

Aus dem Universitätsklinikum Münster

Poliklinik für Zahnerhaltung

Direktor: Univ.-Prof. Dr. K. H. R. Ott

Vergleich zweier Verfahren zur Messung der Oberflächeneigenschaften nach Zahnpasta-Anwendung

INAUGURAL – DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae dentium

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

Donnermeyer, David Johannes

aus Münster

2015

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c. W. Schmitz

1.Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. K. H. R. Ott

2.Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. D. Dirksen

Tag der mündlichen Prüfung: 22.09.2015

**Aus dem Universitätsklinikum Münster
Poliklinik für Zahnerhaltung**

Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. dent. K. H. R. Ott

Referent: Univ.-Prof. Dr. med. dent. K. H. R. Ott

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. rer. nat. D. Dirksen

Zusammenfassung

Vergleich zweier Verfahren zur Messung der
Oberflächeneigenschaften nach Zahnpasta-Anwendung
David J. Donnermeyer

Die Wirkung von Zahn- und Prophylaxepasten auf die Zahnoberfläche wurde in der Zahnmedizin lange Zeit nur über die Relative Dentin-Abrasion (RDA) klassifiziert. Doch im Laufe der letzten Jahre sind die Kritik an diesem System und die Forderung nach anderen, besser geeigneten Kriterien lauter geworden. Zusätzlich zum Substanzverlust am Dentin, der in klinischen Situationen in vielen Bereichen von untergeordneter Wichtigkeit ist, wird die Untersuchung des Oberflächenprofils gefordert, das die Zahnpasta auf Schmelz oder Dentin hinterlässt. Diese Oberflächeneigenschaft ist für das Maß der Plaqueakkumulation von entscheidender Bedeutung und damit im Rahmen einer prophylaxeorientierten Zahnheilkunde eine nicht zu vernachlässigende Größe.

Die vorliegende Studie nimmt sich zum Ziel, die Eigenschaften von Zahnpasten auf eine künstliche Oberfläche zu untersuchen und Bezüge zwischen dem Glanz, der Rauheit und der Relativen Dentin-Abrasion darzustellen. In Analogie zu Versuchen alio loco wurde zu diesem Zweck eine Maschine zur Simulation von Bürstbewegungen entwickelt; nach zahlreichen Vorversuchen wurden die eigentlichen Experimente durchgeführt: Acrylgaskörper mit verschiedenen Oberflächenrauheiten wurden maschinell mit definierten Bewegungsabläufen und Auflagedruck sowie zeitlichen Rahmen mit handelsüblichen Zahnpasten und einer Zahnbürste als Träger bearbeitet.

Die Untersuchungen zum Glanz wurden an Acrylgaskörpern durchgeführt, deren Oberflächen unterschiedlich aufgeraut worden waren. Es ergaben sich nach der Bearbeitung mit verschiedenen Zahnpasten nahezu gleichartige Glanzwerte. Nur die Pasten Parodontax und Pearls & Dents fielen aus diesem Muster heraus. Ihr abrasives Potential war für ein eigenes charakteristisches Oberflächenprofil offenbar zu gering. In der Untersuchung mit dem Ziel, möglichst stark ausgeprägte Profile auf ursprünglich glatten Acrylgaskörpern zu erzeugen, hinterließen diese Zahnpasten besonders glatte respektive glänzende Oberflächen.

Ein Zusammenhang zwischen den ermittelten Glanz- und Rauheitswerten zum RDA war nicht gegeben, die Korrelation zwischen dem Glanz und der Rauheit in einer Messreihe folgte den Vorhersagen des Modells von Torrance und Sparrow.

Tag der mündlichen Prüfung: 22.09.2015

Eidesstattliche Erklärung

Ich gebe hiermit die Erklärung ab, dass ich die Dissertation mit dem Titel

„Vergleich zweier Verfahren zur Messung der Oberflächeneigenschaften nach Zahn-
pasta-Anwendung“

in der

Poliklinik für Zahnerhaltung
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

unter Anleitung von

Univ.-Prof. Dr. K. H. R. Ott

selbstständig angefertigt,

nur unter Benutzung der im Literaturverzeichnis angegebenen
Quellen angefertigt und sonst kein anderes gedrucktes
oder ungedrucktes Material verwendet,

keine unerlaubte fremde Hilfe in Anspruch genommen,

sie weder in der gegenwärtigen noch in einer anderen Fassung
einer in- oder ausländischen Fakultät als Dissertation,
Semesterarbeit, Prüfungsarbeit oder zur Erlangung
eines akademischen Grades vorgelegt habe.

..... , den

(David Johannes Donnermeyer)

Für meine Eltern.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Problemstellung	1
2 Grundlagen.....	3
2.1 Zahnpasta	3
2.2 Zahnoberflächen	4
2.3 Relative Dentin-Abrasion (RDA)	5
2.4 Glanz.....	7
2.5 Profilometrie	19
2.6 Glanz und Rauheit	25
3 Eigene Untersuchungen	31
3.1 Materialien	31
3.2 Probenherstellung.....	36
3.3 Probenbearbeitungen	38
3.4 Vorversuche	39
4 Hauptuntersuchungen	45
4.1 Versuchsanordnungen	45
4.2 Messprotokolle	46
4.3 Statistische Auswertung.....	49
5 Ergebnisse	51
5.1 Messung des Glanzes	51
5.2 Messung der Rauheit	55
5.3 Zusammenhang zwischen Glanz und RDA	58
5.4 Zusammenhang zwischen Glanz und Rauheit in der Reihe R	62
5.5 Zusammenhang zwischen der RDA und der Rauheit in der Reihe R.....	63
5.6 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	64
6 Diskussion.....	66
6.1 Diskussion der Fehlermöglichkeiten	66
6.2 Diskussion der Ergebnisse	69
7 Zusammenfassung.....	72
8 Literaturverzeichnis.....	73
9 Verzeichnis der im Text verwendeten Abbildungen	78
10 Verzeichnis der im Text verwendeten Tabellen.....	80

11 Lebenslauf	81
12 Danksagung	83
13 Anhang	I
13.1 Herstellernachweis.....	I
13.2 Wertetabellen	VII

1 Einleitung und Problemstellung

Die Politur von Restaurationsmaterialien durch Zahnpasten und andere Abrasivmedien sowie deren abrasive und polierende Wirkung ist in der wissenschaftlichen Forschung vielfach untersucht worden [17, 43, 63, 65, 71]. Der Wissensstand zu Oberflächenveränderungen durch Zahnpasten auf natürlichem Zahnschmelz steht im Vergleich deutlich zurück. Zahnpasten werden in ihren diesbezüglichen Eigenschaften vorwiegend über die gemessene Abrasion charakterisiert. Die Abrasion von Zahnpasten wurde lange Zeit durch die – dosimetrisch bestimmte – relative **Dentin-Abrasion** [26] angegeben, denn die vorherrschende Meinung war, dass „... die Reinigungsleistung einer Zahnpasta (...) durch die Abrasivstoffe im Produkt bestimmt ...“ wird [39]. Vielen Zahnärzten diene und dient der RDA-Wert als einziges Kriterium zur Empfehlung einer Zahnpasta für eine jeweilige Zielgruppe.

Vielfach ist die alleinige quantitative Betrachtung durch die Interpretation von RDA-Werten zur Beurteilung einer Zahnpasta aber unzureichend [25]. Im Wissen um die multifaktorielle Ätiologie der Zahnhartsubstanzverluste muss man sich bewusst sein, dass das Abrasionspotential nicht das einzige Kriterium zur Empfehlung einer Zahnpasta darstellt [39]. Eine ideale Zahnpasta kombiniert nämlich die maximale Reinigungs- und Polierkraft mit minimalen Abrasions- und Aufrauungswerten [40]. Neben der Abrasion ist die Oberflächenrauheit ein wichtiges – qualitatives – Kriterium. Mit abnehmender Rauheit durch die Politur steigt der Glanz [40], und die Oberfläche wird für die Plaqueakkumulation somit verkleinert [65].

Kritisch einzuschätzen sind auch die starken Divergenzen bei RDA-Messungen verschiedener Laboratorien trotz der normierten Verfahrensanweisung ISO 11609 [39], sodass die angegebenen Werte nicht immer ohne Vorbehalt verglichen werden können [19]. Schon bei internen Vergleichen der Messungen desselben Labors konnten Variabilitäten von 15 - 20 % festgestellt werden [25]. Auch der große Aufwand bei der Arbeit mit radioaktiven Materialien in Isotopenlaboren mit entsprechendem Strahlenschutz begrenzt vielfach die Möglichkeit zur Reproduktion und Überprüfung von Messergebnissen.

Die folgende vorliegende Studie nimmt sich zum Ziel, das Abrasionsvermögen unterschiedlicher Zahnpasten mit den Wirkungen auf die Oberfläche zu vergleichen. Hierzu soll als Grundla-

genarbeit bewertet werden, ob die Messung der Rauheit und des Glanzes von mit Zahnpasta und Zahnbürste bearbeiteten Acrylglaskörpern Korrelationen zeigt und ob Zusammenhänge mit den Werten zur RDA gefunden werden können. Dazu werden die Grundlagen der Glanzmessung, der Profilometrie und der Messung der RDA dargestellt. Hinsichtlich der Parameter „Rauheit“ und „RDA“ zeigten sich bei Liljeborg et al. 2010 in einer ähnlichen Versuchsanordnung nur geringe Korrelationen [52]. Diese Ergebnisse bestätigten sich auch in einer weiteren Studie von Johannsen 2013 [44]. Im gleichen Jahr konnten Kunzelmann et al. keinen linearen Zusammenhang zwischen Glanz und Rauheit, in diesem Falle auf Komposit-Füllungs-Materialien, feststellen [65].

Abschließend wird in der vorliegenden Untersuchung anhand gängiger Modelle aus der Computergrafik bewertet, ob die Glanzmessung als einfache Variante der Rauheitsmessung den theoretischen Berechnungen folgt.

2 Grundlagen

2.1 Zahnpasta

Handelsübliche Zahnpasten unterliegen in Deutschland der Kosmetikverordnung. Dort sind die zugelassenen Bestandteile festgelegt [33]. Grundsätzlich setzt sich eine Zahnpasta aus demineralisiertem Wasser, Putzkörpern, Feuchthaltemitteln sowie speziellen Wirkstoffen zusammen.

Putzkörper nehmen in Zahnpasten einen ungefähren Anteil von 15 - 60 % [33, 34] ein. Häufig eingesetzte Putzkörper sind Aluminiumoxidtrihydrat, Kalziumkarbonat, unlösliches Natriumhexametaphosphat, Siliziumdioxid und Natriumhydrogenkarbonat [33]. Weiterhin kommen auch Kunststoffe zum Einsatz [34]. Sie dienen der Politur der Oberflächen und unterstützen bei der mechanischen Reinigung und Plaqueentfernung die Reinigungswirkung der Zahnbürste. Ihr spezifisches Abriebverhalten ist von der Teilchengröße sowie der Form und des Härtegrads abhängig [33]. Die Korngröße (Teilchengröße) liegt in der Regel zwischen 3 und 12 μm . Bei Kieselsäure-haltigen Pasten auf Alkoholbasis kann die Korngröße bis 40 μm betragen [11]. Weiterhin spielt auch die Härte dieser Festkörper eine Rolle. Die Härte von Mineralien kann zum Beispiel über die Mohs'sche Härteskala angegeben werden [11]. Zusätzlich haben aber auch die Zahnputztechnik und die aufgewendete Kraft bei der Zahnreinigung einen Einfluss auf die Abrasionswirkung. Die Beschaffenheit und die Borstenhärte der verwendeten Zahnbürste scheinen nachrangig im Hinblick auf die Abrasivität zu sein [2, 34, 75].

Zu den typischen Feuchthaltemitteln zählen Glycerin, Sorbit, Xylit und Propylenglykol. Diese Substanzen haben etwa einen Anteil von 20 - 40 % in handelsüblichen Zahnpasten. Die Feuchthaltemittel dienen der Geschmeidigkeit der Paste sowie dem Schutz vor Austrocknung.

Unter den speziellen Wirkstoffen werden folgende eingruppiert:

Bindemittel dienen zur Verdickung und Stabilisierung der Masse, um die vom Verbraucher geschätzte cremige Konsistenz zu erlangen. Hier werden natürliche Bindemittel wie Alginat, Carrageen, Methylzellulose von synthetischen Bindemitteln (Hydroxyethylzellulose, Natriumcarboxymethylzellulose) unterschieden.

Schaummittel und Tenside fördern die Oberflächenbenetzung und unterstützen so die plaquelösende Wirkung der Zahnpasta. Der Gehalt liegt bei maximal 2 %. Gängige Inhaltsstoffe sind Natriumlaurylsulfat und Natriumlaurylsarcosinat. Alternativ wird das Tensid Aminfluorid als gleichzeitige Fluoridquelle eingesetzt.

Weitere Inhaltsstoffe sind Süßstoffe, Geschmacks- und Aromastoffe, Farbstoffe, Konservierungsmittel sowie spezielle Inhaltsstoffe für bestimmte Indikationsstellungen [33].

2.2 Zahnoberflächen

Raue Oberflächen bieten einer Besiedlung durch Bakterien eine größere Angriffsfläche [50] und sammeln mehr Plaque, Zahnstein und extrinsische Verfärbungen an [62]. Andererseits bewirkt die Politur von Oberflächen eine dramatische Reduktion der Plaqueakkumulation durch ein Herabsetzen der freien Oberflächenenergie [50]. Eine Zahnpasta als täglich angewandtes Poliermittel sollte daher neben der Entfernung von extrinsischen Verfärbungen und bakteriellen Belägen auch eine glatte, hochpolierte Oberfläche hinterlassen [62]. Ein Grenzwert der Oberflächenrauheit, bei der eine Reduktion der bakteriellen Anheftung nicht mehr möglich ist, wurde von Quirynen mit $0,2 \mu\text{m}$ festgelegt. Eine Erhöhung der Rauheit über diesen Grenzwert führte in experimentellen Untersuchungen zu einer Zunahme der Plaqueakkumulation [8, 61]. Die individuelle Rauheit von Zähnen im nativen Zustand variiert zwischen den verschiedenen Zahntypen und der Lokalisation im Ober- oder Unterkiefer [8].

Natürlicher Schmelz hat eine ursprüngliche Rauheit von $0,03 \mu\text{m}$ und wird durch Politur jeglicher Art in seiner Rauheit kaum beeinflusst. Im Dentin erhöht sich jedoch die Rauheit, wenn es mit Poliermittel bearbeitet wird [8].

Die Politur von Restaurationen hin zu einer glatten Oberfläche reduziert in jedem Falle die Plaqueakkumulation und steigert damit das ästhetische Erscheinen und durch geringere Gingivitis und Kariesaktivität auch ihre Lebensdauer [38, 51].

2.3 Relative Dentin-Abrasion (RDA)

Zur Messung der Abrasionswirkung von Zahnpasten wurden in den vergangenen Jahrzehnten zumeist radiochemische Methoden verwendet. Das von Hefferen zur Messung der **Relativen Dentin-Abrasion (RDA)** beschriebene und in der ISO 11609 [39] festgehaltene Verfahren hat sich im Allgemeinen etabliert [19]. Ähnlich hierzu verläuft auch die seltener angewandte **Relative Enamel-Abrasion (REA)** [33]. Die RDA-Werte stehen jedoch in keinem rationalen Verhältnis zur REA [19]. Vor Einführung dieser quantitativen Methode zur Messung des Substanzverlustes waren gravimetrische Verfahren mit verschiedenen künstlichen Materialien der allgemein akzeptierte Standard [19].

Die RDA-Methode folgt dem Prinzip der radioaktiven Markierung des Dentins und der daraus resultierenden Möglichkeit, die Menge der abgetragenen Substanz durch die Radioaktivität des Überstands nach dem Bürsten quantitativ zu bestimmen [19]. Eine genaue Beschreibung dieser Methode findet man bei Grabenstetter 1958 [26]. Hier konnte erstmals eine präzise Methode zur Bestimmung des Substanzabtrags durch verschiedene natürliche Schleifmittel vorgestellt werden [26]. Diese Methode wurde in der Folge von Hefferen aufgegriffen und standardisiert [32]: Für das Verfahren werden aus frisch extrahierten humanen Zähnen Dentinblöcke herausgeschnitten, in einen Kunststoffblock eingebettet und anschließend für einige Stunden mit Neutronen beschossen. Ziel dieser Präparation ist es, das komplette im Zahnbein enthaltene nicht-radioaktive ^{31}P durch ^{32}P zu ersetzen. Die Proben werden in die eigens entwickelte „V8 cross brushing machine“ (Abb. 1) eingesetzt und mit der Abrasivsuspension, genannt „slurry“, bedeckt.

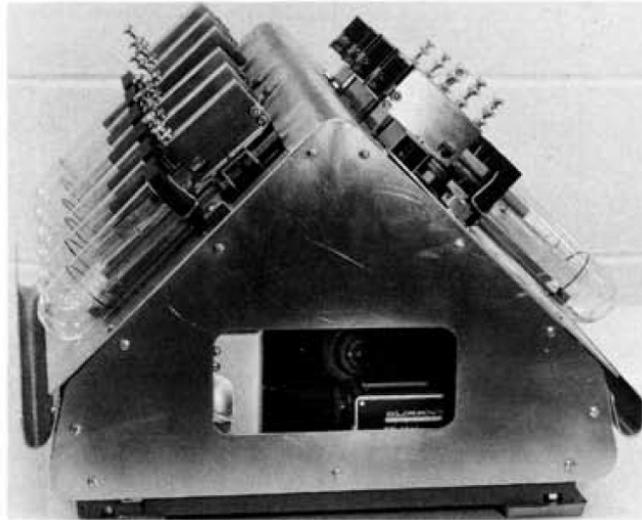


FIG 2.—V-8 cross-brushing machine.

Abb. 1: V-8 cross brushing machine [32]

Das Slurry enthält für Zahnpasten 25 g Pasta und 40 ml destilliertes Wasser, für Abrasivpulver 10 g Pulver und 50 ml einer speziell beschriebenen viskosen Verdünnungslösung. Die Proben werden durch Zahnbürsten mit etwa 10 mm langen Nylonborsten mittlerer Härte und einer Andruckkraft von 1,5 N (entsprechend einer Gewichtskraft von ca. 150 g) in einer beliebigen Anzahl von Bürstbewegungen bearbeitet. Diese Zahl richtet sich nach dem Abrasivmedium und beträgt in der Regel zwischen 1.500 und 10.000 [32]. Um eine relative Abrasivität angeben zu können, wird das sogenannte Sandwich-Verfahren angewandt [19]. Begonnen wird mit einem Referenzabrasiv, dessen RDA mit 100 festgelegt ist. Die zu testende Substanz wird zwischen zwei Durchgängen mit der Referenz, deren Ergebnisse gemittelt werden, gemessen. So versucht man die Variabilität innerhalb der Dentinprobe möglichst auszugleichen [19]. Nach jedem Durchgang wird mit Hilfe eines Geiger-Müller-Zähltests die Radioaktivität im Slurry bestimmt und dann die Radioaktivität des Slurrys der Standardmedien zu der des Testmediums ins Verhältnis gesetzt und so die Relative Dentin-Abrasion ermittelt [32].

Bei dieser Vorgehensweise ist mit einer Messwertschwankung von 10 - 15 % innerhalb einer Messreihe zu rechnen. Von Studie zu Studie können die Ergebnisse bis zu 25 % voneinander abweichen. Zwischen Studien verschiedener Laboratorien ergaben sich sogar Messunterschiede von bis zu 240 % [19].

Trotz der steigenden klinischen Relevanz auch von nicht-kariösen Zahnhartsubstanzverlusten verliert der RDA-Wert immer mehr an Bedeutung. Zum einen sind die oben beschriebenen verfahrensimmanenten Ungenauigkeiten immer wieder Anlass zur Kritik [19], zum anderen werden aber auch die fehlende qualitative Untersuchung der Oberfläche zur Vorhersage der Plaqueakkumulation und der geringe klinische Bezug im Fall der nicht-kariösen Zahnhartsubstanzverluste bemängelt. Die nicht-kariösen Zahnhartsubstanzverluste sind ein multifaktorieller Prozess [25, 39], bei dem nicht allein die Abrasivstoffe einer Zahnpasta ausschlaggebend sind [18]. Zusätzlich sind die auf Dentin ermittelten Werte nur unzureichend auf die tatsächlich bearbeitete Zahnoberfläche aus Zahnschmelz zu übertragen [19, 55]. Auch wenn in der Literatur RDA-Werte von 0 - 19 als „sehr gering“, von 20 - 39 als „gering“, von 40 - 79 als „mittel“, von 80 - 99 als „hoch“ und von >100 als „sehr hoch“ eingestuft werden [34], so ist die zur Zeit einzige praktische Anweisung diejenige, dass Zahnpasten für den täglichen Gebrauch laut ISO Standard einen RDA-Wert von 250 nicht übersteigen sollten [2, 19]. Bei normaler Zahnpflichtechnik und einer handelsüblichen Zahnpasta seien dann über eine Lebensspanne keine Abnutzung des Zahnschmelzes [25] und keine signifikante Abrasion von Dentin festzustellen [2].

Auf Grund der geringen klinischen Relevanz der RDA-Testung wird nach Alternativen und klinisch adäquateren Methoden zur Bestimmung von Substanzverlust und Oberflächeneigenschaften nach Zahnpasta-Anwendung gesucht.

2.4 Glanz

Glanz ist laut aktueller Enzyklopädie die Eigenschaft einer Licht-reflektierenden Fläche, je nach Beleuchtungs- und Beobachtungsrichtung verschiedene Leuchtdichten zu zeigen [1]. Glanz ist immer dort eine wichtige Materialeigenschaft, wo hinsichtlich der Ästhetik der Eindruck einer Oberfläche von Interesse ist [59]. Er entsteht durch Helligkeitsdifferenzen auf Oberflächen und ist ein Helligkeitsüberschuss, welcher nicht zur eigenen Helligkeitsstufe des Materials gehört [48]. Der Begriff Reflexion (lat.: Zurückbeugung) bezeichnet den Lichtanteil, der aufgrund der Oberflächenbeschaffenheit eines Stoffes zurückfällt [48]. Eine Oberfläche, die mindestens 70 oder 80 % des Lichts spiegelnd reflektiert, sieht glänzend aus [31]. Man unterscheidet eine gerichtete von einer diffusen Reflexion der Lichtstrahlen (Abb. 2). Bei sehr glatten Flächen überwiegt die gerichtete (hoher Glanz), bei rauen Flächen die diffuse Reflexion (matter Glanz)

[1]. Die Verteilung des reflektierten Lichts richtet sich somit nach dem Ausmaß der Oberflächenrauheit [28].

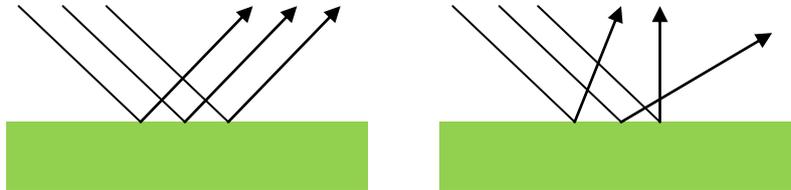


Abb. 2: gerichtete und diffuse Reflexion (angelehnt an [4])

Im Folgenden werden die physikalischen Grundlagen und die Messung des Glanzes dargestellt.

2.4.1 Physikalische Grundlagen

Läuft ein Lichtstrahl durch ein optisches System, das aus mehreren homogenen Medien besteht, so ist der optische Weg eine Abfolge von geradlinigen Richtungsänderungen. Diese ergeben sich jedes Mal, wenn Licht reflektiert oder gebrochen wird [58]. Wenn das Licht auf eine Oberfläche trifft, verändert sich die Zusammensetzung des Lichts; die Erscheinungsweise der Farben kann sich ändern oder die Oberfläche kann matt oder glänzend wirken [4]. Die physikalischen Vorgänge werden in der geometrischen Optik und der Wellenoptik mit den Begriffen „Reflexion“, „Remission“, „Absorption“, „Transmission“ und „Refraktion“ beschrieben und im Folgenden dargestellt.

Als physikalische Größe ist der Glanz der Quotient aus den Lichtströmen des gerichtet (spiegelnd) reflektierten Lichts, des Glanzlichts, und des diffus reflektierten Anteils [1].

2.4.1.1 Reflexion

Wird das Licht unmittelbar an der Oberfläche eines Mediums zurückgeworfen, bezeichnet man dies als Reflexion. Man unterscheidet dabei zwei Arten von Reflexion: die gerichtete Reflexion, bei der Einfallswinkel und Ausfallswinkel aller Lichtstrahlen identisch sind und bei der Glanz und

Spiegelung entstehen, und die diffuse Reflexion, bei der die Lichtstrahlen je nach Ort ihres Auftreffens steiler oder flacher reflektiert werden [4].

Die Reflexion des Lichts bei der idealen oder gerichteten Spiegelung folgt dem Reflexionsgesetz (Abb. 3). Der einfallende Lichtstrahl (l) und der reflektierte Lichtstrahl (r) mit dem Normalenvektor n liegen in einer Ebene. Der vom Normalenvektor n aus gemessene Einfallswinkel θ_1 ist gleich dem Reflexionswinkel θ_2 [5]. Vereinfacht ausgedrückt ist der Reflexionswinkel ebenso groß wie der Einfallswinkel [58, 79].

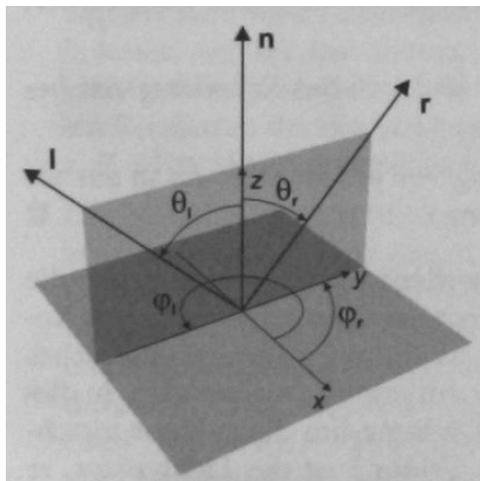


Abb. 3: Das Reflexionsgesetz [5]

Das Reflexionsgesetz beschreibt die Reflexionsrichtung nur für eine ideal spiegelnde Reflexion. Der einfallende Lichtstrahl wird dabei, ohne sich aufzustreuen, perfekt in die nach dem Reflexionsgesetz bestimmte Richtung gespiegelt. Eine Oberfläche, die einem solch idealen Spiegel entspricht, existiert in der Natur nicht. In der Realität wird der Lichtstrahl bei einer realen unvollkommen spiegelnden Reflexion aufgespalten und in verschiedene Richtungen gestreut (Abb. 4). Somit erzeugt jede spiegelnde Oberfläche auch immer einen Anteil diffuser Reflexion [58].

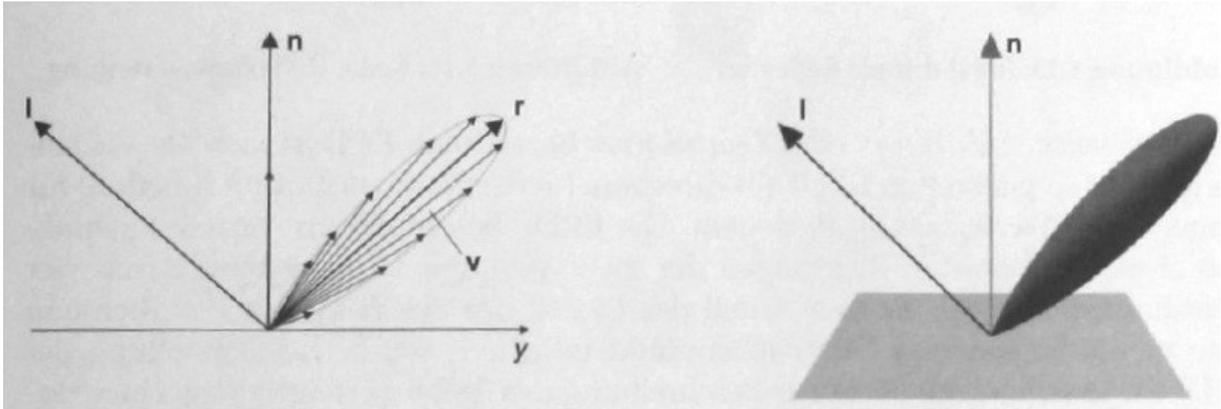


Abb. 4: unvollkommen spiegelnde Reflexion [5]

Die diffuse Reflexion tritt an rauen Oberflächen auf. Hier sind Einfallswinkel und Ausfallswinkel der Strahlen nicht identisch [5]. Eine diffus reflektierende Oberfläche, die im gesamten sichtbaren Bereich einen Teil des eingestrahnten weißen Lichts absorbiert, sieht matt-grau aus. Je geringer der reflektierte Anteil, desto dunkler ist der Grauton; wird nahezu sämtliches Licht absorbiert, erscheint das Objekt schwarz [31]. Mit den Oberflächenqualitäten ändern sich diese Reflexionsgrade; die raue Oberfläche zerstreut die Lichtstrahlen in verschiedene Richtungen [48].

Im Gegensatz dazu sind an polierten Oberflächen Einfallswinkel und Ausfallswinkel gleich, wodurch Glanz und Spiegelung entstehen.

Meistens wird jedoch ein Lichtstrahl nicht ausschließlich gerichtet oder diffus reflektiert, sondern teilweise absorbiert und teilweise diffus und teilweise gerichtet reflektiert [7]. So entsteht ein Reflexionskegel um die ideale Reflexionsrichtung (Abb. 5) [5].

Beide Modelle, die gerichtete und die diffuse Reflexion, folgen dennoch den Brechungsgesetzen, nur dass bei letzterer eine raue Oberfläche vorliegt [58]. Beeinflusst wird die Reflexion von Licht an einer Oberfläche, welche den Sinneseindruck „Glanz“ vermittelt, insgesamt durch die Beschaffenheit der Oberfläche, die Art der Beleuchtung, den Betrachtungswinkel und durch die Wahrnehmung des Betrachters [36].

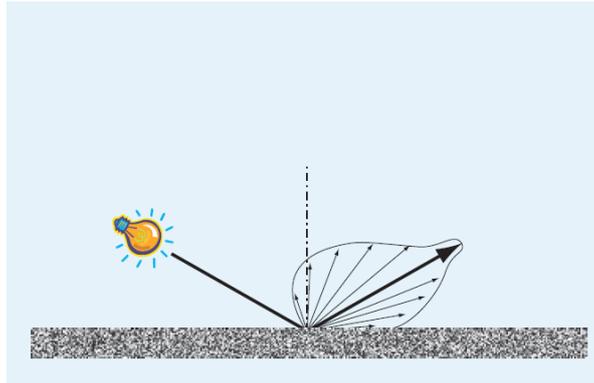


Abb. 5: Reflexionskegel [78]

Für die Praxis bedeutet dies Folgendes:

Der physikalisch und subjektiv zu bewertende Glanz z. B. von Kunststoffoberflächen hängt unter anderem von der Oberflächenstruktur ab [10]. Aus der Winkelverteilung der reflektierten Strahlung kann man auf die Oberflächengüte schließen [58]. Der Eindruck von „Textur“ ist dabei ein Begriff zur Beschreibung der Oberflächengüte. Der Textur- oder Dichtegradient regelt in Abhängigkeit zur räumlichen Lage und zur Lichtquelle die Größendarstellung des Oberflächenmusters [48]. Den vom Weiß überdeckten Teil einer Oberfläche nennt man Reflexfläche oder -zone. Bei Reflexionen ist nicht nur die Textur, sondern auch die Lage der Flächen wichtig. Dabei kommt es darauf an, ob sie der Beleuchtung zu- oder abgewandt sind, ob sie Kanten oder stetige Krümmungen aufweisen, konvex oder konkav sind. Der Glanz oder Schimmer einer Oberfläche nimmt ebenso zu, wie der Anteil des Streulichts, der durch Unregelmäßigkeiten in der Oberfläche entsteht, abnimmt. Fehlt die Streuung ganz, so ist die Oberfläche spiegelnd und die Textur tritt hinter die Reflexe zurück [48]. Das Absorptionsvermögen der Stoffe und damit der Grad der Reflexion ändert sich zusätzlich bei feuchter oder nasser Oberfläche [48].

2.4.1.2 Remission

Als „Remission“ bezeichnet man einen optischen Vorgang, bei dem Licht in einen Stoff eindringt und innerhalb des Molekülgefüges diffus zurückgeworfen wird. Teile des Lichts, insbesondere die Strahlen mit größeren Wellenlängen, werden hierbei absorbiert. Die Menge des jeweils remittierten Lichts wird als Remissionsgrad bezeichnet [4].

Je dunkler ein Objekt erscheint, desto geringer ist die Menge des remittierten Lichts und desto höher die Menge des absorbierten Lichts. Um eine Störung der Messung des reflektierten Lichts durch Remissionen zu vermeiden, wurde in unseren Versuchsreihen ein schwarzer Prüfkörper verwendet.

2.4.1.3 Absorption

Von „Absorption“ spricht man, wenn ein Lichtstrahl auf ein Objekt trifft und von diesem ganz oder teilweise aufgenommen und somit nicht reflektiert oder remittiert wird. Das Objekt erscheint abhängig davon, welche Lichtfrequenzen vom Objekt absorbiert beziehungsweise reflektiert werden, in einer anderen Farbe. Wird das Licht vollständig absorbiert, so wirkt das Objekt schwarz. Enthielt der ursprüngliche Lichtstrahl das gesamte Lichtspektrum und wird das gesamte Licht reflektiert, so nimmt der Betrachter das Objekt weiß wahr [4].

Die Menge des absorbierten Lichts ist für jeden Werkstoff charakteristisch und wird durch den Absorptionskoeffizienten angegeben. Der Intensitätsverlust wird abhängig vom Absorptionskoeffizienten α und der Schichtdicke x mit dem Lambert-Beer-Bouguer-Gesetz angegeben [54]:

$$I(x) = I(0)e^{-\alpha x}$$

Diese Gleichung lässt sich jedoch nur für monochromatisches Licht – Licht nur einer Wellenlänge – anwenden. Daher muss immer die Wellenlänge des verwendeten Lichts angegeben werden. Da üblicherweise alle Wellenlängen des sichtbaren Lichts Einfluss auf die Absorption haben, erscheint eine vollständige mathematisch-physikalische Theorie der Absorption schwierig [54].

2.4.1.4 Transmission

Die „Transmission“ wird auch als Strahlendurchgang bezeichnet. Ein durchsichtiger Körper wird von einem Lichtstrahl ungehindert durchdrungen. Wenn der Körper aber in einem bestimmten Wellenbereich absorbiert und somit nicht mehr alle Spektralfarben vorhanden sind,

entsteht eine transparente Farbe. Ein gängiges Material mit diesen Eigenschaften ist klares oder farbiges Glas [4].

