

# Dental Care during Orthodontic Treatment with Electric Toothbrushes

## Zahnpflege während kieferorthopädischer Behandlung mit elektrischen Zahnbürsten

Franz Martin Sander, Christian Sander, Mark Toth, Franz Günter Sander<sup>1</sup>

### Abstract

**Objective:** In an in-vitro experimental set-up, we tested the efficacy of different electric toothbrushes in cleaning teeth with a multibracket appliance.

**Material and Methods:** The efficacy of three sonic and four rotating toothbrushes were compared; the brushes removed artificial plaque from plastic teeth. The amount of removed plaque substitute was determined via a comparative photo-analysis with one picture of the teeth before and one picture after the brushing cycle. Two views of the tooth segment were chosen: one vestibular view and one apical view of the areas behind the bracket wings. All tests were carried out with water, elmex® and Pearls & Dents as brushing media.

**Results:** The data showed greater brushing efficacy when Pearls & Dents toothpaste was used. The Sonicare® toothbrush was the most efficient. The Sonicmax™ and rotating Oral-B® ProfessionalCare™ 7000 were also very efficacious. On average, all the other toothbrushes performed less well. All toothbrushes were capable of brushing the undercut areas behind the bracket wings, with plaque removal being the greatest when the Sonicare® toothbrush was used together with Pearls & Dents.

**Conclusions:** The best electric toothbrushes did not demonstrate good tooth cleaning. Longer brushing times, mastery of the proper brushing technique, and/or special toothbrush heads are absolutely necessary.

**Key Words:** Electric toothbrush · Toothpaste · Multibracket appliance · Brushing robot

### Zusammenfassung

**Ziel:** In einem In-vitro-Versuchsaufbau wurden verschiedene elektrische Zahnbürsten auf ihre Effizienz hin getestet, Zähne mit einer Multibracket-Apparatur zu reinigen.

**Material und Methodik:** Es wurden drei Schallzahnbürsten und vier rotierende Zahnbürsten verglichen. Zur Analyse der Effizienz putzten die Bürsten künstliche Plaque von Kunststoffzähnen. Der entfernte Plaqueersatz wurde mit einer vergleichenden Fotoanalyse durch ein Bild der Zähne vor und eines nach dem Putzvorgang bestimmt. Dabei wurden zwei Ansichten auf das Zahnsegment gewählt: eine von vestibulär und eine von apikal auf die Bereiche hinter den Bracket-Flügeln. Alle Versuche wurden mit Wasser, elmex® und Pearls & Dents als Putzmedium durchgeführt.

**Ergebnisse:** Die Ergebnisse zeigten eine höhere Putzeffizienz bei der Anwendung der Pearls & Dents Zahnpaste. Die Zahnbürste Sonicare® erreichte die höchste Effizienz; ebenfalls hoch war die Effizienz bei der Bürste Sonicmax™ und der rotierenden Oral-B® ProfessionalCare™ 7000. Die restlichen Bürsten lagen alle im Mittel hinter diesen Bürsten. Bei allen Bürsten konnte ein Putzeffekt in den Bereichen hinter den Bracket-Flügeln gezeigt werden. Dieser Effekt war am höchsten bei Anwendung der Zahnbürste Sonicare® in Verbindung mit Pearls & Dents.

**Schlussfolgerungen:** Auch die besten elektrischen Zahnbürsten führten nicht zu einer guten Zahnreinigung. Längere Putzzeiten, das Erlernen einer geeigneten Putztechnik oder spezielle Köpfe für die Zahnbürste sind unbedingt erforderlich.

**Schlüsselwörter:** Elektrische Zahnbürste · Zahnpaste · Multibracket-Apparatur · Putzroboter

<sup>1</sup>Department of Orthodontics, University of Ulm, Ulm, Germany

Received: February 13, 2006; accepted: May 2, 2006

## Introduction

The oral hygiene demands made of patients undergoing fixed appliance treatment are very high. Difficult-to-reach surfaces and appliances covering the teeth make dental care considerably more difficult. In addition, sharp edges of archwires and brackets, composite excess, and ligatures encourage plaque accumulation. This is why patients being fitted with fixed appliances receive extensive instructions in oral hygiene, with the aim of improving compliance. Patients are advised to use special manual toothbrushes, interdental toothbrushes and an appropriate toothpaste. Dental hygiene for those with multibracket appliance takes far longer than the 2 to 3 minutes needed for normal brushing. Sauerwein [15] requires a brushing time of 2 minutes of users without bands, but others recommend 3 minutes [6]. This minimum time limit is often not adhered to: A study in 1999 showed that only 20% of adults and 27% of juveniles brushed twice a day, and brushing time was at least 2 minutes [10].

Every practitioner is familiar with poor compliance during treatment. The use of a disclosing solution, having to repeat instructions, and professional tooth cleaning are the consequences. Electric toothbrushes are sometimes recommended before treatment is discontinued prematurely, compromising the therapeutic result. High compliance and improved patient motivation have been reported concerning the use of electric toothbrushes [3, 18].

Two brushing techniques currently dominate the electric-toothbrush market: "sonic technology" and the classic rotating brushes. The frequency range of sonic toothbrushes lies between 240 and 260 Hz – not nearly approaching ultrasound. The question as to which toothbrush is the most efficient has proven to be controversial: The Oral-B® Plaque Remover proved to be more effective than the Sonicare® sonic toothbrush in an in-vitro study [16]. However, other results favored the Sonicare® toothbrush [11].

We investigated various electric toothbrushes in vitro in terms of their ability to clean the approximal space. A liquid stream caused by the sonic toothbrushes' high frequency is supposed to clean teeth, even without bristle contact [2, 5]. The Oral-B® toothbrush was revealed to be more effective than the Sonicare® toothbrush at cleaning the approximal space in particular [5, 20]. The removal of plaque should be possible from a distance of up to 3 mm, leading to plaque reduction in the interdental space [17]; a reduction in subgingival bacteria was also shown [4]. However, in another study [19], subgingival plaque-free zones could not be proven under electron-microscopy, with either a sonic or manual toothbrush.

Since there is no standardized test procedure for toothbrushes, results are sometimes contradictory.

