

Aus der Zahnklinik 1 für Zahnerhaltung und Parodontologie  
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Direktor: Prof. Dr. A. Petschelt

# **Zeitabhängige Putzeffektivität unterschiedlich großer Putzaufsätze für die Sonicare Schallzahnbürste**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde (Dr. med. dent.)

der Medizinischen Fakultät der

Friedrich-Alexander-Universität

Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von

Imke Hopp

aus Erlangen



**Gedruckt mit Erlaubnis der  
Medizinischen Fakultät der Friedrich Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg**

**Dekan:** Prof. Dr. Jürgen Schüttler

**Referent:** Priv.- Doz. Dr. Matthias Pelka

**Korreferent:** Prof. Dr. Anselm Petschelt

**Tag der mündlichen Prüfung:** 27. Januar 2010

Für meine Schwester Hilke

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Zusammenfassung / Summary</b>	<b>6</b>
<b>2 Einleitung</b>	<b>10</b>
<b>3 Literaturübersicht</b>	<b>12</b>
3.1. Ätiologische und epidemiologische Aspekte zu Karies und Parodontopathien	12
3.2. Das Prophylaxeinstrument Zahnbürste	13
Die Geschichte der Zahnbürste	13
Die Handzahnbürste	14
Die elektrische Zahnbürste	15
3.3. Effektivitätsvergleich verschiedener Zahnbürsten	16
3.4. Putztechniken	17
<b>4 Ziel der Untersuchung</b>	<b>20</b>
<b>5 Material und Methode</b>	<b>21</b>
5.1. Verwendete Zahnbürste / Putzaufsätze	21
5.2. Studiendesign	23
5.3. Probandenauswahl	23
5.4. Experimentelles Vorgehen	24
5.5. Dokumentation	28
5.6. Statistische Auswertung	29
5.7. Ethische Genehmigung	31
<b>6 Ergebnisse</b>	<b>32</b>

<b>7 Diskussion</b>	<b>38</b>
7.1. Studiendesign	38
7.2. Material und Methodik	40
7.3. Diskussion der Ergebnisse	41
<b>8 Schlussfolgerung</b>	<b>44</b>
<b>9 Literaturverzeichnis</b>	<b>45</b>
<b>10 Danksagung</b>	<b>57</b>
<b>11 Curriculum vitae</b>	<b>58</b>

## 1 Zusammenfassung

**Hintergrund und Ziele:** Das Ziel dieser Studie war es, die zeitabhängige Putzeffektivität der beiden unterschiedlichen Putzaufsätze der Schallzahnbürste Sonicare elite 9800 von Philips zu bestimmen.

**Methoden:** 90 nicht zahnmedizinisch vorgebildete, gesunde Probanden im Alter zwischen 18 und 35 Jahren nahmen an dieser einfach verblindeten, randomisierten Studie, die einem Cross-over Design folgte, teil. Das Untersuchungsprogramm wurde auf zwei Termine aufgeteilt. Der erste Termin beinhaltete die Erfragung der Anamnese, des bisherigen Mundhygieneverhaltens und die Beurteilung der Ausgangsplaquemenge mittels des modifizierten Quigley-Hein-Index. Daraufhin erfolgte eine professionelle Zahnreinigung, um bei den Probanden vergleichbare, zahnsteinfreie Mundhygieneverhältnisse zu erzielen. Die Probanden verpflichteten sich nun schriftlich zu einer 48-stündigen Mundhygienekarenz. Während des zweiten Termins erfolgte die Ermittlung der Putzeffizienz mit randomisierter Zuordnung der beiden Bürstköpfe zu je einem Quadranten. Quadrantenweise wurde von einem instruierten Untersucher 10, 20, 30, 45, 60 und 90 Sekunden geputzt, während ein zweiter Untersucher verblindet die jeweils noch verbliebene Plaque nach jedem Putzintervall bewertete. Bei Bedarf wurde abschließend eine weitere professionelle Zahnreinigung vorgenommen, um letzte Plaquereste zu entfernen.

Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS 16.0, dabei wurden die Plaquewerte mit den jeweiligen Ausgangswerten zu Versuchsbeginn verglichen. Unterschiede zwischen verschiedenen Gruppen wurden mit einer Varianzanalyse (ANOVA,  $p < 0.05$ ) verifiziert.

**Ergebnisse:** Die Ergebnisse zeigten bei bis zu 360 Sekunden Putzen vergleichbare Plaqueentfernungswerte für beide Bürsten ( $p > 0,05$  ANOVA), tendenziell entfernte der lange Bürstkopf zwar geringfügig mehr Plaque, diese Unterschiede waren jedoch zu keinem Zeitpunkt signifikant. Nach 90 Sekunden Putzen konnten beide Bürsten ca. 95 % der Ausgangsplaque

entfernen. Im Vergleich für die verschiedenen Putzbereiche waren deutliche Unterschiede zwischen Front- und Seitenzahnbereich wie auch Vestibulär- und Approximalbereich zu finden. Ab 30 Sekunden Putzen konnten zwischen beiden Ausätzen keine Unterschiede in der zeitabhängigen Putzeffizienz gefunden werden.

**Praktische Schlussfolgerung:** Diese Untersuchung konnte nachweisen, dass bei der Sonicare das Putzergebnis nicht von der Länge des Bürstkopfes abhängt. Mit zunehmender Putzdauer gleichen sich die gemessenen Putzeffektivitäten weiter an.

## Summary

**Objective:** The purpose of this study was to test the plaque removal efficacy in relation to the brushing time of two different toothbrush heads of the Sonicare elite 9800 sonic toothbrush from Philips.

**Methods:** 90 healthy subjects aged 18 to 35, who were not trained in dental medicine, took part in this simply blinded, randomized study which followed a cross-over design. The investigation programme was distributed over two appointments. The first appointment consisted of the anamnesis, the evaluation of the present oral hygiene behaviour, and the assessment of the source plaque amount by means of the modified Quigley-Hein-index. Afterwards, a professional teeth-cleaning was performed to achieve comparable oral hygiene without dental calculus among the subjects. The subjects committed themselves in writing to a 48-hour elimination of oral hygiene between the appointments. In the second appointment the evaluation of the cleaning efficacy occurred with a randomized allocation of the toothbrush heads to different quadrants. Each quadrant was cleaned by an instructed investigator for 10, 20, 30, 45, 60 and 90 seconds, while a second investigator valued blinded the remaining plaque after every cleaning interval. When required, another professional teeth-cleaning was performed to remove any remaining plaque.

The statistical analysis was conducted with SPSS 16.0, comparing the plaque amount values to the respective initial values at the beginning of the test. Differences between individual groups were verified with a variance analysis (ANOVA,  $p < 0.05$ ).

**Results:** For both toothbrush heads the results show comparable values of plaque cleaning up to 360 seconds ( $p > 0.05$  ANOVA), by trend the long toothbrush head removed slightly more plaque, however, these differences were not significant at any time. After 90 seconds both brush heads removed approx. 95 % of the source plaque. In the comparison of the different cleaning areas clear differences could be found between front and side tooth areas as well as vestibular and interproximal areas. For brushing times  $> 30$

seconds no differences could be found in the cleaning efficacy of both brush heads in relation to the brushing time.

**Conclusion:** The results of the investigation could prove that with the Sonicare the cleaning results do not depend on the length of the toothbrush head. With increasing brushing duration the measured cleaning effectiveness further approximates.

## 2 Einleitung

In der heutigen Zeit erlangt die Prophylaxe und Prävention einen hohen Stellenwert in der Zahnmedizin und auch die Bevölkerung entwickelt ein gesteigertes Bewusstsein für den Wert gesunder und schöner Zähne. Trotz erkennbarer Bemühungen und einer Vielzahl an Mundhygieneartikeln, stellen die Erkrankungen der Zähne und des Zahnhalteapparates noch immer ein großes, zu lösendes Problem dar.

Die vierte deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV) aus dem Jahre 2005 zeigte einen Kariesrückgang in allen Altersgruppen auf (48). So kann bei Kindern ein Rückgang der Karieserfahrung um 58,8 % (von 1,7 auf 0,7 Zähne) verzeichnet werden. Kariesfreie Gebisse konnten bei Kindern zu 70,1 % und bei Jugendlichen zu 46,1 % gefunden werden. Ein Großteil dieses Erfolges ist wohl den regelmäßigen zahnärztlichen Kontrollen und der vorsorglichen Fissurenversiegelung zuzuschreiben. Durch den längeren Erhalt der Zähne kam es – im Vergleich zur DMS III aus dem Jahre 1997 (47) – bei den Erwachsenen zu einem Anstieg von Wurzelkaries (Bei Erwachsenen um 9,7 %, bei Senioren um 29,5 %) und mittelschweren bis schweren Parodontalerkrankungen (26,9 zu 23,7 %) (48).

Der wichtigste Faktor für die Ätiologie von Karies, Gingivitis und Parodontopathien ist die mikrobielle Plaque (44). Somit spielt die gewissenhafte Zahnpflege mit Zahnbürsten, der tägliche Gebrauch von fluoridierter Zahnpasta und die regelmäßige professionelle Zahnreinigung bei der Prävention dieser Erkrankungen eine entscheidende Rolle (3, 4, 41).

Noch immer zeigt sich bei vielen Menschen eine nicht zufriedenstellende Mundhygiene (12, 25, 66, 67), die besonders in Bevölkerungsschichten mit niedrigem Bildungsstatus deutlich wird (48, 55). Daher ist es sinnvoll durch ständige Verbesserung der Bürsten und Mundhygienehilfsmittel die Reinigungseffizienz bei der häuslichen Mundpflege zu steigern. Die Entwicklung neuartiger elektrischer Zahnbürsten, wie diejenigen mit rotierend-oszillierenden Bürstenköpfen oder die auf Schalltechnologie

basierenden, sollen hierbei behilflich sein. Zahlreiche Studien erwiesen eine Überlegenheit der elektrischen Zahnbürsten in der Plaqueentfernung und Reduzierung von gingivalen Erkrankungen gegenüber Handzahnbürsten (7, 14, 33, 50, 69, 78, 79, 91) und beschäftigten sich mit der Putzeffektivität unterschiedlicher Zahnbürsten (1, 20, 26, 73, 80, 84).

Da alle bisherigen Studien – bis auf eine einzige Veröffentlichung (75) – von einem zwei- bis dreimal täglichen Gebrauch der Zahnbürste von jeweils 2 Minuten Putzdauer ausgehen, und somit nicht auf den Einfluss der Putzdauer auf das Putzergebnis näher eingehen (10, 76, 77, 88), soll diese Studie dazu dienen, die zeitabhängige Putzeffektivität zweier Putzaufsätze der Sonicare elite zu bestimmen. Besondere Aufmerksamkeit gilt hierbei der Untersuchung, ob zu irgendeinem Zeitpunkt Unterschiede zwischen zwei verschiedenen Zahnbürsten hinsichtlich ihrer Putzeffektivität bestehen und ob das erzielte Hygieneniveau durch eine verlängerte Putzzeit verbessert werden kann.

### **3 Literaturübersicht**

#### **3.1. Ätiologische und epidemiologie Aspekte zur Karies und parodontalen Erkrankungen**

Die Karies gilt als häufigste Erkrankung der Zahnhartsubstanzen (36) und wird als ein infektiöser, chronisch destruktiver Prozess, der als komplexe Entzündungsreaktion verschiedene Gewebeabschnitte des Endodonts und apikalen Parodonts erfasst, definiert (23).

Epidemiologisch gesehen ist ein deutlicher Kariesrückgang festzustellen. So lässt sich bei 12-Jährigen, laut der neuen DMS IV Studie, ein DMFT-Index (die Summe aus kariösen, fehlenden und gefüllten Zähnen) von 0,7 verzeichnen (48). 1997 lag dieser Wert noch bei 1,7, so dass sich eine Abnahme von 58,8 % ergibt. Während auch bei den Erwachsenen (35- bis 44-Jährigen) erstmals ein Reduktion des Kariesindex von 16,1 im Jahr 1997 auf 14,5 im Jahr 2005 festzustellen ist, zeigt sich jedoch ein Anstieg der Wurzelkaries um 9,7 % (48).