2.4.1.5 Refraktion

Die „Refraktion“ (Lichtbrechung), beschreibt geometrisch-optische Vorgänge an der Grenze von zwei Medien. Fällt ein Lichtstrahl aus einem optisch dünneren in einen optisch dickeren Stoff, dann wird er zum Einfallslot hin gebrochen, im umgekehrten Fall vom Lot weg (Abb. 6) [4]. Formuliert wurde diese Gesetzmäßigkeit von Willebrord Snell van Royen bereits im Jahr 1621 [31].

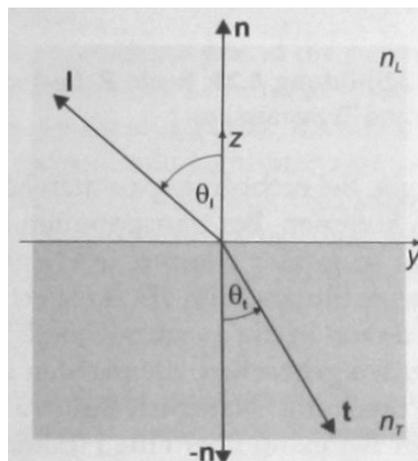


Abb. 6: Das Brechungsgesetz [5]

Allerdings beschreibt das Brechungsgesetz von Snellius den Fall der idealen Brechung [5]. In der Natur dringt das Licht an der Grenzfläche zwischen zwei Medien partiell in das andere Medium ein, partiell wird es reflektiert (Abb. 7) [58]. Ist das andere Medium optisch deutlich dünner, kann der Brechungswinkel bis zu 90° betragen, somit kann der gebrochene Lichtstrahl der Grenzlinie zwischen den Medien folgen. In diesem Fall spricht man von Totalreflexion [5].

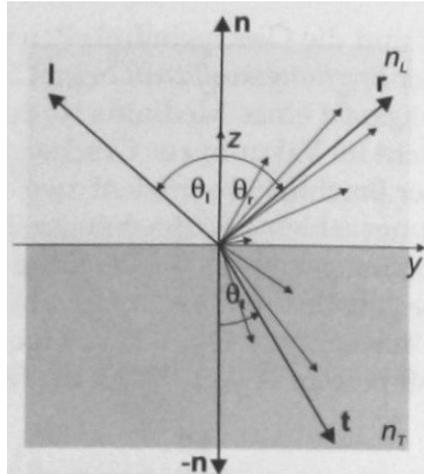


Abb. 7: Reale Reflexion und Transmission [5]

Ein Sonderfall der Lichtbrechung ist die Dispersion [79]. Durch die unterschiedlichen Brechzahlen der Lichtstrahlen im weißen Licht lässt sich ein weißer Lichtstrahl zum Beispiel in einem Prisma in die Farben des Regenbogens aufspalten [30]. Dieser Versuch ist als „Erster Newtonscher Versuch“ 1666 in die Geschichte eingegangen [72].

2.4.2 Glanzmessung

Der Glanz ist ein Maß für die Lichtreflexion einer Oberfläche [16].

Die Ursprünge der Glanzmessung liegen historisch im visuellen Vergleich einer Probe mit definierten Vergleichsproben [45]. Boller stellte hierzu 1955 einen Satz von Glanztafeln vor: 6 Glanzstufen für verschiedene Grundfarben in den Abstufungen 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 % und 100 % dienten zum Vergleich (Abb. 8). Die Güte der Vergleichsproben und ihr Glanzgrad wurden zuvor in einem Glanzmessgerät nach Lange bestimmt. Dieses misst fotoelektrisch das zurückgeworfene Licht auf eine galvanische Platte und kann so die Intensität der reflektierten Lichtstrahlen im Vergleich zur ursprünglichen Lichtintensität ermitteln [9].

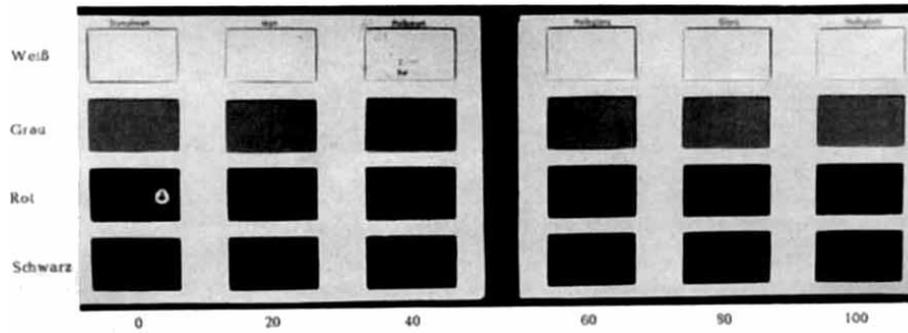


Abb. 8: Glanztafeln [9]

Die moderne Glanzmessung bedient sich der Angabe eines Wertes in Glanzeinheiten (gloss units, GU) und ist durch Normen der ISO und der ASTM standardisiert worden [59]. Eine vollständig nicht-reflektierende Oberfläche hat Null Glanzeinheiten. Ein Glanzwert von unter 10 GU wird als schwacher oder Mattglanz bezeichnet, von 10 bis 70 GU als Mittelglanz und von mehr als 70 GU als Hochglanz [16].

Ein Glossmeter oder Reflektometer misst die gerichtete Reflexion in einem kleinen Bereich des Reflexionskegels [13]. Dazu wird eine Oberfläche mit einem Lichtstrahl beleuchtet, der aus einer weißen Lichtquelle stammt und durch eine Linse gebündelt wird [59]. Die Bestimmung des Glanzgrades erfolgt dabei durch fotoelektrische Messung des von der Oberfläche direkt reflektierten Lichts [36]. Dieses reflektierte Licht wird zuvor ebenfalls von einer Linse gebündelt [59]. Die Intensität des reflektierten Lichts ist vom Material und vom Winkel der Beleuchtung abhängig [13]. Der von modernen Reflektometern angegebene Glanzwert ist keine prozentuale Angabe des eingestrahlichten Lichts, sondern bezieht sich auf einen schwarzen, polierten Glasstandard, für den in jeder Messgeometrie ein Wert von 100 GU festgesetzt ist [78]. Dabei können stark spiegelnde Oberflächen durchaus Messwerte von bis zu 2.000 GU erreichen [13]. Zur vergleichenden Messung des Glanzes muss die Oberfläche möglichst plan und ein Kontakt des Glossmeters mit der Oberfläche möglich sein [59].

Weil die Glanzgrade unterschiedlicher Oberflächen stark schwanken, legen verschiedene Normen die Messbedingungen fest. Um Werte zu erhalten, die mit dem visuellen Eindruck bei unterschiedlichen Glanzgraden gut vergleichbar sind, muss bei Messungen mit Glanzmessgeräten der Einfallswinkel des Lichts variiert werden [36]. Es wurden 3 Messgeometrien (20° , 60° und 85°) definiert (Abb. 9), weil dadurch zwischen Hoch-, Mittel- und Mattglanz von Kunst-

stoff- und Lackoberflächen differenziert werden kann [13]. Es gilt: Je flacher der Einfallswinkel, desto niedriger der Glanzgrad [36, 59].

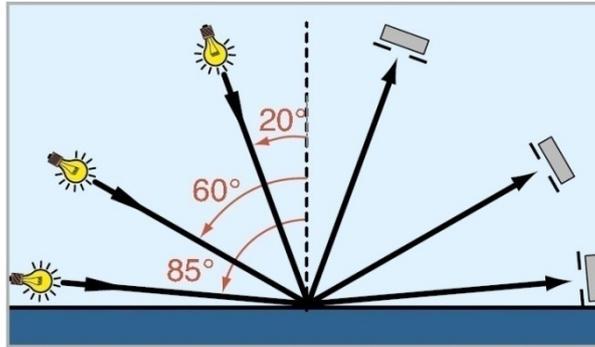


Abb. 9: Messgeometrien [13]

Für die unterschiedlichen Oberflächen gibt es abhängig von der Messgeometrie einen optimalen Messbereich (Abb. 10). Man orientiert sich zunächst immer an den Messwerten der 60°-Geometrie (Mittelglanz). Diese verhält sich für Messwerte zwischen 10 und 70 GU linear. Bei Messwerten von über 70 GU in der 60°-Geometrie bedient man sich der 20°-Geometrie (Hochglanz), bei Messwerten von unter 10 GU in der 60°-Geometrie der 85°-Geometrie (Mattglanz), da hier jeweils lineare Ergebnisse zwischen Messgeometrie und Glanzeinheiten gezeigt werden konnten [13].

Charakteristisch für die jeweiligen Messwinkel ist die damit verbundene Größe des sogenannten Messflecks. Der Messfleck misst in der 60°-Geometrie bei dem verwendeten Reflektometer 9 x 15 mm. Für die Auswertung wurde daher in der vorliegenden Studie eine entsprechende Messschablone angefertigt. Für die 20°-Geometrie misst der Messfleck 10 x 10 mm, für die 85°-Geometrie 5 x 38 mm [14]. Diese zuletzt genannten Geometrien spielen jedoch in der Auswertung eine untergeordnete Rolle.

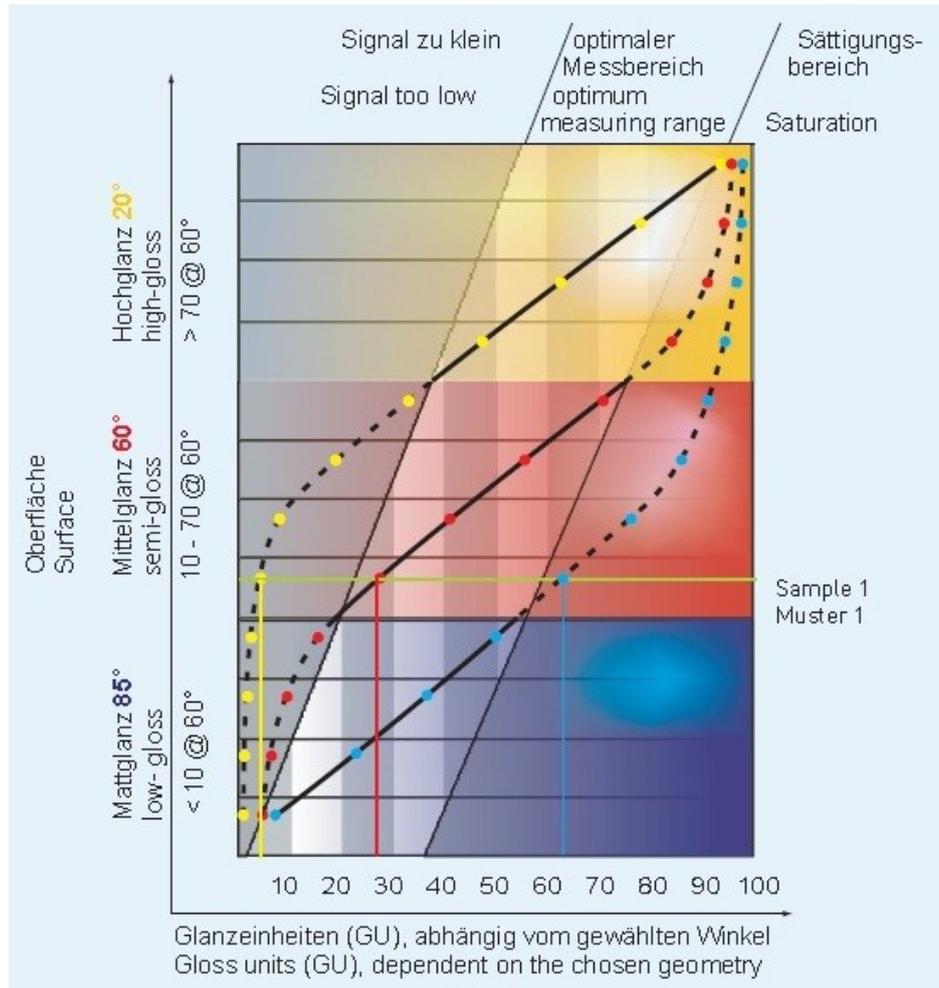


Abb. 10: Zusammenhang zwischen Geometrie und Messwerten [78]

Das in dieser Studie benutzte Reflektometer war vom Typ „mikro TRI gloss“ der Firma BYK Gardner (Abb. 11). Es ermöglicht die zeitgleiche Messung der Glanzwerte in den Messgeometrien 20°, 60° und 85°.

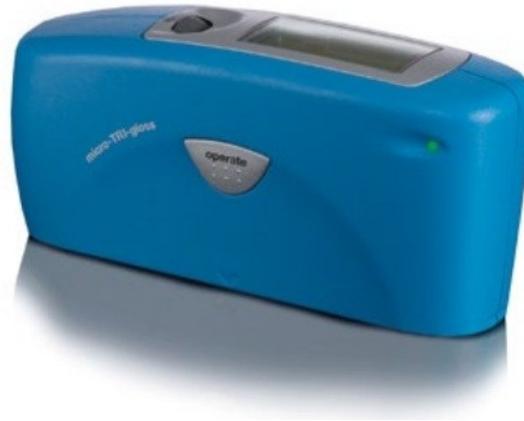


Abb. 11: mikro TRI gloss [13]

Für andere Anwendungen hält die Industrie weitere Messgeräte bereit: Messgeräte mit 45°-Geometrie für Keramiken, Folien und Textilien, Messgeräte mit 75°-Geometrie für Leder, Papier und Vinyl sowie Glanzschleier-Streulicht-Messgeräte für hochglänzende Oberflächen [13, 78]. Die jeweiligen Messsysteme unterliegen dabei je nach Anwendungsgebiet verschiedenen Standards und Normen (Tab. 1).

Application	20°	60°	85°	45°	75°
	Coatings, plastic and related materials			Ceramic, Film	Paper, Vinyl
	High Gloss	Semi Gloss	Low Gloss	Semi Gloss	Low Gloss
DIN EN ISO 2813	■	■	■		
ASTM D 523	■	■	■		
ASTM D 2457	■	■		■	■
DIN 67530	■	■	■		
JIS Z 8741	■	■	■	■	■
ASTM C 346				■	
Tappi T 480					■
	Brightened Metal				
EN ISO 7668	■	■	■	■	

Tab. 1: Normierung von Glanzmessverfahren [13]

2.5 Profilometrie

2.5.1 Rauheit

Die Bestimmung von Gestaltabweichungen der Oberfläche fester Stoffe von ideal geometrischen Oberflächen ist ein weites Feld in der Messtechnik. Die Gestaltabweichungen werden dabei in 6 Gruppen eingeteilt, die in aufsteigender Richtung jeweils feinere Messgrößen beschreiben [35]. Gestaltabweichungen 1. Ordnung beschreiben Grobgestaltabweichungen. Diese werden unterteilt in Maßabweichungen, Lageabweichungen und Formabweichungen und fallen in die Arbeitsbereiche Koordinaten-, Form- und Lagemesstechnik. Die Feingestaltabweichungen hingegen umfassen die Gestaltabweichungen 2. - 5. Ordnung. Die Gestaltabweichung 2. Ordnung ist die Welligkeit. Den Bereichen der 3. - 5. Ordnung zugeordnet ist die Rauheit [46, 60]. Im Detail gliedert sich die Rauheit in Rillen, Riefen und Gefügestrukturen [35]. Der zugehörige Arbeitsbereich zu den Feingestaltabweichungen ist die Oberflächenmesstechnik. Die 6. Ordnung beschreibt Gitterstrukturen [35]. Die Abgrenzung der Grobgestaltabweichungen von Feingestaltabweichung wie Welligkeit von Rauheit erfolgt über das Verhältnis zwischen Wellenlänge und Wellentiefe. Wenn das Verhältnis größer als 1000 : 1 ist, wird von Formabweichungen gesprochen [46]. An technischen Werkstoffen treten meist Überlagerungen verschiedener Ordnungen auf (Abb. 12) [35]. Die alle Gestaltabweichung umfassende Oberfläche wird als die „Ist-Oberfläche“ [60] oder „Primärprofil“ [46] bezeichnet.



Abb. 12: Überlagerung von Abweichungen an einem Oberflächenprofil [46]

Das Rauheitsprofil, das zur Ermittlung von Rauheitswerten genutzt wird, ist als das Profil 3. Ordnung ausgehend vom primären Oberflächenprofil definiert [46].

Die Rauheitsparameter, welche aus den Einzelmessstrecken des aufgezeichneten Profils ermittelt werden, gliedern sich in folgende Gruppen [46]:

- Senkrechtkenngößen: Extrema,
- Senkrechtkenngößen: Mittelwerte,
- Waagrechtkenngößen: Abstandskenngrößen.

In der vorliegenden Untersuchung wurde eine mittelwertige Senkrechtkenngöße zur Beurteilung und zum Vergleich der Proben herangezogen. Diese ist der *arithmetische Mittelwert der Profilorдынaten oder Mittenrauwert* „ R_a “ [35, 46]. Er wird aus den gemittelten Beträgen aller Abweichungen von der Mittellinie zu den einzelnen Messpunkten ermittelt (Abb. 13). Diese Kenngröße wird in der Einzelmessstrecke l_r bestimmt. Als Endresultat wird der R_a in der Regel als Mittelwert aus fünf Einzelmessstrecken angegeben [46]. Die gesamte Messstrecke wird dann mit l_n bezeichnet. Der arithmetische Mittenrauwert R_a kann als ein Universalwert betrachtet werden, da er weltweit verwendet und verstanden [22, 64] wird.

Mathematisch definiert wird der Mittenrauwert R_a folgend [46]:

$$R_a = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z(x)| dx$$

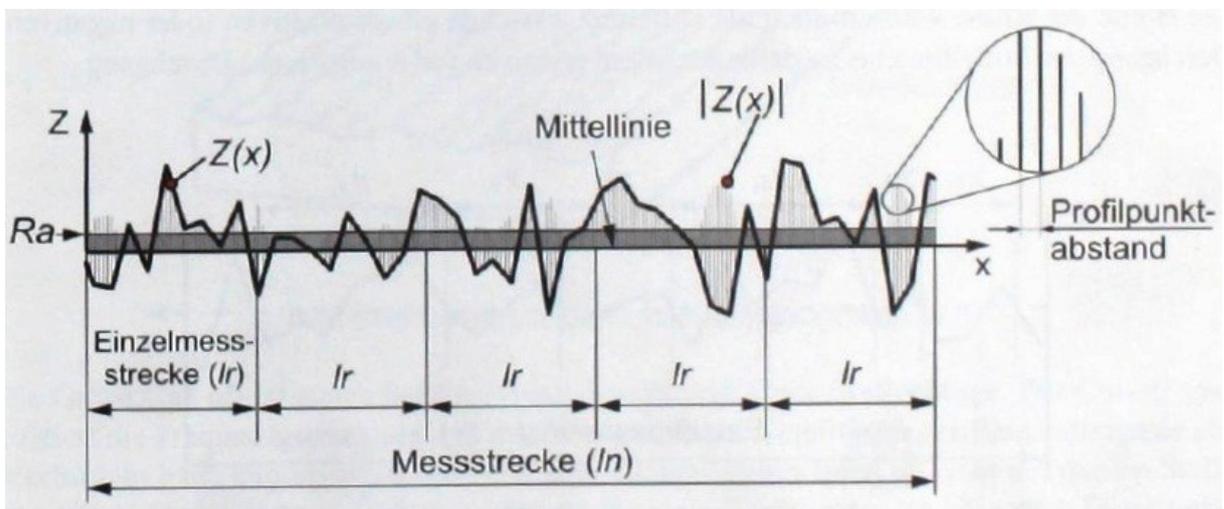


Abb. 13: Berechnung des Kennwerts R_a , Darstellung am Rauheitsprofil [46]

Da sich die Abweichungen der Oberfläche eines Werkstücks überlagern, ist eine Filterung in der Messtechnik notwendig. In der Oberflächenmesstechnik ist nur die Rauheit interessant. Es

werden Profilfilter angewendet, um Wellenlängenbereiche aus einem Profil zu filtern, welche nicht der Rauheit zugeordnet werden. Man unterscheidet folgende Filterarten [46]:

- Hochpassfilter, welche die hochfrequenten Anteile des Profils durchlassen,
- Tiefpassfilter, welche die niederfrequenten Anteile des Profils durchlassen,
- Bandpassfilter, eine Kombination aus Hoch- und Tiefpassfilter, welche nur eine gewisse Frequenzbandbreite am Profil durchlassen.

Die Größe „Cut-off“ benennt die Grenzwellenlänge, welche durch den Filter den Messbereich eingrenzt. Der Cut-off spezifiziert also die Frequenzgrenze, unter oder über welcher die Amplituden der Eingangssignale abgeschwächt beziehungsweise eliminiert werden [46].

2.5.2 Messverfahren

Die Wahl der Messbedingungen hat einen entscheidenden Einfluss auf die Messresultate [46]:

- Messrichtung,
- Einzelmessstrecke,
- Art des Filters,
- Tastspitzengeometrie.

Wenn die Messrichtung für die Ermittlung des Tastschnittes nicht angegeben ist, soll man die Messung in der Richtung durchführen, in der der größte Rauheitskennwert zu erwarten ist. Um die Wahl der empfohlenen Einzelmessstrecke korrekt vornehmen zu können, muss zu Beginn eine Beurteilung der Oberflächencharakteristik erfolgen [46].

Die Wahl der Länge der Einzelmessstrecke hängt von der Beschaffenheit der Oberfläche ab [46].

Bei der Art des Filters empfehlen heute gültige Normen, phasenkorrekte Filter (Gaußfilter) zu verwenden. Die Art des eingesetzten Filters kann das Messergebnis beeinflussen und ist daher immer anzugeben und auch bei der Interpretation von Messergebnissen zu beachten [46]. Nach DIN EN ISO 4288 sind den jeweiligen Messgrößen und -strecken bestimmte Cut-Off-Werte für die Filter zugeordnet [69].

Die Tastspitzengeometrie beeinflusst das mechanische Filterverhalten bei der Messung der Oberflächenrauheit (Abb. 14). Die Nennwerte der Tastspitzenradien liegen bei $2\ \mu\text{m}$, $5\ \mu\text{m}$ und $10\ \mu\text{m}$. Der Kegelwinkel beträgt 60° oder 90° . Eine Tastspitze mit einem Kegelwinkel von 60° gilt als ideal. Die Wahl der Tastspitze ist jedoch auch immer von der Beschaffenheit der Oberfläche abhängig. In rauerer Messumgebung ist es günstiger, eine Tastspitze mit größerem Radius und somit größerer zulässiger Antastkraft einzusetzen [46].

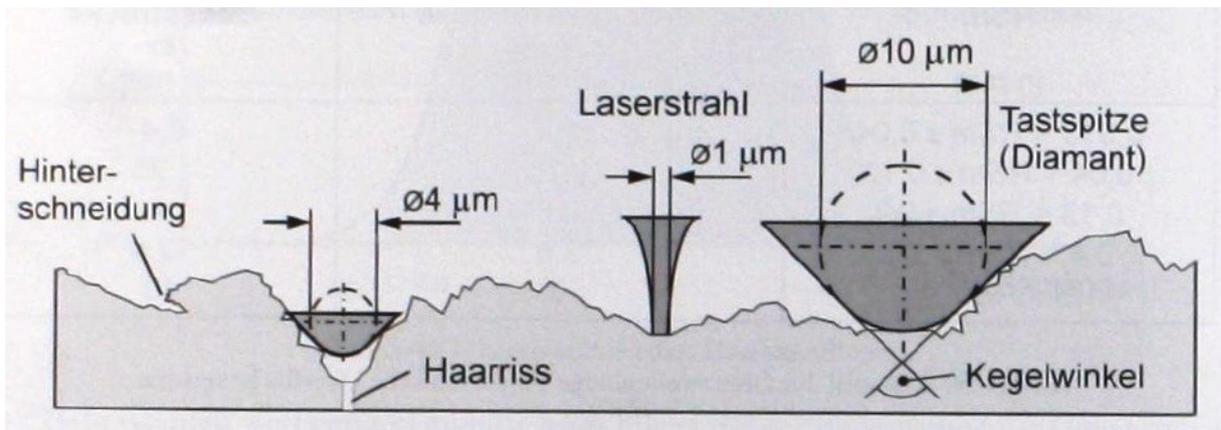


Abb. 14: Filterwirkung durch die Tastspitzengeometrie [46]

Oberflächenprüfgeräte können zur Ermittlung der Oberflächenrauheit als berührende oder berührungslose Verfahren mit Licht- oder Lasertechnik zum Einsatz kommen.

2.5.2.1 Berührende Oberflächenmessung

Bei den berührenden Methoden werden vornehmlich Tastschnittverfahren angewandt: Das zu prüfende Werkstück wird mit einer Diamantnadel abgetastet [46]. Für die Ermittlung der Oberflächenqualität wird ein senkrechter Profilschnitt auf der Werkstoffoberfläche abgetastet und ausgewertet. Man unterteilt die berührenden Messsysteme noch einmal in Kufen- und Bezugsflächentastsysteme [20].

Kufentastsysteme benutzen die Werkstoffoberfläche als Referenz für die Messung und sind daher hinsichtlich des Ausrichtens weniger kritisch, gegenüber Erschütterungen unempfind-

lich, haben kleine Abmessungen und eignen sich auch für Messungen an schlecht zugänglichen Stellen [46].

Bezugsflächentastsysteme hingegen gelten als Idealsystem für die Oberflächenmessung, da diese die Auslenkung des Tastelements über einen Sensor registrieren [46]. Auf der Werkstückoberfläche wird mittels einer Diamantspitze ein Profilschnitt der Oberfläche abgetastet. Die Diamantspitze ist an einem Taster befestigt, dessen relative Bewegung zur Referenz mit einem hochauflösenden Sensor erfasst wird. Diese Sensorsysteme sind vorwiegend induktive Messsysteme. Bei hochauflösenden Mess-Systemen, die eine Auflösung von 5 nm erreichen, werden Laserinterferometer verwendet. Tastsysteme dieser Art weisen geringere Berührungskräfte von 0,7 bis 1 mN auf. Beim Bezugsflächensystem liegen der lang ausragende Taster, die Bezugsfläche und der Mess-Ständer im Messkreis mit dem Prüfobjekt (Abb. 15). Infolgedessen kann das Messergebnis von Schwingungen und Erschütterungen beeinträchtigt werden. Daher erfordern solche Systeme schwingungsdämpfende Maßnahmen [46].

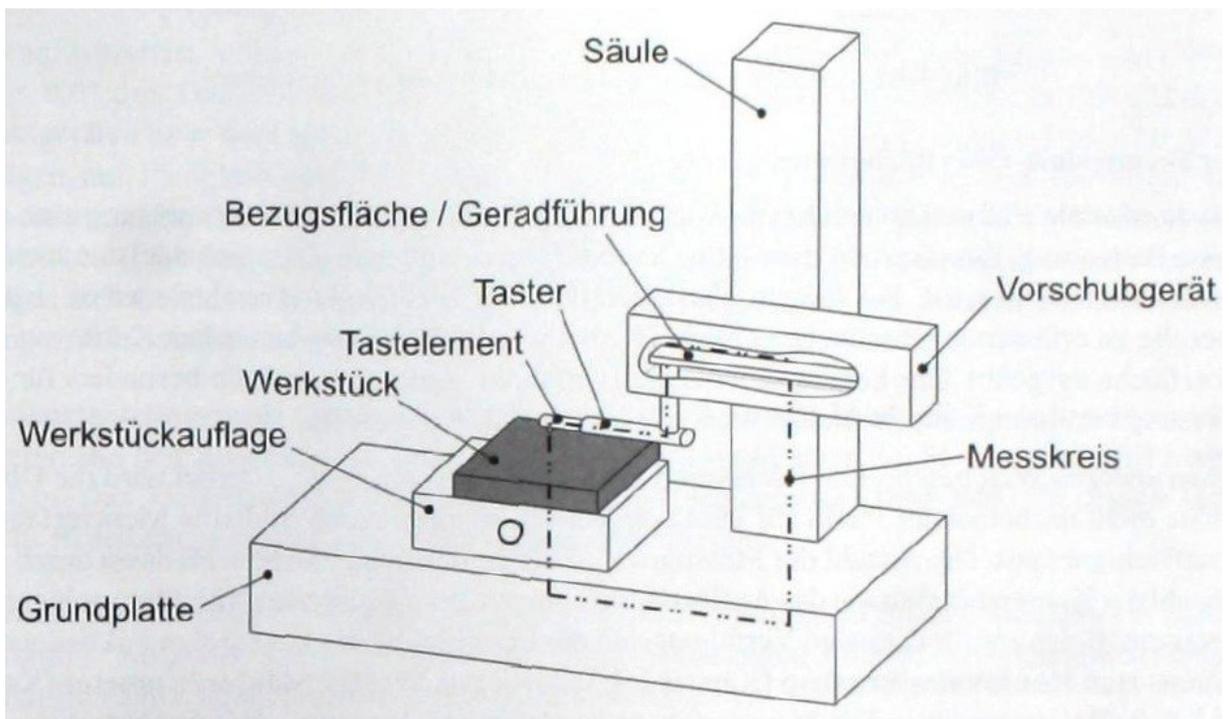


Abb. 15: Bezugsflächentastsystem [46]

Das in unseren Versuchsreihen verwendete Gerät „Perthometer M2“ mit dem Vorschubgerät „PFM“ der Firma Mahr stellt ein Bezugsflächentastsystem dar.



Abb. 16: Perthometer M2 mit PFM-Vorschubgerät [53]

Das Perthometer M2 ist ein handliches Rauheitsmessgerät für den mobilen Einsatz unter Werkstattbedingungen (Abb. 16). Der Messbereich umfasst maximal $150\ \mu\text{m}$, die maximale Profilauflösung $12\ \text{nm}$. Mit dem zugehörigen Vorschubgerät PFM liegt die maximale Taststrecke bei $17,5\ \text{mm}$. Als Antastkraft in Normallage werden $0,3\ \text{N}$ angegeben. Der Tastspitzenradius beträgt $2\ \mu\text{m}$, der Kegelwinkel 90° . Das Gerät entspricht den Festlegungen der DIN EN ISO 3274. Für hochgenaue Messungen nach dem Tastschnittverfahren sowie zum späteren Überprüfen steht eine automatische, dynamische Kalibrierung zur Verfügung. Bei Messungen gemäß DIN EN ISO 11592 wird mit einem phasenkorrekten Profilfilter (Gaußfilter) gefiltert. Das Gerät erkennt im Automatikmodus periodische und aperiodische Profile und stellt den normgemäßen Cut-Off und die zugehörige Taststrecke gemäß DIN EN ISO 4288 ein. Taststrecke und zugehörige Filter können jedoch auch manuell gewählt werden. Im stationären Betrieb besteht die Möglichkeit, das Perthometer über die Schnittstelle direkt an einen Computer anzuschließen. Auf diese Weise können Profile und Ergebnisse digital übertragen werden [53].

Nachteile bei einer berührenden Oberflächenmessung sind gegebenenfalls die plastische Kontaktdeformation des Werkstücks durch den Taster sowie die Möglichkeit, dass Profilgrößen durch die geometrischen Grenzen der Tastspitze nicht erfasst werden [29, 60, 69]. Auch die nur unzureichende Kontrolle der Tastspitze auf Beschädigungen kann zu einer unbemerkten Nichterfassung des Profils führen (Abb. 17) [69].

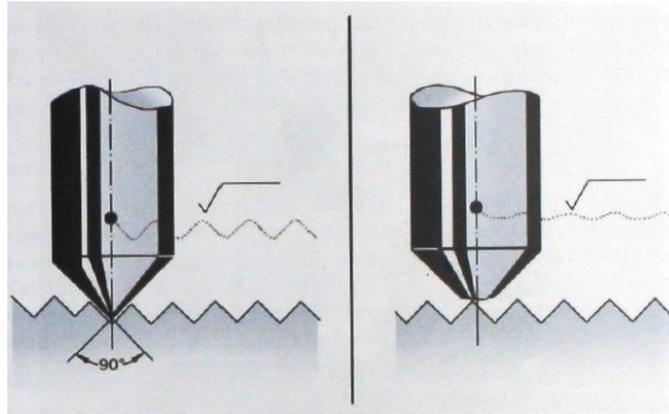


Abb. 17: Auswirkung einer beschädigten Tastspitze auf das Profil [69]

2.6 Glanz und Rauheit

Der Glanz eines Objekts und die Rauheit seiner Oberfläche sind zwei unmittelbar miteinander verwobene Materialeigenschaften. Je glatter eine Oberfläche ist, desto höher ist der Anteil der gerichtet reflektierten Strahlung [7]. Diese gerichtet reflektierte Strahlung wird vom Betrachter als Glanz wahrgenommen. Insgesamt setzt sich das gesamte von der Probe reflektierte Licht aus diesem an der Oberfläche reflektierten Licht und dem aus dem Inneren reflektierten Licht zusammen [28]. Das aus dem Inneren eines Körpers reflektierte Licht ist maßgeblich eine Materialeigenschaft. Das von der Oberfläche reflektierte Licht hingegen ist von den Eigenschaften der Oberfläche des Objekts abhängig. Diese Eigenschaften umfassen neben der Rauheit auch die Makrostruktur, die Krümmung und die Planlage der Oberflächen [28]. In unserer Untersuchung sind die letzteren Eigenschaften jedoch von untergeordneter Bedeutung, da diese nicht veränderlich sind. Somit bleibt die Rauheit als relevante Eigenschaft für den Glanz einer Oberfläche.

Mit der mathematischen Berechnung von optischen Effekten an einer Oberfläche beschäftigen sich seit der Entwicklung der Computertechnik sowohl die Optik als auch die Computergrafik. Zum Erstellen realitätsnaher Darstellungen ist die Berechnung von Glanz- und Spiegelungseffekten unerlässlich [12].

Ein Ansatz in diesem Forschungsbereich besteht darin, die ideal spiegelnde Reflexion dem Berechnungsmodell zu Grunde zu legen [12, 68]. Da eine Oberfläche in der Annahme einer ideal

planen Oberfläche jedoch immer nur als vereinfacht anzusehen ist, wird die Oberfläche in viele kleine Flächen unterteilt. Diese vielen kleinen, ebenen und unterschiedlich ausgerichteten Flächen, genannt „Facetten“, dienen als Basis für die Berechnung einer realen Reflexion [70].

2.6.1 Modelle in der Computergrafik

Die Modelle zur Berechnung von realistischen Spiegelungseffekten auf Oberflächen werden unter dem Begriff „Bidirektionale Reflexionsverteilungsfunktionen“, kurz „BRDF“, zusammengefasst [23]. In Abhängigkeit von verschiedenen Winkeln geben diese die Beziehung zwischen einfallender und zurückgeworfener Strahlung an [42]. Eine BRDF wird in vier Dimensionen beschrieben (Abb. 18). Die vier Variablen sind die Azimutwinkel ϕ und Deklinationswinkel θ jeweils der Lichteinfalls- und Reflektierungsrichtung. In der Abbildung steht L für die Richtung des Lichts und V für die Blickrichtung des Beobachters [23].

