bei Vollkunststoffbrackets ist aufgrund der erhöhten Plaqueakkumulation und der Beeinflussung der Friktion von einer PWS-Anwendung mit Pulvern auf Natriumbikarbonat-Basis abzusehen (JOST-BRINKMANN und RADLANSKI, 1998).

5.3. Schlussfolgerungen

Der Einsatz von PWS zur Reinigung und Politur von Zahnoberflächen während einer kieferorthopädischen Behandlung ist bezüglich der damit verbundenen minimalen Friktionserhöhung der untersuchten Drähte als unproblematisch zu beurteilen. Dies bezieht sich auf die Verwendung der beiden Pulver Clinpro Prophy und Air-Flow in einem Air-Flow S1 PWS.

Die Auswirkungen auf die Oberflächen von Keramik- und Stahlbrackets sind als minimal zu interpretieren. Bei Verwendung von Kunststoffbrackets sollte als Pulver Clinpro Prophy verwendet werden, da bei Air-Flow mit einer ausgeprägten Oberflächenaufrauung und demzufolge einer erhöhten Plaqueakkumulation zu rechnen ist.

Auch bei erwachsenen Patienten mit festsitzenden kieferorthopädischen Geräten und einer Parodontopathie sollte dem Clinpro Prophy Pulver der Vorzug vor dem Air-Flow Pulver gegeben werden, um neben der supragingivalen Zahnreinigung auch eine subgingivale Reinigung durchführen zu können, ohne Abrasionen des Wurzelzementes bzw. Dentins zu riskieren (PETERSILKA et al. 2001, 2003A, 2003B, 2003C).

Zudem sollten Zähne mit plastischen Füllungsmaterialien aufgrund der möglichen Aufrauung vorsichtig behandelt und nach erfolgter Bestrahlung nachpoliert werden. Durch die Auswirkungen von PWS auf Kompositen und Bracketklebern ist mit einer Aufrauung dieser zu rechnen. Die Aufrauung des Bracketkleber bei der PWS-Anwendung führt zu einer zusätzlichen Freisetzung von Fluoriden bei einigen fluoridfreisetzenden Klebern und kann klinisch als vorteilhaft angesehen werden (ELIADES et al. 1991; JOST-BRINKMANN, 1997; JOST-BRINKMANN und RADLANSKI, 1998). Die Anwendung bei keramischen Restaurationen stellt kein Risiko dar und bedarf keiner Nachpolitur. Grundsätzlich sollte bei Patienten mit Initialläsionen des Schmelzes vor einer Verwendung von PWS abgeraten werden (BOYDE, 1984; KONTTURI-NÄRHI et al.1990; SCHIFFNER, 1992; SCHULTE, 2003).

Gesunder Schmelz stellt hingegen kein Risiko dar (BANEK-HIMPLER, 1987; BOYDE, 1984; CASTAGNOLA et al. 1983; DE BOEVER und VANDE VELDE, 1985; GERBO et al. 1993B; HANNEMANN und DIEDRICH, 1986; HEISER und PFALLER, 1984; HOSOYA et al. 1989; HÜGELMEYER, 1989; MAHLENDORFF, 1985; SCHULTE, 2003; TOPOLL et al. 1985; UCHIDA et al. 1986; WILLMANN et al. 1980).

Fazit: Die Oberflächenveränderungen von Bögen und Brackets durch PWS mit den Pulvern Clinpro Prophy und Air-Flow sind insgesamt als gering einzustufen. Aufgrund der Tatsache, dass längere Bestrahlungszeiten zu einer zusätzlichen Aufrauung von zahnärztlichen Restaurationen führen, wird somit empfohlen, die klinische Anwendungsdauer durch das Anfärben der zu entfernenden Beläge zu reduzieren. Welches Pulver nun im klinischen Einsatz verwendet werden sollte, hängt von den individuellen Gegebenheiten ab. Liegen gehäuft supragingivale Plaque und

Verfärbungen vor, erscheint der Einsatz des Air-Flow Pulvers mit der etwas höheren Abrasivität und der damit verbundenen Zeitersparnis vorteilhaft. Bei freiliegenden Wurzel- und Dentinoberflächen, multiplen Komposit- oder Goldrestaurationen, sowie bei Verwendung von Kunststoffbrackets erweist sich das Clinpro Prophy Pulver aufgrund der geringen Abrasivität als das Mittel der Wahl.

5.4. Ausblick

In dieser Studie wurden die Auswirkungen von PWS auf Bögen und Brackets untersucht. Auswirkungen auf weitere Bestandteile einer kieferorthopädischen Apparatur, wie zum Beispiel der Komposite-Klebeverbund zwischen Bracket und Zahn sollten in weiteren Studien untersucht werden.

6. Zusammenfassung

Einleitung: Pulver-Wasserstrahlgeräte (PWS) werden zur Reinigung und Politur von Zahnoberflächen verwendet. In der vorliegenden Studie sollten die Auswirkungen einer Bestrahlung von kieferorthopädischen Drähten und Brackets mit einem Pulverwasserstrahlgerät je nach Pulverart untersucht werden.