Der Begriff der parodontalen Erkrankungen fasst alle entzündlichen pathologischen Veränderungen der komplexen Gewebe des Zahnhalteapparats zusammen. Während die Gingivitis als eine nichtdestruktive, chronische Entzündungsreaktion der Gingiva auf den Biofilm der Zahnplaque erklärt wird, kann die marginale Parodontitis als eine ausgeprägte Entzündungsreaktion des parodontalen Ligaments und des Alveolarknochens auf den Biofilm der parodontalen Tasche definiert werden (23). Auch bei diesen Erkrankungen ist die bakterielle Plaque als primäre Ursache zu nennen, was Loe durch experimentell verursachte Gingivitis belegte (44).

Die neueste repräsentative deutsche Mundgesundheitsstudie (48) erfasst eine deutliche Zunahme der parodontalen Erkrankungen um 26,9 % für Erwachsene (35- bis 44-Jährige) und um 23,7 % bei den Senioren im Vergleich zu 1997. Die weite Verbreitung der Parodontopathien wird deutlich,

wenn man beachtet, dass unter den Erwachsenen 52,7 % an mittelschwerer und 20,5 % an schwerer Parodontitis leiden (Senioren entsprechend 48,0 %, 39,8 %).

Wiederum zeigt sich, dass auch die parodontalen Erkrankungen ein nicht zu verkennendes Problem darstellen; sind doch 40 % der Gründe für Extraktionen auf Parodontitis zurückzuführen (60). Eine regelmäßige Entfernung der Beläge und somit eine Verkürzung der Pathogeneinwirkung ist eine essentielle Maßnahme zur Prävention von Karies und Parodontopathien (40).

### **3.2. Das Prophylaxeinstrument Zahnbürste**

#### **Die Geschichte der Zahnbürste**

Archäologische Funde geben uns Hinweise auf die ersten Zahnbürsten, die in Form von kleinen Zweigen mit ausgefranzten Enden als Kaustäbchen von Ägyptern bereits im Jahre 3000 v. Chr. benutzt wurden. Die erste Zahnbürste nach heutigem Verständnis mit in einem Rinderknochen befestigten Schweineborsten wurde erstmals 1498 in China schriftlich erwähnt (22). Die Zahnbürste wurde im 17. Jahrhundert nach Europa gebracht. Französische Zahnärzte, die damals als fortschrittlich galten, verteidigten den Gebrauch im 17. und frühen 18. Jahrhundert. Zwar gab es auch in Europa Anzeichen für die Entwicklung der Zahnbürste, wie etwa 1780 die erste Massenproduktion der Zahnbürste von William Addis Clerkland aus England, doch wurde ihre Anwendung und die Notwendigkeit der Mundhygiene weiterhin kontrovers diskutiert (56). Erst im frühen 19. Jahrhundert erreichte die Zahnpflege eine allgemeine Akzeptanz. Mit der Erfindung der günstigeren Nylonborsten 1930 wurden endgültig die Naturborsten verdrängt und die Zahnbürste blieb nun nicht mehr nur der Oberschicht vorbehalten. Die erste elektrisch betriebene Zahnbürste wurde 1939 in der Schweiz produziert. Das Zeitalter der elektrischen Zahnbürste im jetzigen Sinne begann 1960 in den USA mit der Broxodent von Squibb. Die erste rotierende elektrische Zahnbürste war die Interplak, die 1939 veröffentlicht wurde. Seitdem wurden viele Modifikationen

wie die rotierend-oszillierenden Bürsten und die Schallzahnbürsten entwickelt (22, 56).

### **Die Handzahnbürste**

Für die häusliche Mundhygiene steht heutzutage ein großes Sortiment an Handzahnbürsten zur Verfügung. Die Gestaltung der Zahnbürste und Anforderungen an Maße und Verpackung sind durch die Deutsche Industrienorm festgelegt (DIN 13917, Deutsche Norm Zahnheilkunde 1988) (19). Bass formulierte 1948 optimale Charakteristiken für eine ideale Handzahnbürste:

- Die Gesamtlänge der Bürste soll 12,25 cm und die des Bürstenkopfes 11,1 mm betragen.
- Der Bürstengriff ist einfach und gerade gestaltet.
- Die Borstenlänge sollte bei 10,3 mm liegen.
- Die einzelne Borste weist einen Durchmesser von 0,18 mm auf und ist an ihrem Ende abgerundet.
- Die Zahnbürste hat ein planes Borstenfeld.

Einige dieser Anforderungen erscheinen heutzutage jedoch veraltet.

Nach Riethe wird die Härte der Borsten in extraweich, weich, mittel, hart und extrahart eingeteilt (61). Die weiche Bürste wird jedoch nicht empfohlen, da ihr die notwendige Friktion zur Plaqueentfernung fehlt (61). Mittlerweile gibt es dennoch neu entwickelte weiche Zahnbürsten wie die Meridol von GABA, die in einigen Studien mit ihrer Reinigungseffektivität überzeugten (21).

Derzeit wird eine Zahnbürste mit kurzem Kopf (ca. 2,5 cm Länge) mit einem dichten Besatz elastischer, gerader und an den Enden abgerundeter Borsten empfohlen. Die Länge der Bosten sollte 10 – 12 mm und die Dicke 0,18 – 0,25 mm betragen. Die Borsten sind hierbei in Büscheln zu jeweils 20 – 40 Stück (multi-tufted) anzuordnen und sie sollten eine mittlere Härte besitzen (36). Neue Entwicklungen tendieren zu einem Borstenfeld mit unterschiedlich langen, harten und nicht parallelen Filamenten, um die Reinigungsleistung und somit die gingivale Situation zu verbessern (23).

### **Die elektrische Zahnbürste**

Um die Reinigungseffizienz der häuslichen Mundpflege gegenüber der Handzahnbürste zu steigern, wurde eine Vielzahl an elektrischen Zahnbürsten entwickelt, die sich hinsichtlich ihres Bewegungsmusters, des Bürstenkopfdesigns und der Funktion unterscheiden.

Nach Penick können die Bewegungsmechanismen heutiger elektrischer Zahnbürsten in mechanische, schallaktive und ionische gegliedert werden.

Die mechanisch wirksamen Bürsten zeichnen sich durch einen rotierend-oszillierenden Bürstenkopf aus. Die Braun Oral-B Zahnbürsten sind in dieser Gruppe der Zahnbürsten als führendes Produkt vertreten (56). Die Modelle Oral-B 3D (D15) und Oral-B 3D Excel (D17) führen neben rotierend-oszillierenden Bewegungen auch vertikale Bewegungen durch, was klinisch bewiesen zu einer besseren Reinigungswirkung führt (85, 87).

Die schallaktiven Bürsten werden elektro-magnetisch über den piezoelektrischen Effekt betrieben (83). Ihre Borsten schwingen mit einer Frequenz im Schallbereich und führen dabei seitlich elliptische Bewegungen aus. Die durch die Schallwellen erzeugte Vibration soll dabei behilflich sein, Plaque zu entfernen (56). Blanco untersuchte 1997 den Effekt der Sensonic auf die Morphologie und Integrität des Bakteriums *Treponema denticola*, welches in aktiven Läsionen der entzündlichen Parodontalerkrankung gehäuft isoliert wird. Hierbei zeigte sich, dass die strukturelle Integrität durch die erzeugten Frequenzen gravierend geschädigt wurde (11).

Die Wirkungsweise der ionischen Zahnbürsten beruht auf dem Prinzip der Polarität. Die Bindung zwischen Pellikeln und Bakterien wird durch  $\text{Ca}^{2+}$ -Brücken vermittelt. Anionen, die von der vorhandenen Lithium-Batterie geliefert werden, verhindern eine Bindung der Bakterien an die  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen und somit die Bakterienadsorption an die Pellikel (18). In klinischen Studien zeigte sich bis jetzt jedoch keine verbesserte Plaque- und Gingivitisreduktion im Vergleich zu anderen elektrischen Zahnbürsten (49, 58).

### **3.3. Effektivitätsvergleich verschiedener Zahnbürsten**

In der Literatur findet man zahlreiche Studien über den Vergleich von Zahnbürsten hinsichtlich ihrer Putzeffizienz.

#### **Vergleich zwischen elektrischen Zahnbürsten und Handzahnbürsten**

Seit vielen Jahren belegen Studien eine erhöhte Plaqueentfernung elektrischer Zahnbürsten gegenüber Handzahnbürsten (8, 35, 65, 69, 71, 88, 89). Davies et al. bemerkten neben einer verbesserten Plaqueentfernung auch eine Reduzierung der Gingivitis, besonders bei rotierend-oszillierenden Zahnbürsten (17). Zu dieser Erkenntnis kamen auch andere Studien, deren Untersuchungsobjekt verschiedene rotierend-oszillierenden Bürsten von Oral-B waren (7, 14, 78). Eine Untersuchung von Warren et al. ergab, dass die Braun Oral-B 3D Excel (D17) nicht nur hinsichtlich der Plaquekontrolle und der Reduktion von Gingivitis der Referenzbürste ADA überlegen war, sondern von den Probanden laut Fragebogen auch besser angenommen wurde, was die Compliance deutlich erhöhen könnte (85). Andere Studien konnten jedoch nur Vorteile beschränkt auf die Gingivitisreduktion der Braun Oral-B nachweisen (1,7). Schallzahnbürsten wiesen durchweg eine bessere Entfernung der Plaque im Vergleich zu Handzahnbürsten auf (42, 50). Eine verbesserte Reduzierung der Gingivitis konnte dennoch nicht einstimmig belegt werden. Elektrische Zahnbürsten mit einer rotierend-oszillierenden Bürstenbewegung entfernten Plaque besser und verhinderten die Entstehung einer Gingivitis effektiver als Handzahnbürsten (62).

#### **Vergleich elektrischer Zahnbürsten**

Auch unter den verschiedenen elektrischen Zahnbürsten gibt es Unterschiede in Bezug auf ihre Putzeffizienz und ihren Einfluss auf die gingivalen Verhältnisse.

Van der Weijden et al. (80) untersuchten die Wirksamkeit dreier elektrischer Zahnbürsten (Braun Oral-B 3D, Braun Oral-B „Ultra“ D9 und Philips HP735) in der Plaquereduktion und Gingivaabrasion. Dabei zeigte sich eine nahezu

vergleichbare Gingivaabrasion für alle drei Zahnbürsten. Die Oral-B D3 und D9 waren der Philips HP735 jedoch in der Plaquereduktion überlegen (80). Bei Timmermann wurden die Gingivitisreduktion der Braun Oral-B (D17) und der Philips Sensiflex 2000 (HX2550) verglichen. Mit der Braun Oral-B (D17) reduzierte sich die Blutungsneigung deutlicher als bei der Philips Sensiflex (73). Auch Dörfer et al. belegten, dass die rotierend-oszillierende Oral-B D15 signifikant effektiver Plaque entfernt als die schallaktive Kontrollzahnbürste Rowenta Dentasonic MH921S (20).

Berichten in vitro Untersuchungen doch von den Vorteilen der Schalltechnologie (11, 37), so konnten diese in klinischen Studien nicht belegt werden. In diesen waren stets die rotierend-oszillierenden Bürsten effektiver. Bestandteil einer Studie von van der Weijden war der Effekt der Sonicare und der Braun Oral-B 3D Excel (D17) auf experimentell evozierte Gingivitis. Zwar reduzierte sich kontinuierlich bei beiden Bürsten die Plaque und der BOP (Bleeding on Probing) Wert, dennoch war die Oral-B sowohl in der Reduzierung der Blutung als auch in der Plaquereduzierung der Sonicare überlegen (53 % zu 45 %) (80). Zu gleichen Ergebnissen kamen Warren et al., die ebenfalls eine rotierend-oszillierende Oral-B mit der Sonicare verglichen (86). In einer Untersuchung von Sharma wurde die Wirkung elektrischer Zahnbürsten (Braun Oral-B D17, Sonicare, Handzahnbürste) auf die Zahnsteinbildung und auf Verfärbungen geprüft. Die Oral-B verhinderte deutlich mehr die Zahnsteinbildung und das Auftreten von Verfärbungen (69). Ein Vergleich der Sonicare Zahnbürsten untereinander ergab, dass die Sonicare elite in der Entfernung sowohl neuer als auch alter Plaque effizienter war als die Sonicare Advance (46).