Sonic toothbrushes seem to be of special interest for multibracket-appliance care in consideration of the numerous difficult-to-reach areas; the hope is that they would demonstrate a cleaning effect in those areas.

## Einleitung

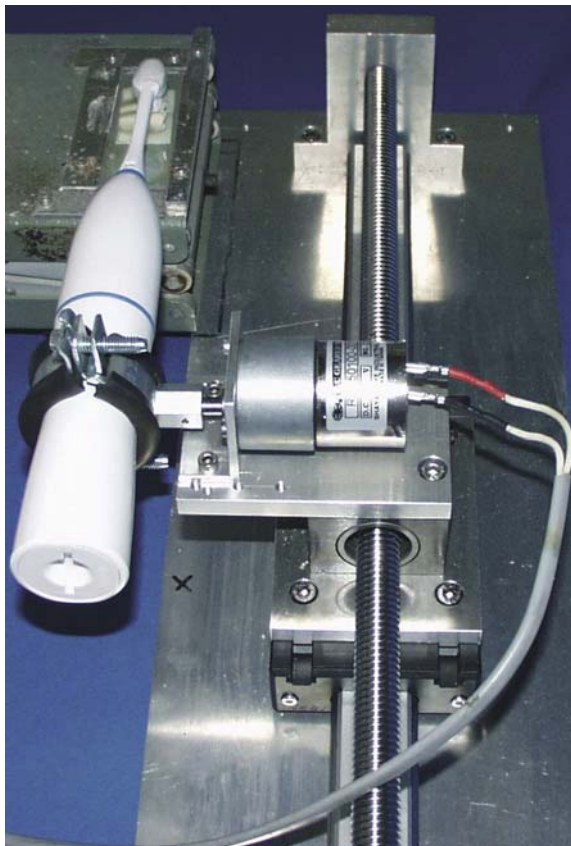
Während einer Multibandbehandlung ist der Anspruch an die Mundhygiene sehr hoch. Schlecht zugängliche Bereiche und die Zähne verdeckende Apparaturen erschweren die Zahnpflege erheblich. Zusätzlich begünstigen scharfe Kanten von Bögen und Brackets, Kompositüberschüsse und Ligaturen die Plaqueakkumulation. Aus diesem Grund werden Patienten, bei denen festsitzende Apparaturen zum Einsatz kommen sollen, umfangreiche Mundhygiene-Instruktionen vermittelt und nach Möglichkeit die Compliance gesteigert. Dazu werden den Patienten spezielle Handzahnbürsten, Interdentalbürsten und geeignete Zahnpasten angeraten. Die zur Pflege einer Multibracket-Apparatur nötige Zeit übersteigt bei weitem die normale Putzzeit, die etwa 2 bis 3 Minuten beträgt. Sauerwein [15] setzt bei unbehänderten Anwendern eine Putzdauer von 2 Minuten voraus, aber auch 3 Minuten werden gefordert [6]. Doch bereits diese Zeit wird oft nicht eingehalten: Eine Untersuchung aus dem Jahr 1999 ergab dazu, dass nur 20% der Erwachsenen und 27% der Jugendlichen zweimal täglich putzen, wobei die Putzdauer mindestens 2 Minuten beträgt [10].

Jeder Behandler kennt das Problem der während der Behandlung ausbleibenden Compliance. Anfärben mit einer plaquefärbenden Lösung, erneute Aufklärung und professionelle Mundhygiene sind die Folge. Nicht selten werden vor einem verfrühten Behandlungsabbruch mit Kompromissergebnis auch elektrische Zahnbürsten empfohlen. Es wurden eine hohe Compliance sowie eine Verbesserung der Motivation der Patienten beim Gebrauch elektrischer Zahnbürsten beschrieben [3, 18].

Prinzipiell beherrschen momentan zwei konkurrierende Putztechniken den Markt der elektrischen Zahnbürsten: die so genannte „Schall-Technologie“ und die klassischen rotierenden Bürsten. Schallbürsten arbeiten dabei in einem Frequenzbereich von 240–260 Hz und sind somit weit entfernt von Ultraschall.

Welche Zahnbürste die effizienteste ist, hat zu einer kontroversen Diskussion geführt: In einer In-vitro-Studie zeigte sich der Oral-B® Plaque Remover im Vergleich zur Sonicare®-Schallzahnbürste als effektiver [16]. Es gab jedoch auch Ergebnisse zugunsten der Sonicare®-Bürste [11].

In vitro wurde die Fähigkeit unterschiedlicher elektrischer Zahnbürsten zur Reinigung im Approximalraum untersucht. Ein Flüssigkeitsstrom, ausgelöst durch die hohe Frequenz bei Schallzahnbürsten, soll auch ohne Kontakt der Borsten die Zähne reinigen [2, 5]. Bei der Sonicare®-Zahnbürste war dieser Effekt im Vergleich zur Bürste von Oral-B® besonders im Approximalraum ausgeprägter [5, 20]. Die Plaqueentfernung soll auf eine Distanz von bis zu 3 mm möglich sein. Dieser Effekt führte im Interdentalraum zu einer Plaquereduktion [17]. Auch subgingival konnte eine Bakterienreduktion gezeigt werden [4]. Allerdings konnte in einer anderen Studie [19] elektronenmikroskopisch subgingivale



**Figure 1.** Brushing robot with fixed Sonic Plakaway. The spindle is adjusted by a step-motor.

**Abbildung 1.** Putzroboter mit eingespannter Zahnbürste Sonic Plakaway. Die Verstellung der Spindel erfolgt durch einen Schrittmotor.

In view of the many electric toothbrushes on the market and their varying modes of application, the user should be aware of the pros and cons concerning individual toothbrushes. For this reason, we aimed to subject toothbrushes employing different techniques to in-vitro testing to determine their efficacy in cleaning a multibracket appliance.

### Material and Methods

We employed a self-made brushing appliance (Figure 1) to test the efficacy of toothbrushes. This appliance was demonstrated in a previous investigation [14]. With this appliance, we have been able to simulate the brushing process using different electric toothbrushes in combination with several brushing media.