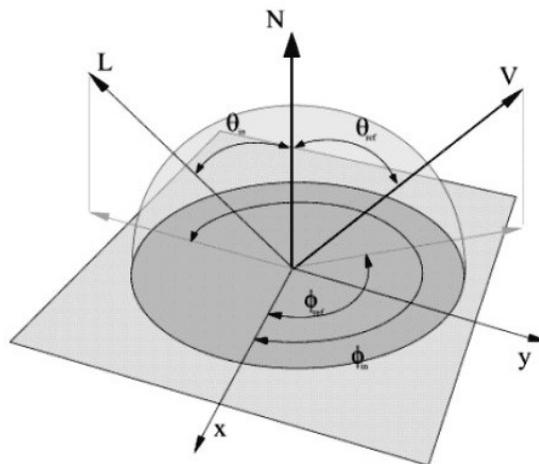


Abb. 18: Die Eingabevariablen der BRDF [23]

Eine BRDF kann das Reflexionsverhalten jedoch nur für eine bestimmte Wellenlänge berechnen. Da monochromatisches Licht in der Natur nicht vorkommt, setzen sich einige Modelle das Ziel, den Prozess der Reflexion zu vereinfachen und so die Berechnung von mehreren Wellenlängen zu ermöglichen [70].

Dabei existieren grundsätzlich zwei Herangehensweisen an diese Thematik: empirische und theoretisch-physikalische Modelle [12]. Für jede Herangehensweise wird im Folgenden ein bekanntes Modell vorgestellt.

2.6.1.1 Modell von Phong

Das empirische Modell von Phong, das 1975 vorgestellt wurde, ist das wohl bekannteste und auch heute noch oft benutzte Beleuchtungsmodell in der Computergrafik [23, 24]. Die Grundlage des Phong-Modells ist die Annahme, dass die spiegelnde Reflexion am stärksten wahrgenommen wird, wenn der perfekt reflektierte Strahl genau ins Auge des Betrachters fällt [76]. Die Reflexion wird umso schwächer wahrgenommen, je größer der Winkel zwischen der Betrachtungsrichtung und der Richtung des reflektierten Lichts ist [6].

Die Oberfläche ist in diesem Modell als ein empirisches Mosaik aus vielen winzigen Spiegeln aufgebaut, wodurch sich ein Reflexionskegel um die ideale Spiegelrichtung bildet [70]. Bei unseren Untersuchungen kann das Phong-Modell nicht angewandt werden, da es nicht physikalisch basiert ist: Es hält den Energieerhaltungssatz nicht ein. Dies bedeutet, dass ein Objekt unter bestimmten Umständen mehr Licht ausstrahlen kann, als Licht auf das Objekt einstrahlt wird [23]. Daher kann das Phong-Modell zwar zur Simulation von Glanzerscheinungen auf Oberflächen für graphische Zwecke benutzt werden, eine korrekte Simulation von physikalischen Größen ist jedoch nicht verlässlich möglich.

2.6.1.2 Modell nach Cook und Torrance

1982 stellten Cook und Torrance dieses Modell zur Berechnung der spekularen Reflexion auf physikalischer Grundlage vor [70]. Es basiert auf Arbeiten von Torrance und Sparrow von 1967 [68] und Blinn 1977 [6]. Ziel war eine realistische Simulation von Spiegelungseffekten auf Metallen und Kunststoffen [15]. Zusätzlich ist es möglich, mit diesem Modell betrachtungswinkelabhängige Farbänderungen auf Oberflächen zu beschreiben [23].

Dem Modell liegt die Vorstellung zu Grunde, dass die Oberfläche aus sehr vielen kleinen, ebenen und unterschiedlich ausgerichteten Facetten besteht (Abb. 19), die in sich jeweils perfekte

Spiegel darstellen. Die Mikrofacetten bilden auf der Oberfläche V-förmige Vertiefungen, wobei benachbarte Facetten den gleichen Neigungswinkel haben. Diese Vereinfachung auf nur einen Neigungsverteilungsparameter wird häufig als unrealistisch kritisiert, dient jedoch dazu, eine Berechnung überhaupt möglich zu machen [23].

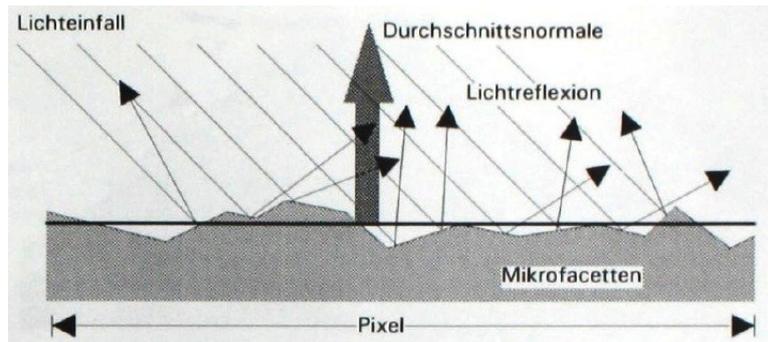


Abb. 19: Das Mikrofacetten-Modell [67]

Ausgehend von dieser Modellvorstellung werden für jeden Objektpunkt bestimmte Sachverhalte berücksichtigt. Diese sind:

- der Anteil der Facetten, die gerade zum Auge hin spiegeln und so für Glanzeffekte sorgen,
- der Anteil der Facetten, die für den Betrachter überhaupt nicht sichtbar sind,
- die Anteile des ein- und ausfallenden Lichts, die durch die Rauheit der Oberfläche auf dem Weg zum Auge verloren gehen und
- der Anteil des Lichts, der überhaupt reflektiert wird [12].

Die Annahmen sind jedoch nur korrekt, wenn die Wellenlänge des Lichts kleiner als die Unebenheiten der Oberfläche ist [23].

2.6.2 Zusammenhang zwischen Glanz und Rauheit im Cook-Torrance-Modell

Im Cook-Torrance-Modell wird die spekulare Komponente des reflektierten Lichts, also der gerichtet reflektierte Anteil, mit R_s bezeichnet. Nimmt man eine Oberfläche aus Mikrofacetten

an, die jede für sich gerichtet reflektiert, so wird der spekulare Anteil des reflektierten Lichts mit folgender Formel beschrieben [15]:

$$R_s = \frac{F}{\pi} \frac{DG}{(N \cdot L)(N \cdot V)}$$

Der Term F beschreibt den Fresnel-Reflexionskoeffizienten, der im Wesentlichen vom Brechungsindex des Materials und dem Einstrahlwinkel abhängig ist. Die Größe G ist der geometrische Abschwächungsfaktor, der die gegenseitige Beschattung von aneinander liegenden Facetten berücksichtigt. N ist die Vektorrichtung der Normalen auf die Oberfläche, L die Richtung des Lichts und V die Blickrichtung des Betrachters. Für unsere Betrachtung ist die Größe D von übergeordneter Wichtigkeit [15]. Diese beschreibt die Verteilung bzw. Winkelung der Mikrofacetten. Von Cook und Torrance wird die Beckmann-Verteilungsfunktion angenommen [23]:

$$D = \frac{1}{m^2 \cos^4 \alpha} e^{-\left(\frac{\tan \alpha}{m}\right)^2}$$

Für den hier vorgestellten Bezug ist wiederum nur die Größe m interessant. m bezeichnet die Wurzel der gemittelten Quadrate der Neigung der Facetten. Vereinfacht ausgedrückt entspricht m der Neigung der Facetten. Nimmt man für m kleine Werte an, geht man von zueinander nur wenig geneigten Facetten aus. Die BRDF ist somit hochgradig direktional um die gerichtete Reflexion verteilt. Anders ausgedrückt ist der Glanz hoch. Große Werte für m hingegen ergeben steil zueinander stehende Facetten und somit eine erhöhte Rauheit der Oberfläche. Die Verteilung des reflektierten Lichts ist folglich größer und die Oberfläche erscheint matt [15].

Stellt man die durch das Cook-Torrance-Modell gegebene Beziehung für die spekulare Reflexion abhängig von der Neigung der Facetten einmal vereinfacht dar, so ergibt sich die in Abbildung 20 gezeigte exponentielle Beziehung.

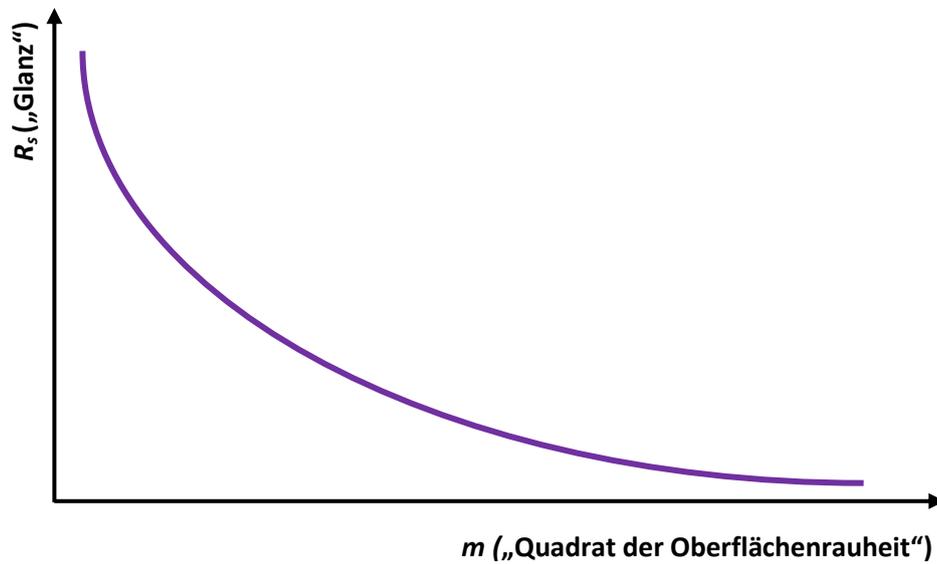


Abb. 20: Exponentielle Beziehung zwischen R_s und m im Modell von Cook und Torrance

In der vorgelegten Studie ist zu überprüfen, ob die hier auf vermutlich anisotropen Oberflächen ermittelten Werte auch diesem Modell für isotrope Oberflächen folgen.

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Materialien

3.1.1 Prüfkörper

Für die Messreihen wurden Prüfkörper mit den Maßen 30 x 30 x 4 mm aus dem Material Plexiglas GS (Carl Thomas Kunststoffverarbeitung GmbH, Köln) gewählt. Das Plexiglas ist schwarz eingefärbt, um etwaige Interferenzen mit durchscheinenden Materialien der Umgebung sowie Remissionen zu vermeiden (Abb. 21).

Plexiglas ist ein Handelsname für ein amorphes Thermoplast, der für das Unternehmen Röhm Evonik Industries AG eingetragen ist [21]. Er beschreibt ein Polymerisat der Methacrylsäuremethylester und wird auch als Acrylglas bezeichnet. Plexiglas GS im Speziellen beschreibt nach DIN EN ISO 8257 eine gegossene PMMA-Masse. Dieses gegossene Massenpolymerisat ist optisch besonders hochwertig [3]. Der Hersteller gibt die Richtwerte der Eigenschaften bei 23 °C und 50 % relativer Luftfeuchte wie folgt an: die Rohdichte beträgt 1,19 g/cm³, die Kugeldruckhärte H 991/30 175 N/mm², der Transmissionsgrad TD 45 92 %, der Reflexionsverlust im sichtbaren Bereich 4 % sowie die Absorption im sichtbaren Bereich < 0,05 % [21].

Die Härte von Zahnschmelz beträgt zum Vergleich zwischen 250 und 390 KHN [34].

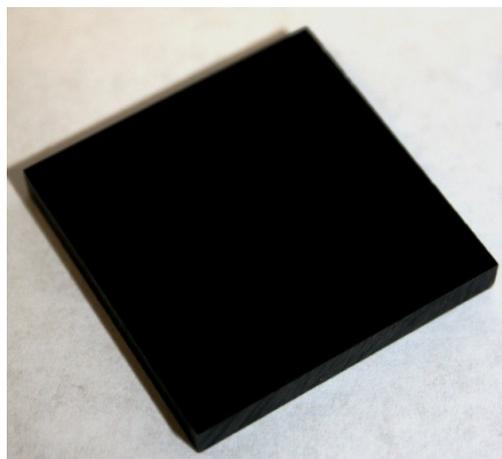


Abb. 21: Prüfkörper

3.1.2 Zahnbürsten

Für die Versuche wurden Zahnbürsten der Marke Dr. Best „Plus“ / „Original“ (GlaxoSmith-Kline Consumer Healthcare, Hamburg) verwendet. Die Borsten bestehen aus Nylon 6.12 und haben einen Filamentdurchmesser von 0,15 mm im äußeren und 0,18 mm im inneren Kranz. Die Borstenlänge beträgt 11 mm, der keilförmige Borstenkopf hat eine Dimension von 12,5 x 27 mm. Pro Büschel befinden sich im äußeren Kranz 66 Filamente, im Inneren 46 Filamente. Die Filamente sind an der Spitze abgerundet [Angabe des Herstellers GlaxoSmithKline].

Für die Versuche wurde der Bürstenkopf vom Schaft getrennt und zur Aufnahme in die Bürstmaschine mit einer Schraube versehen, ohne das Borstenfeld zu modifizieren (Abb. 22).



Abb. 22: Zahnbürste Dr. Best Plus/Original und vorbereiteter Bürstenkopf

3.1.3 Zahnpasten

Es wurden nach dem Zufallsprinzip aus der Vielzahl der erhältlichen handelsüblichen Zahnpasten 12 Produkte sowie eine zahnärztliche Polierpaste ausgewählt. Des Weiteren erfolgte eine Untersuchung ohne Zahnpasta mit reinem destillierten Wasser.

1. Colgate Dentagard Original

Colgate-Palmolive CP GABA GmbH, Hamburg

Inhaltsstoffe: Aqua, Glycerin, Hydrated Silica, Sodium Lauryl Sulfate, Cellulose Gum, Aroma, Sodium Fluoride, Sodium Saccharin, Commiphora Myrrha Oil, Salvia Officinalis Oil, Mentha Piperita Oil, Chamomilla Recutita Flower Extract, Limonene, CI 74260, CI 77891

RDA: 63 [33]

2. Colgate Sensation White

Colgate-Palmolive CP GABA GmbH, Hamburg

Inhaltsstoffe: Aqua, Hydrated Silica, Glycerin, Sorbitol, Sodium Bicarbonate, PEG-12, Aroma, Sodium Lauryl Sulfate, Carrageenan, Sodium Fluoride, Sodium Saccharin, Polyethylene, Limonene, CI 77891, CI 42090

RDA: 111 [41]

3. Colgate Total Original

Colgate-Palmolive CP GABA GmbH, Hamburg

Inhaltsstoffe: Aqua, Glycerin, Hydrated Silica, PVM/MA Copolymer, Sodium Lauryl Sulfate, Cellulose Gum, Aroma, Sodium Hydroxide, Carrageenan, Sodium Fluoride, Triclosan, Sodium Saccharin, CI 77891.

RDA: 73 [33]

4. Dentalux Complex 3 Mint Fresh

Dental-Kosmetik GmbH & Co KG, Dresden

Inhaltsstoffe: Aqua, Hydrated Silica, Sorbitol, Propylene Glycol, Tetrapotassium Pyrophosphate, Disodium Pyrophosphate, Sodium C14-C16 Olefin Sulfonate, Aroma, Xanthan Gum, Titanium Dioxide, Sodium Fluoride, Sodium Saccharin, Allantoin, Silica, Sodium Methylparaben, CI 74160

RDA: 170 [Angabe des Herstellers Lidl]

5. DontoDent Fluor Fresh

dm-drogerie Markt, Karlsruhe

Inhaltsstoffe: Aqua, Hydrated Silica, Sorbitol, Aroma, Cellulose Gum, Sodium C14-C16 Olefin Sulfonate, Sodium Cocoyl Isethionate, Sodium Fluoride, Sodium Saccharin, Methylparaben, Propylparaben, Limonene, CI 42051

RDA: 50 [Angabe des Herstellers dm Drogeriemarkt]

6. Dr Wolff's BioRepair

Dr. Kurt Wolff, Bielefeld

Inhaltsstoffe: Aqua, Zinc Hydroxyapatite, Hydrated Silica, Glycerin, Sorbitol, Silica, Aroma, Cellulose Gum, Sodium Myristoyl Sarcosinate, Sodium Methyl Cocoyl, Taurate, Tetrapotassium Pyrophosphate, Zinc PCA, Sodium Saccharin, Phenoxyethanol, Benzyl Alcohol, Propylparaben, Methylparaben, Citric Acid, Sodium Benzoate

RDA: 69 [Angabe des Herstellers Dr. Kurt Wolff]

7. elmex Erosionsschutz

Colgate-Palmolive CP GABA GmbH, Hamburg

Inhaltsstoffe: Aqua, Glycerin, Sorbitol, Hydrated Silica, Hydroxyethylcellulose, Aroma, Cocamidolpropyl Betaine, Titanium Dioxide, Olafur, Sodium Cluconate, Stannous Chloride, Alumina, Chitosan, Sodium Saccharin, Sodium Fluoride, Potassium Hydroxide, Hypochloric Acid

RDA: 60 [Angabe des Herstellers GABA]

8. elmex Kariesschutz

Colgate-Palmolive CP GABA GmbH, Hamburg

Inhaltsstoffe: Aqua, Hydrated Silica, Sorbitol, Glycerin, Hydroxyethylcellulose, Olafur, Aroma, Limonene, CI 77891, Sodium Saccharin, Hydrochloric Acid

RDA: 90 [Angabe des Herstellers GABA]

9. Eurodont Aktiv Fresh

durodont GmbH, Eisingen

Inhaltsstoffe: Aqua, Hydrated Silica, Sorbitol, Propylene Glycol, Sodium C14-16 Olefin Sulfonate, Aroma, Cellulose Gum, Alumina, Sodium Fluoride, Zinc Chloride, Sodium Saccharin, Sodium Methylparaben, CI 74160, CI 77891

RDA: 50 [Angabe des Herstellers Aldi]

10. Parodontax

GlaxoSmithKline Consumer Healthcare, Bühl

Inhaltsstoffe: Sodium Bicarbonate, Aqua, Glycerin, Cocamidopropyl Betaine, Alcohol, Krameria Triandra Extract, Echinacea Purpurea Flower/Leaf/Stem Juice, Alcohol denat., Xanthan Gum, Chamomilla Recutita Extract, Commiphora Myrrha Extract, Sodium Fluoride, Sodium Saccharin, Sodium Benzoate, Savia Officinalis Oil, Mentha Piperita Oil, Mentha Arvensis Oil, Limonene, CI 77491

RDA: 60-70 [Angabe des Herstellers GlaxoSmithKline]

11. Pearls & Dents

Dr. Liebe Nachf. GmbH & Co. KG, Leinfelden-Echterdingen

Inhaltsstoffe: Aqua, Glycerin, Sodium Metaphosphate, Ethylen-Vinylacetat Copolymer, Silica, Xylitol, Propylene Glycol, Aminfluorid, Cocamidopropyl Betaine, Chamomilla Recutita Flower Extract, Alcohol denat., Panthenol, Bisabolol, Sodium Fluoride, Hydroxyethylcellulose, Titanium Dioxide, Sodium Benzoate, Saccharin, Aroma, Anethol, Citronellol, Eucalyptol, Eugenol, d-Limonen, Menthol

RDA: 45 [Angabe des Herstellers Dr. Liebe]

12. Vitis Whitening

Dentaid, Spanien

Inhaltsstoffe: Aqua, Glycerin, Sorbitol, Silica, PVP, Titanium Dioxide, Sodium Lauryl Sulfate, Aroma, Sodium Monofluorophosphate, Perlite, Xanthan Gum, Xylitol, Pentasodium Triphosphate, Sodium Hexametaphosphate, Tetrapotassium Pyrophosphate, Hydroxyapatite (nano), Sodium Saccharin, Menthone Glycerin Acetal, Potassium Chloride, Sodium Methylparaben, Potassium Acesulfame

RDA: 48 [Angabe des Herstellers Dentaid]

13. Cleanic Prophylaxe-Paste

KerrHawe, Schweiz

Inhaltsstoffe: Silicates, Humectants, Binders, Surfactants, Flavouring Substances (Peppermint, Menthol), Colouring Substances, (E 132, Titanium Dioxide), Calcium Fluoride

RDA: 45 [Angabe des Herstellers Kerr]

Die in der Literatur bzw. von den Herstellern angegebenen RDA-Werte sind folgend graphisch dargestellt (Abb.23).

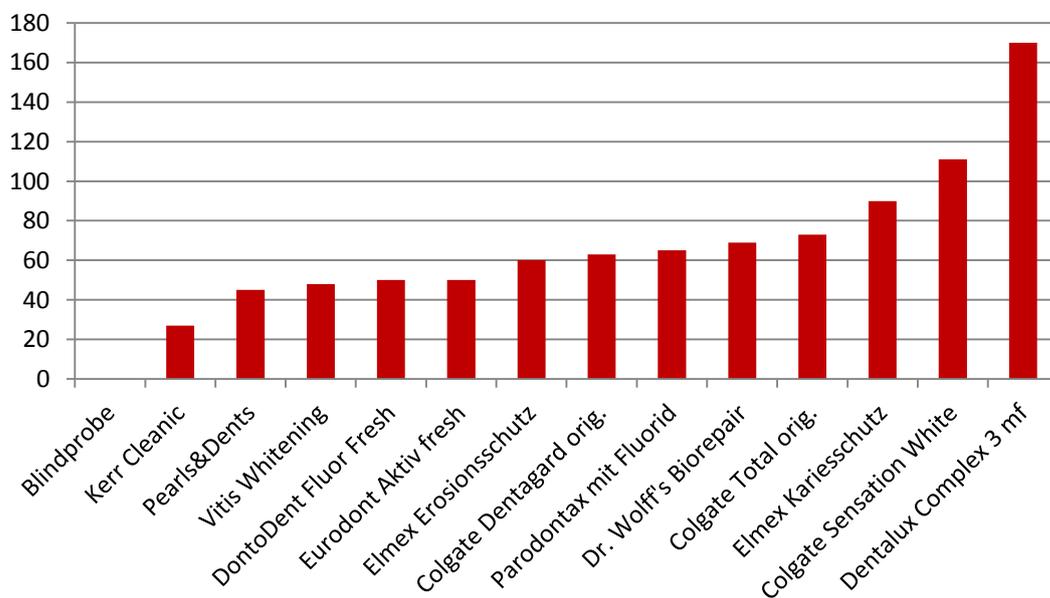


Abb. 23: RDA-Werte der verwendeten Zahnpasten

3.2 Probenherstellung

Für die Versuchsreihe G1 wurden die Prüfkörper in hochglänzenden Zustand – wie vom Hersteller geliefert – verwendet. Der Glanzwert war 86 GU in der 60°-Messung.

Für die Versuchsreihen G2 und G3 wurden die Prüfkörper vor den eigentlichen Abrasionsversuchen mit Zahnpasta und Zahnbürste mit einem Oberflächenprofil versehen. Die Zielwerte waren dabei in der Reihe G2 35 GU in der 60°-Messung sowie in der Reihe G3 10 GU

in der 60°-Messung. Hierzu wurden die Prüfkörper mit Hilfe eines Schleifgeräts der Firma ScanDia gleichmäßig aufgeraut (Abb.24). Der Prüfkörper wird mit einem definierbaren Auflagegewicht in regelmäßigen Schwingbewegungen über eine rotierende Schleifpapierscheibe geführt. Für die Reihe G2 wurde der Prüfkörper bei 495 g Auflage 240 s mit einer Körnung von 4.000 grid bearbeitet, für die Reihe G3 betrug die Bearbeitungszeit 120 s bei einer Körnung von 2.000 grid und 495 g Auflagegewicht. Verwendet wurden Schleifpapierscheiben der Firma Struers (Struers GmbH, Willich).



Abb. 24: Scan Dia Scandimatic mit Probekörper und Auflagegewicht

Für die Versuchsreihe R wurden die Prüfkörper im unveränderten Originalzustand verwendet.

Zusammengefasst wurden somit in der der Versuchsreihen G1, G2, G3 und R jeweils fünf Prüfkörper pro Zahnpasta unter den folgend in Kapitel 4.1 beschriebenen Versuchsbedingungen bearbeitet. Für die Versuchsreihen G2 und G3 wurden die Prüfkörper vor der eigentlichen Versuchsreihe vorbereitet, indem sie wie oben beschrieben, mit einem Profil versehen wurden.

3 Probenbearbeitungen

3.3.1 Bürstmaschine

In Anlehnung an die V-8 cross-brushing-machine [26] und das bei Liljeborg [52] angewandte Verfahren zur Bearbeitung von Proben wurde ein eigener Prototyp zur reproduzierbaren Bearbeitung von Proben mit einer Zahnbürste entwickelt (Abb. 25). Die Bürstmaschine bewegt über eine exzentrische Rotationsmechanik einen Trägerschlitten in einer periodischen Bewegung mit einer Gesamtauslenkung von 30 mm. Die Geschwindigkeit wird über einen Motor digital eingestellt. Pro Umdrehung des Motors erfährt der Schlitten einen Doppelzug. Der Motor passt das Drehmoment automatisch an die vorgewählte Umdrehungszahl an. Die Gesamtzahl der Bewegungen wird über eine Zeitschaltuhr vorgegeben.

Der Trägerschlitten führt eine Wanne zur Aufnahme des Prüfkörpers. Diese Wanne dient zeitgleich dazu, die Zahnpasta-Suspension zu fassen.

Über einen Haltearm wird der Bürstenkopf über den Prüfkörper geführt. Die Ausrichtung der Filamente kann dabei individuell angepasst werden. Der Haltearm dient zusätzlich zur Aufnahme von Gewichten, mit denen der Auflagedruck der Filamente auf den Prüfkörper eingestellt wird.



Abb. 25: Bürstmaschine

3.3.2 Zusammensetzung der Zahnpastasuspension

Die Zahnpasta-Suspensionen, in der englischsprachigen Literatur als „slurry“ bezeichnet, setzen sich im Volumenverhältnis 2:1 von destilliertem Wasser zu Zahnpasta zusammen. Für die Versuchsreihen G1 - G3 wurden 15 ml Suspension jeweils 5 Minuten mit einem Magnetrührer angerührt, für die Reihe R waren es 22,5 ml.

3.4 Vorversuche

3.4.1 Vorversuche zum Glanz

3.4.1.1 Spülversuche

Das Ziel dieser Vorversuche zum Glanz war es, eine gleichmäßige Oberflächentextur unabhängig von einem zusätzlichen Medium wie einer Bürste oder Ähnlichem zu erhalten. In einem Magnetrührer wurde die Zahnpastasuspension in Bewegung gesetzt. Der oben beschriebene Probekörper wurde in verschiedenen Positionen in der in Bewegung versetzten Suspension ausgerichtet und entsprechend umspült (Abb. 26).

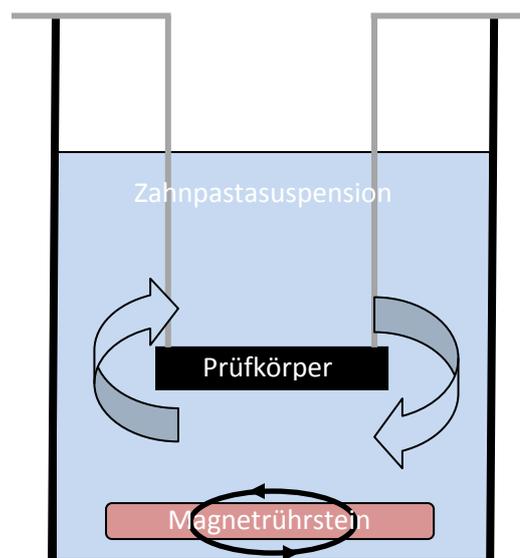


Abb. 26: Skizze der Versuchsanordnung Spülversuche

In einer waagerechten Position des Prüfkörpers konnte durch körnige Zahnpasten wie Parodontax eine Oberflächentrübung erzielt werden. Bei anderen Zahnpasten konnten jedoch keine signifikanten Oberflächenveränderungen festgestellt werden.

Daher wurde von diesem Verfahren Abstand genommen.

3.4.1.2 Rotationsversuche

Auf der Basis der Spülversuche wurden die Probekörper in einem Halter durch ein Rührwerk in der stehenden Suspension bewegt. Ein spezieller Formkonter wurde hierzu angefertigt (Abb.27).



Abb. 27: Aufbau Rotationsversuche

Unter allen gewählten Parametern konnte keine signifikante Oberflächentrübung mit einer der gewählten Pasten geschaffen werden.

3.4.1.3 Bürstversuche

In Analogie zu bekannten Versuchen zur Abrasion wurde die in Kapitel 3.3.1 beschriebene Bürstmaschine entwickelt, die eine Bearbeitung des Probekörpers bei einem definierbaren Auflagegewicht und einer definierbaren Anzahl von Zügen ermöglicht.

Um eine gleichmäßige Textur zu erhalten, zeigte es sich als günstig, die Bürstrichtung nach der ersten Hälfte der Gesamtzahl der Züge um 90° zu versetzen. Weiterhin erwies sich eine Anzahl von zwei mal 1.000 Doppelzügen als ausreichend, um eine derartige Textur zu schaffen. Eine Selektion zwischen Blindversuchen, handelsüblichen Zahnpasten sowie einer zahnärztlichen Polierpaste war so möglich. Um eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu erzielen, wurde das Auflagegewicht auf 235 g [74] eingestellt.

Dieser Versuchsaufbau wurde sodann als Basis für die Hauptuntersuchungen zum Glanz gewählt.

Zusätzlich sollte untersucht werden, wie sich die verschiedenen Abrasivmittel auf glatten und auf rauen Oberflächen verhalten.

Für die Untersuchung der Rauheit in Analogie zu Untersuchungen alio loco [44, 52] sollte hingegen ein möglichst ausgeprägtes Profil erschaffen werden. Hier erwies es sich als günstig, den Prüfkörper eine längere Dauer von bis zu 12.000 Doppelzügen in nur einer Richtung zu bearbeiten. Dies wurde in den Hauptuntersuchungen auch so ausgeführt.

3.4.1.4 Diskriminierung zwischen den Proben

Um zu überprüfen, ob eine Diskriminierung zwischen den verschiedenen Zahnpasten möglich ist, wurden unter den in 3.4.1.3 für die Reihe G1 genannten Bedingungen je zwei Prüfkörper mit Colgate Dentagard orig., Elmex Kariesschutz und ein Blindversuch nur mit destilliertem Wasser angefertigt. Aus 10 Glanzmessungen pro Prüfkörper, also insgesamt 20 Messwerten, wurden die Mittelwerte errechnet und verglichen (Abb. 28). Blindprobe erreichte im Mittel 79 GU in der 60°-Geometrie, für Colgate Dentagard wurden 70 GU und für Elmex Kariesschutz 47 GU ermittelt.

Die Unterscheidung zwischen den Proben auf Basis der Glanzmessung in der 60°-Geometrie war also eindeutig möglich.

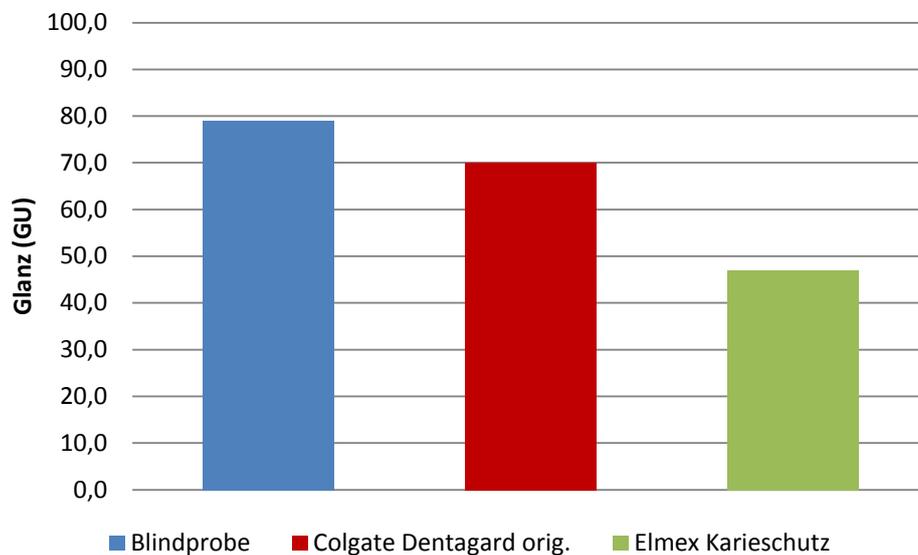


Abb. 28: Überprüfung der Diskriminierung zwischen den Proben (Glanz)

3.4.2 Vorversuche zu Rauwerten

3.4.2.1 Messbereiche

Es wurden Proben aus den Reihen G1 und R mit dem Perthometer M2 vermessen. In der Reihe R war eine Erfassung des Oberflächenprofils möglich. In der Reihe G1 hingegen war eine Erfassung von Rauwerten nicht ergiebig, da diese unterhalb der Messschwelle des Gerätes lagen beziehungsweise so geringe Messwerte erzeugten, dass eine Diskriminierung zwischen den Proben nicht ermittelt werden konnte.

3.4.2.2 Plastische Deformation des Prüfkörpers

Bei der berührenden Untersuchung im Tastschnittverfahren besteht die Möglichkeit, dass das zu prüfende Material selbst durch die Diamant-Tastspitze eine Deformation erfährt. Um diese Ungenauigkeit auszuschließen, wurde auf einem zu diesem Zweck mit den Zahnpasten Colgate Total orig. und Vitis Whitening angefertigten Prüfkörper die Messung mit dem Perthometer

M2 an einer Stelle 20-fach wiederholt, ohne das Vorschubgerät PFM des Perthometer M2 zu versetzen. Die Abweichung der Mittenrauheit zwischen der ersten und der letzten Messung betrug dabei im Mittel nur 0,027 % (Abb. 29). Daher konnte die plastische Deformation zumindest bei wiederholter Belastung ausgeschlossen werden. Es besteht jedoch das Restrisiko, dass schon die erste Berührung eine Deformation herbeiführt.