Material und Methode: Drei verschiedene Drahtmaterialien (Stahl, TMA, NiTi) wurden mit einem Pulver-Wasserstrahlgerät (Air-Flow[®] S1, EMS) mit Clinpro[™] Prophy (3M) und Air-Flow[®] (EMS) bestrahlt. Als Bestrahlungsdauer wurden 5 und 10 Sekunden und als Bestrahlungsabstand 2 und 4 mm festgelegt. Die Drähte wurden anschließend einer Friktionsmessung unterzogen, als Kontrolle diente die unbestrahlte Drahtseite. In einer qualitativen Analyse wurden Brackets (Stahl, Keramik und Kunststoff) für 5s, 10s, 30s und 60s mit Clinpro[™] Prophy und Air-Flow[®] in einem Abstand von 2mm bestrahlt. Anschließend wurden die Auswirkungen der Bestrahlung mit einem Rasterelektronenmikroskop dargestellt.

Ergebnisse: Der TMA-Draht zeigt im unbestrahlten Zustand mit 1,22 N eine höhere Friktion als der NiTi-Draht (0,82 N) und der Stahldraht (0,97 N). Durchschnittlich kam es durch Bestrahlung zu einer Friktionszunahme von 2,5%. Eine Veränderung der Oberflächen der Keramikbrackets konnte nicht festgestellt werden. Bei den Stahlbrackets kam es durch die Air-Flow[®] Bestrahlung bei hohen Bestrahlungszeiten zu einer leichten Aufrauung der Oberfläche. Die Kunststoffbrackets zeigten deutliche Veränderungen, wobei diese beim Air-Flow[®] ausgeprägter erschienen.

Diskussion: Die Oberflächenveränderungen von Bögen und Brackets durch Pulverstrahlgeräte mit den Pulvern Clinpro Prophy und Air-Flow sind insgesamt als gering einzustufen. Liegen gehäuft supragingivale Plaque und Verfärbungen vor, erscheint der Einsatz des Air-Flow Pulvers mit der etwas höheren Abrasivität und der damit verbundenen Zeitersparnis vorteilhaft. Bei freiliegenden Wurzel- und Dentinoberflächen, multiplen Komposit- oder Goldrestorationen sowie bei Verwendung von Kunststoffbrackets erweist sich das Clinpro Prophy aufgrund der geringen Abrasivität als das Mittel der Wahl.

7. Literaturverzeichnis

1. Andreasen GF, Quevedo FR: Evaluation of friction forces in the 0.022 X 0.028 edgewise bracket in vitro. J Biomech 3 (1970), 151-160
2. Angolkar PV, Kapila S, Duncanson MG, Nanda RS: Evaluation of friction between ceramic brackets and orthodontic wires of four alloys. Am J Orthod Dentofac Orthop 98 (1990), 499-506
3. Atkinson DR, Cobb CM, Killoy WJ: The effect of an air-powder abrasive system on in vitro root surfaces. J Periodontol 55 (1984), 13-18
4. Banek-Himpler MK: Die Auswirkungen von Pulverstrahlgeräten zur Zahnreinigung auf die Oberfläche von Zahnschmelz und Gingiva. Eine klinisch-experimentelle Untersuchung am Beispiel des Pulverstrahlgerätes Air-Flow der Firma EMS. Med Diss, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, Aachen (1987)
5. Barnes CM, Hayes EF, Leinfelder KF: Effects of an air abrasive polishing system on restored surfaces. J Gen Dent 35 (1987), 186-189
6. Barnes CM, Russell CM, Gerbo LR, Wells BR, Bames DW: Effects of an air-powder polishing system on orthodontically bracketed and banded teeth. Am J Orthod Dentofacial Orthop 97 (1990), 74-81
7. Barnes CM: The management of aerosols with airpolishing delivery systems. J Dent Hyg 65 (1999), 280-282
8. Berger JL: The influence of SPEED bracket's self-ligating design on force levels in tooth movement: A comparative in vitro study. Am J Orthod Dentofac Orthop 97 (1990), 219-228

9. Berkstein S, Reiff RL, McKinney JF, Killoy WJ: Supragingival root surface removal during maintenance procedures utilizing an air-powder abrasive system or hand scaling. An in vitro study. *J Periodontol* 58 (1987), 327-330
10. Bester SP, De Wet FA, Nel JC, Driessen CH: The effect of airborne particle abrasion on the dentin smear layer and dentin: an in vitro investigation. *Int J Prosthodont* 8 (1995), 46–50
11. Black R: Technic for non-mechanical preparation of cavities and prophylaxis. *J Am Dent Assoc* 32 (1945), 955-965
12. Black R: Air-abrasive: some fundamentals. *J Am Dent Assoc* 41 (1950), 740-748
13. Bourauel C, Fries T, Drescher D, Plietsch R: Surface roughness of orthodontic wires via atomic force microscopy, laser specular reflectance, and profilometry. *Eur J Orthod* 20 (1998), 79-92
14. Boyde A: Airpolishing effects on enamel, dentine, cement and bone. *Br Dent J* 156 (1984), 287-291
15. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Ricciardi A, Scribante A, Klersy C, Auricchio F: Evaluation of friction of stainless steel and esthetic self-ligating brackets in various bracket-archwire combinations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 124 (2003), 395-402
16. Castagnola L, Wirz J, Garberoglio R: Die Reinigung der Schmelzoberfläche von Plaques und starken Verfärbungen mit dem Prophy-Jet. *Quintessenz* 34 (1983), 963-972
17. Cavitron Prophy-Jet: Dentsply, Bedienungsanleitung