A sliding carriage was moved 22 mm each way backward and forward along a spindle. It took the sliding carriage 15 seconds to cover that distance, once forward and once backward. If brushing time is calculated according to a dentition having 28 teeth, the result is a total brushing time of 140 seconds, or 5 seconds per tooth. In a recent study [9] on electric toothbrushes, the authors considered a total brush-

ing time of 140 seconds. Plaquefreiheit weder mit einer Schallzahnbürste noch mit einer Handzahnbürste bestätigt werden.

Da es kein standardisiertes Testverfahren für Zahnbürsten gibt, kommen mitunter widersprüchliche Ergebnisse vor.

Von besonderem Interesse für die Pflege einer Multibracket-Apparatur mit ihren vielen schwer zugänglichen Stellen scheinen offenbar die Schallzahnbürsten zu sein, die eventuell in diesen Bereichen eine Putzwirkung zeigen könnten.

Bei der großen Anzahl elektrischer Zahnbürsten auf dem Markt und den unterschiedlichen Techniken, die diese verwenden, sollte sich der Anwender über die Vor- und Nachteile einzelner Zahnbürsten im Klaren sein. Aus diesem Grund sollten Bürsten mit verschiedenen Techniken in einem In-vitro-Testverfahren auf ihre Effizienz hin geprüft werden, wie sie eine Multibracket-Apparatur pflegen.

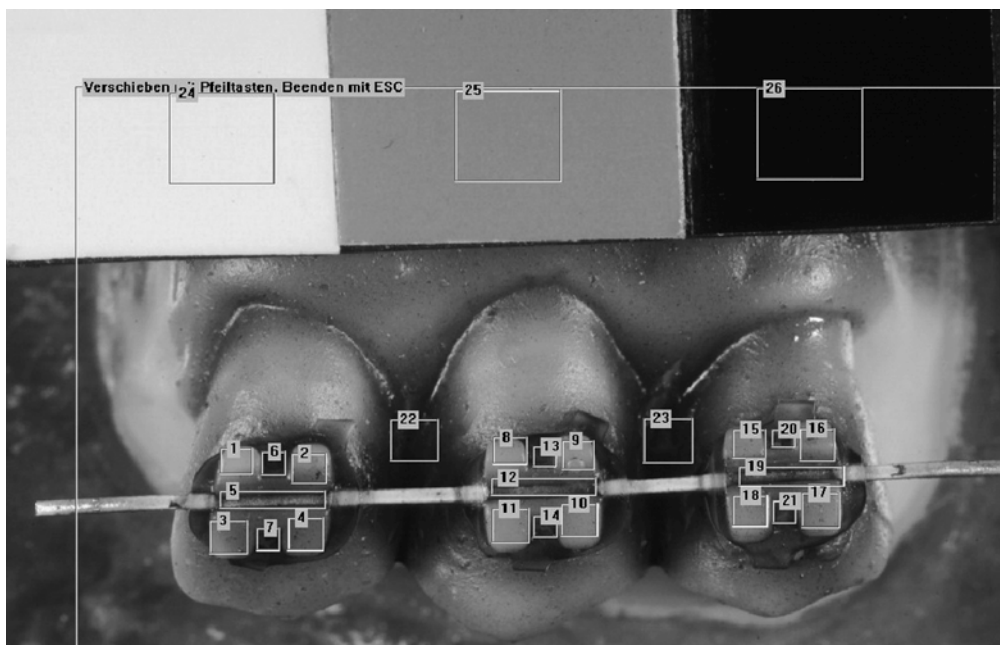
### Material und Methodik

Um die Effizienz der Zahnbürsten zu prüfen, wurde eine eigenkonstruierte Putzapparatur (Abbildung 1) genutzt, die bereits zuvor in einer anderen Fragestellung verwendet wurde [14]. Mit dieser Apparatur war es möglich, den Putzvorgang bei verschiedenen elektrischen Zahnbürsten unter Verwendung unterschiedlicher Putzmedien zu simulieren.

Entlang einer Welle wurde ein Schlitten 22 mm vor und zurück bewegt. Der Schlitten benötigte für diese Distanz mit Vor- und Zurückbewegung 15 Sekunden. Rechnet man diese Putzdauer auf ein Gebiss mit 28 Zähnen um, erhält man eine Gesamtputzdauer von 140 Sekunden bzw. 5 Sekunden pro Zahn. In einer aktuellen Studie [9] wird eine Gesamtputzdauer von 2 Minuten bei Verwendung elektrischer Zahnbürsten als ausreichend erachtet. Die Zahnbürsten wurden in die Putzmaschine eingespannt und die Bürstenköpfe mit Hilfe eines Gleichstrommotors konstant mit 1 N auf das Zahnsegment gedrückt. Das entspricht in etwa der zu erwartenden Andruckkraft beim Anwender [1].

Als Putzkörper dienten Zahnsegmente, die aus weißem Kunststoff gegossen und auf einem Plexiglasträger befestigt wurden. Diese Modelle wurden mit zahnfarbenen Kunststoffbrackets der Marke Brillant® (Forestadent®, Pforzheim, Deutschland) versehen, die mit Hilfe einer Setzlehre positioniert wurden und in die ein weiß beschichteter Draht einliert wurde. Es erfolgte ein Eintauchen der Modelle in eine Lakritzlösung, was Plaque simulierte. Anschließend erfolgte die Trocknung der Modelle.

Die Auswertung der Versuchsreihen erfolgte mittels digitaler Fotoanalyse. Jedes Zahnmodell wurde einmal vor und einmal nach dem Putzvorgang fotografiert. Das entstandene Foto wurde als Graustufenbild auf dem Bildschirm angezeigt. Die Verwendung von weißen Brackets war notwendig, um in der Schwarz-Weiß-Fotoanalyse einen ausreichenden Kontrast zum dunklen Plaqueersatz zu gewährleisten.



**Figure 2.** Tooth segment before the brushing cycle. The marked fields are retrieved by the computer and the shade of gray is ascertained on a scale from 0 to 255. The upper fields (white, gray, black) are for calibration.