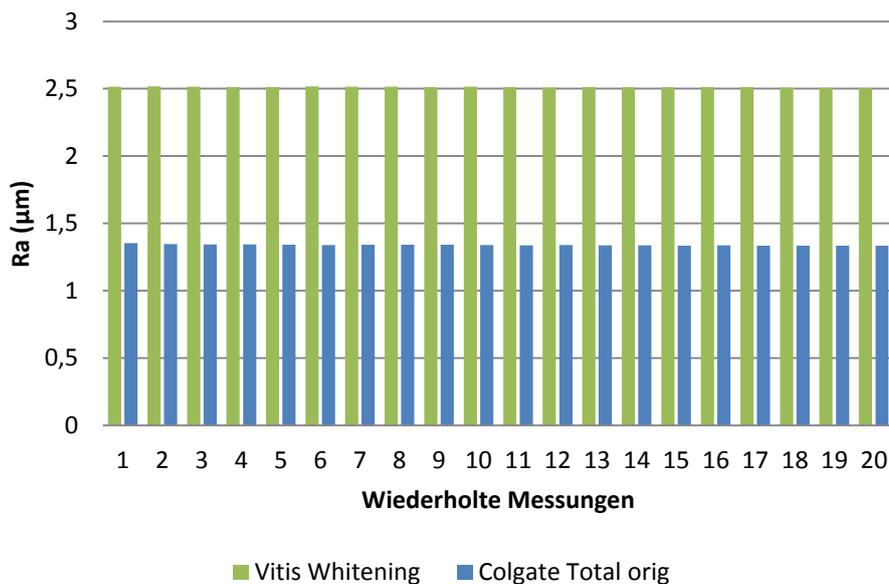


Abb. 29: Wiederholte Messung des Wertes für R_a

3.4.2.3 Diskriminierung zwischen den Proben

Zur Überprüfung der möglichen Unterscheidung zwischen den verschiedenen Pasten wurde unter den in 3.4.1.3 genannten Bedingungen je ein Prüfkörper mit Colgate Total orig., Vitis Whitening und ein Blindversuch nur mit destilliertem Wasser angefertigt. Aus drei Messwerten für den R_a wurde der Mittelwert ermittelt. Für die Blindprobe wurde ein Wert von 0,168 µm ermittelt, für Colgate Dentagard ergaben sich 1,585 µm, für Elmex Kariesschutz 2,352 µm (Abb. 30). Damit zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den untersuchten Abrasivmitteln und die Diskriminierung zwischen den Proben auf Basis des R_a war somit eindeutig möglich.

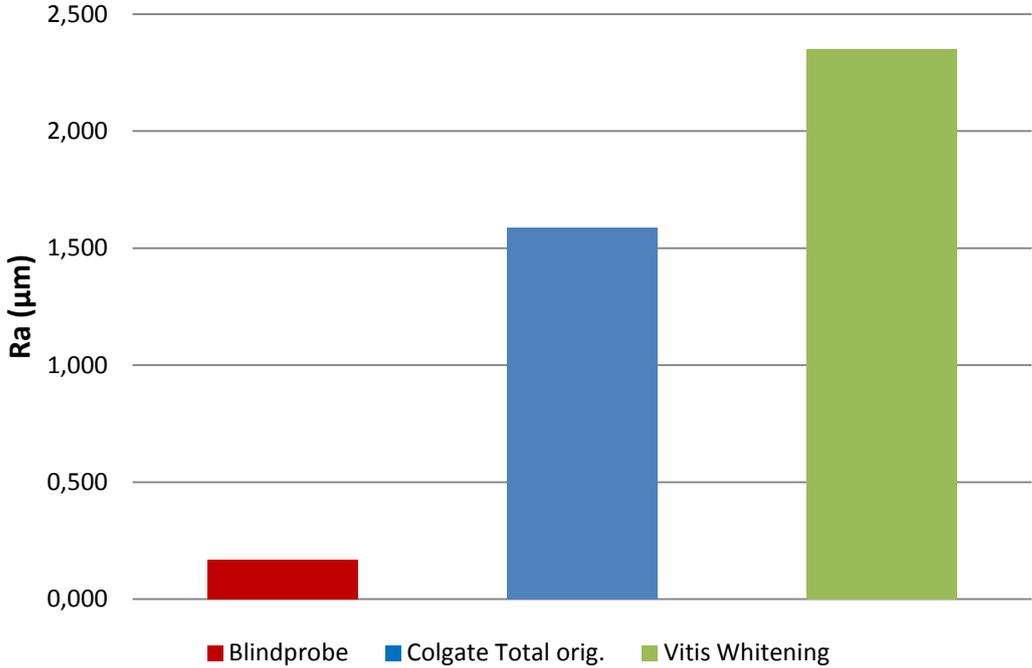


Abb. 30: Diskriminierung zwischen den Proben (R_a)

4 Hauptuntersuchungen

4.1 Versuchsanordnungen

4.1.1 Versuchsanordnung in den Reihen G1, G2, G3

In den Versuchsreihen G1, G2, G3 war es das Ziel, eine für die Glanzmessung optimale Oberfläche zu schaffen. Hierfür benötigt man eine möglichst gleichmäßige Textur. Anhand von Vorversuchen erwies sich ein Zyklus von zwei mal 1.000 Doppelzügen, wobei nach dem ersten Durchgang der Prüfkörper um 90° gedreht wird, als gut geeignet. Angepasst an realistische Andruckkräfte bei der Mundhygiene und an die allgemeine Studienlage [44, 52, 56, 57, 74] wurde ein Auflagegewicht von 235 g eingestellt. Der Bürstenkopf wird orthogonal zur Bürstrichtung eingesetzt, sodass dieser bei jedem Zug die gesamte Fläche des Probekörpers berührt (Abb. 31). Vor jedem Versuch wurden die Bürstenfilamente orthogonal zum Prüfkörper ausgerichtet.

Nach der Bearbeitung der Proben mit Zahnpasta und Zahnpaste wurden die Probekörper mit destilliertem Wasser rückstandslos von der Zahnpasta befreit.

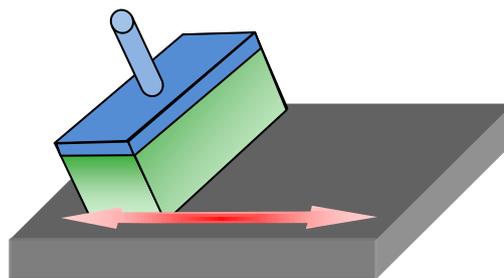


Abb. 31: Versuchsanordnung Reihen G1 - G3

4.1.2 Versuchsanordnung in der Reihe R

In der Versuchsreihe R hingegen war ein möglichst tiefes Profil erwünscht. Angelehnt an die Versuche von Liljeborg et al. [52] wurde der Prüfkörper mit insgesamt 12.000 Doppelzügen bei einem Auflagegewicht von 235 g bearbeitet. Der Bürstenkopf war dabei längs zur Bürst- richtung ausgerichtet (Abb. 32). In dieser Ausrichtung war mit einer geringeren Anzahl von Zügen eine deutlichere Ausprägung des Profils zu erreichen. Die Filamente standen ebenfalls orthogonal zum Prüfkörper.

Auch hier wurden nach der Bearbeitung der Proben mit Zahnpasta und Zahnpasta die Probe- körper mit destilliertem Wasser rückstandslos von der Zahnpasta gereinigt.

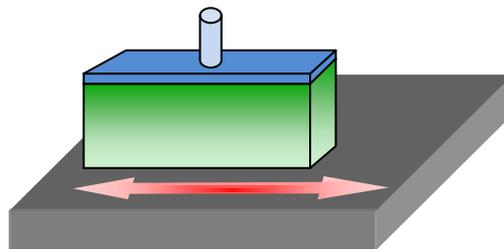


Abb. 32: Versuchsanordnung Reihe R

4.2 Messprotokolle

4.2.1 Messung des Glanzes

Bei der Messung des Glanzes wurde der Größe des Messflecks des Glossmeters micro TRI gloss entsprochen. Es wurde ein Schema erstellt, über welches eine reproduzierbare Messung an insgesamt 5 Punkten in einer Richtung auf dem Prüfkörper möglich war (Abb. 33 u. 34). Für jede Messung wurde das Glanzmessgerät neu aufgesetzt.

Für die Reihen G1, G2 und G3 erfolgte die Messung in zwei Richtungen. Es wurden jeweils fünf Werte in einer Richtung erhoben. Die Orientierungen waren um 90° versetzt. Es ergaben sich hier also insgesamt 10 Werte.

Für die Reihe R wurden die Messwerte in nur einer Richtung erfasst. Es wurden somit 5 Messwerte erhoben. Der Probekörper war so orientiert, dass nur der bearbeitete Bereich durch das Glossmeter erfasst wurde.

Die Messwerte wurden auf dem geräteinternen Speicher hinterlegt und über die Schnittstelle am Computer ausgelesen. Abschließend wurde jeweils der Median aus allen Werten für einen Probekörper ermittelt.

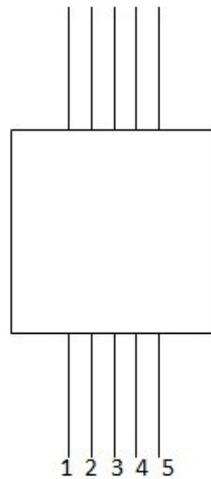


Abb. 33: Schema für die Glanzmessung



Abb. 34: Glanzmessung mit dem mikro-TRI-gloss-Gerät

4.2.2 Messung der Rauheit

4.2.2.1 Perthometer M2

Für die Bestimmung der Rauheit mit dem Perthometer wurde ebenfalls eine Vorlage entwickelt, die ein reproduzierbares Ergebnis ermöglicht. Die Messung erfolgte an drei Stellen: in der Mitte des Probekörpers und jeweils 5 mm zur Seite versetzt (Abb. 35).

Es wurde eine Taststrecke L_t von 5,6 mm gewählt, um nur den bearbeiteten Bereich zu erfassen. Die Probekörper der Reihe R wurden in einer Orientierung eingesetzt, in der die größte Rauheit zu erwarten ist. Die Tastspitze wird demnach orthogonal über die augenscheinlichen Rillen und Riefen geführt.

Die Geräteeinstellungen zur Bestimmung des arithmetischen Mittenrauwert R_a entsprechen der ISO 4288. Bei einer Taststrecke von 5,6 mm liegt der Cut-Off bei 0,8 mm. Die Messstrecke setzt sich aus fünf Einzelmessstrecken zusammen. Die Einzelmessstrecke l , beträgt 0,8 mm, die Gesamtmessstrecke l_m somit 4,0 mm. Für den Cut-Off wird ein phasenkorrektes Gaußfilter

gemäß DIN EN ISO 11562 eingesetzt. Der Cut-Off ist die Wellenlänge im Profil, die durch das phasenkorrekte Filter zu 50 % übertragen wird [53].



Abb. 35: Messung mit Perthometer und der Prüfkörperhalterung

4.3 Statistische Auswertung

Für jede untersuchte Zahnpasta und Messreihe wurde aus den erhobenen Messwerten für Glanz und Rauheit jeweils der Mittelwert, der Median und die Standardabweichung errechnet.

Der Mittelwert ist das bekannteste Lagemaß. Für die Berechnung werden alle Stichprobenwerte addiert und deren Summe durch den Stichprobenumfang n dividiert. Die Anwendung des Mittelwerts ist hauptsächlich bei symmetrischen, eingipfligen Verteilungen sinnvoll [49].

Der Median ist ein Mittelwert für Verteilungen in der Statistik und ist als die mittlere Zahl oder als das Mittel der beiden mittleren Zahlen eines Stichprobenumfangs definiert. Dieser Wert ist daher weniger anfällig für Ausreißer als das arithmetische Mittel über die gesamte Stichprobe [80].

Die Standardabweichung ist mathematisch definiert als die Wurzel aus der Varianz des Stichprobenumfangs. Die Varianz beschreibt die mittlere quadratische Abweichung der Daten vom Mittelwert. Die Standardabweichung ist in diesem Zuge einfacher zu interpretieren als die Varianz und stellt ein Maß für die Homogenität einer Stichprobe dar [49].

Die Varianzanalyse (ANOVA, „analysis of variance“) bezeichnet eine Gruppe von Verfahren, die sich zum Ziel nehmen zu untersuchen, ob die Varianz zwischen den Gruppen größer ist als innerhalb der Gruppen. So kann ermittelt werden, ob sich die Gruppen signifikant voneinander unterscheiden. In diesem Falle wurde eine einfaktorielle ANOVA durchgeführt. Zur Interpretation werden der F-Wert und der F_{crit} -Wert herangeführt. Ist $F > F_{crit}$, kann die Nullhypothese verworfen werden und so besteht zwischen mindestens 2 Erwartungswerten ein signifikanter Unterschied [49]. Eine Voraussetzung für die Varianzanalyse ist die Normalverteilung innerhalb der Stichproben. Die einzelnen Stichproben wurden zuvor auf Normalverteilung mit dem Einstichprobentest nach Kolmogorow-Smirnow überprüft. Stichproben, die keine Normalverteilung aufwiesen, wurden von der Varianzanalyse ausgeschlossen.

Zur Überprüfung des linearen Zusammenhangs zwischen zwei Stichproben wurde die Pearson-Analyse (Bravais-Pearson-Korrelation) herangezogen. Berechnet wird der Korrelationskoeffizient r als Maß für den linearen Zusammenhang zwischen zwei dichotomen oder ordinalskalierten Variablen. Der Korrelationskoeffizient kann Werte zwischen +1 und -1 annehmen. Ist der Betrag des Korrelationskoeffizient $|r| = 1$, so spricht man von einem linearen Zusammenhang. Nähert sich der Wert r der 0 an, so besteht keine lineare Korrelation [27]. In der Praxis werden Werte für r von 0,1 bis 0,3 als gering, von 0,3 bis 0,5 als mittel, von 0,5 bis 0,7 als hoch und von über 0,7 als sehr hoch angesehen [49]. Zusätzlich wurde die Signifikanz dieser Aussage mit dem p-Wert angegeben. Bei p-Werten von $\leq 0,05$ liegt Irrtumswahrscheinlichkeit bei $\leq 5\%$ und das Ergebnis kann als statistisch signifikant erachtet werden [49].

5 Ergebnisse

5.1 Messung des Glanzes

Der Glanz wurde in den unter 4.2.1 beschriebenen Bedingungen in allen 4 Messreihen erfasst.

5.1.1 Messung in den Reihen G1, G2 und G3

Für die unter den in 4.1.1 beschriebenen Parametern bearbeiteten Proben ergaben sich bei den Reihen G1, G2, und G3 die in Abb. 36 gezeigten Werteverteilungen:

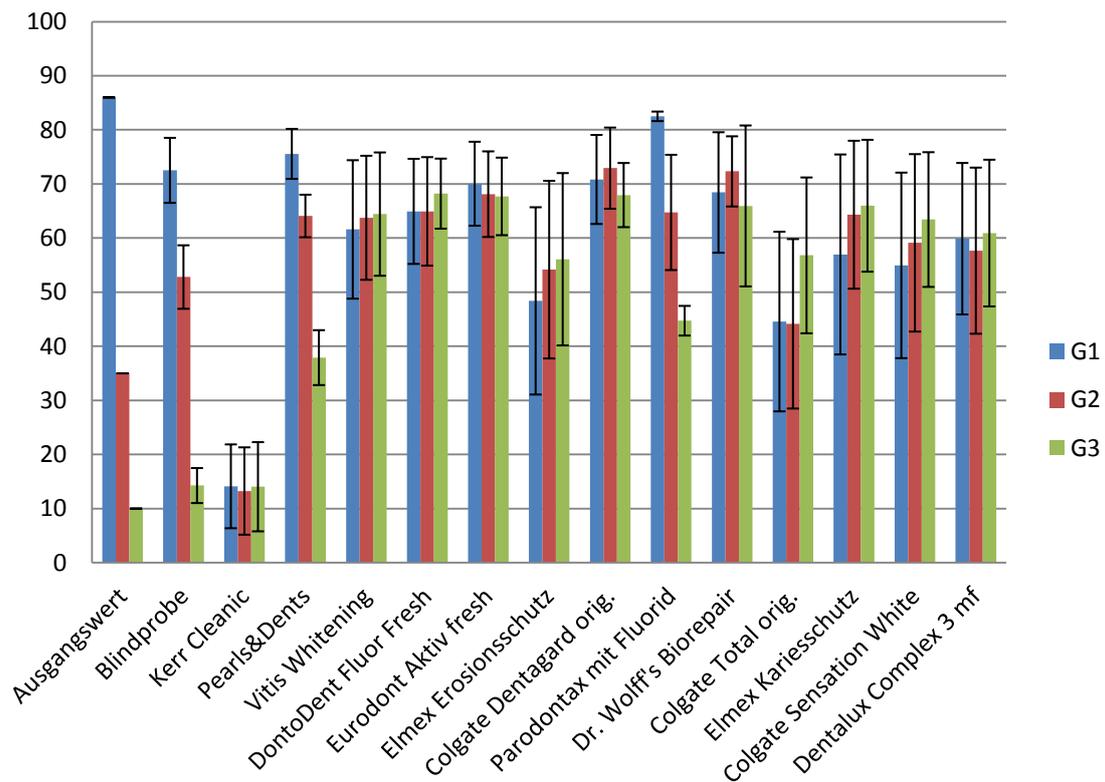


Abb. 36: Messwerte für den Glanz in der 60°-Geometrie in den Reihen G1, G2, G3 (Mittelwerte und Standardabweichungen)

In der Reihe G1 mit dem Ausgangswert 86 GU in der 60°-Messung lag der überwiegende Teil – 10 von 14 – der Messergebnisse im Bereich zwischen 50 und 75 GU. Von diesen Proben mit hohem Glanz konnten sieben Proben dem oberen Bereich des Mittelglanzes und fünf Proben sogar dem Hochglanzbereich zugeordnet werden. Die höchsten Glanzwerte zeigten sich bei Pearls & Dents und Parodontax mit 75,6 beziehungsweise 82,5 GU. Herausstechend niedrig waren die Messwerte für die Prophylaxepaste Cleanic mit 14,1 GU. Die Blindprobe lag mit 72,5 GU im Hochglanzbereich und im oberen Mittelfeld der Messwerte. In der Reihe G1 erwiesen sich 11 von 14 Stichproben als normalverteilt. Die Probereihen für Vitis Whitening, Colgate Dentagard orig. und Colgate Sensation White folgten nicht dem Kriterium der Normalverteilung. Die Varianzanalyse konnte die Nullhypothese widerlegen. Damit besteht zwischen mindestens zwei Stichproben ein signifikanter Unterschied.

In der Reihe G2 mit einem ursprünglich gröberen Profil und dem Ausgangswert von 35 GU in der 60°-Messung zeigte sich eine breitere Streuung der Messwerte. Wieder erbrachte der Großteil der Messungen – 12 von 14 – ein Resultat im Bereich zwischen 50 und 75 GU. Der mit 72,9 GU höchste Wert ergab sich bei Colgate Dentagard. Die Paste Colgate Total lag mit 44,2 GU leicht unter diesem Bereich. Deutlich niedrigere Glanzwerte erreichte wiederum die Prophylaxepaste Kerr Cleanic mit 13,2 GU. Die Blindprobe konnte mit 52,8 GU im unteren Mittelfeld der Messwerte eingeordnet werden. In der Reihe G2 erwiesen sich 10 von 14 Stichproben als normalverteilt. Die Probereihen für Kerr Cleanic, Vitis Whitening, Colgate Total orig. und Elmex Kariesschutz folgten nicht dem Kriterium der Normalverteilung. Die Varianzanalyse konnte die Nullhypothese widerlegen. Damit besteht zwischen mindestens zwei Stichproben ein signifikanter Unterschied.

Die Reihe G3 hatte mit einem Ausgangswert von 10 GU in der 60°-Messung das größte Ausgangsprofil. Doch das Gros der Messungen – 10 von 14 – lag immer noch im Bereich von 50 bis 75 GU. Den höchsten Wert erreichte DontoDent Fluor Fresh mit 68,2 GU. Die Pasten Parodontax und Pearls & Dents unterschritten den Bereich in dieser Reihe mit 44,7 beziehungsweise 37,9 GU und erreichten somit nur den mittleren Bereich des Mittelglanzes. Die niedrigsten Werte mit großem Abstand zum Probenmittel ergaben sich für die Blindprobe mit 14,3 GU und die Prophylaxepaste Kerr Cleanic mit 14,0 GU. In der Reihe G3 erwiesen sich 10 von 14 Stichproben als normalverteilt. Die Probereihen für die Blindprobe, Kerr Cleanic, Dr. Wolff's Biorepair und Colgate Sensation White folgten nicht dem Kriterium der Normalverteilung.

lung. Die Varianzanalyse konnte die Nullhypothese widerlegen. Damit besteht zwischen mindestens zwei Stichproben ein signifikanter Unterschied.

Für die überwiegende Zahl der untersuchten Zahnpasten resultierten unter den verschiedenen Ausgangsbedingungen für die Reihen G1 - G3 sehr ähnliche Werte. Es ist also in diesen Fällen davon auszugehen, dass diese Zahnpasten auf den Acrylgaskörpern in diesem Versuchsaufbau so abrasiv sind, dass sie jeweils die gesamte Oberflächenstruktur abgetragen und ein charakteristisches Profil hinterlassen haben. Gemeinhin liegt dieser unabhängig von den Ausgangsbedingungen erreichte spezifische Wert bei 50 bis 75 Glanzeinheiten in der 60°-Messung. Bei der Prophylaxepaste Cleanic ergab sich ein deutlich kleinerer Wert von etwa 14 GU.

Lediglich im Blindversuch sowie für die Pasten Pearls & Dents und Parodontax zeigten sich keine derartig spezifischen Werte, sondern deutliche Differenzen zwischen den Versuchsreihen G1 - G3. So bleiben die Werte in diesen drei Reihen tendenziell immer in Richtung des Ausgangswerts orientiert. Diese beiden genannten Zahnpasten verfügen anscheinend wie bei der Bearbeitung ohne Poliermittel im Blindversuch nicht über das Potential, in diesem Versuchsaufbau die Oberfläche der Acrylgaskörper deutlich zu verändern. Das ursprüngliche Profil blieb weitgehend erhalten.

5.1.2 Messung in der Reihe R

Für die Reihe R ergaben sich für die unter den in 4.1.2 genannten Bedingungen erstellten Proben folgende Werte:

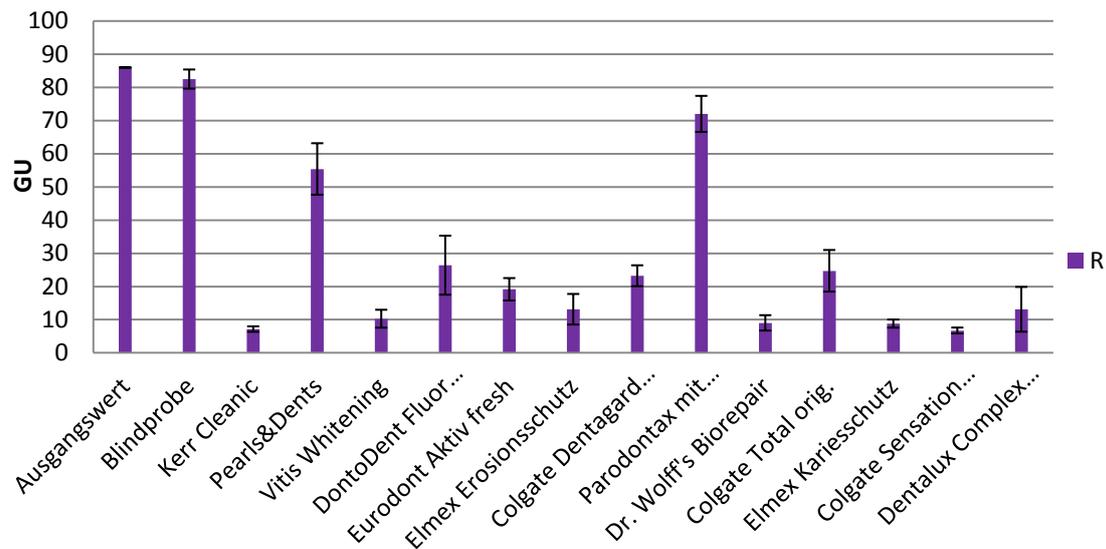


Abb. 37: Messwerte für den Glanz in der 60°-Geometrie in der Reihe R (Mittelwerte und Standardabweichungen)

In dieser Übersicht (Abb. 37) ist auffällig, dass die Werte für 11 der 14 untersuchten Zahnpasten im niedrigen Bereich zwischen 5 und 30 Glanzeinheiten liegen. Dies ist mit der Methode zu begründen, mit der die Proben hergestellt wurden. Durch die dauerhafte und regelmäßige Bearbeitung hat sich ein deutlicheres Profil ergeben.

Erneut stechen die Werte des Blindversuches und der Zahnpasten Pearls & Dents und Parodontax, diesmal mit vergleichsweise hohen Glanzwerten, heraus. Diese liegen zwischen 55 und 83 Glanzeinheiten. Sie hinterlassen somit eine deutlich glattere Oberfläche als die restlichen untersuchten Proben. Nicht eindeutig ist bei dieser Untersuchung die Aussage, ob das abrasive Potential dieser beiden Zahnpasten so gering ist, dass die Oberfläche nur geringfügig verändert wird, oder ob das polierende Potential so hoch ist, dass sich dennoch eine glänzende Oberfläche einstellt. In jedem Falle hinterlassen sie ein vergleichsweise stark glänzendes Profil.

In der Reihe R erwiesen sich alle Stichproben als normalverteilt. Die Varianzanalyse konnte die Nullhypothese widerlegen. Damit besteht zwischen mindestens zwei Stichproben ein signifikanter Unterschied.

In Verbindung mit den Ergebnissen aus der Glanzmessung in den Reihen G1 - G3 erscheint die erstgenannte Variante als wahrscheinlich. Die Pasten Pearls & Dents und Parodontax verfügen

wie der Blindversuch ohne Abrasivmedium nur über eine geringe Abrasivität und können somit auf einem ursprünglich glatten Profil keine starke Aufrauung erzeugen. Ebenso wenig sind sie jedoch in der Lage, ein ursprünglich rauhes Profil einer Oberfläche zu polieren.

5.2 Messung der Rauheit

5.2.1 Messung der Rauheit mit einem antastenden Verfahren in der Reihe R

Mit dem Perthometer M2 und dem Vorschubgerät PFM wurde die Mittenrauheit unter den in 4.2.2.1 genannten Bedingungen in der Reihe R ermittelt. Für einige Proben wurde beispielhaft zusätzlich das Rauheitsprofil mit der Software PerthoControl 1.1 ausgelesen.

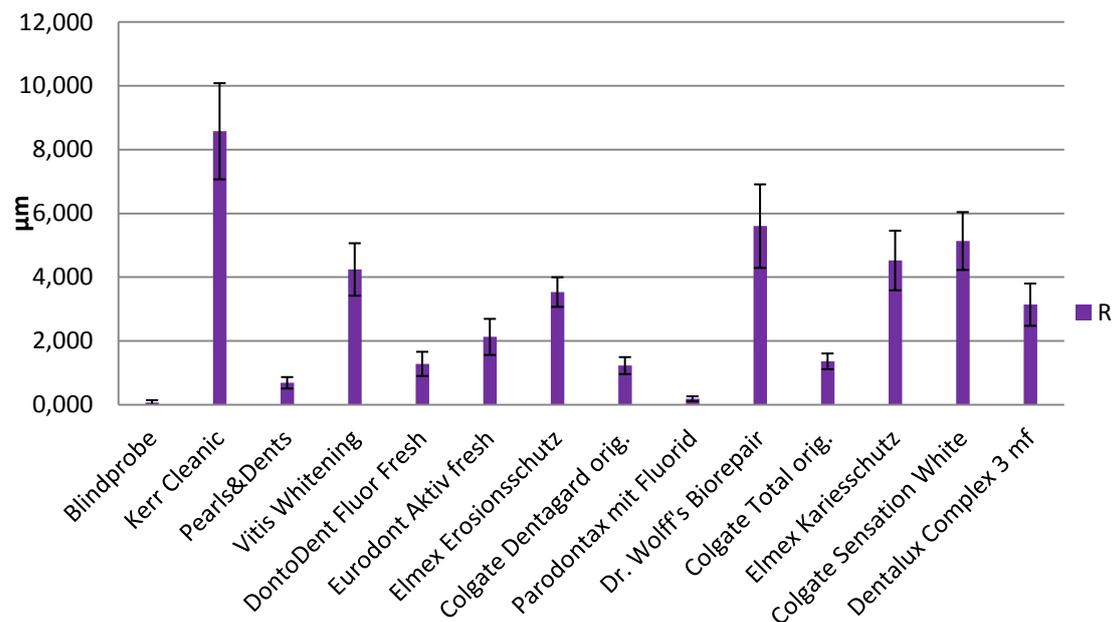


Abb. 38: Mittenrauheit R_a in der Reihe R; ermittelt mit dem Perthometer M2 (Mittelwerte und Standardabweichungen)

Die Übersicht über die Mittenrauheitswerte R_a (Abb. 38) in der Reihe R zeigt eine auf den ersten Blick komplementäre Situation zu den ermittelten Glanzwerten in derselben Probenreihe.

Gleichzeitig ist eine Streuung der Werte zwischen $0,07$ und $8,57 \mu\text{m}$ für die verschiedenen Zahnpasten erkennbar. Das Gros liegt hier in einem Bereich zwischen $1,1$ und $5,6 \mu\text{m}$.

Besonders niedrige Werte für R_a ergaben sich für den Blindversuch mit einem Wert von $0,07 \mu\text{m}$ sowie für die Pasten Pearls & Dents und Parodontax mit $0,689 \mu\text{m}$ und $0,185 \mu\text{m}$. Dies deutet auf ein geringes abrasives Potential der zuletzt genannten Zahnpasten hin, da sich diese nur geringfügig von der nur mit destilliertem Wasser bearbeiteten Probe unterschieden.

Die Prophylaxepaste Cleanic erreichte mit einem R_a von $8,58 \mu\text{m}$ den höchsten Wert und damit die am stärksten aufgeraute Oberfläche.

In der Reihe R erwiesen sich alle Stichproben als normalverteilt. Die Varianzanalyse konnte die Nullhypothese widerlegen. Damit besteht zwischen mindestens zwei Stichproben ein signifikanter Unterschied.

Im Folgenden werden beispielhaft die Rauheitsprofile für Proben aus den Messungen mit Elmex Erosionsschutz ($R_a = 3,536 \mu\text{m}$), Parodontax ($R_a = 0,083 \mu\text{m}$) und Kerr Cleanic ($R_a = 9,189 \mu\text{m}$) vorgestellt (Abb. 39-41). Zu beachten ist die jeweilig unterschiedliche Einteilung der y-Achse.

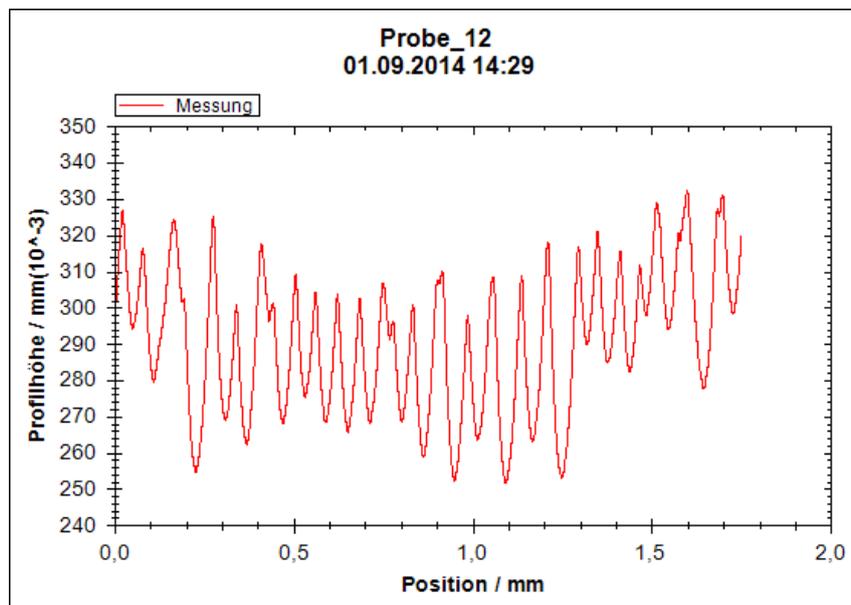


Abb. 39: Rauheitsprofil Prüfkörper R12, Elmex Erosionsschutz, $R_a = 3,335 \mu\text{m}$

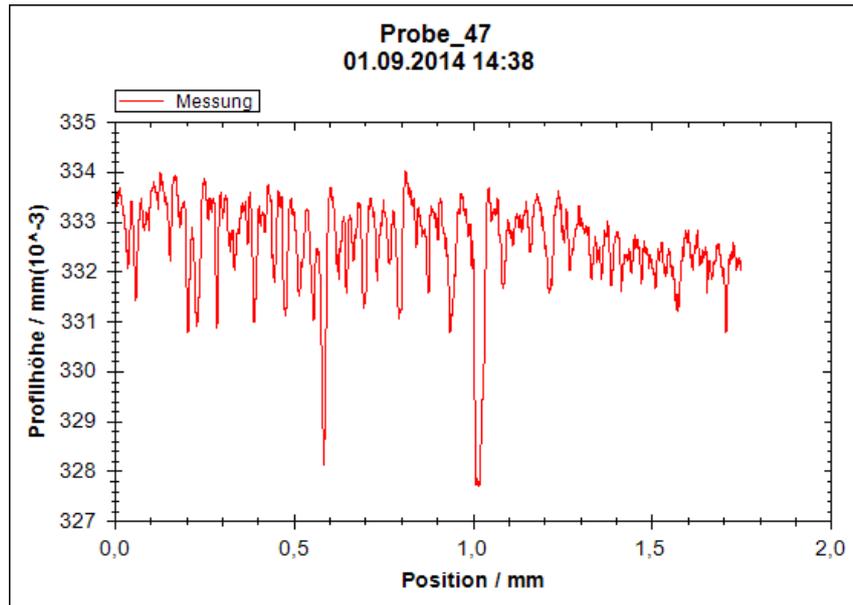


Abb. 40: Rauheitsprofil Prüfkörper R47, Parodontax, $R_a = 0,083 \mu\text{m}$

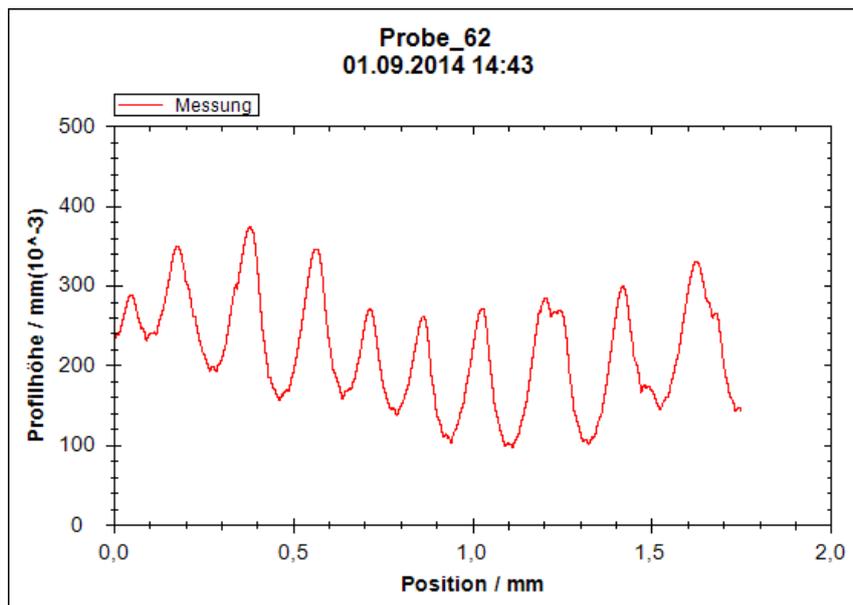


Abb. 41: Rauheitsprofil Prüfkörper R62, Kerr Cleanic, $R_a = 9,189 \mu\text{m}$

5.3 Zusammenhang zwischen Glanz und RDA

Im Folgenden werden die Zusammenhänge zwischen den in den Reihen G1, G2, G3 und R erhobenen Glanzwerten in der 60°-Geometrie und den in Kapitel 3.1.3 genannten RDA-Werten der verwendeten Zahnpasten dargestellt.