18. Cooley RL, Lubow RM, Patrissi GA: The effect of an air-powder abrasive instrument on composite resin. *J Am Dent Assoc* 112 (1986), 362-364
19. Cooley, Brown FH, Stoffers KW: Effect of air-powder abrasive spray on glass ionomers. *Am J Dent* 1 (1988A), 209-213
20. Cooley RL, Lubow RM, Brown FH: Effect of air-powder abrasive instrument on porcelain. *J Prosthet Dent* 60 (1988B), 440-444
21. De Boever JA, Vande Velde F: Pulverstrahlgeräte zur Belagsentfernung. Eine klinische und rasterelektronenmikroskopische Studie. *Dtsch Zahnärztl Z* 40 (1985), 725-729
22. Downing A, McCabe J, Gordon P: A study of frictional forces between orthodontic brackets and archwires. *Br J Orthod* 21 (1994), 349-357
23. Downing, McCabe JF, and Gordon PH: The effect of artificial saliva on the frictional forces between orthodontic brackets and archwires. *Br J Orthod* 22 (1995), 41 - 46
24. Drescher D, Bourauel C, Schumacher HA: Frictional forces between bracket and arch wire. *Am J Orthod Dentofac Orthod* 96 (1989A), 397-404
25. Drescher D, Laaser H, Schumacher HA: Materialtechnische Untersuchungen zum Problem der Friktion zwischen Bracket und Bogen. *Fortschr Kieferorthop* 50 (1989B), 256-267
26. Drescher D, Bourauel C, Schumacher HA: Der Kraftverlust durch Friktion bei der bogengeführten Zahnbewegung. *Fortschr Kieferorthop* 51 (1990), 99-105.
27. Eliades GC, Tzoutzas JG, Vougiouklakis GJ: Surface alterations on dental restorative materials subjected to an air powder abrasive instrument. *J Prosthet Dent* 65 (1991), 27-33

28. EMS AirFlow[®] S1, Bedienungsanleitung
29. EMS AirFlow[®] S1/ S2/ Handy 2+, Produktbrochure
30. Eriksen HM, Nordbo H: Extrinsic discoloration of teeth. *J Clin Periodontol* 5 (1978), 229-236
31. Finlayson RS, Stevens FD: Subcutaneous facial emphysema secondary to use of the Cavi-Jet. *J Periodontol* 59 (1988), 315-317
32. Flemmig TF, Petersilka GJ, Mehl A, Hickel R, Klaiber B: The effect of working parameters on root substance removal using a magnetostrictive ultrasonic scaler influencing root substance removal in vitro. *J Periodontol* 69 (1998), 547-553
33. Frank CA, Nikolai JR: A comparative study of frictional resistances between orthodontic bracket and arch wire. *Am J Orthodont* 78 (1980), 593-609
34. Franke F: Die Wirkung verschiedener Prophylaxeinstrumente auf die Oberfläche von galvanokeramischen Kronen. Med Diss, Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf (2004)
35. Freedman G: Microabrasive technologies: Advanced hard tissue preparation techniques. *Esthet Dent Update* 5 (1994), 13-15
36. Galloway SE, Pashley DH: Rate of removal of root structure by the use of the prophy-jet device. *J Periodontol* 58 (1987), 464-469
37. Garner LD, Allai WW, Moore BK: A comparison of frictional forces during simulated canine retraction of a continuous edgewise arch wire. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 90 (1986), 199-203

38. Gerbo LR, Barnes CM, Leinfelder KF: Applications of the air-powder polisher in clinical orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 103 (1993A), 71-73
39. Gerbo LR, Lacefield WR, Barnes CM, Russell CM: Enamel roughness after air-powder polishing. *Am J Dent* 6 (1993B), 96-98
40. Gerbo LR, Lacefield WR, Wells BR, Russell CM: The effect of enamel preparation on the tensile bond strength of orthodontic composite resin. *Angle Orthod* 62 (1992), 275-282
41. Goldstein RE, Parkins FM: Air-abrasive technology: its new role in restorative dentistry. *J Am Dent Assoc* 125 (1994), 551-557
42. Gorfil C, Nordenberg D, Liberman R, Ben-Amar A: The effect of ultrasonic cleaning and air polishing on the marginal integrity of radicular amalgam and composite resin restorations. An in vitro study. *J Clin Periodontol* 16 (1989), 137-139
43. Gutmann MS, Marker VA, Gutmann JL: Restoration surface roughness after air-polishing. *Am J Dent* 6 (1993), 99-102
44. Hannemann M, Diedrich P: Der Einsatz des Prophy-Jet-Gerätes zur Schmelzpolitur nach der Bracketentfernung. *Fortschr Kieferorthop* 47 (1986), 317-326
45. Heintze SD, Finke C, Jost-Brinkmann PG, Miethke RR: Individualprophylaxe in der Kieferorthopädie 1. Auflage. Quintessenz, Berlin 1992
46. Heiser W, Pfaller K: Die Anwendung des Air Flow[®] in der kieferorthopädischen Praxis. *Inf Orthod Kieferorthop* 16 (1984), 185-190