**Abbildung 2.** Zahnsegment vor dem Putzvorgang. Die markierten Felder werden vom Computer abgefragt und ein Graustufenwert auf einer Skala von 0–255 ermittelt. Die oberen Felder (weiß, grau, schwarz) dienen der Eichung.

ing time of 2 minutes to be sufficient. The toothbrushes were fixed onto the brushing robot, and the brush heads pressed constantly on the tooth segment at 1 N of force using a DC motor. This approximates the contact pressure exerted by the user [1].

Tooth segments were casted in white synthetic material and fixed on a Plexiglass carrier. The models were fitted with tooth-colored plastic Brillant® brackets (Forestadent®, Pforzheim, Germany) placed with a bracket positioning gauge, and a white-coated wire was ligated. The models were then immersed in a licorice solution, which simulated the plaque, and dried.

The test series were evaluated using digital photo-analysis. One picture of each tooth model was taken before and after the brushing cycle. The photo image revealed various degrees of the color gray on the screen. White brackets were applied to assure adequate contrast with the dark plaque substitute in the black-and-white photo-analysis.

The photos were analyzed in a specially-designed computer program. Pre-defined fields were used, and the computer produced a before-and-after comparison. Fields (frames) were defined on the photographs, and their depths, or gradations of color (the gray values) were determined. The gray values were retrieved from all the areas in one field and calculated. Each field had a fixed number of pixels, and each pixel had a value ranging from 0 (= black) to 255 (= white). The sum of the pixels' gradations in gray was calculated for each field and divided by the number of pixels, resulting in a mean value for each field. All the fields were treated this way in order to obtain a value for the entire model.

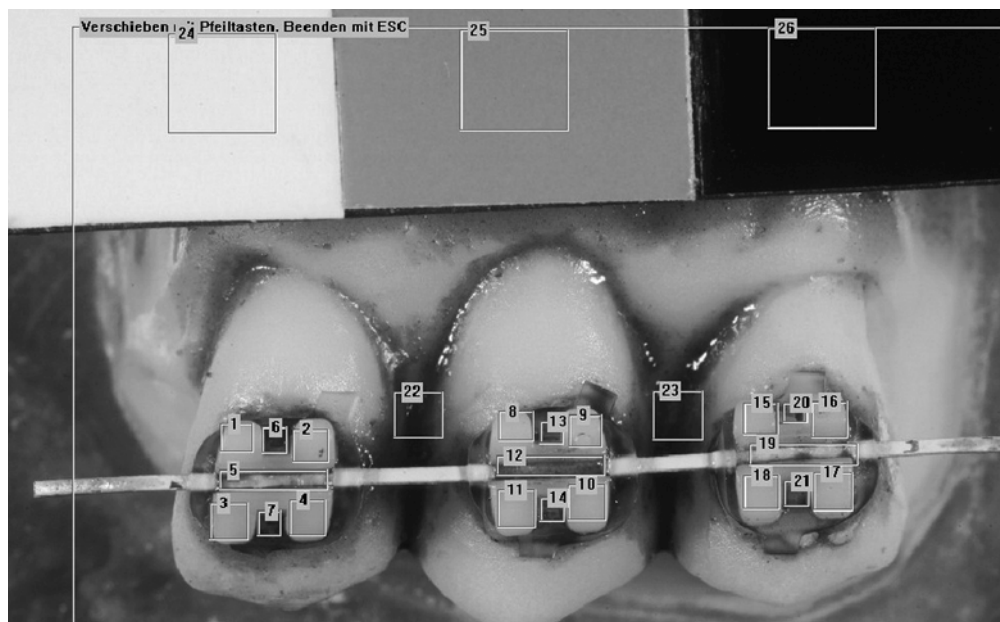
We always took one picture of the teeth with covering prior to the brushing procedure (Figure 2) and one picture of

So konnten die Fotos mit einem dafür entwickelten Computerprogramm ausgewertet werden. Dazu wurden definierte Felder genutzt, von denen der Computer einen Vorher-Nachher-Vergleich herstellte. Auf den Bildern erfolgte die Festlegung der Felder (Rahmen), deren Farbtiefe (Grauwert) bestimmt wurde. Von den Bereichen in diesen Rahmen wurden die Graustufen abgefragt und berechnet. Jeder dieser Rahmen hatte eine festgelegte Anzahl von Bildpunkten. Jeder einzelne Bildpunkt entsprach einem Wert auf einer Skala von 0 (= schwarz) bis 255 (= weiß). Die Summe der Graustufen der Bildpunkte für jeden Rahmen wurde bestimmt und durch die Anzahl der Bildpunkte dividiert. Das ergab einen Mittelwert für jeden Rahmen. Um einen Wert für das gesamte Modell zu erhalten, wurde mit allen definierten Rahmen so verfahren.

Es wurde immer ein Bild mit Beschichtung vor dem Putzvorgang gemacht (Abbildung 2) und eines vom geputzten Modell (Abbildung 3); die Differenz der Grauwerte war der ausschlaggebende Wert für die Putzeffizienz.

Das erste Fotopaar wurde von vestibulär aufgenommen. Um einen Eindruck zu erhalten, ob die Zahnbürsten in den schwer zugänglichen Bereichen eine Putzwirkung zeigen, wurde von jedem Modell ein zweites Fotopaar angefertigt, bei dem der Blickwinkel von unten war (von apikal) (Abbildung 4).

Alle Tests wurden mit verschiedenen Putzmedien je zehnmal durchgeführt: nur mit Wasser (in Grafiken blau), einem Gemisch aus elmex® (GABA, Lörrach, Deutschland) und Wasser (rot) und mit Pearls & Dents (Dr. Liebe Nachf., Leinfelden-Echterdingen, Deutschland) mit Wasser (grün), die Zahnpasten immer im Verhältnis zwei Anteile Wasser auf einen Anteil Zahnpasta. Die Entwicklung der Zahnpasta



**Figure 3.** After the brushing cycle, the tooth segment is again analyzed. The difference value of the gray scales to the first picture is the cleaning value.

**Abbildung 3.** Nach dem Putzvorgang wird das Zahnsegment nochmals analysiert. Der Differenzwert der Graustufen zum ersten Bild ergibt den Reinigungswert.

the cleaned model (Figure 3); cleaning efficacy was determined by the difference between the gray values.