5.3.1 Zusammenhang zwischen Glanz und RDA in der Reihe G1

In Abb. 42 ist der Zusammenhang aller Messwerte der Reihe G1 zum jeweiligen RDA der untersuchten Zahnpasten dargestellt. Der Korrelationskoeffizient beträgt für die Beziehung zwischen dem RDA und den Mittelwerten für den Glanz in der 60°-Messung in der Reihe G1 ($n = 13$) $r = 0,113$. Der p-Wert ist 0,714. Damit besteht kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem RDA und den Mittelwerten der Glanzmessung in der Reihe G1.

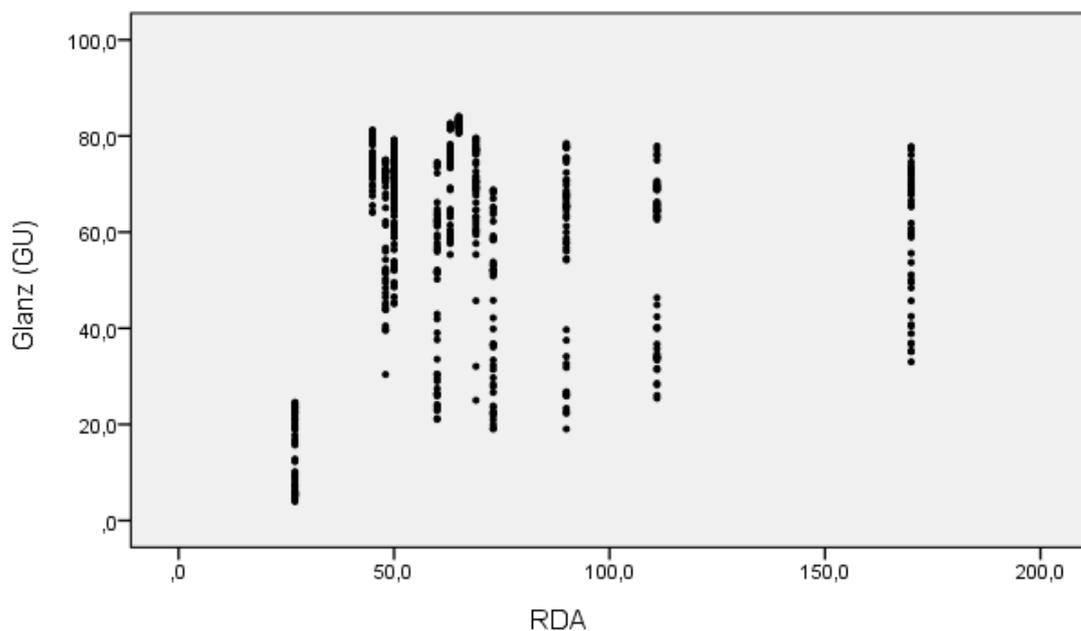


Abb. 42: Zusammenhang zwischen der RDA und Glanz in der Reihe G1

Auch eine anders geartete Korrelation ist visuell nicht zu erkennen.

5.3.2 Zusammenhang zwischen Glanz und RDA in der Reihe G2

In Abb. 43 ist der Zusammenhang aller Messwerte der Reihe G2 zum jeweiligen RDA der untersuchten Zahnpasten dargestellt. Der Korrelationskoeffizient beträgt für die Beziehung zwischen dem RDA und den Mittelwerten für den Glanz in der 60°-Messung in der Reihe G1 ($n = 13$) $r = 0,187$. Der p-Wert ist 0,541. Damit besteht kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem RDA und den Mittelwerten der Glanzmessung in der Reihe G2.

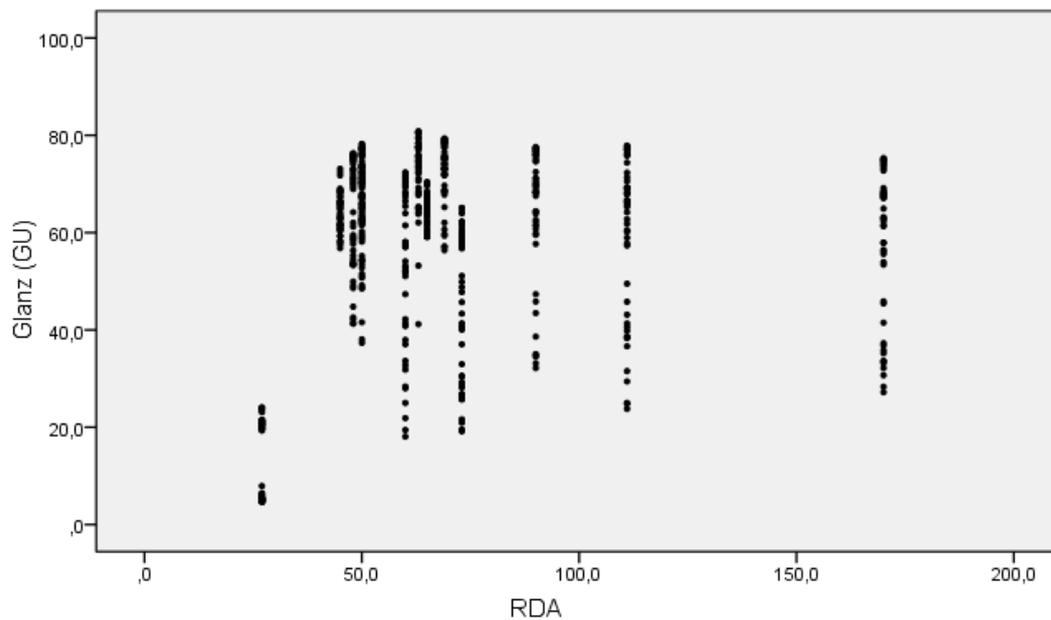


Abb. 43: Zusammenhang zwischen der RDA und Glanz in der Reihe G2

Auch eine anders geartete statistische Beziehung ist visuell nicht zu erkennen.

5.3.3 Zusammenhang zwischen Glanz und RDA in der Reihe G3

In Abb. 44 ist der Zusammenhang aller Messwerte der Reihe G3 zum jeweiligen RDA der untersuchten Zahnpasten dargestellt. Der Korrelationskoeffizient beträgt für die Beziehung zwischen dem RDA und den Mittelwerten für den Glanz in der 60°-Messung in der Reihe G3 ($n = 13$) $r = 0,368$. Der p-Wert ist 0,216. Damit besteht kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem RDA und den Mittelwerten der Glanzmessung in der Reihe G3.

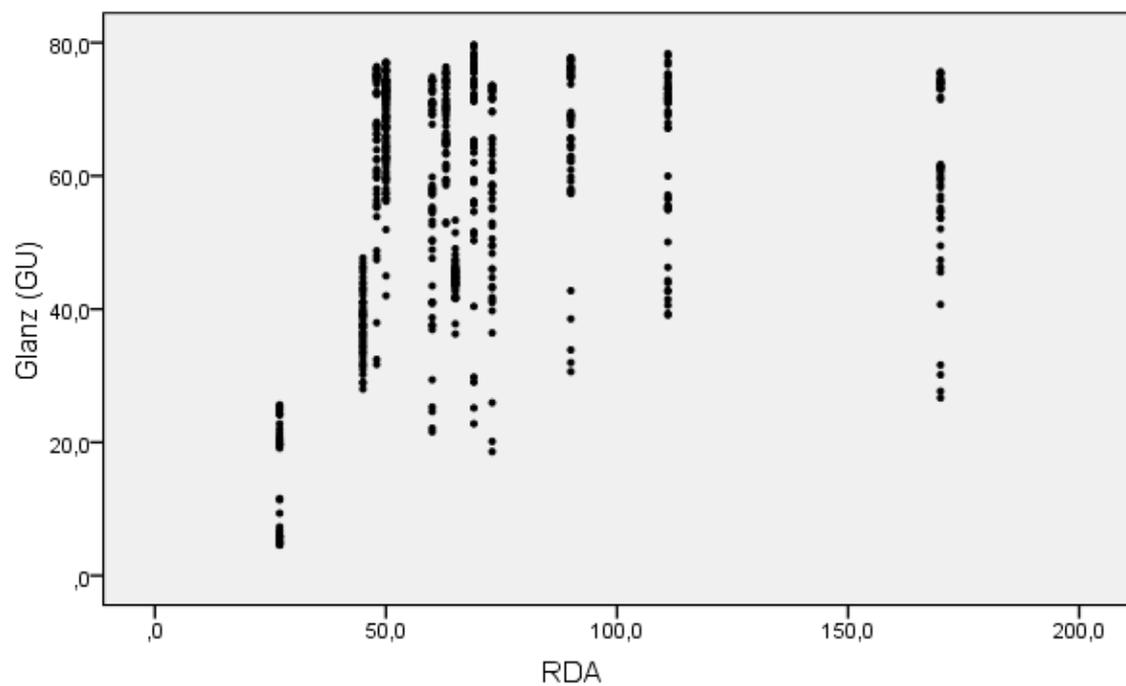


Abb. 44: Zusammenhang zwischen der RDA und Glanz in der Reihe G3

Auch eine anders geartete statistische Beziehung ist visuell nicht zu erkennen.

5.3.4 Zusammenhang zwischen Glanz und RDA in der Reihe R

In Abb. 45 ist der Zusammenhang aller Messwerte der Reihe R zum jeweiligen RDA der untersuchten Zahnpasten dargestellt. Der Korrelationskoeffizient beträgt für die Beziehung zwi-

schen dem RDA und den Mittelwerten für den Glanz in der 60°-Messung in der Reihe R ($n = 13$) $r = -0,218$. Der p-Wert ist 0,475. Damit besteht kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem RDA und den Mittelwerten der Glanzmessung in der Reihe G3.

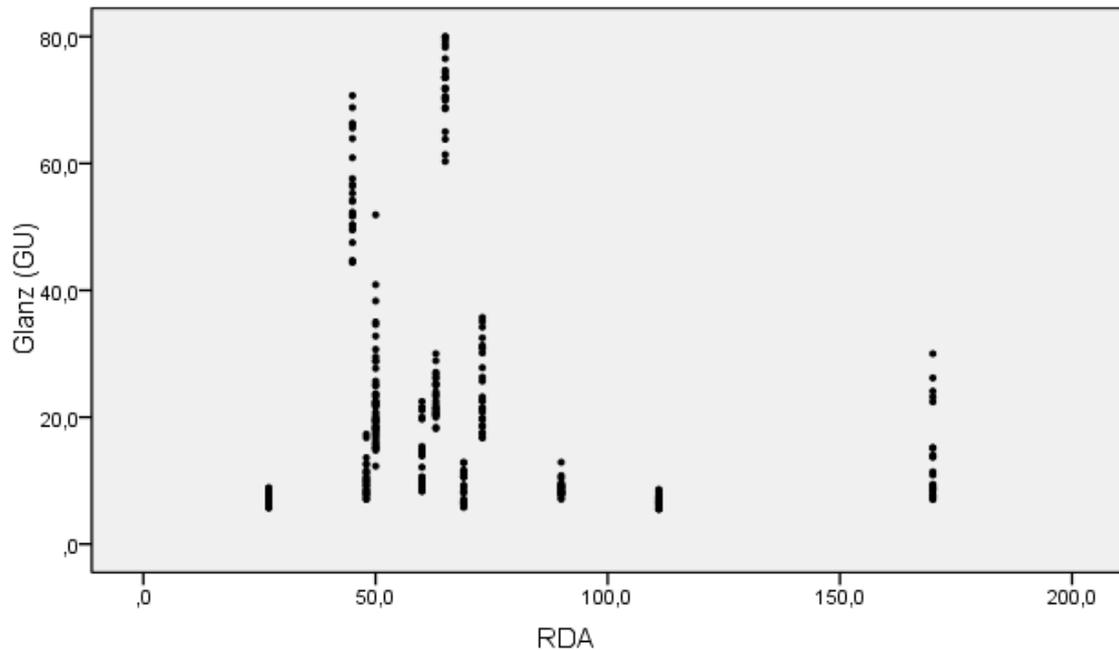


Abb. 45: Zusammenhang zwischen dem RDA und Glanz in der Reihe R

Auch eine anders geartete statistische Beziehung ist visuell nicht zu erkennen.

5.3.5 Zusammenfassung des Zusammenhangs zwischen Glanz und RDA

Betrachtet man die Bezüge zwischen den RDA-Werten der Zahnpasten und den in den Reihen G1, G2, G3 und R ermittelten Glanzwerten, so zeigen sich visuell weder lineare noch exponentielle Bezüge.

Auch nach der statistischen Analyse ist in keiner der Versuchsreihen von einer linearen Korrelation zwischen dem Glanz der Oberflächen und dem RDA auszugehen.

5.4 Zusammenhang zwischen Glanz und Rauheit in der Reihe R

Hier wird der Bezug zwischen den Glanzwerten in der Reihe R in der 60°-Geometrie und den in der gleichen Reihe mit dem Perthometer erhobenen Mittenrauheitswerten dargestellt.

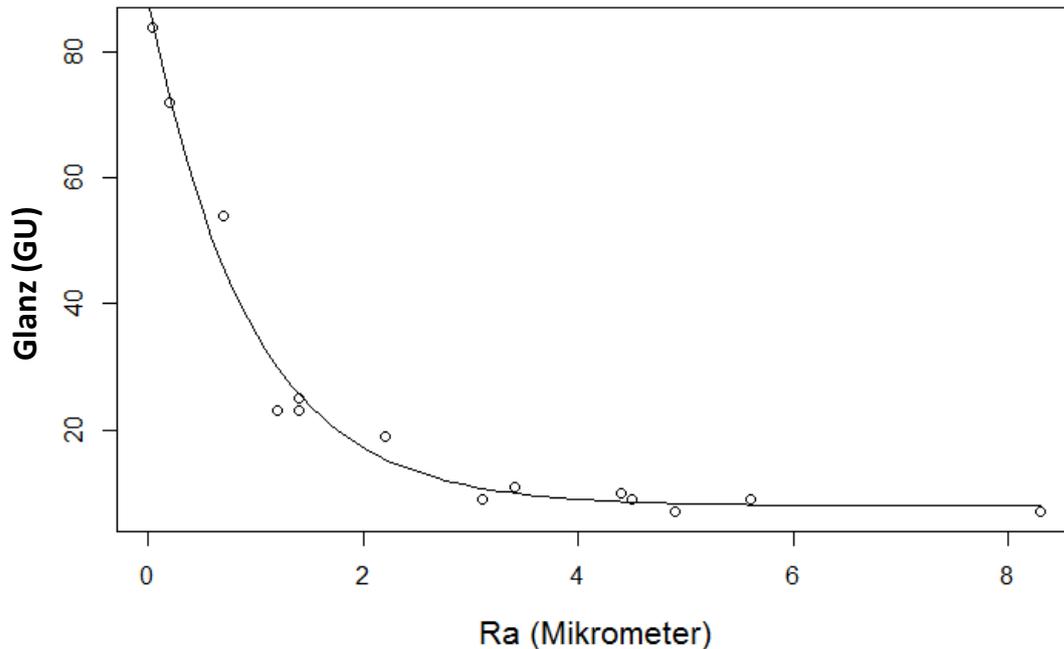


Abb. 46: Bezug zwischen Glanz und Ra in der Reihe R bei Messung mit dem Perthometer

Der exponentielle Zusammenhang, der sich in dieser Darstellung (Abb. 46) schon visuell andeutet, wurde mit der Methode der kleinsten Quadrate folgend mathematisch überprüft. Diese Methode dient dazu, eine exponentielle Funktion auf eine Punktwolke anzupassen. Der im Diagramm eingezeichneten Kurve liegt die Formel „ $GU \sim b_1 + b_2 * (\exp(-Ra/b_3))$ “ zugrunde. Die Variablen konnten mit $b_1 = 7,89$, $b_2 = 80,55$ und $b_3 = 0,93$ berechnet werden. Der mittlere Restfehler wurde mit 3,68 angegeben. Damit kann gezeigt werden, dass der hier dargestellte Zusammenhang zwischen dem Glanz und der Rauheit der Oberfläche den Vorhersagen über den Bezug zwischen spekularer Reflexion und der Oberflächenrauheit im Modell von Cook und Torrance folgt.

5.5 Zusammenhang zwischen der RDA und der Rauheit in der Reihe R

In Abb. 47 ist der Zusammenhang aller Messwerte der Reihe R für zum jeweiligen RDA der untersuchten Zahnpasten dargestellt. Visuell lässt sich kein Zusammenhang zwischen der Mittelrauhheit R_a und der RDA erkennen. Auch eine statistisch signifikante Korrelation zwischen den RDA-Werten und den Mittelwerten für R_a ist nicht gegeben. Der Korrelationskoeffizient ist $r = -0,014$, der p-Wert lautet $0,965$ ($n = 13$).

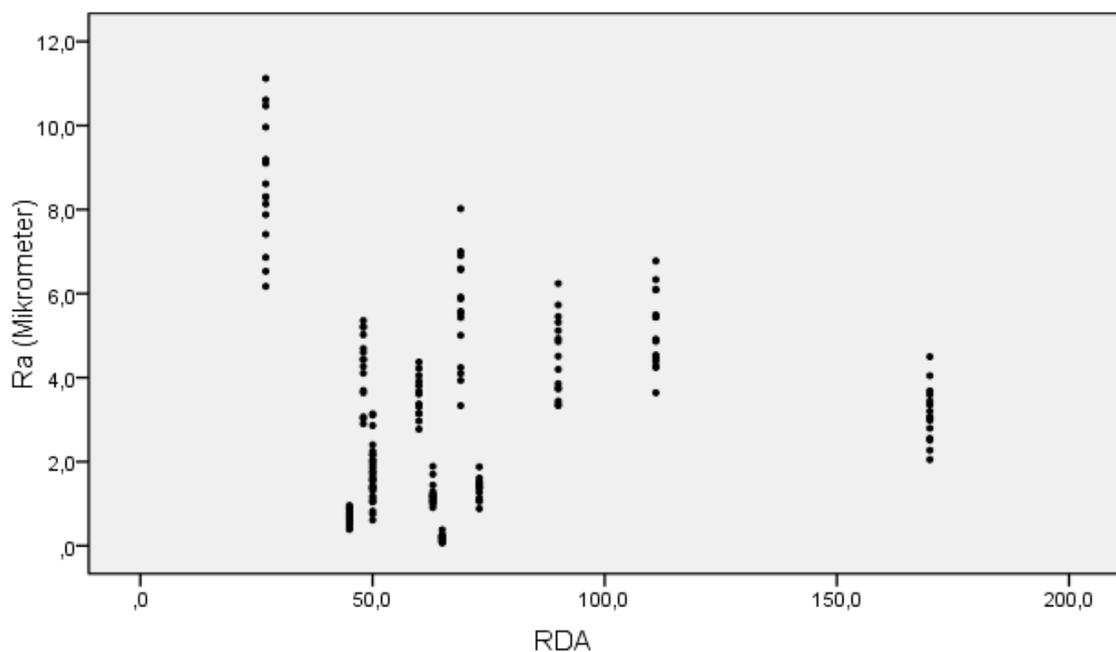


Abb. 47: Zusammenhang zwischen R_a (Reihe R, Perthometer-Messung) und der RDA

Auch eine anders geartete statistische Beziehung ist visuell nicht zu erkennen.

5.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Für die überwiegende Zahl der untersuchten Proben ergab sich unter den verschiedenen Ausgangsbedingungen in den Reihen G1 - G3 jeweils ein charakteristischer Wert in der Glanzmessung nach der periodischen, gleichmäßigen Bearbeitung durch die Zahnpasten. Diese Beobachtung legt die folgende Annahme nahe: das abrasive Potential jeder dieser Zahnpasten reicht aus, um das zuvor auf den Prüfkörpern vorhandene Profil zu ändern. Es ergeben sich Unterschiede in den Werten für jede einzelne Zahnpasta: Jede Zahnpasta hinterlässt dann ein charakteristisches Profil mit einem zugehörigen Glanzwert, wenn das abrasive Potential groß genug ist. Die Glanzwerte lagen für die Zahnpasten größtenteils in einem Bereich von 50 bis 75 GU. Die Prophylaxepaste Kerr Cleanic hingegen erbrachte einen sehr geringen Messwert von im Mittel 13,8 GU. Ähnlich wie im Blindversuch konnte für die Zahnpasten Pearls & Dents und Parodontax nur eine geringe Veränderung des Glanzwertes in den drei Messreihen festgestellt werden. Die zwei genannten Zahnpasten scheinen somit kein ausreichend abrasives Potential zu besitzen, um das Ausgangsprofil vollständig zu verändern. Ein derartig geringes abrasives Potential entspricht dem Versuch ohne Abrasivmedium. Die Ergebnisse der Reihen G1 - G3 befanden sich im Bereich des Ausgangswertes dieser Messreihen mit folglich deutlichen Unterschieden zwischen den Ergebnissen in den Reihen G1 - G3.

Die Messung des Glanzes in der Reihe R ergab erneut deutliche Unterschiede zwischen der Blindprobe bzw. den Proben mit den Zahnpasten Pearls & Dents und Parodontax und den restlichen untersuchten Zahnpasten. Für diesen Großteil der Proben lagen die Ergebnisse zwischen 5 und 25 Glanzeinheiten. Für die erstgenannten Proben zeigten sich deutlich höhere Glanzwerte. Aus diesen Ergebnissen ist die Annahme abzuleiten, dass wiederum ein Großteil der untersuchten Zahnpasten die Oberfläche der Probekörper relativ stark verändern kann und sich somit ein stark ausgeprägtes Oberflächenprofil ergibt, was sich in den niedrigen Glanzwerten widerspiegelt. Die Probereihen, die auch in den Versuchsreihen G1 - G3 herausstachen, erreichten im Gegensatz hohe Glanzwerte. Dies kann man zusammen mit den zuvor erzielten Ergebnissen folgendermaßen deuten: das abrasive Potential ist so gering, dass sich die Oberfläche der Probekörper nur geringfügig verändert.

Zusammenfassend steht als Ergebnis der Untersuchungen zum Glanz eine Feststellung: der Großteil der untersuchten Zahnpasten war ausreichend abrasiv, um den Probekörper mit einem jeweils charakteristischen Profil zu versehen. Nur im Blindversuch sowie für die Zahnpas-

ten Pearls & Dents und Parodontax schien das abrasive Potential deutlich geringer zu sein. Diese waren weder in der Lage, ein Profil aus der Oberfläche der Probekörper vollständig zu beseitigen, noch waren sie in der Lage, in einer ursprünglich glatten Oberfläche ein deutlich ausgeprägtes Profil zu hinterlassen.

Zusätzlich zum Glanz wurde in der Reihe R auch die mittlere Rauheit R_a erfasst. Es ergab sich eine breite Streuung der Ergebnisse und somit eine deutliche Diskriminierung zwischen den untersuchten Zahnpasten. Einen besonders hohen Messwert erreichte die Prophylaxepaste Kerr Cleanic. Diese Paste hinterlässt ein ausgeprägtes Profil auf dem Probekörper. Hier ist also von einem hohen abrasiven Potential auszugehen. Die niedrigsten Messwerte wurden für die Gruppe Blindversuch, Pearls & Dents und Parodontax gemessen. Das niedrige abrasive Potential, das sich in den Untersuchungen zum Glanz angedeutet hat, scheint sich in der Messung der Rauheit zu bestätigen.

Der Vergleich der oben genannten Ergebnisse zum Glanz in allen Versuchsreihen mit den (Literatur)-Werten der Relativen Dentin-Abrasion RDA erbrachte keine statistisch signifikanten Korrelationen. Auch zwischen den in der Reihe R erhobenen Werten zur Rauheit und dem RDA zeigte sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang.

Zusammenfassend lassen sich also keine Zusammenhänge zwischen dem Glanz oder der Rauheit der Oberfläche der Probekörper zu den angegebenen Werten der RDA finden. Die Korrelation zwischen dem Glanz und der Rauheit in der Reihe R folgt dem Modell von Cook und Torrance zur Berechnung der spekularen Reflexion in Abhängigkeit von der Oberflächenrauheit.

6 Diskussion

6.1 Diskussion der Fehlermöglichkeiten

Als Hauptursache für mögliche Fehler kommen die Bearbeitung der Proben mit der Bürstmaschine sowie in den Reihen G2 und G3 die Herstellung der Proben mit der Schleifmaschine in Frage. Die Messungen mit dem Glanzmessgerät und dem Perthometer bergen vergleichsweise nur wenige Möglichkeiten für Fehler.

6.1.1 Probenherstellung

Die Herstellung der Probekörper für die Reihen G1 und R stellte keinen großen Aufwand dar. Die Proben werden vom Hersteller zugeschnitten und sind mit einer Schutzfolie auf den für die Prüfung benötigten Oberflächen versehen. Die Probekörper werden unter einem hohen Qualitätsstandard produziert und erwiesen sich in Vorversuchen als identisch.

Für die Reihen G2 und G3 wurden das Oberflächenrelief der Probekörper gezielt verändert: Sie wurden wie im Kapitel 3.2 beschrieben mit Schleifpapierscheiben aufgeraut. Dieser Prozess kann durchaus geringgradigen Schwankungen unterliegen. Die Schleifpapierscheiben wiesen zwar jeweils die gleiche Körnung auf, herstellungsbedingte Abweichungen sind jedoch nicht auszuschließen. Für jeden Probekörper wurde eine neue Scheibe verwendet, sodass der Prozess nicht durch Verunreinigungen gestört werden konnte. Um eine Herstellung von Probekörpern mit den jeweils gleichen Voraussetzungen zu gewährleisten, wurden diese vor der eigentlichen Untersuchung mit dem Glanzmessgerät an 10 Stellen überprüft. Bei einer groben Abweichung von mehr als 10 Glanzeinheiten wurden die Prüfkörper nicht für weitere Untersuchungen verwendet.

Insgesamt ist bei der Vorbereitung der Proben das Fehlerpotential als gering einzuschätzen.

6.1.2 Probenbearbeitung

Die Zahnpastasuspension wurde unter den in Kapitel 3.2.2 genannten Bedingungen im Volumenverhältnis 2:1 hergestellt. Die Volumina wurden jeweils mit Pipetten beziehungsweise Spritzen abgemessen. Etwaige Luft einschüsse hätten das Verhältnis jedoch stören können. Die Vermischung der Komponenten erfolgte unter identischen Bedingungen. Die Suspensionen wurden jeweils frisch angefertigt und sofort verwendet, um eine Trennung oder Sedimentation zu verhindern. Dennoch sind geringfügige Unterschiede in der Zusammensetzung durch variierende Mischverhältnisse oder durch eine bereits zuvor aufgetretene Sedimentation der Bestandteile in der Tube nicht absolut auszuschließen.

Die Bearbeitung der Probekörper in der Bürstmaschine birgt das größte Gefahrenpotential für eine Verfälschung der Messergebnisse. Eine ungleiche Krafteinwirkung auf die Zahnbürste könnte die Belastung auf die Borsten unregelmäßig verteilen. Um dies zu vermeiden, wurden die Gewichte verklebt: sie waren dadurch verlässlich in einer zentralen Position über der Zahnbürste angebracht. Auch die Zahnbürste selbst kann durch eine falsche Position den Probekörper ungleichmäßig bearbeiten. Die Position und die Angulation der Borsten wurden daher vor jedem Bearbeitungsdurchgang überprüft und gegebenenfalls angepasst. Eine weitere Verfälschung der Ergebnisse könnte durch eine unterschiedlich starke Sedimentation der Zahnpastasuspensions-Bestandteile entstehen. Dieses Risiko kann in diesem Aufbau nicht vollständig eliminiert bzw. kontrolliert werden. Die Wanne der Probekörperhalterung wurde jedoch so dimensioniert, dass das Slurry möglichst in ständiger Bewegung und Durchmischung stand.

6.1.3 Glanzmessung

Das Glanzmessgerät kann als Fehlerquelle nahezu ausgeschlossen werden. Durch regelmäßiges Aufsetzen des Geräts auf den im Köcher befindlichen Schwarzglasstandard und einheitliche Kalibrierungen ist die Reproduzierbarkeit gegeben. Zudem ist die Messung in der DIN EN ISO 2813 klar geregelt. Mit dem verwendeten Schema zur Positionierung des Glanzmessgerätes werden Messabweichungen durch eine falsche Positionierung des Glanzmessgerätes, durch wechselnde Hintergründe oder durch eine wechselnde Angulation grundsätzlich ausgeschlossen.

Die dargestellten Ergebnisse wurden als Mittelwert aus 10 Messungen pro Probekörper in den Reihen G1 - G3 und 5 Messungen in der Reihe R ermittelt. Bei 5 Probekörpern pro untersuchter Zahnpasta ergaben sich insgesamt 50 beziehungsweise 25 Einzelmesswerte. Aus diesen wurde wiederum der Mittelwert errechnet. Die Ergebnisse können somit als repräsentativ angesehen werden.

6.1.4 Rauheitsmessung

Das Perthometer mit dem Vorschubgerät PFM scheidet als Fehlerquelle weitgehend aus. Bei Über- beziehungsweise Unterschreitung des Messbereichs erfolgt automatisch eine Fehlermeldung, und die Messung kann nicht durchgeführt werden. So ist sichergestellt, dass der Tastarm das zu untersuchende Objekt mit der korrekten Auflagekraft im richtigen Maße berührt. Nur unzureichend zu überprüfen ist eine Beschädigung der Diamanttastspitze am Tastarm. Ein Schaden ist auf Grund der enormen Härte der Tastspitze im Vergleich zu den zu untersuchenden Objekten unwahrscheinlich. Die vom Perthometer ausgegebenen Ergebnisse entsprechen der DIN EN ISO 4287 und sind somit standardisiert und vergleichbar.

Eine mangelhaft gewählte Messrichtung kann die Ergebnisse eines Tastschnittverfahrens deutlich verfälschen. Daher wurde auch bei den Messungen mit dem Perthometer durch eine Schablone eine genaue und reproduzierbare Positionierung sowie eine zur Probenbearbeitung orthogonale Messrichtung gewährleistet, in der die größte Rauheit zu erwarten ist. Somit können Fehler bei der Messung durch den Versuchsaufbau weitgehend ausgeschlossen werden.

Die Ergebnisse der Rauheitsmessung wurden aus insgesamt 15 Einzelmessungen für jede untersuchte Zahnpasta ermittelt und können somit ebenfalls als repräsentativ angesehen werden.

6.1.5 Kritische Bewertung der Versuchsanordnung

Die Versuchsanordnung scheint zur vergleichenden Untersuchung über Effekte an der Oberfläche, die mit Zahnbürste und -Paste bearbeitet wurde, durchaus geeignet zu sein. Der Prototyp muss im Anschluss an die Experimente neben den oben genannten möglichen internen Fehler-

quellen kritisch bewertet werden: Für weitere Versuche wäre eine zeitgleiche Bearbeitung von mehreren Probekörpern wie in der von Grabenstetter vorgestellten Maschine [26] wünschenswert, um in kürzerer Zeit zu validen Ergebnissen zu kommen. Mit Hilfe von computergestützten Roboterarmen könnten zusätzlich verschiedene Bürsttechniken und Andruckkräfte simuliert werden.

Ob sich die Ergebnisse nach einer Bearbeitung von Acrylglas auf Zahnschmelz und Dentin direkt übertragen lassen, können wir nicht abschließend feststellen. Immerhin hatte Hoppe et al. spezielle Probekörper für endodontologische Fragestellungen als geeignet gesehen [66]. Auch bleiben die Reinigungswirkung und Oberflächenwirkung auf unebenen Flächen in der natürlichen Zahnreihe sowie das individuelle Bürstverhalten eines Probanden mit Hand- oder elektrischer Zahnbürste nicht berücksichtigt. Eine Untersuchung von unebenen Flächen oder gar Zahnmodellen ist jedoch mit den angewandten Messmethoden wegen der für die Glanzmessung geforderten planen Oberflächenlage nicht möglich. In einer patientennahen Situation sind zusätzlich Wechselwirkungen mit der Mastikation und erosiven Prozessen auf der Zahnhartsubstanz zu erwarten [74], die sich auf dem Medium Acrylglas nicht simulieren lassen.

6.2 Diskussion der Ergebnisse

6.2.1 Unterschiede bei den Zahnpasten

Als Ergebnis dieser Studie steht fest, dass eine Diskriminierung der einzelnen Zahnpasten durch die Glanz- oder Rauheitsmessung durchaus möglich ist. Die meisten Zahnpasten erreichten in den Untersuchungen zum Glanz in den Reihen G1 - G3 einen spezifischen Wert. Der überwiegende Teil dieser Zahnpasten scheint somit so abrasiv zu sein, dass das ursprüngliche Profil vollständig von der Oberfläche der Prüfkörper entfernt wird.

Nur wenige Zahnpasten, Parodontax und Pearls & Dents, schienen so gering abrasiv zu sein, dass die Oberfläche nicht wesentlich verändert wurde. Diese Zahnpasten erreichten in den Versuchen zur Rauheit besonders niedrige Werte. Es bestätigt sich so deren geringes abrasives Potential. Auch bei Pascaretti-Grizon et al. zeigte sich die geringe Oberflächenrauheit ähnlich

der des Blindversuchs nach der Bearbeitung einer Kunststoffoberfläche mit der Zahnpasta Parodontax [56].

Die Übertragbarkeit dieser In-vitro-Ergebnisse auf die tägliche Zahnpflege ist wie bei der RDA-Messung [2] nicht direkt möglich. Die Ergebnisse können auf Grund der anderen in einer In-vivo-Situation gegebenen Parameter nur zu einer allgemeinen Einschätzung der Wirkung der Zahnpasten auf eine Oberfläche dienen.

6.2.2 Klinische Relevanz der Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigten nur keine Korrelationen zwischen der Rauheit von Acrylglaskörpern nach einer Bearbeitung mit Zahnpasta und der RDA. Dass die hier gemessene Rauheit und der Glanz nicht mit dem RDA korreliert, könnte wie folgt erklärt werden: Der R_a beschreibt lediglich Abweichungen vom Mittelwert. Dieser Mittelwert wird jedoch durch zusätzlichen Abtrag nicht weiter erhöht. Die kurzperiodischen Strukturen in Form von Riefen werden bei der dauerhaften Bearbeitung immer wieder entfernt und an dieser Stelle entstehen neue Riefen in Folge des Substanzabtrags.

Diese Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Rauheit und RDA entsprechen den Studien von Liljeborg und Johannsen aus den Jahren 2010 und 2013 [44, 52]. Dort konnte jedoch eine hohe Korrelation zwischen der Rauheit der Oberfläche und dem Volumenverlust am selben Acrylglas-Probekörper gezeigt werden [44, 52].