#### **3.4. Putztechniken**

Durch das Zähneputzen wird eine Plaquefreiheit an den bukkalen, lingualen, okklusalen und teils an interdentalen Flächen erzielt. Hierbei sollte weniger die Häufigkeit als vielmehr eine besondere Gründlichkeit beachtet werden. Ferner dauert es 24 – 36 Stunden bis sich eine reife Plaque etabliert hat, so

dass es bei einer sehr gewissenhaften Reinigung ausreichen würde, einmal täglich zu putzen (43). Laut Riethe gibt es keine Putztechnik, die eindeutig besser ist als andere Techniken, vielmehr erscheint die Modifikation und Kombination verschiedener Methoden ratsam (61). Im Folgenden soll eine kurze Übersicht über die gängigsten Putztechniken gegeben werden.

Die modifizierte Bass-Technik eignet sich zur Zahnreinigung und Zahnfleischmassage bei gesundem Parodont, Gingividen und Parodontiden (60). Die Bürste wird gleichzeitig auf Zahn und Gingiva in einem 45°-Winkel zur Zahnlängsachse aufgesetzt. Nun werden abschnittsweise pro Zahnfläche 10 – 15 kleine rüttelnde bis zirkuläre Bürstbewegungen durchgeführt (36, 40). Studien ergaben, dass die modifizierte Bass-Technik im Vergleich zu normalem Putzen deutlich effektiver in der Entfernung von supragingivaler Plaque, besonders an den lingualen Flächen, ist (57). Außerdem kommt es nicht nur zu einer guten Entfernung der supragingivalen Plaque, sondern es konnte auch eine Plaqueentfernung im Sulkus bis 0,9 mm unter dem Gingivalrand festgestellt werden (82). Bedenkt man den Einfluss der subgingivalen Plaque auf die Pathogenese der Parodontopathien, so ist dies für die Parodontitisprävention von großer Bedeutung.

Die Charters-Methode wird als Bürstmethode bei Parodontitiden mit bestehenden Resttaschen und freien Interdentalräumen empfohlen (36, 61). Die Zahnbürste wird in einem 45°-Winkel von unten (umgekehrt wie bei der Bass-Technik) an die Gingiva angelegt. Dann folgen kleine kreisende, rüttelnde Bewegungen zur Massage des Zahnfleisches. Zusätzlich soll versucht werden, die Borstenenden in den Interdentalraum eindringen zu lassen (60).

Die modifizierte Stillman-Technik (Rolltechnik) wird bei gesundem Parodont oder gingivalen Rezessionen angewandt. Sie dient der Stimulierung des Zahnfleisches durch Blutdrainage (36). Die Borstenenden einer weichen Zahnbürste werden im Bereich der angewachsenen Gingiva abgesetzt. Nun erfolgt eine senkrechte Bewegung nach inzisal (Auswischbewegung „von Rot nach Weiß“). Die Bewegung wird langsam durchgeführt und durch kleine

massierende Rüttelbewegungen ergänzt (36, 60). Laut einer Studie war die Stillman-Technik jedoch der modifizierten Bass-Technik hinsichtlich der Reinigungseffektivität an den lingualen und facialen Zahnflächen unterlegen (27).

Bei der Fones-Methode werden die bukkalen Zahnflächen bei geschlossener Zahnreihe mit kreisenden Bewegungen gereinigt. Danach werden die lingualen und okklusalen Bereiche nach gleichem Bewegungsmuster geputzt (36). Diese Methode wird vor allem Kindern und Patienten mit eingeschränkter Geschicklichkeit empfohlen (61) und soll bei Verwendung einer Kurzkopfzahnbürste als die effektivste Putztechnik gelten (32).

## **4 Ziel der Untersuchung**

Das Ziel dieser Studie war es, die zeitabhängige Putzeffektivität der beiden unterschiedlichen Putzaufsätze der Schallzahnbürste Sonicare elite 9800 zu untersuchen, die eigenen Resultate um in der Literatur bereits gefundene Ergebnisse zu erweitern und Verbrauchern praktische Hinweise für eine effektive, häusliche Zahnreinigung zu liefern.

Da auf die Beteiligung einer manuellen Referenzzahnbürste verzichtet wurde, fehlt die Vergleichbarkeit mit anderen klinischen Studien.

### **Arbeitshypothesen**

1. Es besteht zu keinem Zeitpunkt ein Unterschied zwischen den beiden Aufsätzen der Sonicare elite 9800.
2. Es besteht kein Unterschied zwischen verschiedenen Putzzeiten. Falls Unterschiede bestehen sollten, soll getestet werden, ob das Hygieneniveau durch verlängertes Putzen verbessert werden kann.
3. Die Putzzeit ist ein wesentlicher Faktor für das erreichte Reinigungsniveau.

## **5 Material und Methode**

### **5.1. Verwendete Zahnbürsten und Plaquerevelator**

#### **Testzahnbürsten**

Als Ziel der vorliegenden Studie wurde die Untersuchung der zeitabhängigen Putzeffektivität zweier unterschiedlicher Aufsätze einer Schallzahnbürste formuliert. Als Testzahnbürste stand hierfür die Schallzahnbürste Sonicare elite 9800 von Philips (Snoquohmie, Washington, USA) mit ihren zwei unterschiedlich großen Putzaufsätzen zur Verfügung.

Da die Bürsten nicht in die Reihe der Konkurrenzprodukte eingeordnet werden sollte, sondern nur ein produktinterner Vergleich vorgenommen wurde, konnte von einer Referenzzahnbürste abgesehen werden.

#### **Die Sonicare elite 9800**

Die im Jahre 2002 auf den Markt gebrachte Sonicare elite zählt zu der neuesten Generation der elektrischen Zahnbürsten, den schallaktiven Zahnbürsten. Ihre Technologie basiert auf einer hohen Borstengeschwindigkeit mit 31.000 Bürstenkopfbewegungen pro Minute und einem weiten Borstenausschlag. Die dadurch im Mund entstehende Flüssigkeitsströmung soll zu einer verbesserten Plaqueentfernung auch in schwer zugänglichen Bereichen führen. In dieser Studie wurde die Zahnbürste stets mit maximaler Geschwindigkeit benutzt. Die vom Hersteller eingestellte Soft-Start-Funktion wurde zu Beginn der Studie bei jeder Zahnbürste ausgeschaltet.

#### **Bürstenaufsätze**

Die Sonicare Zahnbürste kann mit zwei verschiedenen Putzaufsätzen benutzt werden, einem kurzen und einem langen Bürstenkopf. Die beiden Aufsätze unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Größe, der Borstenanzahl und Borstenanordnung. Zur vorliegenden Untersuchung der Putzeffektivität wurden beide Putzaufsätze der Sonicare elite 9800 benutzt und miteinander verglichen.



**Abb. 1 Die beiden unterschiedlichen Putzaufsätze der Sonicare elite 9800**

### **Plaquerevelator**

Als Plaquerevelator kam in dieser Studie Mira-2-Tone zur Anwendung (Hager & Werken, Duisburg-D). Dieser gilt als nicht allergen und geschmacksneutral, bestehend aus Patentblau (E133) und Lebensmittelfarbstoff Phloxin B. Dieser Revelator wurde bereits von Danser et al. (16) und Dörfer et al. (20) in Untersuchungen verwendet.

Die Applikation des Mira-2-Tone-Revelators erfolgte mittels Schaumstoffpellets. Da die aufgetragene Menge jedoch Schwankungen unterlag, könnte hierdurch die Stärke der Färbung und somit die Beurteilung der Plaquemenge beeinflusst worden sein.

### **Plaque-Index**

Zur Auswertung wurde der von der ADA (1998) empfohlenen Quigley-Hein-Index (QHI) (59) modifiziert nach Turesky et al. (74) verwendet. Der QHI differenziert zwischen sechs Graden der Plaqueakkumulation und lässt somit eine feine Abstufung und Beurteilung aller vestibulären und oralen, besonders den approximalen Flächen zu.

## 5.2. Studiendesign

Bei der Studie handelt es sich um eine prospektive, monozentrische, einfach verblindete, randomisierte Querschnittsstudie. Die Durchführung dieser Studie wurde von der Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg bewilligt (No. 3645).

## 5.3. Probandenauswahl

### Aufnahmeverfahren

90 nicht zahnmedizinisch vorgebildete Probanden, meist Studenten der FAU Erlangen-Nürnberg im Alter von 18 bis 35 Jahren wurden für diese Studie herangezogen. Die Auswahl der Probanden erfolgte nach folgenden Kriterien:

Einschlusskriterien:

- Alter: zwischen 18 und 35 Jahren
- Zahnzahl: mind. 24 gesunde Zähne
- Guter Allgemeinzustand
- Unterschriebene Einverständniserklärung nach Aufklärung des Probanden

Ausschlusskriterien:

- Studenten der Zahnmedizin
- Probanden mit Allgemeinerkrankungen (z. B. Diabetes, HIV, Herz-Kreislauf-Erkrankungen)
- Probanden mit allgemeinärztlicher Medikation (z. B. Markumar, Antibiotika)
- Parodontale Schäden bzw. akute oder chronische Parodontalerkrankungen
- Festsitzende kieferorthopädische Geräte
- Probanden mit motorischen Einschränkungen

Alle Probanden, die nach diesen Kriterien für die Studie geeignet waren, erhielten vor deren Beginn eine schriftliche Einwilligungserklärung sowie einen Fragebogen zu ihren persönlichen Angaben, der Anamnese und dem bisherigen Mundhygieneverhalten. Dadurch wurde ihr Einverständnis zur Teilnahme an der Studie schriftlich festgehalten.

### **Gruppenzuteilung**

Für jeden Probanden ergeben sich aus den zwei zu testenden Bürstenköpfen jeweils zwei verschiedene Behandlungsgruppen. Die Bürstenköpfe wurden per Zufallsprinzip mittels eines Würfels den Quadranten zugeteilt.

## **5.4. Experimentelles Vorgehen**

Das Untersuchungsprogramm für einen Probanden erstreckte sich über drei Termine, die in einem Zeitraum von 16 Tagen stattfanden.

### **Erster Termin**

Nach Erfragung der allgemeinen Anamnese und des bisherigen Mundhygieneverhaltens wurden die Zähne mit Mira-2-Ton angefärbt und der nach Turesky modifizierte Quigley-Hein-Index (TQHI) erfasst. Die Beurteilung der Mundhygieneindices erfolgte pro Proband an allen Terminen von dem selben Untersucher.

### **Verwendeter Mundhygieneindex TQHI**

Heutzutage wird der Plaque-Index nach Quigley-Hein meist in der von Turesky modifizierten Form verwendet. Er bewertet den Plaquebefall der koronalen Zahnoberfläche nach Einfärben der vestibulären und lingualen Oberflächen mit einem Plaquerevelator (36, 59, 74).

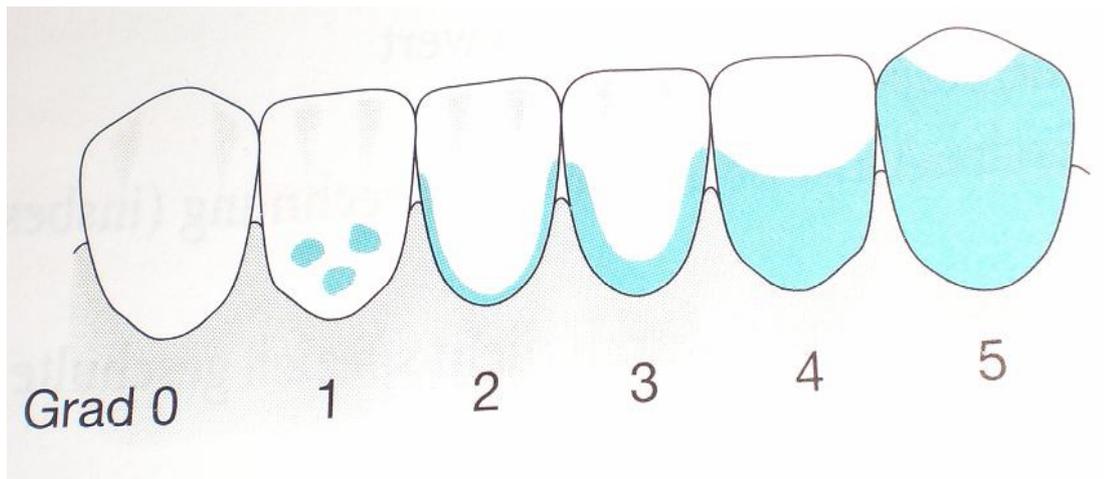


Abb. 2 graphisch dargestellte Einteilung der Plaquemenge

Schweregrade	Diagnose
0	Keine Plaque
1	Vereinzelte Plaqueinseln
2	Deutliche, zusammenhängende, bis zu 1 mm breite Plaquelinie am Gingivalrand
3	Plaquesausdehnung im zervikalen Zahndrittel
4	Plaquesausdehnung bis ins mittlere Zahndrittel
5	Plaquesausdehnung bis ins koronale Zahndrittel

Bei der Einteilung der Plaque in die Stufen 0 – 5 handelt es sich um intervallskalierte Daten, da die Plaque graduell ansteigt. Ab der Stufe 1 kann eine stetige Verdopplung der Plaquemenge pro Stufe festgestellt werden.