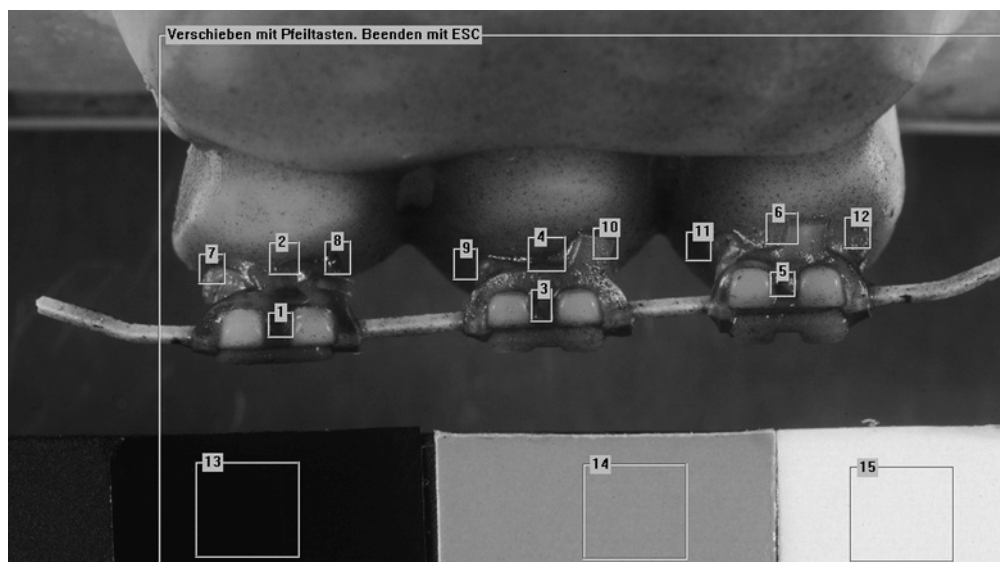
The first pair of photographs was taken from the vestibular perspective. A second pair of photographs was taken of each model from a farther apical view (Figure 4) to see if the toothbrushes revealed a brushing effect on difficult-to-reach areas.

All tests were carried out ten times with different brushing media: with water only (blue in the graphs), a mixture of elmex® (GABA, Lörrach, Germany) and water (red), and with Pearls & Dents (Dr. Liebe Nachf., Leinfelden-Echterdingen, Germany) and water (green); the ratio was always two portions water to one portion toothpaste. The toothpaste Pearls & Dents was developed at the University of

Pearls & Dents erfolgte an der Universität Ulm. Ihr sind kleine Kunststoffkügelchen beigemischt, die die Putzeffizienz erhöhen sollen.

Es wurden sowohl Schall- als auch rotierende Bürsten untersucht (Abbildung 5):

1. Philips Sonicare® elite® (HX 7841/07) (Schall) (Philips Oral Healthcare, Inc., Snoqualmie, WA, USA)
2. Waterpik™ Sonicmax™ (SR 700E) (Schall) (Waterpik Technologies, Inc., Personal Healthcare Products, Lentzahn, Deutschland)
3. Sonic Plakaway (Model B 091) (Schall) (China)
4. Braun Oral-B® ProfessionalCare™ 7000 (D17.511) (rotierend) (Gillette Gruppe Deutschland GmbH & Co. OHG, Kronberg/Taunus, Deutschland)



**Figure 4.** Oblique view of the brackets. Two photographs are also compared before and after brushing from this perspective.

**Abbildung 4.** Schrägansicht der Brackets. Auch aus dieser Perspektive wird ein Fotopaar vor und nach dem Putzen verglichen.



**Figure 5.** The toothbrushes from left to right: Philips Sonicare® elite®, Waterpik™ Sonicmax™, Sonic Plakaway, Braun Oral-B® ProfessionalCare™ 7000, Schlecker AS-Dent, Interplak® Plaque Remover, Dr. Best e-Flex 3®.

**Abbildung 5.** Die Zahnbürsten von links nach rechts: Philips Sonicare® elite®, Waterpik™ Sonicmax™, Sonic Plakaway, Braun Oral-B® ProfessionalCare™ 7000, Schlecker AS-Dent, Interplak® Plaque Remover, Dr. Best e-Flex 3®.

Ulm. It contains tiny polymer balls, designed to enhance the cleaning effect.

Both sonic and rotating toothbrushes were investigated (Figure 5):

1. Philips Sonicare® elite® (HX 7841/07) (Schall) (Philips Oral Healthcare, Inc., Snoqualmie, WA, USA)
2. Waterpik™ Sonicmax™ (SR 700E) (Schall) (Waterpik Technologies, Inc., Personal Healthcare Products, Lentzahn, Germany)
3. Sonic Plakaway (Model B 091) (Schall) (China)
4. Braun Oral-B® ProfessionalCare™ 7000 (D17.511) (rotierend) (Gillette Gruppe Deutschland GmbH & Co. OHG, Kronberg/Taunus, Germany)
5. Schlecker AS-Dent (Trisa) (rotierend) (Fa. Anton Schlecker, Ehingen, Germany)
6. Interplak® Plaque Remover (NT-6P) (rotierende Einzelbüschel) (Conair Corporation, Stamford, CT, USA)
7. Dr. Best e-Flex 3® (rotierend) (GlaxoSmithKline Consumer Healthcare GmbH & Co. KG, Bühl, Germany)

### Results

The results presented here always refer to the difference in the amount of deposit (degrees of gray) before and after the brushing cycle. The higher the value is, the greater the amount of artificial plaque that has been removed.