Auch wurde postuliert, dass die RDA nicht als einzige Variable in der Beurteilung der Oberflächenwirkung einer Zahnpasta gelten kann. Dies wird zum einen in der Studienlage mit der geringen Vergleichbarkeit von RDA-Werten verschiedener Laboratorien begründet [18, 39, 47]. Zum anderen wird eine zusätzlich Untersuchung der Oberflächenqualität gefordert [25]. Der Verlust von Zahnhartsubstanz scheint multifaktoriell zu sein und lässt sich nicht nur auf die Abrasion durch Schleifmittel in einer Zahnpasta zurückführen [25]. Zusätzlich korreliert der RDA-Wert nur mit dem Verlust von freiliegendem Dentin [73] und nicht mit dem der Schmelzoberfläche, die den größeren Teil der betroffenen Zahnhartsubstanz ausmacht [37]. Der pathologische Effekt betrifft aber vor allem das Dentin, da hier große Teile der Zahnhartsubstanz durch Abrasion verloren gehen können [25, 37].

Die Rauheit einer hinterlassenen Oberfläche scheint neben der abrasiven Wirkung von hoher Wichtigkeit zu sein [44]. Dies untermauert die Forderung sowohl nach einer quantitativen als auch nach einer qualitativen Untersuchung einer Oberfläche, um eine Zahnpasta ausreichend beurteilen zu können [44]. So konnte bei Johannsen et al. gezeigt werden, dass eine Zahnpasta bei relativ hohem Volumenverlust auf einem Prüfkörper eine glattere Oberfläche erzeugen kann als eine vergleichsweise weniger abrasive Zahnpasta [44].

Die Politur der Zahnoberfläche ist für die Plaqueakkumulation überaus wichtig [50, 51]. Eine glatte Oberfläche führt demnach zu einer geringeren Plaqueakkumulation [61]. Dies unterstützt die Hypothese, dass zur Beurteilung einer Zahnpasta die polierende Wirkung (qualitativ) neben der Abrasivität (quantitativ) entscheidend ist.

6.2.3 Zusammenhang zwischen Glanz und Rauheit

Die Korrelation zwischen dem Glanz der in der Reihe R erzeugten Oberflächen und der Mittenrauheit R_a lässt sich mit einer exponentiellen Funktion beschreiben. Dies entspricht damit der Hypothese von Cook und Torrance [15]. Ein exponentieller Zusammenhang zwischen diesen Größen zeigte sich auch bei Yonehara et al. [77]. Die Ergebnisse scheinen damit plausibel.

Dennoch ist eine einfache Umrechnung des schnell und einfach zu ermittelnden Glanzwertes einer Oberfläche in die Rauheit nicht ohne Weiteres möglich, da der Zusammenhang nicht linear ist. Zukünftig erscheint aufgrund des exponentiellen Zusammenhangs zwischen den zwei Messgrößen eine logarithmische Skalierung der Glanzwerte als sinnvoll, da sich so ein Zusammenhang linear darstellen würde und somit leichter überprüfen ist.

Der Glanz kann jedoch als schnell und einfach zu ermittelnde Größe zur Bestimmung der Oberflächenqualität herangezogen werden. Da, wie bereits beschrieben, eine zusätzliche Evaluation der Oberfläche neben der Analyse der Abrasivität nach der Anwendung einer Zahnpasta gefordert wird, bietet es sich an, die Ermittlung des Glanzwertes als schnelle und einfache Messung der Oberflächenrauheit in die Praxis der In-vitro-Untersuchungen zu übernehmen.

7 Zusammenfassung

Die Wirkung von Zahn- und Prophylaxepasten auf die Zahnoberfläche wurde in der Zahnmedizin lange Zeit nur über die Relative Dentin-Abrasion (RDA) klassifiziert. Doch im Laufe der letzten Jahre sind die Kritik an diesem System und die Forderung nach anderen, besser geeigneten Kriterien lauter geworden. Zusätzlich zum Substanzverlust am Dentin, der in klinischen Situationen in vielen Bereichen von untergeordneter Wichtigkeit ist, wird die Untersuchung des Oberflächenprofils gefordert, das die Zahnpasta auf Schmelz oder Dentin hinterlässt. Diese Oberflächeneigenschaft ist für das Maß der Plaqueakkumulation von entscheidender Bedeutung und damit im Rahmen einer prophylaxe-orientierten Zahnheilkunde eine nicht zu vernachlässigende Größe.

Die vorliegende Studie nimmt sich zum Ziel, die Eigenschaften von Zahnpasten auf eine künstliche Oberfläche zu untersuchen und Bezüge zwischen dem Glanz, der Rauheit und der Relativen Dentin-Abrasion darzustellen. In Analogie zu Versuchen *alio loco* wurde zu diesem Zweck eine Maschine zur Durchführung von Bürstbewegungen entwickelt, nach zahlreichen Vorversuchen wurden die eigentlichen Experimente durchgeführt: Acrylglaskörper mit verschiedenen Oberflächenrauheiten wurden maschinell mit definierten Bewegungsabläufen und Auflage- druck sowie zeitlichen Rahmen mit handelsüblichen Zahnpasten und einer Zahnbürste als Träger bearbeitet.

Die Untersuchungen zum Glanz wurden an Acrylglaskörpern durchgeführt, deren Oberflächen unterschiedlich aufgeraut worden waren. Es ergaben sich nach der Bearbeitung mit verschiedenen Zahnpasten nahezu gleichartige Glanzwerte. Nur die Pasten Parodontax und Pearls & Dents fielen aus diesem Muster heraus. Ihr abrasives Potential war für ein eigenes charakteristisches Oberflächenprofil offenbar zu gering. In der Untersuchung mit dem Ziel, möglichst stark ausgeprägte Profile auf ursprünglich glatten Acrylglaskörpern zu erzeugen, hinterließen diese Zahnpasten besonders glatte respektive glänzende Oberflächen.

Ein Zusammenhang zwischen den ermittelten Glanz- und Rauheitswerten zum RDA war nicht gegeben, die Korrelation zwischen dem Glanz und der Rauheit in einer Messreihe folgte den Vorhersagen des Modells von Torrance und Sparrow.

8 Literaturverzeichnis

- 1 Brockhaus Enzyklopädie. (2005) Brockhaus, Leipzig, Bd. 10, 21. Aufl.
- 2 Addy M, Shellis RP (2006) Interaction between attrition, abrasion and erosion in tooth wear. *Monogr. Oral Sci.* 20: 17-31
- 3 Bargel HJ, Schulze G (2012) *Werkstoffkunde*. Springer, Berlin, Heidelberg, 11. Aufl.
- 4 Bartel S (2003) *Farben im Webdesign Symbolik, Farbpsychologie, Gestaltung*. Springer, Berlin u.a.
- 5 Bender M, Brill M (2006) *Computergrafik, Ein anwendungsorientiertes Lehrbuch*. Hanser, München u.a., 2. überarb. Aufl.
- 6 Blinn JF (1977) Models of light reflection for computer synthesized pictures. *Siggraph (July)*: 192-198
- 7 Böhringer J, Bühler P, Schlaich P (2011) *Kompodium der Mediengestaltung für Digital- und Printmedien*. Springer, Berlin u.a., 5. Aufl.
- 8 Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M (1997) Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent. Mater.* 13 [4]: 258-269
- 9 Boller C (1955) Eine Glanz-Skala. *Fette Seifen Anstrichmittel* 57 [12]: 1018-1020
- 10 Braun D (2003) *Kunststofftechnik für Einsteiger*. Hanser, München u.a.
- 11 Buddecke E (1981) *Biochemische Grundlagen der Zahnmedizin*. de Gruyter, Berlin u.a.
- 12 Bungartz HJ, Griebel M, Zenger C (2002) *Einführung in die Computergraphik, Grundlagen, geometrische Modellierung, Algorithmen*. Vieweg, Braunschweig, 2. Aufl.
- 13 BYK-Gardner GmbH (o.J.) *Introduction Gloss Measurement*.
- 14 BYK-Gardner GmbH (o.J.) *micro-TRI-gloss Operating Instructions*.
- 15 Cook RL, Torrance KE (1982) A Reflectance Model For Computer Graphics. *ACM Transactions on Graphics* 1 [1]: 7-24
- 16 Craig RG, Powers JM, Wataha JC (2006) *Zahnärztliche Werkstoffe: Eigenschaften und Verarbeitung*. Elsevier, München
- 17 da Costa J, Adams-Belusko A, Riley K, Ferracane JL (2010) The effect of various dentifrices on surface roughness and gloss of resin composites. *J.Dent.* 38 Suppl 2: e123-8
- 18 Dörfer CE, Gonzalez-Cabezas C, Imfeld T, Addy M (2010) Methods to Determine Dentifrice Abrasiveness. *J.Clin.Dent.* 21 (Supplement): 1-16

- 19 Dörfer CE (2011) Abrasivität von Zahnpasten und ihre klinische Bedeutung. Oralprophylaxe Kinderzahnheilkunde 33 [1]: 1-8
- 20 Dutschke W (2002) Fertigungsmeßtechnik. Teubner, Stuttgart u.a., 4. überarb. Aufl.
- 21 Evonik Industries (2013) Plexiglas Technische Information.
- 22 Field J, Waterhouse P, German M (2010) Quantifying and qualifying surface changes on dental hard tissues in vitro. J.Dent. 38 [3]: 182-190
- 23 Gebhardt N (o.J.) Einige BRDF Modelle. www.3dirrlicht.org
- 24 Glasser AS (1989) 3D Computer Graphics. The Herbert Press, London, 2. Aufl.
- 25 Gonzalez-Cabezas C, Hara AT, Hefferren J, Lippert F (2013) Abrasivity testing of dentifrices - challenges and current state of the art. Monogr.Oral Sci. 23: 100-107
- 26 Grabenstetter RJ, Broge RW, Jachson FL, Radike AW (1958) The measurement of the abrasion of human teeth by dentifrice abrasives: a test utilizing radioactive teeth. J.Dent.Res. 37 [6]: 1060-1068
- 27 Grabmeier J, Hagl S (2013) Statistik, Grundwissen und Formeln. Haufe Verlag, München, 2. Aufl.
- 28 Grellmann W, Seidler S (2011) Kunststoffprüfung. Hanser, München, 2. Aufl.
- 29 Grote KH, Feldhusen J (2005) Dubbel: Taschenbuch für den Maschinenbau. Springer, Berlin, Heidelberg, 21. Aufl.
- 30 Harten U (2009) Physik, Einführung für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Springer, Berlin, Heidelberg, 4. Aufl.
- 31 Hecht E (2009) Optik. Oldenbourg, München u.a., 5. Aufl.
- 32 Hefferren JJ (1976) A laboratory method for assessment of dentrifrice abrasivity. J.Dent.Res. 55 [4]: 563-573
- 33 Hellwege KD (2003) Die Praxis der zahnmedizinischen Prophylaxe, Ein Leitfaden für die Individualprophylaxe, Gruppenprophylaxe und initiale Parodontaltherapie. Thieme, Stuttgart u.a., 6. überarb. u. aktualisierte Aufl.
- 34 Hellwig E, Klimek J, Attin T (2007) Einführung in die Zahnerhaltung. Elsevier, Urban & Fischer, München, 5. Aufl.
- 35 Hoffmann J (2012) Handbuch der Messtechnik mit 95 Tabellen. Hanser, München, 4. neu bearb. Aufl.
- 36 Hofmann H, Spindler J (2004) Verfahren der Oberflächentechnik, Grundlagen - Vorbehandlung - Beschichtung - Oberflächenreaktionen - Prüfung; mit 72 Tab. Fachbuchverl. Leipzig im Carl Hanser Verl., München, Wien
- 37 Hooper S, West NX, Pickles MJ, Joiner A, Newcombe RG, Addy M (2003) Investigation of erosion and abrasion on enamel and dentine: a model in situ using toothpastes of different abrasivity. J.Clin.Periodontol. 30 [9]: 802-808

- 38 Hossam AE, Rafi AT, Ahmed AS, Sumanth PC (2013) Surface topography of composite restorative materials following ultrasonic scaling and its Impact on bacterial plaque accumulation. An in-vitro SEM study. *J.Int.Oral Health*. 5 [3]: 13-19
- 39 Imfeld T (2011) Bestimmung der relativen Dentinabrasion (RDA) von Zahnpasten. *Prophylaxedialog Sonderausgabe RDA*: 1-3
- 40 Imfeld T, Sener B, Lutz F (1998) Mechanische Wirkung von in der Schweiz marktführenden Zahnpasten auf Dentin. *Acta Med Dent Helv* [3]: 54-59
- 41 Imfeld T, Sener B (1999) In-vitro-Untersuchung der mechanischen Wirkung von Whitening-Zahnpasten des Schweizer Marktes. *Acta Med Dent Helv* [4]: 195-200
- 42 Jähne B (2005) *Digitale Bildverarbeitung*. Springer, Berlin, Heidelberg, 6. Aufl.
- 43 Jain V, Platt JA, Moore K, Spohr AM, Borges GA (2013) Color stability, gloss, and surface roughness of indirect composite resins. *J.Oral Sci*. 55 [1]: 9-15
- 44 Johannsen G, Tellefsen G, Johannsen A, Liljeborg A (2013) The importance of measuring toothpaste abrasivity in both a quantitative and qualitative way. *Acta Odontol.Scand*. 71 (3-4): 508-517
- 45 Kalinna G (2012) Glänzende Qualität? *JOT* (6.2012): 64-66
- 46 Keferstein CP, Dutschke W (2011) *Fertigungsmesstechnik [praxisorientierte Grundlagen, moderne Messverfahren]*. Vieweg + Teubner, Wiesbaden, 7. erw. Aufl.
- 47 Kiesow A (2012) Schneller Zahn pasta-Check; Fraunhofer IWM. *Forschung Kompakt* 10
- 48 Knauer R (2002) *Entwerfen und Darstellen: die Zeichnung als Mittel des architektonischen Entwurfs*. Ernst, Berlin, 2. Aufl.
- 49 Kuckartz U, Rädiker S, Ebert T, Schehl J (2013) *Statistik, Eine verständliche Einführung*. Springer, Wiesbaden, 2. Aufl.
- 50 Larson TD (2011) Why Do We Polish? Pt. 1. *Norhwest Dent* May-June (90): 17-22
- 51 Larson TD (2011) Why Do We Polish? Pt. 2. *Norhwest Dent* July (90): 31-8
- 52 Liljeborg A, Tellefsen G, Johannsen G (2010) The use of a profilometer for both quantitative and qualitative measurements of toothpaste abrasivity. *Int.J.Dent.Hyg*. 8 [3]: 237-243
- 53 Mahr GmbH (2001) *Betriebsanleitung Perthometer M2 und M3 mit Vorschubgerät PFM*.
- 54 Meschede D (2006) *Gerthsen Physik*. Springer, Berlin u.a., 23. Aufl.
- 55 Oesterreich D (2010) RDA Wert in Zahnpasten. *Positionspapier BZÄK*
- 56 Pascaretti-Grizon F, Mabilieu G, Chappard D (2013) Abrasion of 6 dentifrices measured by vertical scanning interference microscopy. *J.Appl.Oral Sci*. 21 [5]: 475-481

- 57 Passos VF, de Vasconcellos AA, Pequeno JH, Rodrigues LK, Santiago SL (2015) Effect of commercial fluoride dentifrices against hydrochloric acid in an erosion-abrasion model. *Clin.Oral Investig.* 19 [1]:71-76
- 58 Pedrotti FL (1996) *Optik, Eine Einführung.* Prentice Hall, München u.a.
- 59 Peiponen KE (2009) *Optical measurement techniques innovations for industry and the life sciences.* Springer, Berlin, Heidelberg, Bd. 136
- 60 Pfeifer T, Schmitt R (2010) *Fertigungsmesstechnik.* Oldenbourg, München, 3. überarb. u. erw. Aufl.
- 61 Quirynen M (1994) The clinical meaning of the surface roughness and the surface free energy of intra-oral hard substrata on the microbiology of the supra- and subgingival plaque: results of in vitro and in vivo experiments. *J.Dent.* 22 Suppl 1: S13-6
- 62 Schemehorn BR, Moore MH, Putt MS (2011) Abrasion, polishing, and stain removal characteristics of various commercial dentifrices in vitro. *J.Clin.Dent.* 22 [1]: 11-18
- 63 Senawongse P, Pongprueksa P (2007) Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. *J.Esthet.Restor.Dent.* 19 [5]: 265-73; discussion 274-5
- 64 Sorg H (1995) *Praxis in der Rauheitsmessung und Oberflächenbeurteilung.* Hanser, München u.a.
- 65 Takahashi R, Jin J, Nikaido T, Tagami J, Hickel R, Kunzelmann KH (2013) Surface characterization of current composites after toothbrush abrasion. *Dent.Mater.J.* 32 (1): 75-82
- 66 Tepel J, Schäfer E, Hoppe W (1993) Kunststoffe als Modellmaterialien in der Endodontie. *Dtsch Zahnärztl Z* (48): 736-738
- 67 Tönnies KD, Lemke HU (1994) *3D-computergrafische Darstellungen.* Oldenbourg, München
- 68 Torrance KE, Sparrow EM (1967) Theory for Off-Specular Reflection From Roughened Surfaces. *Journal Of The Optical Society Of America* 57 [9]: 1105-1114
- 69 Volk R (2005) *Rauheitsmessung, Theorie und Praxis.* Beuth, Berlin ; Wien, Zürich
- 70 Watt AH (2002) *3D-Computergrafik.* Pearson Studium, München, 3. Aufl.
- 71 Wefelmeier M, Duda S, Ott K, Kaup M (2012) Messung des Glanzes von Kompositen vor und nach Politur. *Dtsch. Zahnärztl. Z.* 67 [12]: 760-771
- 72 Welsch N, Liebmann CC (2012) *Farben: Natur Technik Kunst.* Spektrum, Heidelberg, 3. Aufl.
- 73 Wiegand A, Kuhn M, Sener B, Roos M, Attin T (2009) Abrasion of eroded dentin caused by toothpaste slurries of different abrasivity and toothbrushes of different filament diameter. *J.Dent.* 37 [6]: 480-484
- 74 Wiegand A, Attin T (2011) Design of erosion/abrasion studies - insights and rational concepts. *Caries Res.* 45 Suppl 1: 53-59

- 75 Wood I, Jawad Z, Paisley C, Brunton P (2008) Non-cariou cervical tooth surface loss: a literature review. J.Dent. 36 [10]: 759-766
- 76 Xiang Z, Plastock RA (2003) Computergrafik, Einführung in die theoretischen Grundlagen. Mitp, Heidelberg
- 77 Yonehara M, Matsui T, Kihara K, Isono H, Kijama A, Sigibayashi T (2004) Experimental Relationship between Surface Roughness, Glossiness and Color of Chromatic Colored Metals. MATER T JIM 45 [4]: 1027-1032
- 78 Zehntner Testing Instruments (o.J.) Einleitung Glanzmessung.
- 79 Zinth W, Zinth U (2011) Optik: Lichtstrahlen - Wellen - Photonen. Oldenbourg, München, 3. Aufl.
- 80 Zöfel P (2007) Statistik verstehen: ein Begleitbuch zur computergestützten Anwendung. Addison-Wesley, München u.a., Nachdruck

9 Verzeichnis der im Text verwendeten Abbildungen

Abb. 1: V-8 cross brushing machine [32]	6
Abb. 2: gerichtete und diffuse Reflexion (angelehnt an [4]).....	8
Abb. 3: Das Reflexionsgesetz [5]	9
Abb. 4: unvollkommen spiegelnde Reflexion [5]	10
Abb. 5: Reflexionskegel [78].....	11
Abb. 6: Das Brechungsgesetz [5].....	13
Abb. 7: Reale Reflexion und Transmission [5].....	14
Abb. 8: Glanztafeln [9]	15
Abb. 9: Messgeometrien [13].....	16
Abb. 10: Zusammenhang zwischen Geometrie und Messwerten [78].....	17
Abb. 11: mikro TRI gloss [13].....	18
Abb. 12: Überlagerung von Abweichungen an einem Oberflächenprofil [46]	19
Abb. 13: Berechnung des Kennwerts R_a , Darstellung am Rauheitsprofil [46]	20
Abb. 14: Filterwirkung durch die Tastspitzengeometrie [46]	22
Abb. 15: Bezugsflächentastsystem [46]	23
Abb. 16: Perthometer M2 mit PFM-Vorschubgerät [53]	24
Abb. 17: Auswirkung einer beschädigten Tastspitze auf das Profil [69]	25
Abb. 18: Die Eingabevariablen der BRDF [23]	26
Abb. 19: Das Mikrofacetten-Modell [67]	28
Abb. 20: Exponentielle Beziehung zwischen R_s und m im Modell von Cook und Torrance.....	30
Abb. 21: Prüfkörper.....	31
Abb. 22: Zahnbürste Dr. Best Plus/Original und vorbereiteter Bürstenkopf	32
Abb. 23: RDA-Werte der verwendeten Zahnpasten	36
Abb. 24: Scan Dia Scandimatic mit Probekörper und Auflagegewicht	37
Abb. 25: Bürstmaschine	38
Abb. 26: Skizze der Versuchsanordnung Spülversuche.....	39
Abb. 27: Aufbau Rotationsversuche.....	40
Abb. 28: Überprüfung der Diskriminierung zwischen den Proben (Glanz).....	42
Abb. 29: Wiederholte Messung des Wertes für R_a	43

Abb. 30: Diskriminierung zwischen den Proben (R_a).....	44
Abb. 31: Versuchsanordnung Reihen G1 - G3.....	45
Abb. 32: Versuchsanordnung Reihe R.....	46
Abb. 33: Schema für die Glanzmessung.....	47
Abb. 34: Glanzmessung mit dem mikro-TRI-gloss-Gerät	48
Abb. 35: Messung mit Perthometer und der Prüfkörperhalterung.....	49
Abb. 36: Messwerte für den Glanz in der 60°-Geometrie in den Reihen G1, G2, G3 (Mittelwerte und Standardabweichungen).....	51
Abb. 37: Messwerte für den Glanz in der 60°-Geometrie in der Reihe R (Mittelwerte und Standardabweichungen)	54
Abb. 38: Mittenrauheit R_a in der Reihe R; ermittelt mit dem Perthometer M2 (Mittelwerte und Standardabweichungen)	55
Abb. 39: Rauheitsprofil Prüfkörper R12, Elmex Erosionsschutz, $R_a = 3,335 \mu\text{m}$	56
Abb. 40: Rauheitsprofil Prüfkörper R47, Parodontax, $R_a = 0,083 \mu\text{m}$	57
Abb. 41: Rauheitsprofil Prüfkörper R62, Kerr Cleanic, $R_a = 9,189 \mu\text{m}$	57
Abb. 42: Zusammenhang zwischen der RDA und Glanz in der Reihe G1.....	58
Abb. 43: Zusammenhang zwischen der RDA und Glanz in der Reihe G2.....	59
Abb. 44: Zusammenhang zwischen der RDA und Glanz in der Reihe G3.....	60
Abb. 45: Zusammenhang zwischen dem RDA und Glanz in der Reihe R	61
Abb. 46: Bezug zwischen Glanz und R_a in der Reihe R bei Messung mit dem Perthometer	62
Abb. 47: Zusammenhang zwischen R_a (Reihe R, Perthometer-Messung) und der RDA	63

10 Verzeichnis der im Text verwendeten Tabellen

Tab. 1: Normierung von Glanzmessverfahren [13] 18

11 Lebenslauf

12 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt dem Doktorvater, Herrn Univ.-Prof. Dr. K. H. R. Ott, für das Überlassen dieser Thematik, für die Unterstützung und für die zeitnahe Beratung in wissenschaftlichen Fragen und zugleich für die Freiheit, die es benötigt, um ein Thema selbstständig wissenschaftlich zu erarbeiten.

Außerdem gilt mein Dank Herrn OA Dr. Markus Kaup und Herrn PD Dr. Dieter Dirksen für die Unterstützung und Inspiration sowohl bei theoretischen Hintergründen als auch bei der praktischen Umsetzung.

Diesen und allen hier nicht erwähnten Personen danke ich für Unterstützung, Motivation und Hilfe in den vergangenen Jahren.

13 Anhang

13.1 Herstellernachweis

13.1.1 Probenmaterial

Prüfkörper:

Carl Thomas Kunststoffverarbeitung GmbH
Xantener Straße 34
50733 Köln

Plexiglas GS, 30 x 30 x 4 mm, schwarz

Zahnbürsten:

GlaxoSmithKline Consumer Healthcare GmbH & Co. KG
Sachsenstraße 9
20097 Hamburg

Dr. Best „Original“/„Plus“ weich

Zahn- und Prophylaxepasten:

Colgate Palmolive CP GABA GmbH

Beim Strohhouse 17

20097 Hamburg

Colgate Dentagard Original: Pharmazentralnummer 10224114

Colgate Total Original: Pharmazentralnummer 8922785

Colgate Sensation White: EAN 4011200289900

elmex Erosionsschutz: Pharmazentralnummer 9095054

elmex Kariesschutz: Pharmazentralnummer 2791046

Dentaid

Innstraße 34

68199 Mannheim

Vitis Whitening. Pharmazentralnummer 02816243

Dental Kosmetik GmbH u. Co KG

Katharinenstraße 4

01099 Dresden

Dentalux Complex 3 mint fresh: EAN 20048556

dm Dorgeriemarkt GmbH u. Co KG
Carl-Metz-Straße 1
76185 Karlsruhe

DontoDent Fluor Fresh: EAN 4010355681980

Dr. Kurt Wolff GmbH u. Co KG
Johanneswerkstraße 34 - 36
33611 Bielefeld

Dr. Wolff's Biorepair Zahncreme

Dr. Rudolf Liebe Nachf. GmbH u. Co KG
Max-Lang-Straße 64
70771 Langfelden

Pearls & Dents: Pharmazentralnummer 08633199

Durodont GmbH
Schillerstraße 23 - 25
73054 Eisligen

Eurodont Aktiv Fresh: EAN 29023455

GlaxoSmithKline Healthcare

Prinzregentenplatz 9

81675 München

Parodontax: Pharmazentralnummer 4791866

Kerr GmbH

Murgstraße 1 - 14

76437 Rastatt

Cleanic: Artikelnummer 3110

13.1.2 Messen und Prüfen

Schleifpapierscheiben:

Struers GmbH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 5

47877 Willich

SiC Paper #2000: Artikelnummer 40400181

For wet grinding of materials (HV 30 - 400), Plain back

Size: 200 mm dia.

SiC Paper #4000: Artikelnummer 40400182

For wet grinding of materials (HV 30 - 400), Plain back

Size: 200 mm dia.

Poliermaschine:

Hans P. Tempelmann GmbH u. Co KG
Lütkenheider Straße 11
58099 Hagen

Scan-Dia
Trägerscheibe: Kunststoff, Size: 200 mm dia.

Glanzmessung:

BYK-Gardner GmbH
Lausitzer Straße 9
82538 Geretsried

mikro-TRI-Gloss Glanzmessgerät: Artikelnummer 4430
Seriennummer 1022846
Internationale Normen: ISO 2813, 7668; ASTM D 523, D 2457; DIN 67530; JIS Z8741
Messgerät zur Bestimmung von Glanz
Prüfung: Die Prüfung erfolgt durch Vergleichen des Prüflings mit geprüften Standards.
Prüfmittel: Referenzinstrument: micro-TRI-gloss Ser.No. 1000049;
Referenzstandard: „BAM-Satz-Z“-Zeugnis Nr. S1E1638 vom 11.08.2005 von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

Rauheitsmessung:

Mahr GmbH
Carl-Mahr- Straße 1
37073 Göttingen

Perthometer M2: Artikelnummer 6910135
Messgerät zur Messung im Tastschnittverfahren mit dem Vorschubgerät PFM
Internationale Normen: ISO4287; JIS B 0601
Phasenkorrektes Profilfilter gemäß DIN EN ISO 11562

Taster NHT 6-100: Artikelnummer 6111501
Einkufentaster
Spitzenradius 2 μm , Kegelwinkel 90°

13.2 Wertetabellen

13.2.1 Messung des Glanzes

Messung in der Reihe G1

Zahnpasta	Prüfkörpernummer	20°	60°	85°
Blindprobe	G86 016001	50,4	70,4	72,1
	G86 016002	52,3	70,3	77,2
	G86 016003	55,4	71,6	84,3
	G86 016004	55,9	74,3	86,3
	G86 016005	56,1	74,3	80,2
	G86 016006	57,5	77,1	72,8
	G86 016007	57,9	76,4	81,3
	G86 016008	55,9	75,3	88,6
	G86 016009	53,8	73,6	88,6
	G86 016010	51,5	73,0	79,6
	G86 017001	47,6	70,7	71,5
	G86 017002	39,0	65,0	81,2
	G86 017003	35,7	62,1	87,7
	G86 017004	35,3	63,6	87,7
	G86 017005	46,9	68,3	77,0
	G86 017006	39,2	69,7	71,8
	G86 017007	37,7	69,2	81,8
	G86 017008	38,4	69,1	88,5
	G86 017009	42,2	70,1	87,8
	G86 017010	50,2	72,6	78,4
	G86 018001	56,1	73,3	71,3
	G86 018002	49,8	71,7	80,1
	G86 018003	47,7	70,1	87,1
	G86 018004	47,8	69,3	88,6
	G86 018005	45,7	71,0	80,8
	G86 018006	41,7	67,6	69,1
	G86 018007	42,7	67,8	77,1
	G86 018008	47,3	69,6	83,9
	G86 018009	51,2	71,9	83,4
	G86 018010	54,1	73,0	76,6
	G86 019001	74,3	83,8	74,5
	G86 019002	72,0	83,3	82,5
	G86 019003	70,4	82,6	90,6
	G86 019004	70,3	82,1	90,6
	G86 019005	69,1	81,8	83,3
	G86 019006	69,1	81,9	71,8
	G86 019007	69,3	82,2	82,8
	G86 019008	71,4	82,5	90,3
	G86 019009	71,1	83,1	90,6
	G86 019010	72,1	83,3	82,9
	G86 020001	34,3	63,0	67,5
	G86 020002	34,9	64,5	77,9
	G86 020003	36,4	65,6	83,4
	G86 020004	42,0	68,4	84,3
	G86 020005	53,3	72,3	76,6
	G86 020006	42,0	71,2	70,8
	G86 020007	37,3	69,0	81,3
G86 020008	35,9	67,8	88,0	
G86 020009	36,9	67,8	88,8	
G86 020010	39,9	67,9	81,5	
Elmex Erosionsschutz	G86 021001	17,5	63,7	70,5
	G86 021002	16,6	56,0	77,8
	G86 021003	11,2	41,9	84,8
	G86 021004	6,7	29,0	84,1
	G86 021005	5,5	22,9	76,4
	G86 021006	5,0	37,6	67,7
	G86 021007	8,0	43,0	77,5
	G86 021008	12,8	52,1	85,3
	G86 021009	17,7	58,8	86,5
	G86 021010	27,5	66,2	78,2
	G86 022001	11,7	39,0	69,0
	G86 022002	9,2	30,4	77,1
	G86 022003	8,9	26,2	84,0

	G86 022004	9,1	26,3	84,7
	G86 022005	10,0	29,6	75,8
	G86 022006	16,3	64,8	72,2
	G86 022007	15,1	63,4	82,2
	G86 022008	14,5	62,1	90,1
	G86 022009	14,1	61,4	90,1
	G86 022010	13,8	61,9	81,8
	G86 023001	18,8	51,4	70,2
	G86 023002	21,7	50,2	79,8
	G86 023003	23,5	51,7	87,1
	G86 023004	21,1	51,7	87,0
	G86 023005	19,8	51,8	78,3
	G86 023006	25,3	72,3	71,4
	G86 023007	29,1	73,8	82,9
	G86 023008	30,9	74,5	90,7
	G86 023009	30,2	74,4	90,6
	G86 023010	28,5	73,6	84,0
	G86 024001	9,5	57,1	70,8
	G86 024002	8,7	56,4	81,5
	G86 024003	8,6	56,7	88,9
	G86 024004	9,9	57,8	88,5
	G86 024005	11,9	59,4	80,2
	G86 024006	7,1	30,5	67,7
	G86 024007	5,8	24,1	76,5
	G86 024008	5,1	21,2	83,0
	G86 024009	5,4	21,1	82,8
	G86 024010	6,3	25,9	73,7
	G86 025001	12,0	64,2	72,0
	G86 025002	10,9	62,8	82,3
	G86 025003	11,0	62,6	90,2
	G86 025004	11,7	62,3	89,9
	G86 025005	11,6	61,2	81,2
	G86 025006	8,2	33,6	67,3
	G86 025007	6,8	26,4	76,7
	G86 025008	6,3	23,8	83,9
	G86 025009	6,7	23,3	83,8
	G86 025010	7,5	27,4	76,0
Eurodont Aktiv Fresh	G86 026001	40,0	69,6	71,8
	G86 026002	37,1	67,4	82,6
	G86 026003	37,2	66,5	88,5
	G86 026004	37,9	66,2	89,6
	G86 026005	38,0	66,9	82,4
	G86 026006	36,8	75,4	74,3
	G86 026007	40,3	76,5	82,8
	G86 026008	42,6	77,8	91,3
	G86 026009	43,7	78,1	91,7
	G86 026010	43,8	78,0	84,9
	G86 027001	38,1	67,5	74,4
	G86 027002	38,8	67,3	82,8
	G86 027003	39,5	67,7	89,8
	G86 027004	40,9	67,7	90,7
	G86 027005	39,7	68,1	82,2
	G86 027006	37,4	77,3	74,1
	G86 027007	40,7	78,1	83,8
	G86 027008	43,6	79,0	91,3
	G86 027009	45,8	79,3	92,0
	G86 027010	45,9	79,1	84,1
	G86 028001	42,4	69,6	72,5
	G86 028002	38,4	67,1	81,1
	G86 028003	34,0	64,5	89,6
	G86 028004	34,4	63,4	90,4
	G86 028005	34,1	64,8	81,5
	G86 028006	37,3	75,3	73,6
	G86 028007	39,6	76,3	83,3
	G86 028008	41,0	76,8	90,6
	G86 028009	41,2	76,7	91,5
	G86 028010	39,5	75,8	84,2
	G86 029001	40,6	77,7	71,2
	G86 029002	39,1	77,7	82,0
	G86 029003	36,3	77,5	90,6
	G86 029004	34,5	76,7	91,2
	G86 029005	32,1	75,5	82,8
	G86 029006	39,3	70,2	72,6
	G86 029007	33,1	65,7	83,2
	G86 029008	30,1	61,4	90,0
	G86 029009	29,9	60,0	89,5
	G86 029010	31,8	61,2	82,2
	G86 030001	30,4	74,3	74,3
	G86 030002	28,4	73,8	82,6