**Abb. 3: Mit Mira-2-Ton (Hager & Werken, Duisburg-D) angefärbte Plaque zur Beurteilung der Plaquemenge mittels TQHI**

Zum Schluss wurde eine professionelle Zahnreinigung mit Hilfe eines Airscalers und Handscalers vorgenommen, die Zähne mit Polierpaste poliert und mit Elmex Gelee fluoridiert.

Nun wurden die Probanden angewiesen für die nächsten 48 Stunden jegliche Mundhygienemaßnahmen einschließlich Zähneputzen, Mundspüllösungen, Zahnseide, Kaugummi etc. einzustellen.

### **Zweiter Termin**

Es wurde eine erneute Bestimmung des Ausgangswertes des Plaquebefalls vorgenommen. Nach der Zuordnung der beiden Bürstenköpfe auf die Quadranten wurden die Zähne nun ohne Zahnpasta nur mit etwas Wasser von einem anderen Untersucher geputzt. Nach jedem Putzintervall wurde erneut die bereits erbrachte Plaqueentfernung mittels TQHI eruiert.

### **Putztechnik**

Der Bürstenkopf wurde an die Zahnflächen angelegt und ohne kreisende Bewegung, wie vom Hersteller empfohlen, vestibulär und oral an der

Zahnreihe entlang geführt. Hierbei wurde stets distal am letzten Zahn begonnen und die Bewegung weiter nach mesial fortgesetzt.



**Abb. 4: Sonicare mit mini Bürstenkopf im 2. Quadranten**

### **Putzzeit**

Die Putzzeit von 90 Sekunden pro Quadrant wurde in Putzintervalle von 10, 20, 30, 45, 60 und 90 Sekunden aufgeteilt. Die Zeit wurde mit Hilfe einer Stoppuhr gemessen. Dabei wurde die erste Hälfte des jeweils zu messenden Intervalls für die vestibuläre Seite genutzt, die Zeit kurz angehalten, um einen problemlosen Wechsel zur oralen Seite zu gewährleisten, und dann die zweite Hälfte gestoppt. Sollten nach Abschluss des Versuchs noch Plaquereste vorhanden gewesen sein, wurden diese durch erneute Zahnreinigung entfernt. Nun wurde ein Büstenaufsatz ausgewürfelt, mit dem der jeweilige Proband 14 Tage lang eine festgelegte Putzzeit pro Tag (6, 9, 12 Minuten) seine Zähne reinigen sollte. Neben der Sonicare wurde ein Putzprotokoll mitgegeben, in welches die tatsächlich erbrachte Putzzeit eingetragen werden sollte.

### **Dritter Termin**

Am letzten Termin wurde noch einmal der Mundhygieneindex bestimmt (TQHI) und eine professionelle Zahnreinigung vollzogen. Die Sonicare durfte der Proband nach erfolgreich absolvierter Studienteilnahme behalten.

### **5.5. Dokumentation und statistische Auswertung der Daten**

Die Aufnahme der Daten erfolgte zunächst manuell auf erstellten Befundbögen. Anschließend wurden sie in die Statistik-Datei SPSS 16.0 (Superior Performing Software System) für Windows übertragen, die zur Analyse sämtlicher Daten verwendet wurde. Für die deskriptive Statistik wurden zunächst die für jeden Zahn erhobene Mundhygieneindizes für jeden Patienten addiert. Bei den Originaldaten handelt es sich um intervallskalierte metrische Daten des TQHI von 0, 1, 2, 3, 4 und 5. Um die Charakterisierung der Verteilung zu bestimmen, wurden der arithmetische Mittelwert und die Standardabweichung ermittelt. Hierbei wurden die Mittelwerte als stetige numerische Variablen behandelt. Für die statistische Auswertung mit SPSS wurden folgende Tests herangezogen:

- Mixed Model Analysis (ANOVA); Bestimmung der zeitlichen Putzeffektivität für verschiedene Bereiche
- T-Test: Da der Mittelwert eine stetige Variable ist, wurde ein Verfahren für metrische Messwerte verwendet.
- Ein Vergleich der Signifikanzen für verschiedene Paarungen

Bei jeder Analyse galt der Proband als statistische Einheit. Das Signifikanzniveau lag für alle Tests bei  $p = 0,05$ . Wurde dieser Wert unterschritten ( $p < 0,05$ ), konnte das Ergebnis als statistisch signifikant bezeichnet werden.

## 5.6. Statistische Auswertung

### Allgemeine Überlegungen

Die primäre Analyse wurde auf einer Intent-to-treat-Grundlage (ITT) vorgenommen, die alle randomisierten Quadranten der Probanden mit einer Baseline- und Endbewertung für alle Behandlungsgruppen beinhaltet. Es wurde keine Korrektur des nominalen p-Wertes für die Sekundär- und ergänzenden Effektivitätsergebnisse durchgeführt. Die Sicherheitsanalyse beinhaltet alle randomisierten Patienten. Alle Variablen wurden zu deskriptiven Statistiken zusammengefasst. Die Standardcharakteristika (z. B. Alter, Geschlecht, Rasse und Herkunft) wurden für alle Probanden protokolliert.

### Primäre Effektivitätsvariable und statistische Überlegungen

Die erste Analyse fasst die Veränderung der mittleren Plaquemenge in Prozent als Ergebnisvariable zusammen. Wie im unten aufgeführten Modell I angegeben, wurde die Antwort-Variable in Bezug auf einen Zufallseffekt, einen Teileffekt sowie das gewünschte Behandlungsergebnis modelliert. Der Abschnitt bezieht sich auf einen Quadranten. Eine zweite Analyse (Modell II), die den Hauptwert vor dem Zähneputzen abzüglich des Werts nach dem Putzen verwendet, wurde ebenfalls durchgeführt. Die Modell II erklärenden Variablen schließen darüber hinaus solche von Modell I mit ein, indem sie den Wert vor dem Putzen als Covariante gebrauchen. Die primäre Analyse erfolgte auf einer ITT-Grundlage einschließlich aller Patienten mit Baseline- und Post-Baseline-Beobachtungen, die eine minimal annehmbare Übereinstimmung zeigten. Der Hauptplaquewert wurde als eine kontinuierliche Variable angenommen. Die primäre Analyse wurde mit Hilfe der folgenden statistischen Modelle durchgeführt:

Modell I:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \pi_k + T_j + \varepsilon_{ijk}$$

Die zweite Analyse verwendete dieses Modell:

Modell II:

$$Z_{ijk} = \mu + \alpha_i + \text{pre}_{ik} + \pi_k + T_j + \varepsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  bezeichnet die prozentuale Plaquerreduktion, die folgendermaßen definiert wird:  $100 \% \cdot (\text{Die Differenz zwischen dem Mittelwert des pre-brushing Ergebnisses abzüglich des mittleren Post-brushing-Ergebnisses})$ , dividiert durch das mittlere pre-brushing-Ergebnis entsprechend dem Probanden  $i$ , der Behandlung  $j$ , und dem Abschnitt  $K$ .  $\mu$  bezeichnet den Mittelwert.  $\alpha_i$  bezeichnet die  $i$ -te zufällige Probandenzahl ( $i = 1, 2, \dots, N$ ).  $\text{Pre}_i$  bezeichnet das mittlere pre-brushing-Ergebnis entsprechend dem Abschnitt  $I$  und  $K$ .  $\pi_k$  bezeichnet die KTH-Abschnitte ( $k = 1, 2, 3, 4$ ).  $T_j$  bezeichnet die Wirkung der  $j$ -ten Behandlung ( $j = 1, 2, 3, 4$ ).  $\varepsilon_{ijk}$  bezeichnet die ungeklärte oder verbleibende Variation.

Darüber hinaus wurden zwei Verteilungsannahmen gemacht:

1.  $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$  für alle  $i = 1, 2, \dots, N$  und für alle  $j = 1, 2, \dots, M$ , wobei  $N$  die Gesamtzahl der Probanden bezeichnet, und  $M = 4$  steht für die Anzahl der Behandlungen.  
 $\sigma^2$  bezeichnet die Variation innerhalb der Probanden.
2.  $\alpha_i \sim N(0, \sigma_A^2)$  für alle  $i = 1, 2, \dots, N$ ;  $\sigma_A^2$  bezeichnet die Variation zwischen den Probanden.

Die statistische Analyse wurde mit SPSS 16.0 durchgeführt, indem die Plaquerwerte jeweils mit ihren Werten zum Versuchsbeginn verglichen wurden. Differenzen zwischen den verschiedenen Gruppen wurden mit einer Varianzanalyse (ANOVA,  $p < 0,05$ ) verifiziert. Es wurde eine Analyse über die einzelnen statistischen Modelle einschließlich Parameter und Konfidenzintervallschätzungen unter Verwendung eines linearen gemischten Auswirkungsmodells durchgeführt. Vergleiche zwischen den Behandlungen wurden unter Verwendung des entsprechenden t-Tests oder F-Tests zu 40 s, 80 s, 2 min, 3 min, 4 min und 6 min äquivalentem Putzen gezogen. Die Behandlungen wurden aus der Perspektive eines pre-minus post-brushing Ergebnisses sowie aus der Sicht der prozentualen Reduktion gesehen. Diese Analysen wurden für sieben Regionen in dem Mund durchgeführt: insgesamt,

anterior, posterior, vestibulär /oral, approximal, anterior approximal und posterior approximal. Der Mittelwert der Effektivität wurde berechnet aus dem TQHI-Wert in Prozent, geteilt durch die Quadrantenputzzeit und die erreichte Putzeffektivität.

### **5.7. Ethische Genehmigung**

Das Studiendesign wurde von der Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg kontrolliert und ethisch geprüft (Nr. 3645).

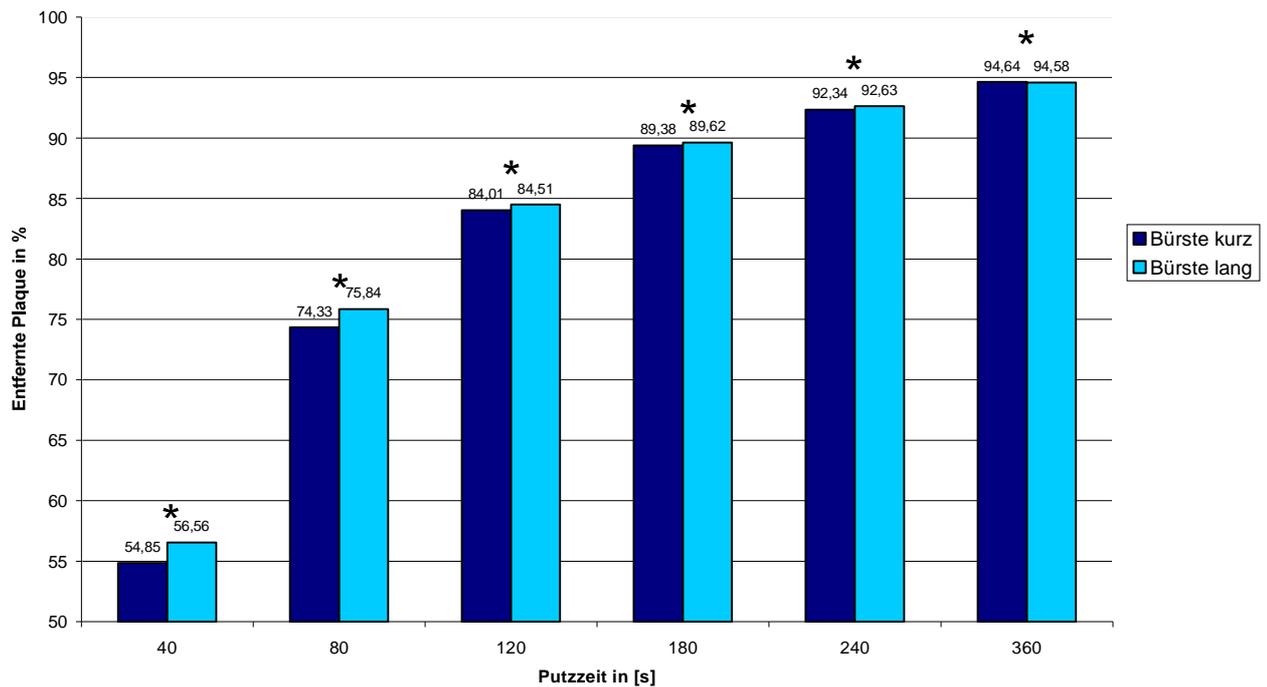
## 6 Ergebnisse

Der Mittelwert (BL) des TQHI-Wertes variierte in dieser Studie pro Quadrant zwischen 2,51 und 2,65. Innerhalb der einzelnen Versuche wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede für diese Baseline-Werte zwischen den vier Quadranten gefunden. Der durchschnittliche Gesamtwert der Plaquemenge ist für beide Zahnbürsten und zu jedem Zeitpunkt in Tabelle 1 dargestellt.