Each test was carried out ten times and is represented in boxplots. In the results with the vertical view of the teeth from buccal (Figure 6), it becomes apparent that most tests carried out with Pearls & Dents as the brushing medium showed a greater difference than the tests carried out with elmex® and water. When the individual toothbrushes were compared against each other, we observed that the Philips and the Waterpik™ sonic toothbrushes' results were higher than those of Sonic Plakaway. In terms of the rotating toothbrushes, the ProfessionalCare™ 7000 by Oral-B®

5. Schlecker AS-Dent (Trisa) (rotierend) (Fa. Anton Schlecker, Ehingen, Deutschland)
6. Interplak® Plaque Remover (NT-6P) (rotierende Einzelbüschel) (Conair Corporation, Stamford, CT, USA)
7. Dr. Best e-Flex 3® (rotierend) (GlaxoSmithKline Consumer Healthcare GmbH & Co. KG, Bühl, Deutschland)

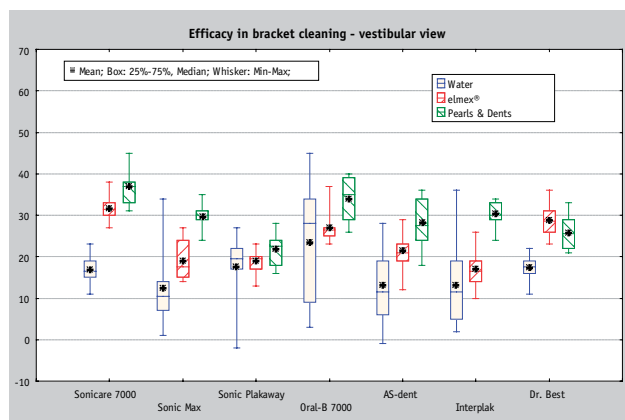
### Ergebnisse

Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich immer auf die Differenz der Verschmutzung (Graustufen) vor und nach dem Putzvorgang. Je höher der Wert, desto mehr künstliche Plaque wurde entfernt.

Jeder Test wurde zehnmal durchgeführt und in Boxplots dargestellt. In den Ergebnissen mit der senkrechten Aufsicht von bukkal (Abbildung 6) auf die Zähne wird deutlich, dass die mit Pearls & Dents als Putzmedium durchgeführten Versuche meist einen höheren Differenzwert aufweisen als die mit elmex® und Wasser durchgeführten Versuche. Beim Vergleich der einzelnen Zahnbürsten untereinander zeigt sich, dass die Schallzahnbürsten von Philips und von Waterpik™ im Vergleich zur Sonic Plakaway höhere Ergebnisse erzielten. Die Differenzen bei den rotierenden Bürsten sind bei der Bürste Professional Care™ 7000 von Oral-B® verglichen mit den anderen Bürsten höher.

Die Ergebnisse der Oral-B® Professional Care™ 7000 liegen den Mittelwerten nach zwischen der Sonicare®- und der Waterpik™-Bürste.

Bei Betrachtung der Ergebnisse bei den schwer zugänglichen Bereichen (Abbildung 7) zeigt sich, dass auch hier die Zahnpasta Pearls & Dents höhere Differenzwerte erzielt als Wasser bzw. elmex®. Insbesondere mit Pearls & Dents sind die Ergebnisse im Mittel bei den Schallzahnbürsten Sonicare® und Sonicmax™ höher als bei den anderen Bürsten. Bei den rotierenden Bürsten erreicht die Oral-B® Professional



**Figure 6.** Boxplots of the differences in gray value (difference before and after the cleaning) from vestibular (top view). The higher the represented value is, the better the cleaning result.

**Abbildung 6.** Boxplot-Darstellung der Grauwertdifferenzen (Differenz vor und nach Reinigung) von vestibulär (Aufsicht): Je höher der dargestellte Wert, desto besser ist das Reinigungsergebnis.

demonstrated greater differences than the other toothbrushes.

The Oral-B® ProfessionalCare™ 7000's results fell between those of the Sonicare® and Waterpik™ toothbrushes in terms of mean values.

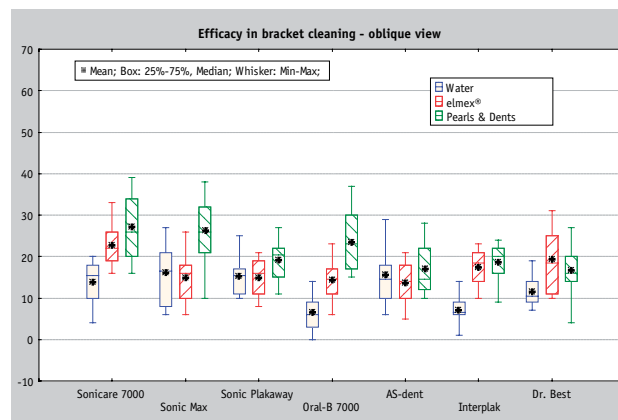
Viewing the results concerning the difficult-to-reach areas (Figure 7), it turns out that the Pearls & Dents toothpaste also achieved greater difference values than elmex® and water. Pearls & Dents' results in conjunction with the sonic toothbrushes Sonicare® and Sonicmax™ were on average higher than was the case when the other toothbrushes were used. Among the rotating toothbrushes, the results from Oral-B® ProfessionalCare™ 7000 in combination with Pearls & Dents were highest.

### Discussion

The in-vitro test we used has pluses and minuses regarding the question of cleaning efficacy. The uncertainty of parameters associated with in-vivo study models is eliminated. They include: the dependency on compliance, individual tooth condition, saliva composition, cleaning routine, eating habits and manual skill, but also errors in analysis due to the subjective nature of determining the amount of plaque. Our in-vitro set-up created equal, predictable conditions for these points in every test.

However, one of our study design's drawbacks is that the plaque substitute and the teeth themselves do not correspond exactly to real conditions. An in-vitro set-up appears useful when testing the efficacy of the toothbrushes.

Our results from the models with brackets in the vestibular view show that most tests carried out with Pearls & Dents as the brushing medium show greater difference values than



**Figure 7.** Results from the apical perspective (undercut areas, compare Figure 4).

**Abbildung 7.** Ergebnisse des Blickwinkels von apikal (schwer zugängliche Bereiche, vgl. Abbildung 4).

Care™ 7000 in Verbindung mit Pearls & Dents das höchste Ergebnis.