47. Horning G: Clinical use of an air-powder abrasive. *Compend Contin Educ Dent* 8 (1987A), 652-664
48. Horning GM, Cobb CM, Killooy WJ: Effect of an air-powder abrasive system on root surfaces in periodontal surgery. *J Clin Periodontol* 14 (1987B), 213-220
49. Hosoya Y, Johnston JW: Evaluation of various cleaning and polishing methods on primary enamel. *J Pedod* 13 (1989), 253-269
50. Hügelmeyer T: Oberflächenveränderung von Zahnschmelz, Wurzelzement, Amalgam und Kunststoff nach Behandlung mit verschiedenen Reinigungsinstrumenten. *Quintessenz* 40 (1989), 683-693
51. Johnson G, Walker MP, Kula K: Fracture strength of ceramic bracket tie wings subjected to tension. *Angle Orthod* 75 (2005), 95-100
52. Josephson GD, Wambach BA, Noordzji JP: Subcutaneous cervicofacial and mediastinal emphysema after dental instrumentation. *Otolaryngol Head Neck Surg* 124 (2001), 170-171
53. Jost-Brinkmann PG, Miethke RR, Kluska M: Vergleich der Friktion von Brackets aus Stahl und aus Keramik in Kombination mit verschiedenen Drähten. *Prakt Kieferorthop* 6 (1992), 269-278
54. Jost-Brinkmann PG: Wirkungen und Nebenwirkungen von Pulver-Wasser-Strahlgeräten bei regelmäßiger Anwendung in der Orthodontie 1. Auflage. Mainz, Aachen 1997
55. Jost-Brinkmann PG: The influence of air polishers on tooth enamel. An in-vitro study. *J Orofac Orthop* 59 (1998), 1-16

56. Jost-Brinkmann PG, Schiller RA, Jost-Brinkmann B: Untersuchung zur Häufigkeit transitorischer Bakteriämien durch Zahnreinigung mittels Pulverstrahlgeräten. *Quintessenz* 45 (1994), 1677-1687
57. Jost-Brinkmann PG, Miethke RR, Gehrke T: Festsitzende kieferorthopädische Apparaturen und die Entwicklung von Karies, insbesondere Initialläsionen. *Inf Orthod Kieferorthop* 28 (1996), 327-336
58. Jost-Brinkmann PG, Radlanski RJ: Oberflächenbeeinflussung kieferorthopädischer Brackets durch Pulver-Wasserstrahlgeräte. *Quintessenz* 47 (1996), 219-227
59. Kapila S, Angolkar PV, Duncanson MG Jr, Nanda RS: Evaluation of friction between edgewise stainless steel brackets and orthodontic wires of four alloys. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 98 (1990), 117-126
60. Kapur R, Sinha PK, Nanda RS: Comparison of frictional resistance in titanium and stainless steel brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 116 (1999), 271-274
61. Kapur Wadhwa R, Kwon HK, Close JM: Frictional resistances of different bracket-wire combinations. *Aust Orthod J* 20 (2004), 25-30
62. Karamouzos A, Athanasiou AE, Papadopoulos MA: Clinical characteristics and properties of ceramic brackets: a comprehensive review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 112 (1997), 34-40
63. Koch MJ, Staehle HJ: Untersuchung zur Reinigung des Fissurensystems vor Versiegelungen: Verbesserung durch Pulverstrahlreinigung. *Dtsch Zahnärztl Z* 47 (1992), 764-767

64. Koch MJ, Staehle HJ: Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung zur Schmelzätzung von Fissuren nach Pulverstrahlreinigung. Dtsch Zahnärztl Z 48 (1993), 423-426
65. Kontturi-Narhi V, Markkanen S, Markkanen H: The gingival effects of dental airpolishing as evaluated by scanning electron microscopy. J Periodontol 60 (1989), 19-22
66. Kontturi-Närhi V, Markhanen S, Markhanen H: Effects of airpolishing on dental plaque removal and hard tissues as evaluated by scanning electron microscopy. J Periodontol 61 (1990), 334-338
67. Kozlovsky A, Soldinger M, Sperling I: The effectiveness of the air-powder abrasive device on the tooth and periodontium: an overview. Clin Prev Dent 11 (1989), 7-11
68. Kozlovsky A, Artzi Z, Nemcovsky CE, Hirschberg A: Effect of air-polishing devices on the gingival: histologic study in Canine. J Clin Periodontol 32 (2005), 329-334
69. Krishnan V, Kumar KJ: Mechanical properties and surface characteristics of three archwire alloys. Angle Orthod 74 (2004), 825-831
70. Leckel M, Lenz P, Gilde H: Vergleich zweier Pulverstrahlssysteme zur Zahnreinigung. ZWR 98 (1989), 518-521
71. Liebenberg WH, Crawford BJ: Subcutaneous, orbital, and mediastinal emphysema secondary to the use of an air-abrasive device. Quintessence Int 28 (1997), 31-38
72. Logothetis DD, Martinez-Welles JM : Reducing bacterial aerosol contamination with a chlorhexidine gluconate pre-rinse. J Am Dent Assoc 126 (1995), 1634-1639