	Sonicare medium		Sonicare mini	
	MW	SD	MW	SD
<b>BL</b>	2,59	0,57	2,63	0,51
<b>10s</b>	1,12	0,57	1,19	0,57
<b>20s</b>	0,62	0,45	0,67	0,46
<b>30s</b>	0,40	0,36	0,41	0,37
<b>45s</b>	0,27	0,27	0,27	0,28
<b>60s</b>	0,19	0,21	0,20	0,22
<b>90s</b>	0,14	0,17	0,14	0,16

Tab. 1 Die Mittelwerte des TQHI-Wertes mit jeweiliger Standardabweichung zum Untersuchungsbeginn (BL) und zu jedem Putzintervall für beide Bürsten

Die durchschnittliche Plaqueentfernung in Prozent ist für die verschiedenen Zeitintervalle in Abb. 5 (S. 33) dargestellt.



**Abb. 5 Die durchschnittliche Plaqueentfernung in Prozent aller Flächen für die unterschiedlichen Putzintervalle für beide Bürsten**

**\* keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Bürsten  
( t-Test,  $p > 0,05$ )**

Beide Zahnbürsten entfernten mit zunehmender Zeit mehr Plaque, wobei nach 10 s bereits mehr als 50 % (54 % für den kurzen Kopf, 56 % für den langen Kopf) der gesamten Plaque entfernt wurde. Es zeigte sich zu diesem Zeitpunkt kein signifikanter Unterschied. Zum Zeitpunkt 5 s Putzen pro Quadrant konnte kein befriedigendes Putzniveau erzielt werden. Nach 80 s (20 s pro Quadrant) konnte bereits eine Putzeffektivität von 75 % erreicht werden, die sich nach weiteren 10 s schon auf 84 % steigern ließ. Nach 45 s Putzen entfernten die beiden Sonicare-Bürsten etwa 90 % der gesamten Plaque. Nach zusätzlichen 45 s (90 s) entfernten die beiden Sonicare-Bürsten bis zu 50 % der restlichen Plaque (absolut 5 %), so dass ein Gesamtputzergebnis von 95 % erreicht werden konnte. Darüber hinaus gab es insgesamt eine wesentliche Verbesserung im TQHI-Werte, wenn die Putzzeit von 10 s auf 90 s pro Quadrant angestiegen ist (F-Test,  $p < 0,001$ ). In Bezug auf die zeitabhängige Effektivität der gesamten Plaqueentfernung wurde gezeigt, dass mit der Zeit die Wirksamkeit der Plaqueentfernung für

beide Bürsten deutlich verringert wurde. Die grafische Darstellung der zeitabhängigen Reduktion des TQHI-Wertes zeigt die Kurven der zeitabhängigen Effektivität der Plaqueentfernung. In Anbetracht der 90%igen Plaqueentfernung erzielten die beiden Sonicare-Bürsten dieses Niveau bereits nach 45 s. Eine weitere Putzzeiterhöhung konnte nur noch eine geringe Verbesserung der Plaqueentfernung erzielen. Zwischen den beiden Sonicare-Bürsten, dem langen und dem kurzen Bürstenkopf, gab es zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede in der Plaquereduktion (t-Test,  $p > 0.05$ ).

Bereits nach 10 s Putzen pro Quadrant konnten wesentliche Unterschiede in der Plaqueentfernung zwischen Front -und Seitenzähnen sowie zwischen den frontal approximalen und den posterior approximalen Räumen (t-Test,  $p < 0.01$ ) registriert werden. Diese Unterschiede blieben bis zur Putzzeit von 6 min bestehen, wobei sie geringfügig kleiner wurden. Dies galt sowohl für die kurze als auch für die lange Bürste (Abb. 6, S. 35 und Abb. 7, S. 36).

## Sonicare kurz - Plaquereduktion für verschiedene Bereiche

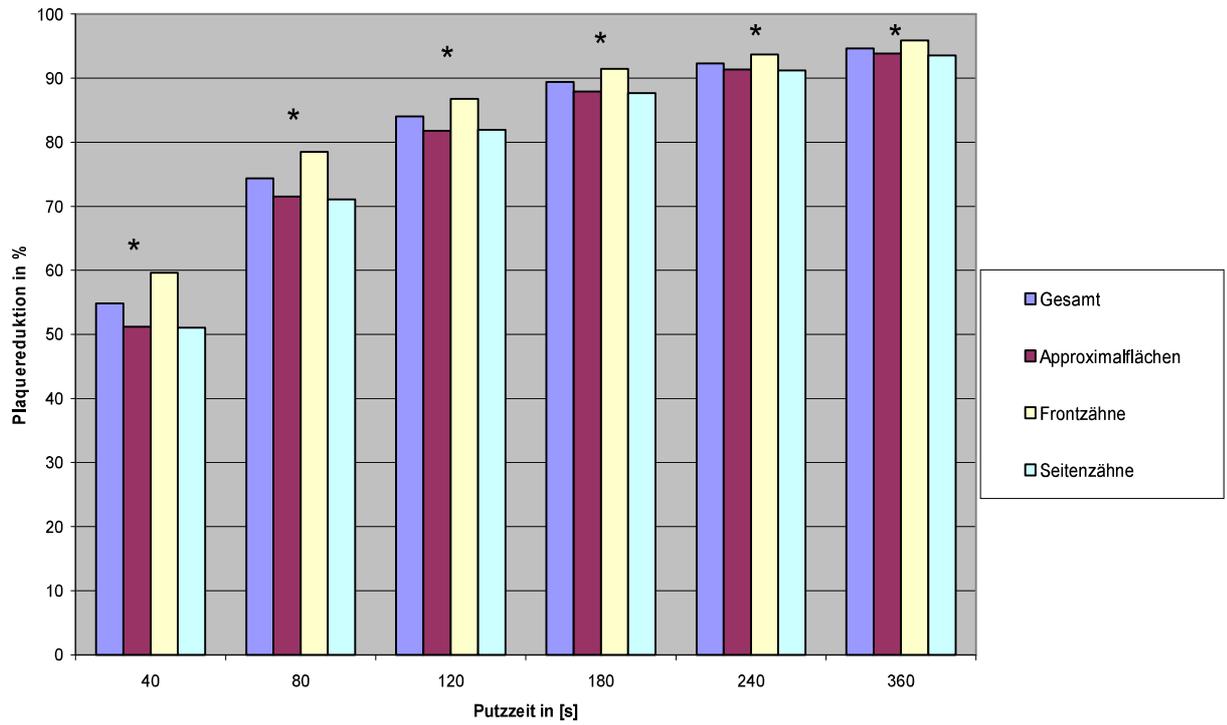
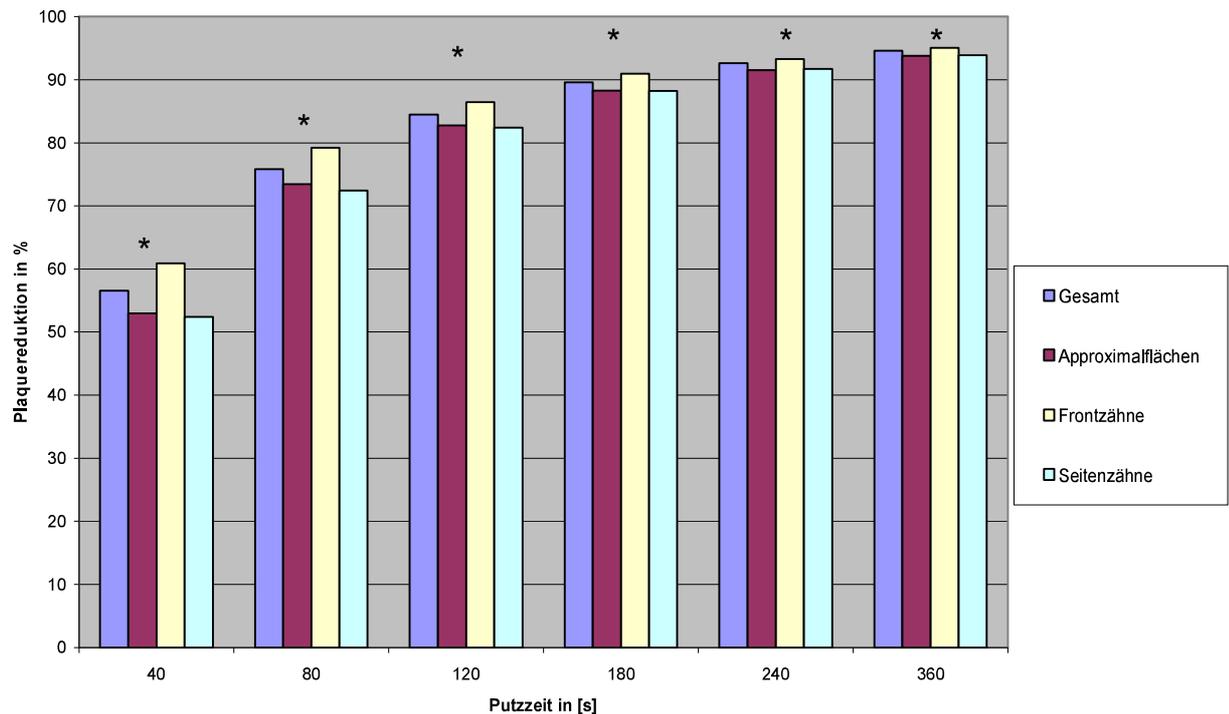


Abb. 6 zeigt die Reinigungseffektivität der kurzen Bürste differenziert für die verschiedenen Bereiche

\* signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Bereichen (t-Test,  $p < 0.01$ )

Sonicare lang - Plaquereduktion für verschiedene Bereiche



**Abb. 7 zeigt die Reinigungseffektivität der langen Bürste differenziert für die verschiedenen Bereiche**

**\* signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Bereichen (t-Test,  $p < 0.01$ )**

Zu allen Zeitpunkten konnte an den vestibulären und palatinalen bzw. lingualen Flächen die höchste, in den approximalen Bereichen und im Seitenzahnbereich eine verminderte Effektivität erzielt werden.

Es konnten zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede zwischen der Plaqueentfernung der Kurzkopf- und der Langkopf-Bürste festgestellt werden. Eine geringe Abweichung zeigte sich zum Zeitpunkt 240 s. Hier erzielte die kurze Bürste im frontalen Approximalbereich und frontalen Gesamtbereich geringfügig bessere Ergebnisse als die lange Bürste, die jedoch statistisch nicht signifikant waren (t-Test,  $p = 0,37$ ).