	G86 030003	27,7	73,4	90,0
	G86 030004	27,7	73,1	91,4
	G86 030005	27,5	72,6	83,1
	G86 030006	23,8	56,4	71,1
	G86 030007	22,4	53,3	80,5
	G86 030008	21,3	52,0	88,1
	G86 030009	21,9	52,4	89,2
	G86 030010	23,5	53,7	81,1
DontoDent Fluor Fresh	G86 031001	31,2	62,0	74,3
	G86 031002	30,0	60,1	82,3
	G86 031003	29,3	58,9	89,3
	G86 031004	29,3	59,0	90,0
	G86 031005	30,5	60,1	80,8
	G86 031006	31,9	74,2	75,0
	G86 031007	32,0	74,3	85,3
	G86 031008	33,1	74,8	91,9
	G86 031009	35,7	75,6	91,5
	G86 031010	39,4	76,9	82,9
	G86 032001	17,5	49,0	70,7
	G86 032002	17,5	45,4	78,8
	G86 032003	16,5	45,1	87,0
	G86 032004	17,2	46,5	87,9
	G86 032005	23,9	53,9	80,1
	G86 032006	23,1	68,8	72,7
	G86 032007	20,8	67,0	82,6
	G86 032008	20,9	67,8	89,9
	G86 032009	24,9	69,3	89,4
	G86 032010	27,3	70,9	82,5
	G86 033001	21,6	52,8	72,6
	G86 033002	19,4	49,5	80,0
	G86 033003	18,9	48,6	87,8
	G86 033004	24,6	52,9	89,1
	G86 033005	33,4	61,2	81,1
	G86 033006	25,4	68,5	72,7
	G86 033007	23,3	66,9	83,2
	G86 033008	22,3	66,5	89,6
	G86 033009	23,7	67,1	89,5
	G86 033010	25,0	67,8	83,2
	G86 034001	42,5	77,0	73,0
	G86 034002	41,3	77,1	82,1
	G86 034003	38,4	76,9	89,1
	G86 034004	36,7	76,5	90,0
	G86 034005	35,4	75,8	81,5
	G86 034006	43,4	71,3	72,7
	G86 034007	37,4	67,4	81,7
	G86 034008	33,4	64,6	89,1
	G86 034009	35,0	63,5	89,1
	G86 034010	34,4	65,0	80,7
	G86 035001	39,8	76,0	74,5
	G86 035002	32,4	74,7	82,2
	G86 035003	28,7	73,1	91,3
	G86 035004	29,3	72,3	91,2
	G86 035005	30,6	71,5	83,5
	G86 035006	46,3	73,6	72,5
	G86 035007	36,1	66,5	83,5
	G86 035008	25,5	57,5	91,1
	G86 035009	22,8	52,9	90,6
	G86 035010	22,9	52,3	81,1
Colgate Total orig.	G86 036001	14,8	50,9	68,0
	G86 036002	13,3	45,8	75,3
	G86 036003	13,6	42,1	82,6
	G86 036004	13,2	39,9	82,9
	G86 036005	9,6	36,8	72,2
	G86 036006	18,1	67,0	72,0
	G86 036007	19,8	68,1	82,1
	G86 036008	19,5	68,6	87,9
	G86 036009	18,4	68,7	87,5
	G86 036010	19,2	68,8	79,3
	G86 037001	9,2	36,1	69,2
	G86 037002	8,5	27,9	77,3
	G86 037003	8,6	23,5	84,6
	G86 037004	7,7	22,5	81,8
	G86 037005	6,7	21,9	74,2
	G86 037006	12,2	58,4	72,8
	G86 037007	12,6	58,4	81,7
	G86 037008	13,3	58,7	89,8
	G86 037009	13,1	58,8	90,8
	G86 037010	13,1	59,2	80,4
	G86 038001	5,8	28,3	67,0

	G86 038002	5,2	22,6	74,9
	G86 038003	5,1	20,9	82,0
	G86 038004	5,8	23,8	81,9
	G86 038005	7,3	29,7	74,3
	G86 038006	9,9	53,8	71,1
	G86 038007	9,0	52,3	81,6
	G86 038008	8,5	52,0	88,1
	G86 038009	8,8	52,2	88,1
	G86 038010	9,3	53,2	80,3
	G86 039001	13,1	63,7	73,2
	G86 039002	13,4	65,0	83,8
	G86 039003	14,4	65,2	90,6
	G86 039004	14,5	64,3	90,7
	G86 039005	12,8	62,2	82,2
	G86 039006	9,2	36,6	68,2
	G86 039007	8,2	31,4	78,4
	G86 039008	8,5	32,3	85,4
	G86 039009	9,8	33,4	85,3
	G86 039010	9,9	36,5	76,9
	G86 040001	9,5	53,2	72,1
	G86 040002	9,0	52,2	80,9
	G86 040003	8,6	51,9	88,3
	G86 040004	8,5	51,7	87,6
	G86 040005	8,2	51,2	81,6
	G86 040006	7,0	26,7	68,4
	G86 040007	6,2	22,3	76,7
	G86 040008	5,5	19,9	82,6
	G86 040009	5,3	19,1	81,9
	G86 040010	5,2	19,1	74,4
Colgate Dentagard orig.	G86 041001	52,1	76,2	73,2
	G86 041002	50,0	74,6	83,6
	G86 041003	49,1	73,6	90,4
	G86 041004	48,6	73,3	91,4
	G86 041005	50,3	74,4	83,8
	G86 041006	51,7	81,3	75,9
	G86 041007	52,1	81,6	84,9
	G86 041008	54,2	82,0	92,3
	G86 041009	56,1	82,3	91,8
	G86 041010	57,7	82,6	84,2
	G86 042001	35,6	76,3	71,2
	G86 042002	33,8	75,3	80,9
	G86 042003	31,9	74,9	87,7
	G86 042004	32,7	75,4	89,0
	G86 042005	37,5	76,5	79,5
	G86 042006	31,6	61,5	73,1
	G86 042007	29,4	58,5	81,7
	G86 042008	27,0	58,0	88,0
	G86 042009	28,5	59,3	88,3
	G86 042010	35,2	64,3	79,4
	G86 043001	36,2	76,7	73,9
	G86 043002	35,5	76,8	82,2
	G86 043003	35,0	77,0	90,0
	G86 043004	36,9	77,4	91,6
	G86 043005	41,1	78,3	82,9
	G86 043006	30,9	60,3	71,6
	G86 043007	28,9	58,6	81,2
	G86 043008	28,0	59,0	88,8
	G86 043009	29,8	60,3	90,0
	G86 043010	34,4	64,7	81,6
	G86 044001	29,3	74,0	73,0
	G86 044002	30,7	74,0	83,4
	G86 044003	33,5	75,0	89,7
	G86 044004	37,2	76,3	91,4
	G86 044005	39,4	77,6	84,5
	G86 044006	28,6	59,8	72,3
	G86 044007	25,0	55,3	82,3
	G86 044008	26,3	57,6	89,8
	G86 044009	34,2	63,2	88,0
	G86 044010	41,1	69,2	80,9
	G86 045001	37,2	76,0	71,7
	G86 045002	38,2	76,3	78,3
	G86 045003	40,3	76,7	87,7
	G86 045004	40,7	76,8	88,1
	G86 045005	40,1	77,2	80,6
	G86 045006	51,5	73,6	70,2
	G86 045007	40,8	68,8	79,8
	G86 045008	34,0	63,9	86,3
	G86 045009	30,7	60,0	87,0
	G86 045010	29,4	59,9	78,6

Elmex Kariesschutz	G86 046001	10,5	31,8	65,3
	G86 046002	8,7	25,9	72,8
	G86 046003	7,5	22,6	79,0
	G86 046004	7,5	22,3	79,7
	G86 046005	9,0	26,1	72,4
	G86 046006	14,8	65,3	72,2
	G86 046007	14,5	65,2	79,7
	G86 046008	14,1	65,4	87,6
	G86 046009	14,8	66,0	88,5
	G86 046010	16,5	67,3	81,5
	G86 047001	30,8	61,3	70,7
	G86 047002	21,1	56,0	81,8
	G86 047003	20,1	54,5	87,6
	G86 047004	24,5	56,7	88,5
	G86 047005	31,6	63,5	80,1
	G86 047006	28,8	77,6	74,2
	G86 047007	28,3	77,5	83,5
	G86 047008	30,0	77,8	91,9
	G86 047009	31,9	78,0	91,9
	G86 047010	34,8	78,4	83,8
	G86 048001	14,6	39,7	65,6
	G86 048002	11,7	34,1	72,6
	G86 048003	8,1	26,5	81,6
	G86 048004	8,5	26,8	81,8
	G86 048005	11,6	32,6	75,2
	G86 048006	21,5	70,9	73,7
	G86 048007	18,8	69,8	81,7
	G86 048008	16,8	68,6	87,9
	G86 048009	17,1	67,5	89,9
	G86 048010	18,0	68,0	82,8
	G86 049001	32,1	75,1	73,0
	G86 049002	34,6	75,4	82,3
	G86 049003	34,8	75,5	88,7
	G86 049004	31,1	74,5	88,5
	G86 049005	25,2	72,4	80,7
	G86 049006	24,7	58,7	72,9
	G86 049007	23,0	57,6	81,7
	G86 049008	24,7	58,0	87,5
	G86 049009	27,1	59,9	88,6
	G86 049010	30,3	62,9	79,2
	G86 050001	24,0	70,6	72,7
	G86 050002	18,9	67,9	81,7
	G86 050003	14,4	65,5	89,5
	G86 050004	14,2	64,6	90,1
	G86 050005	15,5	65,4	81,6
	G86 050006	38,6	66,8	68,2
	G86 050007	28,3	54,1	75,9
	G86 050008	12,2	37,5	81,6
	G86 050009	6,9	23,3	80,1
	G86 050010	5,9	19,0	72,9
Colgate Sensation White	G86 051001	31,5	64,5	72,8
	G86 051002	32,5	62,6	79,2
	G86 051003	32,3	63,3	88,0
	G86 051004	34,7	63,4	88,9
	G86 051005	33,0	63,0	79,8
	G86 051006	36,8	75,0	71,6
	G86 051007	39,9	75,9	81,0
	G86 051008	40,2	76,3	88,1
	G86 051009	40,1	77,2	88,4
	G86 051010	40,1	77,9	83,3
	G86 052001	10,3	33,9	68,3
	G86 052002	8,6	28,5	77,2
	G86 052003	8,0	26,0	84,4
	G86 052004	8,3	25,4	85,2
	G86 052005	8,8	28,2	78,0
	G86 052006	14,5	66,2	72,5
	G86 052007	14,0	64,5	82,9
	G86 052008	13,2	64,2	89,6
	G86 052009	13,8	64,5	91,0
	G86 052010	15,6	65,7	82,9
	G86 053001	17,6	46,4	69,3
	G86 053002	14,7	42,4	76,1
	G86 053003	13,3	40,1	83,5
	G86 053004	14,1	40,2	85,4
	G86 053005	16,7	44,9	77,6
	G86 053006	20,7	69,1	69,9
	G86 053007	22,1	69,7	78,2
	G86 053008	22,8	70,6	84,6
	G86 053009	22,2	70,3	85,4

	G86 053010	21,7	69,9	78,5
	G86 054001	16,6	66,2	71,9
	G86 054002	15,5	65,5	80,4
	G86 054003	14,6	64,9	88,8
	G86 054004	14,8	64,9	88,8
	G86 054005	16,2	65,7	81,0
	G86 054006	12,6	39,9	70,1
	G86 054007	11,2	34,6	77,6
	G86 054008	9,6	31,7	84,2
	G86 054009	9,5	31,4	84,4
	G86 054010	11,0	33,9	75,2
	G86 055001	19,6	69,4	74,0
	G86 055002	18,3	68,8	83,6
	G86 055003	18,0	68,7	89,9
	G86 055004	18,3	68,9	91,2
	G86 055005	18,7	69,5	84,0
	G86 055006	12,5	36,7	70,7
	G86 055007	11,2	34,0	78,6
	G86 055008	10,7	33,4	85,3
	G86 055009	11,8	34,0	86,9
	G86 055010	13,1	35,8	80,2
Dentalux Complex 3 mf	G86 056001	28,5	61,9	72,2
	G86 056002	27,5	60,7	80,4
	G86 056003	27,2	59,6	88,4
	G86 056004	26,4	59,0	90,3
	G86 056005	27,0	59,4	83,0
	G86 056006	29,1	74,6	72,8
	G86 056007	33,1	76,1	84,1
	G86 056008	34,5	77,2	90,9
	G86 056009	35,3	77,7	92,2
	G86 056010	36,4	77,7	82,8
	G86 057001	22,2	53,7	73,3
	G86 057002	20,5	51,1	80,7
	G86 057003	19,1	49,6	88,6
	G86 057004	19,7	48,4	89,8
	G86 057005	19,6	50,0	81,1
	G86 057006	22,9	71,7	74,1
	G86 057007	23,9	72,0	82,3
	G86 057008	24,7	72,5	89,6
	G86 057009	25,1	72,6	91,1
	G86 057010	24,8	72,4	82,8
	G86 058001	12,5	38,9	70,7
	G86 058002	10,7	35,2	78,0
	G86 058003	10,4	33,0	85,6
	G86 058004	11,8	35,3	86,2
	G86 058005	14,6	40,8	80,4
	G86 058006	15,7	65,3	73,6
	G86 058007	15,5	65,7	81,8
	G86 058008	15,6	66,5	88,4
	G86 058009	16,8	67,7	89,8
	G86 058010	19,1	69,5	81,8
	G86 059001	22,1	70,1	73,1
	G86 059002	20,6	69,7	80,0
	G86 059003	17,8	68,8	89,9
	G86 059004	17,7	68,1	90,7
	G86 059005	18,4	68,2	82,2
	G86 059006	24,1	55,6	69,9
	G86 059007	15,4	45,7	79,4
	G86 059008	11,8	36,7	87,0
	G86 059009	11,6	35,2	86,7
	G86 059010	12,6	36,9	80,0
	G86 060001	26,7	73,6	75,6
	G86 060002	25,5	73,4	81,7
	G86 060003	23,7	73,1	90,0
	G86 060004	23,0	72,0	83,3
	G86 060005	21,4	70,8	81,5
	G86 060006	34,3	68,0	71,3
	G86 060007	27,3	59,9	80,9
	G86 060008	18,3	49,7	88,0
	G86 060009	14,6	42,5	86,5
	G86 060010	13,8	40,4	78,5
Parodontax mit Fluorid	G86 061001	70,1	81,7	73,5
	G86 061002	71,4	82,2	81,3
	G86 061003	71,1	82,3	88,5
	G86 061004	69,6	82,0	89,2
	G86 061005	67,9	81,3	81,5
	G86 061006	67,5	80,6	72,4
	G86 061007	70,5	82,1	82,3
	G86 061008	71,6	82,5	88,5

	G86 061009	71,2	82,6	90,7
	G86 061010	69,2	82,2	83,6
	G86 062001	68,0	81,4	72,3
	G86 062002	69,0	81,6	79,8
	G86 062003	69,7	81,9	88,9
	G86 062004	69,9	82,0	90,0
	G86 062005	69,5	82,0	83,2
	G86 062006	66,9	80,6	73,1
	G86 062007	69,0	81,2	82,6
	G86 062008	69,8	81,7	87,6
	G86 062009	69,2	81,7	89,5
	G86 062010	66,7	81,2	81,7
	G86 063001	70,6	82,5	73,2
	G86 063002	71,0	82,6	80,6
	G86 063003	70,0	82,2	90,5
	G86 063004	69,8	81,8	91,2
	G86 063005	70,1	81,7	83,8
	G86 063006	70,0	82,1	73,7
	G86 063007	70,9	82,7	82,5
	G86 063008	71,0	83,0	90,6
	G86 063009	70,9	82,9	91,1
	G86 063010	70,3	82,8	83,2
	G86 064001	73,8	83,7	74,1
	G86 064002	74,3	83,9	82,5
	G86 064003	73,4	83,7	91,2
	G86 064004	72,6	83,4	92,6
	G86 064005	70,8	82,9	84,8
	G86 064006	76,2	83,9	74,3
	G86 064007	75,5	84,1	85,4
	G86 064008	74,2	83,9	91,4
	G86 064009	73,3	83,4	90,6
	G86 064010	72,9	83,3	83,7
	G86 065001	72,9	83,0	73,2
	G86 065002	73,3	83,2	80,2
	G86 065003	73,6	83,3	89,7
	G86 065004	73,0	82,7	90,8
	G86 065005	70,4	81,9	82,3
	G86 065006	74,9	83,0	72,2
	G86 065007	74,2	83,1	82,3
	G86 065008	73,6	83,1	89,7
	G86 065009	73,7	83,3	90,9
	G86 065010	73,5	83,5	83,0
Vitis Whitening	G86 066001	32,5	72,8	70,2
	G86 066002	32,2	72,6	79,2
	G86 066003	32,3	72,5	85,4
	G86 066004	31,7	72,5	87,1
	G86 066005	29,7	72,0	79,6
	G86 066006	40,1	67,9	69,1
	G86 066007	31,3	62,2	77,8
	G86 066008	25,0	56,7	84,1
	G86 066009	22,7	52,4	85,8
	G86 066010	21,2	50,3	78,3
	G86 067001	26,4	72,7	73,9
	G86 067002	25,4	72,7	82,9
	G86 067003	25,3	72,9	90,2
	G86 067004	26,5	73,1	92,0
	G86 067005	28,4	73,2	83,3
	G86 067006	22,9	51,8	72,1
	G86 067007	19,7	47,4	80,6
	G86 067008	17,2	44,6	87,3
	G86 067009	17,4	44,0	88,5
	G86 067010	20,1	46,4	78,7
	G86 068001	28,9	74,0	73,4
	G86 068002	30,4	74,5	82,4
	G86 068003	33,2	75,0	90,2
	G86 068004	33,6	75,1	91,4
	G86 068005	32,3	74,6	84,6
	G86 068006	31,0	61,4	71,5
	G86 068007	25,0	56,0	80,9
	G86 068008	22,6	51,9	87,6
	G86 068009	20,6	49,5	88,1
	G86 068010	18,9	48,4	80,2
	G86 069001	23,8	71,3	73,7
	G86 069002	23,0	71,3	81,3
	G86 069003	22,5	71,1	90,2
	G86 069004	22,8	70,6	91,5
	G86 069005	22,9	70,4	84,7
	G86 069006	16,7	45,2	69,1
	G86 069007	13,8	39,5	78,5

	G86 069008	12,7	39,8	85,4
	G86 069009	17,2	43,9	88,2
	G86 069010	26,4	54,3	80,6
	G86 070001	29,5	72,6	73,8
	G86 070002	27,5	72,3	82,5
	G86 070003	24,8	71,4	89,0
	G86 070004	21,0	69,4	90,6
	G86 070005	17,8	67,1	80,4
	G86 070006	42,4	71,5	68,3
	G86 070007	38,1	65,0	77,1
	G86 070008	23,1	51,4	84,3
	G86 070009	14,1	40,5	85,3
	G86 070010	8,9	30,4	78,2
Dr. Wolff's Biorepair	G86 071001	24,1	70,5	73,0
	G86 071002	22,0	69,6	80,9
	G86 071003	18,6	68,4	88,3
	G86 071004	16,2	66,1	88,6
	G86 071005	15,4	64,6	82,2
	G86 071006	38,1	67,7	67,8
	G86 071007	25,2	55,3	78,0
	G86 071008	16,7	45,7	82,3
	G86 071009	9,7	32,1	83,0
	G86 071010	7,0	25,0	75,4
	G86 072001	44,8	72,6	71,8
	G86 072002	49,1	74,2	81,3
	G86 072003	50,5	76,6	89,5
	G86 072004	49,9	77,9	89,4
	G86 072005	48,3	78,0	83,1
	G86 072006	44,8	71,7	70,6
	G86 072007	43,6	71,3	80,6
	G86 072008	43,4	70,6	89,4
	G86 072009	43,3	70,6	90,1
	G86 072010	44,8	70,6	82,0
	G86 073001	46,4	77,1	74,1
	G86 073002	46,9	77,4	81,8
	G86 073003	46,4	77,4	89,2
	G86 073004	43,8	76,2	89,8
	G86 073005	39,2	74,7	82,3
	G86 073006	42,1	69,0	68,6
	G86 073007	40,9	69,0	82,6
	G86 073008	39,9	69,1	88,8
	G86 073009	41,1	69,5	88,2
	G86 073010	42,2	70,1	82,2
	G86 074001	36,7	76,9	74,6
	G86 074002	36,4	77,1	82,3
	G86 074003	38,4	77,2	91,3
	G86 074004	38,7	77,0	92,1
	G86 074005	34,6	76,2	83,5
	G86 074006	34,3	64,6	70,9
	G86 074007	27,5	60,0	81,3
	G86 074008	24,0	57,6	87,9
	G86 074009	26,8	59,5	88,5
	G86 074010	32,7	63,1	79,4
	G86 075001	41,9	78,9	75,1
	G86 075002	41,6	79,5	83,8
	G86 075003	42,6	79,5	91,3
	G86 075004	43,7	79,3	91,9
	G86 075005	40,2	78,6	84,4
	G86 075006	29,7	62,3	74,1
	G86 075007	26,8	60,7	81,5
	G86 075008	28,4	60,3	87,5
	G86 075009	31,0	61,6	87,6
	G86 075010	31,3	63,2	79,3
Kerr Cleanic	G86 196001	2,0	21,4	60,6
	G86 196002	1,9	20,9	68,1
	G86 196003	1,7	20,2	75,1
	G86 196004	1,7	19,7	76,6
	G86 196005	1,6	19,3	69,8
	G86 196006	1,0	5,6	45,7
	G86 196007	1,1	5,2	50,3
	G86 196008	1,2	5,1	55,6
	G86 196009	1,2	5,0	56,4
	G86 196010	1,2	5,4	49,9
	G86 197001	2,2	23,9	63,3
	G86 197002	2,2	24,3	70,9
	G86 197003	2,2	24,6	77,6
	G86 197004	2,2	24,4	78,7
	G86 197005	2,0	23,3	72,2
	G86 197006	1,2	12,8	54,1

	G86 197007	1,4	9,7	59,4
	G86 197008	1,5	7,1	62,5
	G86 197009	1,4	5,9	62,3
	G86 197010	1,3	5,7	55,6
	G86 198001	1,6	18,9	60,1
	G86 198002	1,5	17,8	66,9
	G86 198003	1,4	16,9	72,4
	G86 198004	1,3	16,3	73,3
	G86 198005	1,2	15,7	66,2
	G86 198006	1,0	12,3	48,0
	G86 198007	0,9	8,8	50,8
	G86 198008	0,9	5,5	53,6
	G86 198009	1,0	4,5	53,4
	G86 198010	1,0	3,9	46,1
	G86 199001	2,0	23,0	62,8
	G86 199002	2,1	23,6	70,4
	G86 199003	2,2	23,8	77,3
	G86 199004	2,3	23,5	77,1
	G86 199005	2,1	22,7	71,3
	G86 199006	1,0	10,2	50,4
	G86 199007	1,2	8,1	56,8
	G86 199008	1,4	6,5	61,3
	G86 199009	1,3	5,7	61,2
	G86 199010	1,3	5,7	55,1
	G86 200001	2,2	22,4	64,3
	G86 200002	2,2	22,6	70,6
	G86 200003	2,1	22,6	76,6
	G86 200004	2,0	22,0	79,0
	G86 200005	1,9	21,0	73,1
	G86 200006	1,1	9,2	51,8
	G86 200007	1,3	7,4	55,5
	G86 200008	1,3	6,0	59,0
	G86 200009	1,3	5,2	59,0
	G86 200010	1,3	5,1	54,5
Pearls & Dents	G86 226001	51,1	79,7	75,0
	G86 226002	54,1	80,6	83,2
	G86 226003	55,6	81,0	90,2
	G86 226004	55,1	80,8	92,1
	G86 226005	52,2	80,3	85,9
	G86 226006	53,8	76,0	72,3
	G86 226007	55,4	76,0	80,8
	G86 226008	53,8	75,3	89,0
	G86 226009	49,5	74,0	90,6
	G86 226010	46,4	72,9	82,8
	G86 227001	45,7	78,4	75,2
	G86 227002	46,2	78,5	83,5
	G86 227003	47,5	78,7	89,7
	G86 227004	48,4	78,7	91,5
	G86 227005	47,4	78,2	85,4
	G86 227006	48,0	73,1	72,9
	G86 227007	46,2	71,8	82,2
	G86 227008	44,9	71,1	87,9
	G86 227009	42,9	69,9	90,9
	G86 227010	42,0	69,5	83,4
	G86 228001	51,0	79,5	72,6
	G86 228002	53,8	80,3	80,0
	G86 228003	56,2	81,2	91,5
	G86 228004	55,4	80,9	92,0
	G86 228005	51,7	80,2	84,2
	G86 228006	52,7	76,1	72,8
	G86 228007	52,6	75,9	81,6
	G86 228008	52,7	75,3	90,1
	G86 228009	50,5	73,8	90,9
	G86 228010	46,4	72,4	83,9
	G86 229001	49,3	79,4	74,8
	G86 229002	52,0	80,4	83,2
	G86 229003	54,3	81,1	89,8
	G86 229004	55,3	81,2	92,1
	G86 229005	51,4	80,3	84,7
	G86 229006	52,1	75,0	70,2
	G86 229007	54,3	75,3	82,3
	G86 229008	51,3	74,3	89,0
	G86 229009	46,3	72,5	90,4
	G86 229010	43,9	71,5	82,9
	G86 230001	43,1	76,7	74,6
	G86 230002	39,6	75,9	84,4
	G86 230003	39,3	75,1	91,3
	G86 230004	39,7	74,9	92,2
	G86 230005	38,9	74,6	85,0

G86 230006	39,8	68,5	70,4
G86 230007	38,6	67,6	82,6
G86 230008	36,7	65,5	89,6
G86 230009	34,9	64,2	90,8
G86 230010	33,8	64,1	83,5

Messung in der Reihe G2

Zahnpasta	Prüfkörpernummer	20°	60°	85°
Blindprobe	G35 076001	15,7	53,8	73,1
	G35 076002	17,5	54,7	80,6
	G35 076003	18,5	56,3	88,1
	G35 076004	19,1	56,6	88,2
	G35 076005	18,5	54,9	79,0
	G35 076006	16,3	51,3	71,0
	G35 076007	16,8	51,2	81,1
	G35 076008	16,3	50,2	87,4
	G35 076009	15,3	49,0	87,4
	G35 076010	14,0	47,6	78,3
	G35 077001	14,9	48,7	69,3
	G35 077002	15,5	49,7	78,9
	G35 077003	17,1	51,3	84,9
	G35 077004	16,8	51,4	84,8
	G35 077005	14,4	48,3	77,3
	G35 077006	14,4	49,2	70,5
	G35 077007	15,0	49,4	79,0
	G35 077008	15,6	48,5	84,6
	G35 077009	14,1	46,6	84,7
	G35 077010	12,3	44,4	78,3
	G35 078001	27,3	62,9	73,9
	G35 078002	27,3	63,2	82,8
	G35 078003	27,1	63,2	89,4
	G35 078004	25,5	62,0	90,0
	G35 078005	22,4	59,7	82,3
	G35 078006	30,1	63,9	74,1
	G35 078007	30,6	63,8	82,0
	G35 078008	28,5	62,0	88,4
	G35 078009	24,2	59,5	87,9
	G35 078010	19,8	55,2	79,2
	G35 079001	15,9	50,5	73,2
	G35 079002	17,9	52,6	80,0
	G35 079003	19,8	54,9	87,2
	G35 079004	19,9	55,2	87,8
	G35 079005	18,9	53,7	80,2
	G35 079006	17,0	51,4	70,6
	G35 079007	19,6	54,6	80,7
	G35 079008	19,2	56,1	88,0
	G35 079009	18,9	56,3	87,1
	G35 079010	18,6	55,2	79,1
	G35 080001	8,3	41,3	70,2
	G35 080002	10,2	44,0	79,0
	G35 080003	13,4	48,3	87,2
	G35 080004	16,4	52,0	87,8
	G35 080005	19,9	55,1	82,0
	G35 080006	11,6	42,2	70,1
	G35 080007	10,8	43,2	80,0
G35 080008	11,6	45,4	86,9	
G35 080009	12,9	48,0	87,6	
G35 080010	14,4	51,8	80,3	
Elmex Erosionsschutz	G35 081001	8,9	58,1	72,8
	G35 081002	8,5	57,5	79,6
	G35 081003	8,1	57,2	87,2
	G35 081004	8,9	57,1	88,9
	G35 081005	10,3	57,8	81,2
	G35 081006	5,2	21,9	64,1
	G35 081007	5,0	18,1	72,0
	G35 081008	4,8	19,5	79,8
	G35 081009	6,1	25,0	80,6
	G35 081010	8,7	33,7	73,8
	G35 082001	17,9	68,2	73,3

	G35 082002	15,7	67,4	80,5
	G35 082003	14,3	66,5	87,7
	G35 082004	13,8	65,5	88,0
	G35 082005	13,4	64,0	79,7
	G35 082006	9,0	31,8	68,4
	G35 082007	8,4	28,0	77,1
	G35 082008	8,4	28,4	84,0
	G35 082009	10,3	32,8	84,5
	G35 082010	14,0	41,3	77,3
	G35 083001	16,3	69,3	72,1
	G35 083002	17,2	69,8	79,6
	G35 083003	18,1	70,2	86,0
	G35 083004	18,4	69,7	87,3
	G35 083005	16,5	68,1	80,2
	G35 083006	15,3	47,3	67,2
	G35 083007	12,0	40,8	77,0
	G35 083008	10,4	37,1	83,9
	G35 083009	12,4	38,0	85,2
	G35 083010	14,4	42,2	77,9
	G35 084001	25,5	70,6	72,7
	G35 084002	27,2	70,8	80,8
	G35 084003	27,3	71,3	88,1
	G35 084004	26,6	71,3	87,5
	G35 084005	22,5	70,2	78,9
	G35 084006	19,2	52,9	70,2
	G35 084007	18,0	51,8	78,5
	G35 084008	19,2	52,0	85,9
	G35 084009	21,8	54,1	85,7
	G35 084010	24,6	58,1	78,3
	G35 085001	26,5	71,9	74,6
	G35 085002	27,2	72,2	82,8
	G35 085003	26,8	72,4	89,1
	G35 085004	24,9	71,6	89,9
	G35 085005	20,9	69,9	82,2
	G35 085006	29,4	61,5	71,2
	G35 085007	23,9	57,7	80,8
	G35 085008	19,2	53,1	87,0
	G35 085009	17,9	51,1	87,0
	G35 085010	19,6	52,2	79,3
Eurodont Aktiv Fresh	G35 086001	36,3	75,6	73,1
	G35 086002	40,6	77,3	82,8
	G35 086003	43,9	78,2	90,7
	G35 086004	44,1	78,2	90,3
	G35 086005	42,0	77,6	82,2
	G35 086006	31,7	62,3	72,6
	G35 086007	32,1	62,9	81,1
	G35 086008	36,6	65,0	88,2
	G35 086009	38,5	67,2	88,8
	G35 086010	41,4	69,5	80,4
	G35 087001	41,0	76,0	74,4
	G35 087002	42,5	77,1	84,1
	G35 087003	42,4	77,5	90,1
	G35 087004	41,7	77,6	90,9
	G35 087005	40,4	77,2	83,6
	G35 087006	38,1	67,5	73,4
	G35 087007	37,9	67,4	81,1
	G35 087008	38,5	67,2	89,0
	G35 087009	38,1	65,9	89,6
	G35 087010	34,7	64,9	83,3
	G35 088001	27,0	71,6	75,0
	G35 088002	26,7	71,9	82,6
	G35 088003	27,2	72,1	90,2
	G35 088004	28,8	72,4	90,3
	G35 088005	28,9	72,6	81,4
	G35 088006	34,9	63,5	73,1
	G35 088007	28,5	59,6	81,7
	G35 088008	22,3	54,3	88,7
	G35 088009	20,4	51,5	88,9
	G35 088010	21,5	51,0	81,6
	G35 089001	41,4	74,7	74,3
	G35 089002	42,5	76,0	84,2
	G35 089003	42,2	76,4	89,6
	G35 089004	42,8	76,5	90,4
	G35 089005	41,5	76,2	83,3
	G35 089006	37,2	66,0	70,6
	G35 089007	37,5	65,4	80,5
	G35 089008	37,1	66,1	87,7
	G35 089009	38,3	66,8	89,1
	G35 089010	39,9	67,8	82,4

	G35 090001	22,6	64,9	72,2
	G35 090002	26,8	67,7	80,7
	G35 090003	30,3	70,2	87,6
	G35 090004	31,1	71,1	87,7
	G35 090005	30,8	70,2	79,7
	G35 090006	22,9	60,2	71,1
	G35 090007	24,8	58,7	78,7
	G35 090008	23,6	55,2	85,9
	G35 090009	21,5	52,8	86,3
	G35 090010	18,6	50,7	77,9
DontoDent Fluor Fresh	G35 091001	36,0	73,3	74,1
	G35 091002	37,0	73,7	83,2
	G35 091003	36,4	73,7	89,1
	G35 091004	34,7	73,3	89,1
	G35 091005	31,7	72,3	80,6
	G35 091006	44,5	70,7	70,4
	G35 091007	38,2	67,3	79,7
	G35 091008	31,7	63,4	87,2
	G35 091009	33,0	62,7	87,2
	G35 091010	36,9	65,3	79,0
	G35 092001	26,0	69,7	75,3
	G35 092002	24,8	70,3	83,5
	G35 092003	25,3	70,2	91,1
	G35 092004	26,6	70,5	90,1
	G35 092005	27,6	71,1	80,9
	G35 092006	36,7	69,2	71,9
	G35 092007	30,7	62,3	81,8
	G35 092008	23,1	54,4	88,8
	G35 092009	19,2	49,1	88,6
	G35 092010	20,0	48,5	80,0
	G35 093001	18,4	64,0	73,0
	G35 093002	15,7	62,7	82,0
	G35 093003	14,6	61,7	89,1
	G35 093004	15,5	61,6	88,5
	G35 093005	16,1	62,6	80,6
	G35 093006	24,7	59,1	71,2
	G35 093007	17,7	48,7	80,7
	G35 093008	13,3	41,6	85,7
	G35 093009	11,5	37,4	85,3
	G35 093010	12,2	38,1	75,7
	G35 094001	31,4	72,7	75,8
	G35 094002	31,2	73,5	84,1
	G35 094003	29,8	73,3	91,4
	G35 094004	31,6	73,7	89,8
	G35 094005	33,7	73,3	81,6
	G35 094006	44,2	71,4	74,0
	G35 094007	35,3	65,8	82,5
	G35 094008	24,8	58,1	89,7
	G35 094009	22,6	53,5	89,2
	G35 094010	21,9	54,4	81,9
	G35 095001	40,1	76,1	73,0
	G35 095002	39,9	77,3	82,1
	G35 095003	38,4	76,9	88,4
	G35 095004	37,3	75,7	87,1
	G35 095005	35,1	74,0	79,4
	G35 095006	44,7	71,2	72,7
	G35 095007	39,3	68,0	83,2
	G35 095008	33,7	64,4	89,2
	G35 095009	31,4	62,0	89,1
	G35 095010	31,8	62,9	82,4
Colgate Total orig.	G35 096001	14,0	64,2	74,8
	G35 096002	14,6	65,1	82,7
	G35 096003	14,6	65,1	89,9
	G35 096004	13,7	64,0	89,7
	G35 096005	12,1	62,2	80,9
	G35 096006	12,2	45,7	73,0
	G35 096007	10,5	43,3	80,8
	G35 096008	9,8	40,8	87,6
	G35 096009	10,9	40,0	87,0
	G35 096010	11,1	41,4	78,7
	G35 097001	9,3	57,2	72,1
	G35 097002	9,1	57,6	82,9
	G35 097003	9,8	57,8	88,0
	G35 097004	10,1	57,5	87,9
	G35 097005	9,3	56,7	78,7
	G35 097006	6,3	30,5	66,8
	G35 097007	6,0	26,0	75,9
	G35 097008	5,8	25,7	82,2
	G35 097009	6,4	26,7	82,5