73. Loftus BP, Artun J, Nicholls JI, Alonzo TA, Stoner JA. Evaluation of friction during sliding tooth movement in various bracket-arch wire combinations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 116 (1999), 336-345
74. Lubow RM, Cooley RL: Effect of air-powder abrasive instrument on restorative materials. *J Prosthet Dent* 55 (1986), 462-465
75. Mahlendorff M: Untersuchungen über Abrasion und Oberflächenveränderung auf Zahnschmelz nach Anwendung von Hilfsmitteln der mechanischen Belagentfernung: Vergleich von Gummikelch und Polierpaste mit den Abrasivstrahlern AIR-FLOW und PROPHY-JET. *Med Diss, Julius-Maximilians-Universität, Würzburg* (1985)
76. Manschot A: Orthodontics and inadequate oral hygiene compliance as a combined cause of localized gingival recession: a case report. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 102 (1992), 572
77. Mishkin DJ, et al : A clinical comparison of the effect on the gingival of the prophy-jet and the rubber cup and paste techniques. *J Periodontol* 57 (1986), 151-154
78. Orton GS: Clinical use of an air-powder abrasive system. *Dent Hyg* 61 (1987), 513-518
79. Petersilka GJ, Steinmann D, Flemmig TF: Subgingival plaque removal by a novel low abrasive airpolishing powder. *J Dent Res* 80 (2001), 550
80. Petersilka GJ, Schenck U, Flemmig TF: Powder emission rates of four air polishing devices. *J Clin Periodontol* 29 (2002), 694-698
81. Petersilka GJ, Bell M, Häberlein I, Mehl A, Hickel R, Flemmig TF: In vitro evaluation of novel low abrasive air polishing powders. *J Clin Periodontol* 30 (2003A), 9-13

82. Petersilka GJ, Tunkel J, Barakos K, Heinecke A, Haberlein I, Flemmig TF: Subgingival plaque removal at interdental sites using a low-abrasive air polishing powder. *J Periodontol* 74 (2003B), 307-311
83. Petersilka GJ, Steinmann D, Haberlein I, Heinecke A, Flemmig TF: Subgingival plaque removal in buccal and lingual sites using a novel low abrasive air-polishing powder. *J Clin Periodontol* 30 (2003C), 328-333
84. Petersilka GJ, Bell M, Mehl A, Hickel R, Flemmig TF: Root defects following air polishing. *J Clin Periodontol* 30 (2003D), 165-170
85. Peterson L, Spencer R, Andreasen G: A comparison of friction resistance for Nitinol and stainless steel wire in edgewise brackets. *Quintessence Int Dent Dig* 13 (1982), 563-571
86. Pfaller K, Heiser W: Die Entfernung von Kunststoffresten nach Bracketabnahme mit dem Air Flow[®]-Gerät. *Inf Orthod Kieferorthop* 16 (1984), 315-322
87. Ramaglia L, Sbordone L, Ciaglia RN, Barone A, Martina R: A clinical comparison of the efficacy and efficiency of two professional prophylaxis procedures in orthodontic patients. *Eur J Orthod* 21 (1999), 423-428
88. Rawson RD, Nelson BN, Jewell BD, Jewell CC: Alkalosis as a potential complication of air polishing systems. A pilot study. *Dent Hyg Chic* 59 (1985), 500-503
89. Reel DC, Abrams H, Gardner SL, Mitchell RJ: Effect of a hydraulic jet prophylaxis system on composites. *J Prosthet Dent* 61 (1989), 441-445
90. Rukat, H: Zahnärztliche Compliance der individuellen Prävention für 12- bis 20 jährige. *Oralprophylaxe* 14 (1992), 103-107

91. Schulte A: Auswirkungen von Wasser-Pulverstrahlgeräten auf Zahnhartgewebe und Restaurationsmaterialien. ZMK 1-2 (2003), 18-23
92. Schiffner U: Die Einwirkung eines abrasiven Pulverstrahles auf artifiziell demineralisierten Schmelz. Dtsch Zahnärztl Z 47 (1992), 778–781
93. Schumacher HA, Bourauel C, Drescher D: Der Einfluß der Ligatur auf die Friktion zwischen Bracket und Bogen. Fortschr Kieferorthop 51 (1990A), 106-116
94. Schumacher HA, Bourauel C, Drescher D: Das Friktionsverhalten von Keramikbrackets bei der bogengeführten Zahnbewegung. Fortschr Kieferorthop 51 (1990B), 259-265
95. Scott L, Greer D: The effect of an air polishing device on sealant bond strength. J Prosthet Dent 58 (1987), 384-387
96. Shultz PH, Brockmann S, Eick JD, Gross K, Chappell R, Spencer P: Effects of Air-Powder polishing on the Bond Strength of the Orthodontic Bracket Adhesive Systems. J Dent Hyg 67 (1993), 74-80
97. Snyder JA, McVay JT, Brown FH, Stoffers KW, Harvey RC, Houston GD, Patrissi GA: The effect of air abrasive polishing on blood pH and electrolyte concentrations in healthy mongrel dogs. J Periodontol 61 (1990), 81-86
98. Stannard JG, Gau JM, Hanna MA: Comparative friction of orthodontic wires under dry and wet conditions. Am J Orthod 89 (1986), 485-491
99. Swartz ML: Ceramic brackets. J Clin Orthod 22 (1988), 82-88
100. Tanne K, Matsubara S, Shibaguchi T, Sakuda M: Wire friction from ceramic brackets during simulated canine retraction. Angle Orthod 61 (1991), 285-292