In der Studie konnten keine unerwünschten Vorkommnisse beobachtet werden. Die beiden Bürsten waren im Gebrauch und Handling sicher und der intraorale Weichteilbefund ergab zu keinem Zeitpunkt Anzeichen von gingivalen Verletzungen oder Abschürfungen. Die Probanden berichteten lediglich von der starken Vibration, die in einzelnen Fällen als unangenehm empfunden wurde, aber wohl eher einer fehlenden Gewöhnung zuzuordnen ist.

## 7 Diskussion

### 7.1. Studiendesign

#### **Cross-over-Design**

Die vorliegende Studie wurde nach dem Cross-over-Design durchgeführt. Bereits in vielen anderen Zahnbürsten-Studien wurde dieses Design verwendet (6, 10, 15, 51, 65, 77, 88). Das Cross-over-Design wird bei Kurzzeitstudien dem Parallel-Design gegenüber bevorzugt, weil eine geringere Anzahl an Probanden benötigt wird und bei jedem Probanden beide Zahnbürsten getestet werden. Um eine Studie im Parallel-Design durchführen zu können, wäre eine vier- bis zehnmal größere Anzahl an Probanden nötig gewesen (24). Auch bei dieser Studie handelt es sich um eine relativ geringe Anzahl von 90 Probanden und um einen kurzzeitigen Untersuchungszeitraum von 2,5 Wochen pro Proband.

#### **Studiendauer**

In den meisten Zahnputzstudien belief sich die Studiendauer auf 30 bis 90 Tage. Die Studiendauer kann je nach Zielsetzung der Studie jedoch variieren. Bei der Testung der zeitabhängigen Putzeffektivität, wie sie in dieser Studie erfolgte, konnte eine kurze Studiendauer gewählt werden (2, 66).

Das vorliegende Studiendesign zeigte sich als besonders vorteilhaft, da die Probanden in relativ kurzer Zeit kontrolliert geputzt und untersucht werden konnte. Zudem konnte, dadurch dass die Probanden ihre Zähne nicht selbst geputzt haben, eine Beeinflussung des Putzergebnisses durch die Händigkeit der Probanden vermieden und somit eine gleichmäßige Reinigung aller Bereiche erzielt werden.

Es sollte jedoch auch erwähnt werden, dass aufgrund der kurzen Studienzeit keine Langzeitergebnisse ermittelt werden konnten. Zudem konnte das individuelle Putzverhalten der Probanden nicht wiedergespiegelt werden, so dass die Übertragbarkeit dieser Studie auf die Realität eingeschränkt bleibt.

### **Anzahl und Auswahl der Probanden**

Um eine aussagekräftige Statistik zu erlangen, sollte eine möglichst große Anzahl an Probanden gewählt werden. In anderen Zahnbürsten-Studien differiert die Probandenzahl zwischen 24 (31) und 113 (13). In dieser Studie wurde bereits in der Studienplanung eine Probandenanzahl von 90 gewählt, die statistisch aussagekräftige Ergebnisse erwarten ließ. In zahlreichen Zahnbürsten-Studien wurden Zahnmedizinstudenten oder zahnärztliches Personal als Probanden ausgewählt (75, 79). Dieser Personenkreis verfügt jedoch oft über eine gute Mundhygiene und ein gewisses Fachwissen, was die Effektivitätsergebnisse der Zahnbürsten beeinflussen könnte. Um zudem eine möglichst homogene Gruppe hinsichtlich des Bildungsstandards zu gewinnen, kamen für diese Studie ausschließlich nicht zahnmedizinisch vorgebildete Studenten anderer Fakultäten im Alter zwischen 18 und 35 Jahren zur Auswahl. Hinsichtlich des Geschlechts ergab sich eine willkürliche Verteilung mit 50 männlichen und 40 weiblichen Probanden. Durch die Befragung mittels Anamnesebogen und klinischem Befund konnte gewährleistet werden, dass nur Probanden mit einem guten allgemeinen Gesundheitszustand an der Studie teilnahmen. Somit konnten Probanden mit allgemeinärztlicher Medikation, Allgemeinerkrankungen, Parodontalerkrankungen oder kieferorthopädischen Apparaturen und mit einer Bezahnung von weniger als 24 Zähnen (20) bereits im Voraus von der Studie ausgeschlossen werden, um beeinflussende Faktoren auszuschließen und die Ergebnisse in keinster Weise zu beeinflussen.

In einigen Studien wurde zur Standardisierung des Mundhygieniveaus vor der Untersuchung eine professionelle Zahnreinigung vorgenommen (70, 77, 91). In der vorliegenden Studie wurde genauso verfahren, damit alle Probanden frei von Zahnstein waren und nur die in 48 Stunden gebildete Plaque und deren Entfernung beurteilt werden konnte.

## 7.2. Material und Methodik

### Plaqueakkumulation

In der vorliegenden Studie mussten die Probanden 48 Stunden vor dem zweiten Termin auf jede Form von Mundhygiene verzichten, um eine ausreichende Plaqueakkumulation zu erzielen. Auch Sharma et al. (68), van der Weijden et al. (77) und Dörfer et al. (20) untersagten in ihren Studien den Probanden 48 Stunden lang die Mundhygiene. Andere Studien nahmen lediglich eine Plaqueakkumulation von 24 Stunden vor (15, 53, 54). Die ADA hingegen empfiehlt eine Mundhygienekarenz von wenigstens 12 bis 16 Stunden (ADA 1998). Der in dieser Studie verwendete Zeitraum von 48 Stunden ergab einen Ausgangswert des QHI 2,51 und 2,65, was sich für die Beurteilung der Plaqueentfernung als ausreichend erwies.

Zu jedem Zeitpunkt war die angefärbte Plaque für den putzenden Behandler sichtbar. Dadurch könnte eine Manipulation des Putzergebnisses erzielt worden sein, weil der Behandler besonders in stark angefärbten Bereichen geputzt haben könnte.

Aufgrund der feinen Abstufung des QHI gab es Bedenken hinsichtlich der Reproduzierbarkeit der Plaquebewertungen. Aus diesem Grund wurde der Untersucher vor Beginn der Studie auf reproduzierbare Ergebnisse geschult und geprüft.

### Zahnpasta

Das Zähneputzen erfolgte in dieser Studie lediglich mit Wasser ohne Verwendung einer Zahnpasta. Zahnpasten unterstützen mit ihren Abrasivstoffen die mechanische Plaqueentfernung durch Zahnbürsten und sind somit ein effektives Hilfsmittel zur Karies- und Gingivitisprophylaxe. Die Plaqueentfernung erfolgt im häuslichen Gebrauch mit Zahnpasta wahrscheinlich noch effektiver als in der vorliegenden Studie. Zudem enthalten Zahnpasten zu 0,1 – 0,15 % (1500 pm) kariostatisch wirksame Fluoride in Form von Zinnfluorid, Natriumfluorid und Aminfluorid (36). Zahlreiche Studien belegen die Wirkungsweise der Fluoride auf den

bakteriellen Stoffwechsel. So verändern sie die Säuretoleranz vieler grampositiver Bakterien und hemmen die Aktivität einiger Enzyme (34). Da auch diese Komponente in der Studie nicht berücksichtigt wird, können keine direkten Schlüsse auf die effektive Kariesprävention der Sonicare gezogen werden.

### **Putzzeit**

Auch wenn in dieser Studie nach 6 min Putzzeit eine Plaqueentfernung von 95 % erreicht werden konnte, sollte man mit allgemeinen Putzempfehlungen über dieses Zeitintervall zurückhaltend sein. In der Literatur wird gehäuft über gingivale Läsionen nach dem Zähneputzen hingewiesen (16, 81). Dahingegen konnten in anderen Zahnbürsten-Studien keine Schäden an Hart- und Weichgewebe festgestellt werden (10, 13, 25). Es besteht jedoch bei falscher Putztechnik, wie den horizontalen Bürstbewegungen, einem erhöhten Anpressdruck und einer verlängerten Putzzeit die Gefahr Abrasionen bzw. zervikale Defekte zu verursachen (9). Zudem beschäftigen sich zahlreiche Untersuchungen mit dem Einfluss der Zahnpasta auf den Zahnhartsubstanzverlust. Die Hauptursache für den Substanzverlust beim Zähneputzen scheint in der Abrasivität der verwendeten Zahnpasta zu stecken (30, 52), da es beim Zähneputzen mit Wasser, wie es in der vorliegenden Studie erfolgte, zu fast keinem Abtrag kam (38).

### **7.3. Diskussion der Ergebnisse**

Das Ziel dieser Studie war es den Einfluss der Zeit auf die Effektivität der Plaquereduktion der beiden Bürstaufsätze der Sonicare elite 9800 zu ermitteln. Das Design der Studie bestand darin, dass die Probanden nach einer professionellen Zahnreinigung zu 48-stündiger Mundhygienekarenz aufgefordert wurden, nach deren Ablauf ihnen mit den beiden verschiedenen Aufsätzen die Zähne geputzt wurden. Somit konnten beeinflussende Faktoren wie Händigkeit, Putztechnik, Motivation und Geschicklichkeit eliminiert werden. Hierbei ergab die Auswertung bei beiden Bürsten einen großen Einfluss der Zeit auf die Plaqueentfernung. Die Gestaltung der

Sonicare-Bürstenköpfe (Kurz-, Langkopf) und deren unterschiedliche Größe ergaben zu keinem Zeitpunkt Anzeichen auf Effektivitätsunterschiede in der Plaqueentfernung.

Die Literaturrecherche über Studien, die die Putzeffektivität verschiedener Zahnbürsten untersuchten, ergab folgende Erkenntnisse. In vielen Zahnputz-Studien wird eine Putzzeit von 60 s mit Beaufsichtigung bzw. 120 s ohne Beaufsichtigung gewählt (66). Dieser Zeitraum ist auch für das Mundhygieneverhalten der Bevölkerung repräsentativ (75). Die durchschnittliche Putzzeit beim Zähneputzen wird in verschiedenen Studien mit zwischen weniger als 56 s (39, 63, 64) und weniger als 70 s angegeben (45). Eine andere Studie kam zu einer durchschnittlichen Putzzeit von 90 s (5). Dies führte dazu, dass van der Weijden et al. die Putzzeit auf zwei Minuten standardisierten, was zudem auch von der „American Dental Association“ (ADA) empfohlen wurde.

Die durchschnittliche Putzzeit der Bevölkerung von ca. 50 bis 70 s entspricht in der vorliegenden Studie einer Putzzeit von 10 bis 20 s pro Quadrant. Bereits zu diesem Zeitpunkt (80 s) konnte die Sonicare eine sehr effiziente Plaqueentfernung von 75 % erzielen. Nach weiteren 10 s Putzen, was dann den empfohlenen 2 min entspricht, konnte die Plaqueentfernung auf 84 % gesteigert werden. Zu diesem Zeitpunkt war jedoch besonders die approximale Plaqueentfernung noch nicht zufriedenstellend. Daher kann nicht immer eine Putzzeit von 2 min als ausreichend empfohlen werden, da besonders schwer zugängliche Bereiche einer längeren Putzzeit bedürfen. In einer weiteren Studie von van der Weijden (79) konnte gezeigt werden, dass eine Erhöhung der Putzzeit auf 10 min zu einer mit einer professionellen Zahnreinigung vergleichbaren Plaqueentfernung führt. In der vorliegenden Studie konnte nach maximaler Putzzeit von 6 min zumindest eine Plaqueentfernung von 95 % erzielt werden, was die Empfehlung einer verlängerten Putzzeit (mehr als 2 min) bekräftigt. Bei beiden Bürstenaufsätzen nahm die prozentuale Plaqueentfernung mit der Zeit zu, wobei der größte Effekt nach 30 s mit einer Plaqueentfernung von 60 – 85 % zu verzeichnen war. Die zeitabhängige Effektivität verringerte sich hingegen

mit der Zeit, da nach weiteren 30 s nur noch die Hälfte der Plaque zur Entfernung zur Verfügung stand. Bemerkenswert ist, dass es zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede hinsichtlich der Putzeffektivität zwischen den beiden Putzaufsätzen gab. Obwohl der kurze Bürstenaufsatz in der Größe nur 2/3 des langen Aufsatzes ausmacht, konnte die primäre Hypothese, dass die Effektivität mit der Bürstengröße korreliert, nicht bestätigt werden. Bis zu den ersten 20 s konnten zwar geringfügige Unterschiede bemerkt werden, die sich danach jedoch relativierten, so dass dann keine Differenzen mehr hinsichtlich der zeitabhängigen Effektivität der Plaqueentfernung bemerkt werden konnten.