### Diskussion

Die genutzte In-vitro-Versuchsordnung bringt Vor- und Nachteile für die Fragestellung zur Putzeffizienz. Die unsicheren Parameter der In-vivo-Studien werden ausgeschaltet. Unter anderem sind dies: Complianceabhängigkeit, individuelle Zahnbeschaffenheit, Speichelzusammensetzung, Pflegegewohnheiten, Essgewohnheiten und manuelles Geschick, aber auch Auswertungsfehler durch meist mehr oder weniger subjektive Plaquemengenbestimmung. Durch den In-vitro-Aufbau wurden für diese Punkte für jeden Test einheitliche Bedingungen geschaffen.

Allerdings hat dieser Aufbau den Nachteil, dass z.B. der Plaqueersatz oder die Zähne echten Begebenheiten nicht genau entsprechen. Für die Fragestellung nach der Effektivität der Zahnbürsten scheint aber ein In-vitro-Aufbau sinnvoll.

Die Ergebnisse für die Modelle mit Brackets in der Aufsicht von vestibulär zeigten, dass die mit Pearls & Dents als Putzmedium durchgeführten Versuche meist einen höheren Differenzwert aufweisen als die mit elmex® und Wasser durchgeführten Versuche. Die höhere Reinigungseffizienz der Zahnpasta Pearls & Dents wurde zuvor auch schon in den Untersuchungen von Lutz [7], Sander [12] und Mayer [8] beschrieben. Beim Vergleich der einzelnen Schallzahnbürsten untereinander zeigt sich eine Tendenz zugunsten der Schallbürste von Philips und der Bürste Sonicmax™ von Waterpik™ im Vergleich zur Sonic Plakaway. Ausschlaggebend für das schlechtere Abschneiden der Sonic Plakaway ist vermutlich die geringe Amplitude der Bürste, die beim

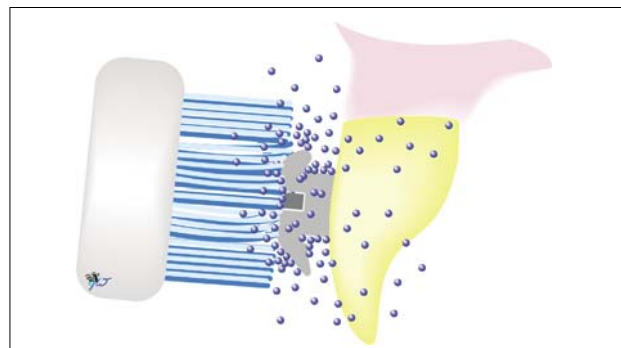
most tests carried out with elmex® and water. Pearls & Dents toothpaste's better cleaning effect was described in investigations by Lutz [7], Sander [12], and Mayer [8]. In comparing the sonic toothbrushes, we noted a tendency favoring the sonic toothbrush by Philips and the Sonicmax™ by Waterpik™ to the Sonic Plakaway. The decisive factor in Sonic Plakaway's inferior results is probably due to the toothbrush's low amplitude, which fell from 1 mm to 0.7 mm when it was fixed onto the carrier and the part of the brush close to the handle only measured 0.5 mm. The ProfessionalCare™ 7000 by Oral-B®'s difference values (gray values before and after brushing) were higher than those of the other rotating toothbrushes. We also show that, except for the Interplak®, the low-priced oscillating toothbrushes' results are inferior.

The one most efficient brushing technique cannot be inferred from our results. The Oral-B®'s oscillating toothbrush's mean values with all three brushing media fell between those of the Philips sonic toothbrush and the Sonicmax™ by Waterpik™.

All toothbrushes showed a certain cleaning effect of the areas between the bracket wings and the gingival margins. The sonic toothbrushes showed slightly higher cleaning values than the oscillating toothbrushes during testing with Pearls & Dents as brushing medium. The two test series with elmex® and water did not show that tendency. Sufficient plaque removal in the areas between the bracket wings and the gingival margins would only be feasible by a shift in the brush head's position. Better cleaning results were also achieved in the difficult-to-reach areas by using Pearls & Dents toothpaste. This may indicate that the undercut areas between the bracket wings and the gingival margins can be cleaned without direct bristle contact (thanks to the addition of polymer balls to the toothpaste). This effect has been described by Mayer [8]. The balls are actual cleaning elements, as well as the toothbrush's filaments (Figure 8). One need not worry about greater abrasion, as Pearls & Dents reveals particularly low abrasive values due to the "tumble-effect" [13].

We can thus recommend three of the tested toothbrushes to the patient with fixed appliances: the Sonicare®, the Sonicmax™ (renamed as Sensonic by the Waterpik™ company) and the Oral-B® ProfessionalCare™ 7000, with the Sonicare® being the most efficient. Furthermore, we have shown that the Pearls & Dents toothpaste was the best at enhancing cleaning results in this study. However, none of the toothbrushes tested can achieve satisfactory results as a tooth-cleaning appliance alone. Correct techniques regarding how to hold and move the toothbrush, better head designs, and special brush-heads for application in orthodontics are required.

The toothbrush's topography certainly plays an essential role. Had we used brushes with different topography in this study, we would no doubt have obtained completely different results. Similar influences are conceivable regarding the selection of filaments.



**Figure 8.** Effect of the polymer pellets of the Pearls & Dents: The pellets also reach undercut areas.

**Abbildung 8.** Effekt der Kunststoffkugeln der Pearls & Dents-Zahnpasta: Die Kugeln erreichen auch schwer zugängliche Bereiche.

Einspannen in die Halterung von 1 mm auf 0,7 mm sank und am griffnahen Borstenteil nur noch bei 0,5 mm lag. Bei der Bürste ProfessionalCare™ 7000 von Oral-B® liegen die Differenzwerte (Grauwerte vor/nach dem Putzen) höher als bei den anderen rotierenden Bürsten. Somit zeigt sich auch hier, dass die, abgesehen von der Interplak®, preislich günstigeren oszillierenden Bürsten im Vergleich schlechter abschneiden.

Aus unseren Ergebnissen lässt sich nicht ableiten, welches die effizienteste Bürstentechnik ist. Die oszillierende Bürste von Oral-B® liegt mit den Mittelwerten bei allen drei Putzmedien im Bereich zwischen der Schallbürste von Philips und der Bürste Sonicmax™ von Waterpik™.