101. Terbrüggen G: Der Einfluss von Bracket- und Drahtmaterial auf die dynamische Friktion zwischen Bracket und Bogen. Med Diss, Humboldt-Universität, Berlin (1999)
102. Toevs SE: Root topography following instrumentation. Dent Hyg 59 (1985), 350-354
103. Topoll H, Horvath G, Lange DE: Über die Oberflächenbeschaffenheit des Zahnschmelzes, des Wurzelzementes und des Dentins nach Einwirkung von Ultraschall und nach Abstrahlung mit einem Wasser-Natriumbikarbonat-Gemisch. Dtsch Zahnärztl Z 40 (1985), 755-758
104. Tselepis M, Brockhurst P, West VC: The dynamic frictional resistance between orthodontic brackets and arch wires. Am J Orthod Dentofacial Orthop 106 (1994), 131-138
105. Uchida T, Suda Y, Motohashi K, Suzuki A, Marumo Y, Yokozuka S: The effects of an air polishing system on orthodontic materials and tooth surface. Shigaku 74 (1986), 377-390
106. Viazis AD, Chabot KA, Kucheria CS: Scanning electron microscope (SEM) evaluation of clinical failures of single crystal ceramic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop 103 (1993), 537-544
107. Weeks LM, Lescher NB, Barnes CM: Clinical evaluation of the Prophy-Jet as an instrument for routine removal of tooth stain and plaque. J Periodontol 55 (1984), 486-488
108. Willmann DE, Norling BK, Johnson WN: A new prophylaxis instrument: effect on enamel alterations. J Am Dent Assoc 101 (1980), 923-925

109. Yanagimura M, Koike F, Satoh E, Wu CS, Hara K, Kawakami T: Application of an air-powder abrasive system in periodontal therapy and its effect on root surfaces. *Nippon Shishubyo Gakkai Kaishi* 30 (1988), 1168-1179
110. Yeung SCH, Howell S, Fahey P: Oral hygiene program for orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 96 (1989), 208-213

8. Anhang

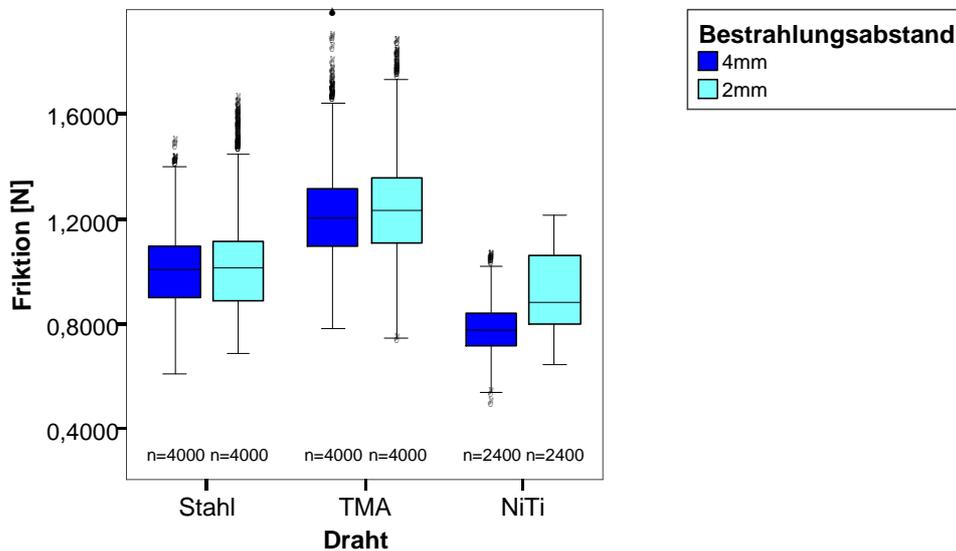


Abbildung 41: Vergleich der verwendeten Drahtmaterialien (Stahl, TMA, NiTi) in Bezug auf den Bestrahlungsabstand von 2 und 4 mm, Bestrahlung mit Clinpro Prophy und Air-Flow mit einer Bestrahlungsdauer von 5 und 10 s

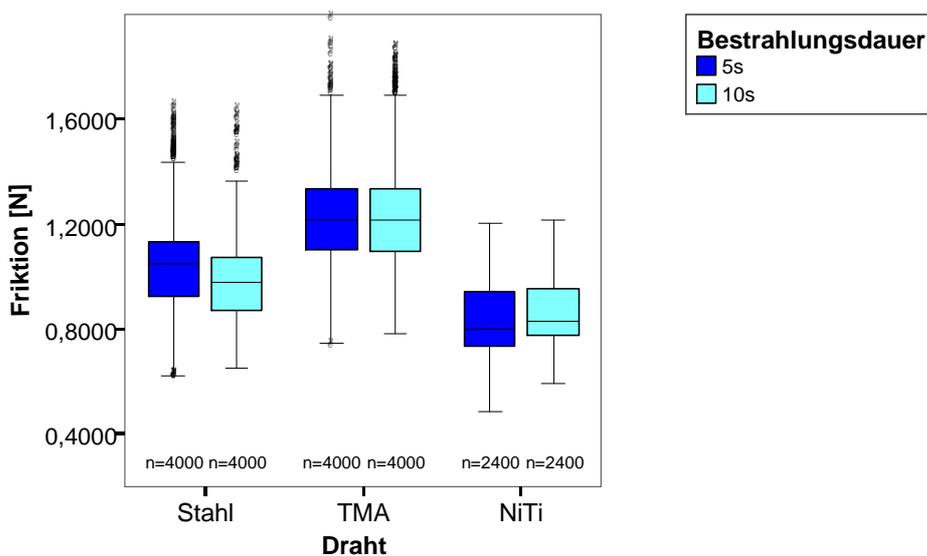


Abbildung 42: Vergleich der verwendeten Drahtmaterialien (Stahl, TMA, NiTi) in Bezug auf die erfolgte Bestrahlungsdauer von 5 und 10 s, Bestrahlung mit Clinpro Prophy und Air-Flow in einem Bestrahlungsabstand von 2 und 4 mm