Die Ergebnisse ergaben, dass die approximalen Bereiche im Vergleich zu den vestibulären und oralen Bereichen nicht so effektiv gereinigt werden konnten. Zu dieser Erkenntnis kamen bereits Gjeramo & Flötra (28) und van der Weijden (75), die beschlossen, dass die Zahnbürste allein nicht zur adäquaten Reinigung der Approximalbereiche geeignet ist. Zur Reinigung der Interdentalräume scheinen spezielle Hilfsmittel wie z. B. Zahnseide unumgänglich. Studien konnten zeigen, dass der Gebrauch der Zahnseide neben der konventionellen Reinigung mit der Zahnbürste eine zusätzliche Plaqueentfernung von 38 % ermöglicht (72), und approximale Blutung und somit das Gingivitisrisiko auf 50 % reduziert werden konnte (29). Dennoch finden Hilfsmittel zur interdentalen Reinigung, trotz ihrer bewiesenen Effektivität, bislang noch nicht die erforderliche Akzeptanz und einen festen Bestandteil in der täglichen Mundhygiene der Bevölkerung (90). Erhebungen aus dem Jahr 1997 zeigen, dass in diesem Bereich noch viel Aufklärungs- und Motivationsarbeit zu leisten ist, da nur 8,4 % der Jugendlichen, 25,1 % der Erwachsenen und 5,5 % der Senioren Zahnseide verwenden (47). Gründe hierfür könnten der größere Zeitaufwand und die Anforderungen an die Geschicklichkeit sein, die viele Leute als hinderlich ansehen.

## 8 Schlussfolgerung

Aus den Ergebnissen der vorliegenden klinischen Untersuchung lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass beide Aufsätze der Sonicare elite 9800 von Philips gleichermaßen gut zur Plaqueentfernung geeignet sind.

Bereits nach 45 s Putzen pro Quadrant konnten 90 % der Plaque entfernt werden. Nach der maximalen Putzzeit von 6 min konnte dieser Effekt auf ein Gesamtputzergebnis von 95 % gesteigert werden. In der Literatur wird häufig eine Putzzeit von 2 min für die tägliche Mundhygiene empfohlen. Für dieses Zeitintervall ergab sich nur eine 84%ige Plaqueentfernung mit Defiziten der Plaqueentfernung besonders im approximalen Bereich. Daher sollte eine Putzzeit von mehr als 2 min empfohlen werden, um auch schwer zugängliche Bereiche adäquat reinigen zu können. Zu allen Zeitpunkten zeigte sich an den vestibulären und oralen Flächen die höchste und in den approximalen und Seitenzahnbereichen eine verminderte Effektivität. Hierbei ergaben sich zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede hinsichtlich der Effektivität zwischen den beiden Zahnbürsten.

In Anbetracht der Tatsache, dass dennoch nur 95 % der Plaque entfernt werden konnten und die restlichen 5 % hauptsächlich approximal zu finden sind, sollte bei der täglichen Mundhygiene eine Mindestputzzeit von mindestens 3 min eingehalten werden, um auch schwer zugängliche Approximalräume adäquat reinigen zu können. Trotz relativ guter Reinigungsergebnisse bisheriger elektrischer Zahnbürsten sollten Forschung und Hersteller von Zahnbürsten das Ziel verfolgen, Zahnbürsten so weiterzuentwickeln, dass insbesondere in den schwer zugänglichen Bereichen wie den Approximalräumen noch bessere Reinigungsergebnisse erzielt werden können.

Grundlegend für eine gewissenhafte Zahnreinigung bleiben die Regelmäßigkeit, die Sorgfalt, eine systematische Reinigung und eine ausreichende Putzzeit.

## 9 Literaturverzeichnis

1. Ainamo J, Xie Q, Ainamo A & Kallio P. (1997): Assessment of the effect of an oscillating / rotating electric toothbrush on oral health. A 12-month longitudinal study. J Clin Periodontol 24, 28-33.
2. American Dental Association (1998): Acceptance Program Guidelines: Toothbrushes. Council on Scientific Affairs.
3. Axelsson P, und Lindhe J, (1978): Effect of controlled oral hygiene procedures on caries and periodontal disease in adults. J Clin Periodontol 5, 133-151.
4. Axelsson P, Lindhe J, Nystrom B. (1991): On the prevention of caries and periodontal disease. Results of a 15 year longitudinal study. J Clin Periodontol 18, 182-189.
5. Ayer WA (1965): Oral hygiene practices of dental students. N.Y. State Dent J 31, 106-112.
6. Bader HI, Boyd RL (1999): Comparative efficacy of a rotary and a sonic powered toothbrush on improving gingival health in treated adult periodontitis patients. Am J Dent 12, 143-147.
7. Barnes CM, Weatherford, TW 3<sup>rd</sup>, Menaker L (1993): A comparison of the Braun Oral-B Plaque Remover (D5) electric and a manual toothbrush in affecting gingivitis. J Clin Dent 4, 48-51.
8. Bartizak RD, Biesbrock AR (2002): Dental plaque removal efficacy of a battery-powered toothbrush vs. a control Japanese manual toothbrush. Am J Dent 15, 33-36.

9. Bergström J, Lavstedt S (1979): An epidemiologic approach to toothbrushing and dental abrasion. *Community Dent Oral Epidemiol* 7: 57-64.
10. Biesbrock AR, Walters P, Bartizek RD, Ruhlman D, Donly KJ (2002): Dental plaque removal with a novel battery-powered toothbrush. *Am J Dent* 15, 77-80.
11. Blanco VL, Cobb CM, Williams KB, Manch-Citron JN (1997) : In vitro effect of the Sensonic toothbrush on *Treponema denticola*. *J Clin Periodontol* 24, 318-323.
12. Christensen LB, Petersen PE, Krustrup U, Kjoller M (2003): Self-reported oral hygiene practices among adults in Denmark. *Com Dent Health* 20, 229-235.
13. Conforti NJ, Chaves ES, Liebman J, Bowman JP, Warren PR, Cugini M (2001): A comparative 3-month clinical investigation of the safety and efficacy of a battery-operated and a rechargeable oscillating-rotating power toothbrush. *Am J Dent* 14, 59-62.
14. Cronin M, Dembling W, Warren PR, King DW (1998): A 3-month clinical investigation comparing the safety and efficacy of a novel electric toothbrush (Braun Oral-B 3D Plaque Removal) with a manual toothbrush. *Am J Dent* 11, 17-21.
15. Cronin MJ, Dembling W, King DW, Goodman D, Cugini M, Warren PR (2002): A clinical study of plaque removal with an advanced rechargeable power toothbrush and a battery-operated device. *Am J Dent* 15, 365-368.

16. Danser MM, Timmerman MF, Ijzerman Y, van der Velden U, Warren PR, van der Weijden F (1998): A comparison of electric toothbrushes in their potential to cause gingival abrasion or oral soft tissues. *Am J Dent* 11, 35– 39.
17. Davies, RM (2006): Manual versus powered toothbrush: What is the evidence? *Dent Update* 33, 159-162.
18. Deshmukh J, Vandana KL, Chandrashekar KT, Savitha B (2006): Clinical evaluation of an ionic toothbrush on oral hygiene status, gingival status, and microbial parameter. *Ind J Dent Res* 17, 74-77.
19. DIN-Norm 13917 (1988): Deutsche Norm Zahnheilkunde, Zahnbürsten, Begriffe, Maße, Anforderungen, November.
20. Dörfer CE, Berbig B, von Bethlenfalvy ER, Staehle HJ, Pioch T (2001): A clinical study to compare the efficacy of 2 electric toothbrushes in plaque removal. *J Clin Periodontol* 28, 987-994.
21. Dörfer CE, von Bethlenfalvy ER, Kugel B, Pioch T (2003): Cleaning efficacy of a manual toothbrush with tapered filaments. *Oral Health Prev Dent* 1, 111-118.
22. Fischman ST (1997): The history of oral hygiene products: how far have we come in 6000 years? *Periodontol* 2000 15, 7-14.
23. Gängler P, Hoffmann T, Willersname B, Schwener N, Ehrenfeld M (2005): Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde, Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie, Georg Thieme Verlag KG.
24. Garcia R, Benet M, Arnau C, Cobo E (2004): Efficiency of the cross-over design: an empirical estimation. *Stat Med* 23, 3773-3780.

25. Garcia-Godoy F, Marcusshamer M, Cugini M, Warren PR (2001): The safety and efficacy of a children´s powered toothbrush and a manual toothbrush in 6 - 11 year-olds. *Am J Dent* 14, 195-199.
26. Gheewalla E, Perry R & Kugel G. (2002): Effects of three electric toothbrushes on orthodontic bracket retention. *J Clin Orthod* 36, 85-87.
27. Gibson JA, Wade AB (1977): Plaque removal by the Bass and Roll brushing techniques. *J Periodontol* 48, 456-459.
28. Gjermo P & Flötra L (1970): The effect of different methods of interdental cleaning. *J Periodontal Res* 5, 230-236.
29. Graves RC, Disney JA, Stamm J W (1989): Comparative effectiveness of flossing and brushing in reducing interproximal bleeding. *J Periodontol* 60, 243-247.
30. Gross D, Lindner S, Mayer R (1996): Der Einfluss von Zahnputztechniken und Zahnpasten auf die Entstehung von Zahnhalsdefekten. *ZWR* 105, 108-111.
31. Grossman E, Cronin M, Dembling W, Proskin H (1996): A comparative clinical study of extrinsic tooth stain removal with two electric toothbrushes (Braun D7 and D9) and a manual brush. *Am J Dent* 9, 26-29.
32. Gülzow HJ, Busse G. (1970): Klinisch-experimentelle Untersuchungen über die Wirksamkeit verschiedener Zahnputzmethoden und Zahnputzmittel. *Dtsch Zahnärztl Z* 25, 1126-1134.
33. Haffajee AD, Thompson M, Torresyap G, Guerrero D & Socransky SS (2001b): Efficacy of manual and powered toothbrushes (I). Effect on clinical parameters. *J Clin Periodontol* 28, 937-946.

34. Hamilton I, Bowden G (1988): Effect of fluoride on oral microorganisms. In: Ekstrand J, Fejerskov O, Silverstone L: Fluoride in Dentistry, Munksgaard, Kopenhagen.
35. Heins P, Bartizek RD, Walters PA, Biesbrock AR (2002): Plaque removal efficacy of a battery-operated power toothbrush compared to two control manual toothbrushes in single use studies. *Am J Dent* 15, 28-32.
36. Hellwig E, Klimek J, Attin Th (2003): Einführung in die Zahnerhaltung. Urban & Fischer, 3. Auflage.
37. Hope CK, Wilson M (2003): Effects of dynamic fluid activity from an electric toothbrush on in vitro oral biofilms. *J Clin Periodontol* 30, 624-629.
38. Hotz PR (1983): Untersuchung zur Abrasivität von Zahnpasten. *Schweiz Monatsschr Zahnheilk* 93, 93-99.
39. Kleber CJ, Putt MS & Muhler JC (1981): Duration and pattern of toothbrushing in children using a gel or paste dentifrice. *J Am Dent Assoc* 103, 723-726.
40. König KG (1987): Karies und Parodontopathien, Ätiologie und Prophylaxe. Thieme Verlag, Stuttgart.
41. König KG, und Navia JM (1995): Nutritional role of sugar in oral health. *Am J Clin Nutr.* 62, 275-282.
42. Kugel G, Boghosian AA (2002): Effects of the sonicare toothbrush for specific indications. *Compend Contin Educ Dent* 23, 11-14.