Alle Bürsten zeigten einen gewissen Reinigungseffekt im Bereich zwischen den Bracket-Flügeln und den Gingivalrändern. Die Schallzahnbürsten wiesen bei den Versuchen mit Pearls & Dents als Putzmedium leicht höhere Reinigungswerte als die oszillierenden Bürsten auf. Die beiden Versuchsreihen mit elmex® und Wasser ließen diese Tendenz nicht erkennen. Eine suffizientere Plaqueentfernung in den Bereichen zwischen Bracket-Flügeln und Gingivalrändern wäre nur durch eine Verlagerung der Bürstenkopfposition erreichbar. Unter Verwendung von Pearls & Dents Zahnpasta wurden auch bei den schwer zugänglichen Bereichen höhere Reinigungsergebnisse erreicht, was vermuten lässt, dass durch die Zugabe von Polymerkugeln in der Zahnpasta auch die Unterschnittbereiche zwischen den Bracket-Flügeln und den Gingivalrändern ohne direkten Borstenkontakt gereinigt werden. Dieser Effekt wurde auch schon von Mayer [8] beschrieben. Dabei sind die Kugeln das eigentlich reinigende Element, nicht nur die Filamente der Bürste (Abbildung 8). Eine erhöhte Abrasion ist dabei nicht zu fürchten; die Paste hat durch den so genannten Rollier-Effekt besonders niedrige Abrasionswerte [13].

Dem Multibandpatienten können somit drei der getesteten Zahnbürsten empfohlen werden: die Sonicare®, die Sonicmax™ (von der Firma Waterpik™ in Sensonic umben-



A brushing cycle that is not target-oriented, as revealed in our figures, can also lead to a blurring (unfavorable distribution) of the investigation, which is represented as a negative value in the boxplots (see Figure 6).

## References

- Boyd RL, McLey L, Zahradnik R. Clinical and laboratory evaluation of powered electric toothbrushes: in vivo determination of average force for use of manual and powered toothbrushes. *J Clin Dent* 1997;8:72–5.
- Heersink J, Costerton WJ, Stoodley P. Influence of the Sonicare toothbrush on the structure and thickness of laboratory grown *Streptococcus mutans* biofilms. *Am J Dent* 2003;16:79–83.
- Hellstadius K, Asman B, Gustafsson A. Improved maintenance of plaque control by electric toothbrushing in periodontitis patients with low compliance. *J Clin Periodontol* 1993;20:235–7.
- Ho HP, Niederman R. Effectiveness of the Sonicare sonic toothbrush on reduction of plaque, gingivitis, probing pocket depth and subgingival bacteria in adolescent orthodontic patients. *J Clin Dent* 1997;8 (1 Spec No):15–9.
- Hope CK, Wilson M. Comparison of the interproximal plaque removal efficacy of two powered toothbrushes using in vitro oral biofilms. *Am J Dent* 2002;15 Spec No:7B–11B.
- Kremers L, Lampert F, Etzold C. Vergleichende klinische Untersuchung zweier Zahnputzmethoden – Roll- und Bass-Technik. *Dtsch Zahnärztl Z* 1978;33:58–60.
- Lutz HJ. Vergleichende in vitro Blindstudie über die Reinigungseigenschaften dreier Zahnpasten. Med. Diss. Universität Ulm 1996: 17–9.
- Mayer CM. Effizienz neuer Zahnbürsten und Zahnpasten bei der Reinigung von festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen. Med Diss. Universität Ulm 2001:18.
- McCracken GI, Janssen J, Swan M, et al. Effect of brushing force and time on plaque removal using a powered toothbrush. *J Clin Periodontol* 2003;30:409–13.
- Micheelis W, Reich E. Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie. Ergebnisse, Trends und Problemanalysen auf der Grundlage bevölkerungsrepräsentativer Studien in Deutschland 1997. Köln: Deutscher Ärzteverlag, 1999.
- Robinson PJ, Maddalozzo D, Breslin S. A six-month clinical comparison of the efficacy of the Sonicare and the Braun Oral-B electric toothbrushes on improving periodontal health in adult periodontitis patients. *J Clin Dent* 1997;8 (1 Spec No):4–9.
- Sander FG. Entwicklung und Erprobung eines neuartigen Putzsystems. *Zahnärztl Mitt* 1997;87:56–60.
- Sander C, Sander FM, Wiethoff HC, et al. Abrasionswerte im Vergleich. *Zahnärztl Mitt* 2005;95:44–50.
- Sander M, Sander C, Sander FG. Sonic Zahnbürsten – ein Vergleich. *Zahnärztl Mitt* 2005;95:28–33.
- Sauerwein E. Zahnerhaltungskunde. Stuttgart–New York: Thieme, 1985:124–31.
- Schemehorn BR, Keil JC. The effect of an oscillating/rotating electric toothbrush and a sonic toothbrush on removal of stain from enamel surfaces. *J Clin Dent* 1995;6:194–7.
- Sjogren K, Lundberg AB, Birkhed D, et al. Interproximal plaque mass and fluoride retention after brushing and flossing. A comparative study of powered toothbrushing, manual toothbrushing and flossing. *Oral Health Prev Dent* 2004;2:119–24.
- Stalnacke K, Söderfeldt B, Sjödin B. Compliance in use of electric toothbrushes. *Acta Odontol Scand* 1995;53:17–19.
- Williams KB, Cobb CM, Taylor HJ, et al. Effect of sonic and mechanical toothbrushes on subgingival microbial flora: a comparative in vivo scanning electron microscopy study of 8 subjects. *Quintessence Int* 2001;32:147–54.
- Yankell SL, Emling RC, Shi X. Interproximal access efficacy of Sonicare Plus and Braun Oral-B Ultra compared to a manual toothbrush. *J Clin Dent* 1997;8 (Spec Issue 1):26–29.

## Correspondence Address

Prof. Dr. Franz Günter Sander  
 University of Ulm  
 Department of Orthodontics  
 Oberer Eselsberg  
 89081 Ulm  
 Germany  
 Phone: (+49/731) 5002373-0 Fax: -9  
 e-mail: guenter.sander@uni-ulm.de