Innersubjektfaktoren

BESTRAHL	Abhängige Variable
1	UNBEST
2	BESTRA

Zwischensubjektfaktoren

		Wertelabel	N
DRAHT	1	Stahl	40
	2	TMA	40
	3	NiTi	24
PULVER	1	Clinpro	52
	2	Air-Flow	52
ABSTAND	1	4mm	52
	2	2mm	52
DAUER	1	5s	52
	2	10s	52

Tabelle 1: Übersicht der Faktoren im SPSS zu einer ANOVA mit Messwiederholung

Measure: MEASURE_1

DRAHT	PULVER	ABSTAND	DAUER	ZUSTAND	Mittelwert	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
							Untergrenze	Obergrenze
Stahl	Clinpro®	4mm	5s	unbestrahlt	,991	,058	,876	1,106
				bestrahlt	1,053	,057	,939	1,167
			10s	unbestrahlt	,883	,058	,768	,998
				bestrahlt	,944	,057	,830	1,058
		2mm	5s	unbestrahlt	1,024	,058	,909	1,139
				bestrahlt	1,048	,057	,934	1,162
			10s	unbestrahlt	1,011	,058	,895	1,126
				bestrahlt	1,069	,057	,954	1,183
	Airflow®	4mm	5s	unbestrahlt	,980	,058	,865	1,096
				bestrahlt	,986	,057	,872	1,100
			10s	unbestrahlt	,988	,058	,873	1,103
				bestrahlt	1,012	,057	,898	1,126
		2mm	5s	unbestrahlt	1,012	,058	,896	1,127
				bestrahlt	1,046	,057	,932	1,160
			10s	unbestrahlt	,875	,058	,760	,991
				bestrahlt	,888	,057	,774	1,003
TMA	Clinpro®	4mm	5s	unbestrahlt	1,208	,058	1,093	1,323
				bestrahlt	1,211	,057	1,097	1,325
			10s	unbestrahlt	1,227	,058	1,112	1,343
				bestrahlt	1,262	,057	1,148	1,376
		2mm	5s	unbestrahlt	1,193	,058	1,077	1,308
				bestrahlt	1,246	,057	1,132	1,360
			10s	unbestrahlt	1,300	,058	1,185	1,415
				bestrahlt	1,307	,057	1,193	1,421
	Airflow®	4mm	5s	unbestrahlt	1,218	,058	1,102	1,333
				bestrahlt	1,186	,057	1,072	1,300
			10s	unbestrahlt	1,206	,058	1,091	1,322
				bestrahlt	1,179	,057	1,064	1,293
		2mm	5s	unbestrahlt	1,210	,058	1,095	1,325
				bestrahlt	1,248	,057	1,134	1,362
			10s	unbestrahlt	1,199	,058	1,084	1,314
				bestrahlt	1,162	,057	1,048	1,276
NiTi	Clinpro®	4mm	5s	unbestrahlt	,793	,075	,644	,942
				bestrahlt	,779	,074	,632	,927
			10s	unbestrahlt	,786	,075	,637	,934
				bestrahlt	,793	,074	,645	,940
		2mm	5s	unbestrahlt	,906	,075	,757	1,055
				bestrahlt	,963	,074	,815	1,110
			10s	unbestrahlt	,820	,075	,671	,969
				bestrahlt	,893	,074	,746	1,041
	Airflow®	4mm	5s	unbestrahlt	,735	,075	,587	,884
				bestrahlt	,758	,074	,610	,905
			10s	unbestrahlt	,770	,075	,621	,919
				bestrahlt	,808	,074	,661	,956
		2mm	5s	unbestrahlt	,849	,075	,700	,997
				bestrahlt	,851	,074	,704	,999
			10s	unbestrahlt	,898	,075	,749	1,047
				bestrahlt	,977	,074	,829	1,124

Tabelle 2: Übersicht der berechneten Mittelwerte mit Standardfehler und 95% Konfidenzintervall

9. Danksagung

Mein besonders herzlicher Dank geht an:

Herrn Professor Dr. D. Drescher, Direktor der Poliklinik für Kieferorthopädie an der Westdeutschen Kieferklinik, danke ich für die Überlassung dieses interessanten Themas sowie für seine freundliche und engagierte Betreuung.

Nicht minder großer Dank gilt Herrn Dr. Wilmes, Oberarzt der Poliklinik für Kieferorthopädie an der Westdeutschen Kieferklinik, dessen unermüdlichem Interesse ich das Fortschreiten der Studie verdanke.