43. Lang NP, Cumming BR, Loe H (1973): Toothbrushing frequency as it relates to plaque development and gingival health. *J Periodontol* 44, 396-405.
44. Loe H, Theilade E und Jensen S (1965): Experimental gingivitis in man. *J Periodontol* 36, 177-187.
45. MacGregor ID & Rugg-Gunn AJ. (1985): Toothbrushing duration in 60 uninstructed young adults. *Community Dent Oral Epidemiol* 13, 121-122.
46. Mc Cracken GI, Preshaw PM, Heasman L, Stacey F, Steen N, Heasman PA (2004): Efficacy of plaque removal of the Sonicare elite versus the Sonicare Advance from hard-to-reach sites. *J Clin Periodontol* 31, 1007-1011.
47. Micheelis W und Reich E (1999): Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS III), Ergebnisse, Trends und Problemanalysen auf der Grundlage bevölkerungsrepräsentativer Stichproben in Deutschland 1997. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln.
48. Micheelis W, Schiffner U (2005): Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV) Neue Ergebnisse zu oralen Morbiditätsstrukturen, Risikogruppen und zum zahnärztlichen Versorgungsgrad in Deutschland 2005. IDZ Materialienreihe Band 31.
49. Moreira CH, Luz PB, Villarinho EA, Petri LC, Weidlich P, Rösing CK (2007): A clinical trial testing the efficacy of an ionic toothbrush for reducing plaque and gingivitis. *J Clin Dent* 18, 123-125.
50. Moritis K, Delaurenti M, Johnson MR, Berg J, Boghosian AA (2002): Comparison of the Sonicare elite and a manual toothbrush in the evaluation of plaque reduction. *Am J Dent* 15, 23-25.

51. Moschèn I, Furtlehner H, Kulmer S, Hörl R, Falk M, Kemmler G (1999): Klinischer Vergleich einer Handzahnbürste und dreier elektrischer Zahnbürsten mit verschiedenen mechanischen Bewegungsmustern. Dtsch Zahnärztl Z 54, 372-379.
52. Nanninga C, Janisch G, Veith B, Nell A, Havlik E, Sperr W (1993): Abrasivität von Zahnpasten. Phillip Journal 10, 279-284.
53. Nathoo S, Proskin HM, Graham J, Chaknis P, Petrone ME, Rustogi KN, DeVizio W, Volpe AR (2003): Comparative efficacy of two battery-powered toothbrushes on overnight plaque removal: a single-use clinical study in New Jersey. J Clin Dent 14, 38-41.
54. Ojima M, Shizukuishi S, Matsuo T, Kanesaki N, Hanioka T (2003): Comparative clinical study in plaque removal efficacy of a new sonic toothbrush (Float-Brush) with floating bristle action. J Clin Dent 14, 42-44.
55. Paulander J, Axelsson P, Lindhe J (2003): association between level of education and oral health status in 35-, 50-, 65- and 75- year-olds. J Clin Periodontol 30, 697-704.
56. Penick C (2004): Power toothbrushes: a critical review. Int J Dent Hygiene 2, 40- 44.
57. Poyato-Ferrera M, Segura-Egea JJ, Bullón-Fernández P (2003): Coparison of modified Bass technique with normal toothbrushing practice for efficacy in supragingival plaque removal. Int J Dent Hygiene 1, 110-114.
58. Pucher JJ, Lamendola-Sitenga K, Ferguson D, Van Swoll R (1999): The effectiveness of an ionic toothbrush in the removal of dental plaque and reduction on gingivitis in orthodontic patients. J West Soc Periodontol Periodontal 47, 101-107.

59. Quigley GA und Hein JW (1962): Comparative cleansing efficiency of manual and power brushing. JADA 65, 26-29.
60. Renggli HH, Mühlemann HR, Rateitschek KH (1984): Parodontologie. Thieme Verlag (3.Auflage).
61. Riethe R (1974): Die Quintessenz der Mundhygiene. Band 10, quintessenz pockets.
62. Robinson P, Deacon SA, Deery C, Heanue M, Walmsley AD, Worthington HV, Glenny AM, Shaw BC. Manual versus powered toothbrushing for oral health. Cochrane Database of Systematic Reviews 2005, Issue 2.
63. Rugg-Gunn AJ & Macgregor ID (1978): A survey of toothbrushing behaviour in children and young adults. J Periodontal Res 13, 382-389.
64. Rugg-Gunn AJ, Macgregor ID, Edgar WM & Ferguson MW (1979): Toothbrushing behaviour in relation to plaque and gingivitis in adolescent schoolchildren. J Periodontal Res 14, 231-238.
65. Ruhlmann CD, Bartizek RD, Biesbrock AR (2001): Plaque removal efficacy of a battery-operated toothbrush compared to a manual toothbrush., Am J Dent 14, 191-194.
66. Saxer UP, Yankell SL (1997a): Impact of improved toothbrushes on dental diseases I. Quintessence Int 28, 513-525.
67. Saxer UP, Yankell SL (1997b): Impact of improved toothbrushes on dental diseases II. Quintessence Int 28, 573-593.

68. Sharma NC, Galustians J, Qaqish H, Cugini MA (1998): A comparison of two electric toothbrushes with respect to plaque removal and subject preference. *Am J Dent* 11, 29-33.
69. Sharma NC, Galustians HJ, Qaqish J, Cugini M (2001): Safety and plaque removal efficacy of a battery-operated power toothbrush and a manual toothbrush. *Am J Dent* 14 , 9-12.
70. Sharma NC, Galustians HJ, Qaqish J, Cugini M und Warren PR (2002): The effect of two power toothbrushes on calculus and stain formation. *Am J Dent* 15, 71-76.
71. Singh S, Rustogi KN, Chaknis P, Petrone ME, De Vizio W, Proskin HM (2005): Comparative efficacy of a new battery-powered toothbrush and a commercially manual toothbrush on the removal of established supragingival plaque: a single-use crossover study in adults. *J Clin Dent* 16, 57-61.
72. Sjögren K, Lundberg A-B, Birkhed D, Dudgeon DJ und Johnson MR (2004): Interproximal plaque mass and fluoride retention after brushing and flossing- a comparative study of powered toothbrushing, manual toothbrushing and flossing. *Oral Health Prev Dent* 2, 119-124.
73. Timmermann MF, van der Weijden GA, Piscaer M, Ijzerman Y, van der Velden U (2001): Braun D17 versus Philips HX 2550: an experimental gingivitis study. *J Dent Res* 80, 119.
74. Turesky S, Gilmore ND und Glickman I (1970): Reduced plaque formation by the chloromethyl analogue of vitamine C. *J Periodontol* 41, 41-43.

75. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Nijboer A, Lie MA & van d., V (1993): A comparative study of electric toothbrushes for the effectiveness of plaque removal in relation to toothbrushing duration. *J Clin Periodontol.* 20, 476-481.
76. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Reijerse E, Danser MM, Mantel MS, Nijboer A und Van der Velden, U (1994a): The long term effect of an oscillating/rotating toothbrush on gingivitis. An 8 month clinical study. *J Clin Periodontol* 21, 139-145.
77. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Reijerse E, Snoek CM & van d., V (1995): Comparison of 2 electric toothbrushes in plaque-removing ability. Professional and supervised brushing. *J Clin Periodontol* 22, 648-652.
78. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Reijerse E, Snoek CM & van, d., V (1996): Comparison of an oscillating/rotating electric toothbrush and a 'sonic' toothbrush in plaque-removing ability. A professional toothbrushing and supervised brushing study. *J Clin Periodontol* 23, 407-411.
79. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Piscaer M, Ijzermann Y, Warren P und Van der Velden U (1998): A comparison of the efficacy of a novel electric toothbrush and a manual toothbrush in the treatment of gingivitis. *Am J Dent* 11, 23-28.
80. Van der Weijden GA, Timmermann MF, Piscaer M, Ijzerman Y, van der Velden U (2001): Oscillating/rotating electric toothbrush compared: Plaque removal and gingival abrasion. *J Clin Dent* 28, 536-543.
81. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Versteeg PA, Piscaer M, van der Velden U (2004): High and low brushing force in relation to efficacy and gingival abrasion. *J Clin Periodontol* 31, 620-624.

82. Waerhaug J (1981): Effect of toothbrushing on subgingival plaque formation. *J Periodontol* 52, 30-34.
83. Walmsley AD (1997): The electric toothbrush: a review. *Br Dent J* 182, 209-218.
84. Warren PR, Chater B (1996): The role of the electric toothbrush in the control of plaque and gingivitis: a review of 5 years clinical experience with the Braun Oral-B Plaque Remover (D7). *Am J Dent* 9, 5-11.
85. Warren PR, Cugini MA, Marks P, King DW. (2001): Safety, efficacy and acceptability of a new power toothbrush: a 3-month comparative clinical investigation. *Am J Dent* 14, 3-7.
86. Warren PR, Cugini MA, Chater BV, Strate J (2004): A review of the clinical efficacy of the Oral-B oscillating/rotating power toothbrush and the Philips Sonicare toothbrush in normal subject populations. *Int Dent J* 54, 429-437.
87. Warren PR (2005): Development of an oscillating/rotating/pulsating toothbrush: The Oral-B ProfessionalCare Series. *J Dent* 33, 1-9.
88. Williams K, Haun J, Dockter K, Ferrante A, Bartizek RD & Biesbrock AR (2003): Plaque removal efficacy of a prototype power toothbrush compared to a positive control manual toothbrush. *Am J Dent* 16, 223-227.
89. Williams K, Ferrante A, Dockter K, Haun J, Biesbrock AR, Bartizek RD (2004): One- and 3-minute plaque removal by a battery-powered versus a manual toothbrush. *J Periodontol* 75, 1107-1113.
90. Wilson TG (1998): How patient compliance to suggested oral hygiene and maintenance affect periodontal therapy. *Dent Clin North Am* 42, 389-403.

91. Zimmer S, Strauss J, Bizhang M, Krage T, Raab WH-M, Barthe C (2005): efficacy of the cybersonic in comparison with the Braun 3D Excel and a manual toothbrush. J Clin Peridontol 32, 360-363.

## 10 Danksagung

Zunächst möchte ich Herrn Prof. Dr. A. Petschelt danken, dass ich die Möglichkeit hatte in der Zahnklinik 1 für Zahnerhaltung und Parodontologie der Friedrich-Alexander Universität diese Studie durchführen zu können.

Mein weiterer besonderer Dank gilt Herrn Priv.-Doz. Dr. M. Pelka für die Überlassung dieses Dissertationsthemas, für seine Unterstützung und fachliche Betreuung, insbesondere für die Hilfe bei der statistischen Auswertung.

Der Firma Philips danke ich für die großzügige Bereitstellung der Testzahnbürsten.

Nicht zuletzt möchte ich den vielen Probanden danken, die sich freiwillig für diese Studie zur Verfügung gestellt hatten.

Auch meinen Kolleginnen ZÄ Anna Pelka und ZÄ Tonia Nagler möchte ich für die gemeinsame Durchführung der Studie meinen herzlichen Dank aussprechen.

Letztlich danke ich meinen Eltern, die mich während des Studiums stets unterstützt haben, meiner Schwester Hilke Hopp und ihrem Mann Stefan Knochenhauer, die mir durchweg während dieser Promotion hilfreich zur Seite standen und meinem Freund ZA Rüdiger Ablas, für seine Zuwendung und seinen Rückhalt in dieser Zeit.

## 11 Curriculum vitae

### Persönliches

- Imke Hopp
- geboren am 30. August 1984 in Erlangen
- Eltern: Horst Hopp, Verwaltungsjurist im Ruhestand  
Renate Hopp, Diplom-Sozialpädagogin im Ruhestand
- Zwei ältere Geschwister

### Schulische Ausbildung

- 1990 – 1994            Grundschule, Schwaig
- 1994 – 2003            Geschwister-Scholl-Gymnasium, Röthenbach a. d. Pegnitz, Abschluss: Allgemeine Hochschulreife

### Studium

- 2003 – 2008            Studium der Zahnmedizin an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
- 08/2004                Naturwissenschaftliche Vorprüfung
- 03/2006                Zahnmedizinische Vorprüfung
- 04/2007                Beginn der Promotionsarbeit in der Abteilung für Zahnerhaltung mit dem Thema: „Zeitabhängige Putzeffektivität unterschiedlich großer Putzaufsätze für die Sonicare Schallzahnbürste“
- 12/2008                Staatsexamen der Zahnmedizin an der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg und Approbation

### Praktische Tätigkeiten

- 11.08. – 29.08.2003    Praktikum im Dentallabor Giebe, Nürnberg
- 29.10. – 30.11.2008    Mundhygienestudie mit „Philips Oral Healthcare“, Zahn-, Mund- und Kieferklinik Erlangen

### Berufliche Tätigkeiten

- seit 04/2009            Assistenz Zahnärztin in der Zahnklinik 1 - Zahnerhaltung und Parodontologie in Erlangen