Großen Dank auch an Herrn Dipl.-Phys. Ralf Hönscheid, der beim Aufbau und Ablauf der Versuche immer einen guten Rat für mich hatte. Danke auch für das Erstellen des Python Skriptes, das den Ablauf der Friktionsmessung vereinfachte.

Ein herzliches Dankeschön geht auch in das Institut für physiologische Chemie an Herrn B. Kump und seine Mitarbeiter, die tatkräftige Hilfe bei der Anfertigung der Messapparatur boten und mich mit nicht im Stich ließen.

Bei Herrn Dr. Willers, Mitarbeiter des Rechenzentrums, möchte ich mich für die Beantwortung aller Fragen zum Thema „Datenverarbeitung mit SPSS“ bedanken.

Ein großes Dankeschön auch an ZÄ Babette Stephan, die mir das Bedienen des REM abnahm. Ohne Sie wäre die REM Auswertung nicht möglich gewesen.

Meinen Eltern danke ich für die moralische Unterstützung bei der Erstellung der Dissertation und für ihren Glauben an meine Fähigkeiten. Ohne die Unterstützung meiner Eltern wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Zudem danke ich auch meiner Freundin, die immer einen Rat für mich hatte und für mich und meine Probleme während der Arbeit immer ein offenes Ohr hatte.

10. Lebenslauf

Persönliche Informationen

Name: Shervin Vali
Anschrift: 40476 Düsseldorf, Frankenstraße 21
Geburtsdatum: 01.09.1979
Geburtsort: Teheran/ Iran

Schulische Ausbildung

1985 – 1987 Grundschule in Teheran, Iran
1987 – 1989 Paulus Grundschule in Düsseldorf
1990 – 1999 Humboldt Gymnasium in Düsseldorf
06/ 1999 Allgemeine Hochschulreife
1999 – 2000 Zivildienst - Tagespflege Diakonie in Düsseldorf

Akademische Ausbildung

2000 – 2006 Aufnahme des Studium der Zahnmedizin an der Heinrich-Heine- Universität Düsseldorf
10/ 2001 Naturwissenschaftliche Vorprüfung - Vorphysikum
03/ 2003 Zahnärztliche Vorprüfung - Physikum
05/ 2006 Zahnärztliche Prüfung – Staatsexamen

Abstract

IN-VITRO UNTERSUCHUNG DER OBERFLÄCHENVERÄNDERUNGEN VON FESTSITZENDEN KIEFERORTHOPÄDISCHEN APPARATUREN DURCH AIR-POLISHING MIT CLINPRO™ PROPHY UND AIR-FLOW®

verfasst von: Shervin Vali

Einleitung: Pulver-Wasserstrahlgeräte (PWS) werden zur Reinigung und Politur von Zahnoberflächen verwendet. In der vorliegenden Studie sollten die Auswirkungen einer Bestrahlung von kieferorthopädischen Drähten und Brackets mit einem Pulverwasserstrahlgerät je nach Pulverart untersucht werden.

Material und Methode: Drei verschiedene Drahtmaterialien (Stahl, TMA, NiTi) wurden mit einem Pulver-Wasserstrahlgerät (Air-Flow® S1, EMS) mit Clinpro™ Propy (3M) und Air-Flow® (EMS) bestrahlt. Als Bestrahlungsdauer wurden 5 und 10 Sekunden und als Bestrahlungsabstand 2 und 4 mm festgelegt. Die Drähte wurden anschließend einer Friktionsmessung unterzogen, als Kontrolle diente die unbestrahlte Drahtseite. In einer qualitativen Analyse wurden Brackets (Stahl, Keramik und Kunststoff) für 5s, 10s, 30s und 60s mit Clinpro™ Propy und Air-Flow® in einem Abstand von 2mm bestrahlt. Anschließend wurden die Auswirkungen der Bestrahlung mit einem Rasterelektronenmikroskop dargestellt.

Ergebnisse: Der TMA-Draht zeigt im unbestrahlten Zustand mit 1,22 N eine höhere Friktion als der NiTi-Draht (0,82 N) und der Stahldraht (0,97 N). Durchschnittlich kam es durch Bestrahlung zu einer Friktionszunahme von 2,5%. Eine Veränderung der Oberflächen der Keramikbrackets konnte nicht festgestellt werden. Bei den Stahlbrackets kam es durch die Air-Flow® Bestrahlung bei hohen Bestrahlungszeiten zu einer leichten Aufrauung der Oberfläche. Die Kunststoffbrackets zeigten deutliche Veränderungen, wobei diese beim Air-Flow® ausgeprägter erschienen.

Diskussion: Die Oberflächenveränderungen von Bögen und Brackets durch Pulverstrahlgeräte mit den Pulvern Clinpro Propy und Air-Flow sind insgesamt als gering einzustufen. Liegen gehäuft supragingivale Plaque und Verfärbungen vor, erscheint der Einsatz des Air-Flow Pulvers mit der etwas höheren Abrasivität und der damit verbundenen Zeitersparnis vorteilhaft. Bei freiliegenden Wurzel- und Dentinoberflächen, multiplen Komposit- oder Goldrestorationen sowie bei Verwendung von Kunststoffbrackets erweist sich das Clinpro Propy aufgrund der geringen Abrasivität als das Mittel der Wahl.


Univ.-Prof. Dr. D. Drescher