	G35 097010	7,8	29,2	75,8
	G35 098001	10,5	60,6	71,2
	G35 098002	10,9	61,4	79,7
	G35 098003	12,5	62,2	87,3
	G35 098004	12,4	62,2	87,3
	G35 098005	10,8	60,2	79,3
	G35 098006	6,8	37,1	67,3
	G35 098007	6,6	30,6	77,2
	G35 098008	6,9	28,6	83,4
	G35 098009	6,8	26,6	83,3
	G35 098010	6,0	26,9	76,2
	G35 099001	7,6	51,1	70,7
	G35 099002	7,2	49,9	78,2
	G35 099003	6,8	48,8	84,6
	G35 099004	6,6	47,8	86,3
	G35 099005	6,7	47,9	79,0
	G35 099006	3,9	20,9	66,3
	G35 099007	4,3	19,5	74,1
	G35 099008	4,5	19,4	79,3
	G35 099009	4,6	19,2	79,3
	G35 099010	4,8	21,6	72,7
	G35 100001	9,9	58,3	74,4
	G35 100002	9,8	58,9	82,2
	G35 100003	9,8	58,8	89,5
	G35 100004	10,6	59,1	89,2
	G35 100005	11,6	59,7	81,2
	G35 100006	9,4	40,4	70,4
	G35 100007	8,1	33,0	77,6
	G35 100008	6,5	28,2	84,9
	G35 100009	6,3	26,3	84,7
	G35 100010	6,1	25,9	78,2
Colgate Dentagard orig.	G35 101001	54,8	80,6	75,5
	G35 101002	55,1	80,8	83,7
	G35 101003	55,8	80,6	90,8
	G35 101004	53,0	80,5	91,2
	G35 101005	7,2	80,4	86,5
	G35 101006	49,5	74,0	71,3
	G35 101007	47,7	72,8	81,9
	G35 101008	49,6	73,5	90,2
	G35 101009	54,7	74,5	89,9
	G35 101010	56,9	75,7	82,9
	G35 102001	42,4	78,3	69,5
	G35 102002	41,3	78,4	77,4
	G35 102003	39,6	75,9	84,2
	G35 102004	38,3	73,6	84,2
	G35 102005	35,3	71,1	76,8
	G35 102006	40,2	68,4	70,2
	G35 102007	37,5	65,3	79,8
	G35 102008	33,5	64,2	87,9
	G35 102009	35,4	65,1	87,7
	G35 102010	40,2	68,1	81,8
	G35 103001	37,1	74,6	71,8
	G35 103002	37,3	75,8	82,2
	G35 103003	34,3	75,8	89,6
	G35 103004	32,3	75,2	90,4
	G35 103005	32,1	74,5	82,2
	G35 103006	51,3	77,5	71,9
	G35 103007	46,5	70,6	82,2
	G35 103008	35,0	62,1	87,6
	G35 103009	24,8	53,2	88,7
	G35 103010	14,7	41,2	78,5
	G35 104001	50,0	78,3	73,1
	G35 104002	50,3	79,4	80,5
	G35 104003	49,7	79,7	88,1
	G35 104004	47,6	79,3	88,6
	G35 104005	45,1	78,7	80,6
	G35 104006	51,1	77,7	72,2
	G35 104007	50,1	75,2	84,3
	G35 104008	46,9	73,2	90,0
	G35 104009	46,2	72,3	89,9
	G35 104010	46,9	72,2	80,6
	G35 105001	41,4	77,5	73,3
	G35 105002	39,8	77,7	81,4
	G35 105003	39,2	77,5	87,7
	G35 105004	38,2	77,5	87,8
	G35 105005	37,2	76,9	78,8
	G35 105006	38,4	67,7	70,5
	G35 105007	35,2	64,8	79,6
	G35 105008	32,5	63,9	87,8

	G35 105009	36,5	65,1	88,1
	G35 105010	42,5	69,2	78,4
Elmex Kariesschutz	G35 106001	36,1	76,7	75,7
	G35 106002	37,1	77,3	84,0
	G35 106003	36,1	77,6	92,0
	G35 106004	34,4	76,8	91,3
	G35 106005	29,5	75,1	83,2
	G35 106006	32,7	64,3	73,1
	G35 106007	29,0	62,6	82,4
	G35 106008	26,4	61,5	90,1
	G35 106009	28,7	62,2	89,6
	G35 106010	33,2	64,4	81,8
	G35 107001	20,1	70,6	75,5
	G35 107002	18,5	69,0	84,0
	G35 107003	17,8	68,3	90,9
	G35 107004	18,6	68,2	90,4
	G35 107005	19,0	68,2	81,7
	G35 107006	16,6	45,8	68,2
	G35 107007	10,3	34,5	79,3
	G35 107008	9,6	33,1	85,2
	G35 107009	14,0	38,6	84,2
	G35 107010	20,3	47,3	77,0
	G35 108001	18,4	69,9	73,8
	G35 108002	16,7	69,5	83,7
	G35 108003	21,3	70,2	90,7
	G35 108004	25,9	71,1	89,8
	G35 108005	24,2	71,2	81,9
	G35 108006	29,4	57,7	70,1
	G35 108007	14,4	43,5	81,1
	G35 108008	10,3	34,8	86,9
	G35 108009	10,6	32,2	86,1
	G35 108010	11,9	35,1	78,1
	G35 109001	33,6	76,0	76,9
	G35 109002	34,4	76,1	83,3
	G35 109003	33,5	75,7	90,4
	G35 109004	29,4	74,7	91,1
	G35 109005	25,0	73,3	84,4
	G35 109006	30,4	63,9	72,8
	G35 109007	25,4	60,7	81,2
	G35 109008	24,0	59,5	88,2
	G35 109009	25,3	59,8	89,2
	G35 109010	28,3	61,4	82,4
	G35 110001	42,1	76,2	73,0
	G35 110002	44,7	76,7	81,8
	G35 110003	45,8	77,3	89,2
	G35 110004	46,6	77,4	90,4
	G35 110005	43,8	77,1	81,8
	G35 110006	50,5	74,6	73,2
	G35 110007	43,5	72,5	82,0
	G35 110008	38,9	69,7	88,9
	G35 110009	36,3	68,4	89,0
	G35 110010	35,3	67,5	80,8
Colgate Sensation White	G35 111001	36,4	74,4	74,6
	G35 111002	41,8	75,8	82,8
	G35 111003	43,6	77,1	89,9
	G35 111004	41,0	77,4	88,8
	G35 111005	35,8	76,0	80,1
	G35 111006	36,5	72,3	73,7
	G35 111007	38,9	71,3	82,9
	G35 111008	38,0	69,2	90,0
	G35 111009	34,0	66,5	88,8
	G35 111010	31,0	64,2	80,8
	G35 112001	41,6	77,1	75,8
	G35 112002	41,1	77,9	84,7
	G35 112003	39,5	77,7	91,7
	G35 112004	36,5	76,9	91,1
	G35 112005	32,5	76,3	84,1
	G35 112006	40,3	70,6	75,5
	G35 112007	36,1	68,0	84,4
	G35 112008	30,8	65,3	90,0
	G35 112009	28,3	61,8	89,5
	G35 112010	26,5	60,5	80,1
	G35 113001	20,6	69,3	72,7
	G35 113002	20,3	69,2	81,8
	G35 113003	19,5	68,8	89,4
	G35 113004	18,2	68,2	89,4
	G35 113005	17,5	68,0	79,7
	G35 113006	13,3	38,4	69,9
	G35 113007	12,2	36,7	79,5

	G35 113008	12,7	38,4	85,6
	G35 113009	15,7	43,1	85,2
	G35 113010	20,0	49,5	77,6
	G35 114001	18,9	66,7	73,4
	G35 114002	16,5	66,2	81,0
	G35 114003	15,3	65,7	89,6
	G35 114004	17,0	66,3	87,1
	G35 114005	19,2	67,4	80,2
	G35 114006	13,1	40,6	70,3
	G35 114007	11,3	38,7	80,2
	G35 114008	11,1	39,8	87,0
	G35 114009	12,7	41,3	87,6
	G35 114010	14,7	45,8	78,9
	G35 115001	12,0	60,2	75,0
	G35 115002	9,7	57,8	83,6
	G35 115003	9,3	57,3	90,1
	G35 115004	11,7	59,0	89,3
	G35 115005	14,4	62,8	80,1
	G35 115006	8,1	31,5	67,7
	G35 115007	6,5	25,0	77,6
	G35 115008	6,0	23,8	82,7
	G35 115009	6,6	24,8	82,3
	G35 115010	8,0	29,4	76,2
Dentalux Complex 3 mf	G35 116001	28,4	73,2	74,4
	G35 116002	30,2	74,8	83,8
	G35 116003	31,1	75,3	89,8
	G35 116004	30,8	75,2	90,4
	G35 116005	28,5	74,0	82,9
	G35 116006	35,2	67,4	76,2
	G35 116007	28,3	62,8	83,9
	G35 116008	23,1	57,9	90,4
	G35 116009	22,4	56,1	90,0
	G35 116010	22,2	55,6	81,4
	G35 117001	16,4	64,9	73,9
	G35 117002	14,0	63,2	81,8
	G35 117003	12,8	61,6	88,1
	G35 117004	13,1	61,3	88,4
	G35 117005	14,7	62,4	78,8
	G35 117006	22,0	56,4	68,8
	G35 117007	15,1	45,4	77,1
	G35 117008	10,0	35,8	82,7
	G35 117009	8,4	28,3	83,8
	G35 117010	8,7	27,2	76,5
	G35 118001	26,4	72,7	75,7
	G35 118002	29,9	74,2	84,5
	G35 118003	32,3	74,9	91,1
	G35 118004	31,9	74,6	90,6
	G35 118005	28,2	73,6	82,7
	G35 118006	35,5	68,0	72,6
	G35 118007	30,1	63,1	82,3
	G35 118008	23,5	57,9	89,1
	G35 118009	21,1	53,9	88,6
	G35 118010	21,4	53,4	78,7
	G35 119001	17,8	67,8	74,4
	G35 119002	16,5	67,6	83,9
	G35 119003	16,2	67,2	90,2
	G35 119004	16,5	67,1	90,2
	G35 119005	16,4	66,9	82,5
	G35 119006	11,8	37,3	71,9
	G35 119007	10,5	33,6	81,7
	G35 119008	10,4	33,5	86,6
	G35 119009	11,4	35,2	86,4
	G35 119010	14,2	41,5	78,6
	G35 120001	16,4	69,2	75,3
	G35 120002	15,8	68,6	84,8
	G35 120003	15,4	68,4	90,7
	G35 120004	15,7	68,2	91,8
	G35 120005	16,1	67,8	84,5
	G35 120006	14,1	45,9	71,1
	G35 120007	10,5	36,8	81,1
	G35 120008	9,2	32,2	86,9
	G35 120009	9,6	30,7	87,0
	G35 120010	10,5	33,2	77,9
Parodontax mit Fluorid	G35 121001	23,6	65,3	75,1
	G35 121002	26,0	66,0	83,4
	G35 121003	28,1	66,2	90,0
	G35 121004	29,2	66,2	90,4
	G35 121005	29,6	65,6	82,2
	G35 121006	23,9	59,1	73,7

G35 121007	23,4	59,2	82,3
G35 121008	22,7	59,5	89,2
G35 121009	24,4	60,5	89,3
G35 121010	27,5	62,3	80,3
G35 122001	25,7	62,3	72,9
G35 122002	27,3	63,7	82,8
G35 122003	27,4	64,2	89,4
G35 122004	27,1	64,0	90,0
G35 122005	26,2	63,2	81,1
G35 122006	30,2	64,8	73,5
G35 122007	30,0	65,6	83,8
G35 122008	29,9	66,3	89,8
G35 122009	29,2	66,8	89,6
G35 122010	28,7	67,5	83,3
G35 123001	26,5	66,1	75,7
G35 123002	30,1	68,4	85,3
G35 123003	32,8	69,7	90,8
G35 123004	35,6	70,4	91,4
G35 123005	36,2	70,1	83,6
G35 123006	32,1	65,6	75,3
G35 123007	31,8	66,8	84,0
G35 123008	30,7	67,3	90,7
G35 123009	31,2	67,1	90,3
G35 123010	31,5	67,6	84,1
G35 124001	28,5	65,9	73,4
G35 124002	28,6	67,2	81,3
G35 124003	28,3	68,2	89,9
G35 124004	26,9	68,4	89,8
G35 124005	25,1	68,0	82,6
G35 124006	28,3	62,3	72,6
G35 124007	26,3	61,8	81,5
G35 124008	24,7	60,5	89,4
G35 124009	24,6	60,0	88,3
G35 124010	24,3	59,2	79,6
G35 125001	26,8	64,1	73,7
G35 125002	27,0	64,8	83,2
G35 125003	27,5	64,6	89,5
G35 125004	27,6	64,5	90,1
G35 125005	28,0	64,4	82,5
G35 125006	24,7	59,3	72,8
G35 125007	26,0	61,4	81,6
G35 125008	27,5	63,5	88,7
G35 125009	28,9	65,2	89,0
G35 125010	30,4	66,4	83,3
G35 126001	35,7	75,6	75,6
G35 126002	36,3	76,1	84,7
G35 126003	36,8	76,3	91,3
G35 126004	36,4	76,3	90,2
G35 126005	35,1	75,9	83,2
G35 126006	24,8	53,4	74,5
G35 126007	25,0	53,7	82,3
G35 126008	25,7	55,3	88,3
G35 126009	28,1	57,7	89,1
G35 126010	34,3	62,0	79,8
G35 127001	33,8	75,5	76,2
G35 127002	33,7	75,8	85,3
G35 127003	33,6	75,8	91,8
G35 127004	33,5	75,4	91,0
G35 127005	31,7	74,6	83,0
G35 127006	30,9	59,0	73,3
G35 127007	27,2	56,3	82,5
G35 127008	24,0	53,9	90,1
G35 127009	24,2	53,4	90,2
G35 127010	26,0	54,5	82,8
G35 128001	29,5	73,1	77,8
G35 128002	29,0	73,0	84,9
G35 128003	27,8	72,6	92,1
G35 128004	26,7	72,0	91,6
G35 128005	25,4	71,4	82,9
G35 128006	29,9	58,8	73,4
G35 128007	25,0	53,4	81,7
G35 128008	20,6	49,9	88,7
G35 128009	20,3	48,6	89,5
G35 128010	21,3	49,1	83,4
G35 129001	36,6	74,1	77,4
G35 129002	38,0	74,9	86,4
G35 129003	38,4	75,1	92,3
G35 129004	37,9	75,0	92,6
G35 129005	33,6	74,0	81,9

Vitis Whitening

	G35 129006	41,2	68,9	73,8
	G35 129007	33,5	64,2	84,7
	G35 129008	30,2	61,2	90,4
	G35 129009	28,4	59,5	90,3
	G35 129010	27,4	58,4	80,3
	G35 130001	26,1	71,1	75,9
	G35 130002	24,8	70,8	84,3
	G35 130003	22,9	70,3	91,2
	G35 130004	22,8	70,0	91,2
	G35 130005	23,2	69,5	82,6
	G35 130006	18,4	44,8	73,3
	G35 130007	17,2	42,2	82,3
	G35 130008	15,8	41,4	87,2
	G35 130009	15,7	41,3	87,8
	G35 130010	17,0	42,6	79,8
Dr. Wolff's Biorepair	G35 131001	42,0	77,7	76,3
	G35 131002	45,1	78,4	84,0
	G35 131003	44,9	78,6	91,8
	G35 131004	40,9	77,9	93,1
	G35 131005	33,0	76,5	84,4
	G35 131006	37,2	68,5	73,1
	G35 131007	36,6	67,8	83,5
	G35 131008	35,6	68,3	90,5
	G35 131009	36,3	68,6	92,0
	G35 131010	38,6	69,6	84,2
	G35 132001	34,9	74,9	75,4
	G35 132002	35,1	75,5	84,3
	G35 132003	34,6	75,8	91,6
	G35 132004	32,9	75,3	91,6
	G35 132005	28,8	74,1	84,2
	G35 132006	27,4	59,4	71,3
	G35 132007	23,8	57,0	81,3
	G35 132008	22,8	56,4	87,5
	G35 132009	24,5	57,2	89,1
	G35 132010	28,2	59,7	79,5
	G35 133001	49,8	78,8	76,1
	G35 133002	52,5	79,3	83,9
	G35 133003	50,9	79,1	92,4
	G35 133004	46,6	78,3	91,7
	G35 133005	41,4	77,4	83,9
	G35 133006	43,3	71,8	76,8
	G35 133007	42,6	71,8	85,7
	G35 133008	43,4	72,3	91,6
	G35 133009	45,8	73,1	92,4
	G35 133010	48,6	74,2	85,0
	G35 134001	51,1	78,7	75,9
	G35 134002	53,2	79,2	85,3
	G35 134003	51,9	79,3	91,0
	G35 134004	46,7	78,5	92,0
	G35 134005	37,2	77,2	83,4
	G35 134006	47,5	73,1	74,0
	G35 134007	45,7	73,1	82,7
	G35 134008	44,5	73,1	90,9
	G35 134009	46,1	73,1	90,5
	G35 134010	47,0	73,5	81,7
	G35 135001	39,8	75,0	75,5
	G35 135002	40,8	75,3	83,4
	G35 135003	43,2	75,7	90,4
	G35 135004	44,8	75,5	90,4
	G35 135005	42,6	74,1	83,7
	G35 135006	47,2	72,0	70,9
	G35 135007	40,3	68,8	81,2
	G35 135008	33,0	65,2	88,1
	G35 135009	29,3	62,0	88,5
	G35 135010	26,9	60,7	80,9
Kerr Cleanic	G35 201001	1,7	20,5	65,1
	G35 201002	1,8	21,2	71,9
	G35 201003	1,9	21,3	77,8
	G35 201004	2,0	21,1	78,6
	G35 201005	2,0	20,5	72,4
	G35 201006	1,2	5,4	45,2
	G35 201007	1,2	5,0	51,8
	G35 201008	1,2	5,2	56,7
	G35 201009	1,2	5,5	56,9
	G35 201010	1,1	6,2	51,9
	G35 202001	1,9	20,9	64,4
	G35 202002	1,9	20,9	73,1
	G35 202003	1,9	20,7	78,7
	G35 202004	1,9	20,6	79,1

	G35 202005	1,8	20,3	71,5
	G35 202006	1,2	4,9	46,5
	G35 202007	1,2	4,8	51,6
	G35 202008	1,2	4,9	56,5
	G35 202009	1,2	5,0	57,4
	G35 202010	1,2	5,6	52,2
	G35 203001	1,8	19,9	62,6
	G35 203002	1,9	19,7	70,2
	G35 203003	1,9	19,8	76,2
	G35 203004	1,8	19,7	77,0
	G35 203005	1,8	19,3	69,0
	G35 203006	1,2	5,3	46,0
	G35 203007	1,2	4,7	50,6
	G35 203008	1,2	4,6	53,3
	G35 203009	1,2	4,7	53,2
	G35 203010	1,2	5,3	45,6
	G35 204001	2,2	23,1	66,6
	G35 204002	2,4	23,6	74,3
	G35 204003	2,4	24,1	79,0
	G35 204004	2,4	24,0	80,4
	G35 204005	2,2	22,7	72,6
	G35 204006	1,3	7,9	50,4
	G35 204007	1,5	6,5	55,7
	G35 204008	1,5	6,0	59,2
	G35 204009	1,4	5,4	57,4
	G35 204010	1,4	5,3	52,4
	G35 205001	2,0	21,5	65,2
	G35 205002	2,2	21,4	72,3
	G35 205003	2,2	21,4	78,1
	G35 205004	2,1	20,9	79,0
	G35 205005	1,9	20,3	72,6
	G35 205006	1,2	4,9	43,1
	G35 205007	1,2	4,7	48,5
	G35 205008	1,2	4,8	53,1
	G35 205009	1,4	4,9	53,3
	G35 205010	1,3	5,4	47,1
Pearls & Dents	G35 231001	21,9	62,2	72,9
	G35 231002	21,9	61,7	81,2
	G35 231003	21,9	61,5	88,5
	G35 231004	23,1	61,4	88,9
	G35 231005	23,4	61,4	83,8
	G35 231006	23,3	60,7	73,8
	G35 231007	23,3	60,9	82,0
	G35 231008	23,1	60,6	89,1
	G35 231009	23,2	60,3	90,0
	G35 231010	23,8	59,3	82,7
	G35 232001	31,0	67,8	74,4
	G35 232002	32,1	68,4	81,9
	G35 232003	32,0	68,3	89,6
	G35 232004	31,2	67,4	89,9
	G35 232005	29,5	66,4	83,0
	G35 232006	32,3	69,0	74,3
	G35 232007	31,7	68,8	83,0
	G35 232008	32,1	68,3	89,2
	G35 232009	34,0	67,3	90,2
	G35 232010	32,3	65,2	82,3
	G35 233001	20,1	59,3	74,9
	G35 233002	21,5	60,6	82,7
	G35 233003	22,9	61,7	88,7
	G35 233004	24,1	62,9	89,5
	G35 233005	24,5	63,7	81,8
	G35 233006	19,2	56,8	73,5
	G35 233007	19,9	57,5	81,7
	G35 233008	20,5	57,9	88,3
	G35 233009	21,2	58,2	89,2
	G35 233010	21,3	58,3	82,4
	G35 234001	25,2	62,8	74,1
	G35 234002	25,0	63,1	82,9
	G35 234003	25,2	63,1	89,0
	G35 234004	26,5	63,5	90,0
	G35 234005	26,9	64,0	80,9
	G35 234006	30,0	65,0	76,5
	G35 234007	29,8	65,6	82,7
	G35 234008	29,1	66,3	90,7
	G35 234009	28,5	66,1	91,0
	G35 234010	27,3	65,8	85,7
	G35 235001	29,5	66,5	73,6
	G35 235002	28,9	66,3	81,8
	G35 235003	30,1	65,8	89,4

G35 235004	29,1	64,8	89,1
G35 235005	22,5	61,6	79,9
G35 235006	32,2	72,4	75,7
G35 235007	34,9	73,1	83,1
G35 235008	34,6	71,8	89,6
G35 235009	30,8	68,7	89,9
G35 235010	26,0	64,1	82,1

Messung des Glanzes in der Reihe G3

Zahnpasta	Prüfkörpernummer	20°	60°	85°
Blindprobe	G10 136001	1,1	10,7	56,8
	G10 136002	1,3	12,0	61,9
	G10 136003	1,5	12,9	68,2
	G10 136004	1,3	12,4	68,8
	G10 136005	1,1	10,8	62,0
	G10 136006	1,5	12,1	57,9
	G10 136007	1,6	13,4	64,0
	G10 136008	1,6	14,9	69,8
	G10 136009	1,7	15,5	69,8
	G10 136010	1,6	16,0	64,9
	G10 137001	2,4	19,3	65,0
	G10 137002	2,4	19,0	71,9
	G10 137003	2,4	19,0	78,0
	G10 137004	2,5	18,7	77,3
	G10 137005	2,4	18,4	71,2
	G10 137006	2,3	17,6	63,7
	G10 137007	2,6	18,9	71,5
	G10 137008	2,6	19,5	75,8
	G10 137009	2,6	20,8	76,1
	G10 137010	2,8	22,8	68,7
	G10 138001	1,5	13,4	57,7
	G10 138002	1,5	12,5	65,0
	G10 138003	1,6	12,5	70,5
	G10 138004	1,6	13,0	71,6
	G10 138005	1,7	13,6	66,4
	G10 138006	1,6	12,4	59,2
	G10 138007	1,7	12,3	66,1
	G10 138008	1,6	12,4	70,0
	G10 138009	1,5	12,4	67,9
	G10 138010	1,5	12,5	62,7
	G10 139001	1,5	14,3	59,9
	G10 139002	1,6	13,9	67,8
	G10 139003	1,8	13,9	73,2
	G10 139004	2,0	13,7	74,6
	G10 139005	2,0	13,6	69,3
	G10 139006	1,5	12,0	60,1
	G10 139007	1,6	11,8	67,5
	G10 139008	1,6	11,7	71,2
	G10 139009	1,6	11,6	72,2
	G10 139010	1,5	11,2	67,1
	G10 140001	1,0	9,4	59,8
	G10 140002	1,1	9,8	65,6
G10 140003	1,1	10,4	71,2	
G10 140004	1,2	10,7	71,5	
G10 140005	1,3	10,9	64,6	
G10 140006	1,3	13,7	62,6	
G10 140007	1,3	14,8	70,8	
G10 140008	1,3	16,5	76,7	
G10 140009	1,4	17,9	76,0	
G10 140010	1,5	19,1	69,6	
Elmex Erosionsschutz	G10 141001	10,6	58,1	71,6
	G10 141002	10,1	58,6	81,1
	G10 141003	9,8	58,0	87,3
	G10 141004	9,7	57,7	88,9
	G10 141005	10,1	57,2	82,3
	G10 141006	6,4	25,3	70,8
	G10 141007	5,8	22,1	78,4
	G10 141008	5,7	21,6	83,0
	G10 141009	6,8	24,6	83,9

	G10 141010	8,4	29,4	78,0
	G10 142001	26,2	73,6	75,1
	G10 142002	28,0	74,2	84,2
	G10 142003	28,9	74,3	91,2
	G10 142004	25,3	72,5	90,0
	G10 142005	22,5	71,1	82,5
	G10 142006	27,7	59,8	74,2
	G10 142007	21,9	57,4	84,4
	G10 142008	20,0	54,4	89,6
	G10 142009	20,6	53,2	88,4
	G10 142010	22,0	54,8	81,8
	G10 143001	16,5	67,7	72,2
	G10 143002	17,9	70,0	82,1
	G10 143003	18,9	70,9	90,1
	G10 143004	19,3	70,8	91,2
	G10 143005	18,4	69,8	82,1
	G10 143006	12,5	41,0	72,6
	G10 143007	11,6	38,7	82,0
	G10 143008	11,2	37,6	86,3
	G10 143009	11,6	36,9	87,5
	G10 143010	12,2	37,6	80,0
	G10 144001	27,5	73,0	73,9
	G10 144002	29,1	74,3	81,0
	G10 144003	29,4	74,8	89,4
	G10 144004	28,9	74,2	89,0
	G10 144005	25,4	72,9	81,7
	G10 144006	24,4	55,0	70,3
	G10 144007	22,9	55,3	79,0
	G10 144008	21,2	52,6	87,2
	G10 144009	20,1	50,2	86,8
	G10 144010	18,6	48,9	80,1
	G10 145001	17,4	69,3	77,6
	G10 145002	19,6	70,7	85,7
	G10 145003	20,6	71,2	90,2
	G10 145004	19,3	70,6	90,5
	G10 145005	17,1	69,2	82,8
	G10 145006	18,4	50,4	70,5
	G10 145007	15,4	47,6	80,6
	G10 145008	13,0	43,5	86,5
	G10 145009	12,5	40,8	87,6
	G10 145010	12,6	41,0	77,3
Eurodont Aktiv Fresh	G10 146001	35,0	70,1	74,4
	G10 146002	41,2	73,1	83,9
	G10 146003	43,1	74,4	89,0
	G10 146004	42,9	75,0	89,4
	G10 146005	41,5	74,2	83,7
	G10 146006	35,6	67,5	74,3
	G10 146007	38,1	68,2	81,3
	G10 146008	39,8	68,8	88,7
	G10 146009	38,9	69,1	89,7
	G10 146010	38,6	68,7	80,5
	G10 147001	18,4	62,6	72,7
	G10 147002	23,6	69,4	83,7
	G10 147003	24,8	71,6	89,7
	G10 147004	25,5	72,2	89,9
	G10 147005	26,3	71,6	83,0
	G10 147006	29,1	63,6	72,9
	G10 147007	29,3	60,2	81,1
	G10 147008	21,2	51,9	87,9
	G10 147009	14,9	45,0	86,2
	G10 147010	13,7	42,0	80,2
	G10 148001	33,6	71,4	73,4
	G10 148002	36,3	73,2	82,3
	G10 148003	38,1	73,8	90,0
	G10 148004	37,5	73,4	89,5
	G10 148005	34,2	71,9	83,1
	G10 148006	27,7	61,3	70,9
	G10 148007	30,1	62,4	82,5
	G10 148008	30,5	62,8	88,2
	G10 148009	30,1	63,0	88,1
	G10 148010	27,2	60,7	79,1
	G10 149001	33,4	70,4	73,4
	G10 149002	36,8	72,7	82,8
	G10 149003	38,3	73,8	90,0
	G10 149004	38,3	74,2	90,7
	G10 149005	35,6	72,7	83,1
	G10 149006	31,2	63,7	72,0
	G10 149007	31,4	64,0	81,8
	G10 149008	31,7	64,4	87,4

	G10 149009	32,1	64,4	88,2
	G10 149010	27,6	61,8	79,1
	G10 150001	33,3	71,3	72,6
	G10 150002	39,1	74,4	81,6
	G10 150003	42,4	75,8	88,9
	G10 150004	43,7	76,1	90,5
	G10 150005	36,2	74,1	80,3
	G10 150006	35,3	65,8	73,6
	G10 150007	37,7	67,4	81,5
	G10 150008	37,6	68,4	86,5
	G10 150009	37,3	68,8	88,9
	G10 150010	34,2	67,4	77,4
DontoDent Fluor Fresh	G10 151001	32,7	69,8	74,4
	G10 151002	35,9	72,7	82,1
	G10 151003	38,4	74,3	90,0
	G10 151004	38,4	74,4	90,3
	G10 151005	35,2	73,4	83,1
	G10 151006	30,2	67,0	73,9
	G10 151007	33,3	67,3	81,8
	G10 151008	35,0	67,0	88,6
	G10 151009	35,4	66,1	89,3
	G10 151010	32,2	64,4	81,8
	G10 152001	24,7	67,3	73,4
	G10 152002	28,7	70,8	81,9
	G10 152003	32,0	72,9	89,5
	G10 152004	32,9	73,4	89,0
	G10 152005	31,6	72,9	80,0
	G10 152006	30,9	62,9	69,9
	G10 152007	29,2	62,1	77,4
	G10 152008	25,5	59,5	84,5
	G10 152009	24,7	58,0	84,8
	G10 152010	23,5	56,2	77,2
	G10 153001	37,1	72,7	74,1
	G10 153002	42,1	75,7	82,6
	G10 153003	44,9	76,9	88,8
	G10 153004	44,0	77,0	89,4
	G10 153005	39,3	75,7	80,8
	G10 153006	38,2	72,1	73,6
	G10 153007	43,1	71,7	83,7
	G10 153008	42,6	70,7	88,6
	G10 153009	39,9	68,1	90,1
	G10 153010	34,8	64,9	79,5
	G10 154001	33,9	72,9	74,9
	G10 154002	37,1	76,7	83,5
	G10 154003	35,7	77,1	89,4
	G10 154004	31,7	75,8	90,2
	G10 154005	25,9	73,9	80,6
	G10 154006	30,7	65,6	71,3
	G10 154007	33,1	65,2	81,7
	G10 154008	31,6	62,6	87,1
	G10 154009	27,0	59,6	88,8
	G10 154010	26,8	59,1	82,4
	G10 155001	25,7	68,9	74,8
	G10 155002	26,6	71,0	81,7
	G10 155003	28,3	71,9	90,1
	G10 155004	29,5	72,6	91,2
	G10 155005	26,7	72,4	81,9
	G10 155006	22,7	57,3	72,1
	G10 155007	21,4	56,5	81,8
	G10 155008	22,8	56,6	88,3
	G10 155009	25,0	57,4	89,1
	G10 155010	25,2	59,7	80,3
Colgate Total orig.	G10 156001	6,7	49,6	70,9
	G10 156002	7,0	49,5	78,5
	G10 156003	6,7	48,3	84,5
	G10 156004	5,7	46,0	83,8
	G10 156005	3,8	41,8	72,0
	G10 156006	7,0	43,4	67,7
	G10 156007	6,1	36,4	73,4
	G10 156008	4,7	26,0	79,1
	G10 156009	4,6	20,2	78,0
	G10 156010	4,5	18,6	71,7
	G10 157001	30,6	72,8	76,3
	G10 157002	32,3	73,4	84,3
	G10 157003	32,6	73,6	91,9
	G10 157004	31,1	73,1	91,5
	G10 157005	28,0	71,9	83,9
	G10 157006	22,3	58,7	73,1
	G10 157007	28,2	61,1	81,2

	G10 157008	28,0	62,0	87,0
	G10 157009	26,1	60,8	87,2
	G10 157010	23,1	58,5	80,7
	G10 158001	24,3	71,5	74,2
	G10 158002	25,2	72,9	82,4
	G10 158003	28,4	73,6	89,3
	G10 158004	30,0	73,5	90,2
	G10 158005	26,4	71,6	82,4
	G10 158006	21,9	58,5	73,6
	G10 158007	22,1	57,5	82,6
	G10 158008	20,5	55,3	86,9
	G10 158009	18,4	52,5	85,7
	G10 158010	15,3	46,1	76,1
	G10 159001	14,8	63,1	74,2
	G10 159002	16,7	64,8	82,3
	G10 159003	17,2	65,7	89,3
	G10 159004	16,0	65,5	89,9
	G10 159005	14,4	63,9	82,7
	G10 159006	9,9	44,7	70,0
	G10 159007	11,2	43,1	78,7
	G10 159008	12,7	41,0	85,5
	G10 159009	11,1	41,4	86,7
	G10 159010	8,9	39,8	77,4
	G10 160001	23,0	69,6	73,2
	G10 160002	25,8	72,6	83,2
	G10 160003	25,6	72,7	90,2
	G10 160004	23,0	71,6	89,9
	G10 160005	19,0	69,7	81,7
	G10 160006	18,5	57,5	72,9
	G10 160007	18,2	56,5	78,8
	G10 160008	19,1	55,0	86,1
	G10 160009	18,8	52,9	85,8
	G10 160010	17,7	50,5	79,3
Colgate Dentagard orig.	G10 161001	36,1	71,3	73,4
	G10 161002	36,3	73,9	81,9
	G10 161003	35,4	74,0	88,7
	G10 161004	33,0	73,1	90,2
	G10 161005	30,8	71,5	83,9
	G10 161006	31,1	65,4	74,6
	G10 161007	31,3	66,0	81,7
	G10 161008	33,8	67,5	89,2
	G10 161009	36,6	69,1	90,8
	G10 161010	37,3	70,2	81,5
	G10 162001	30,2	70,9	73,8
	G10 162002	32,4	73,3	81,0
	G10 162003	38,2	75,4	90,6
	G10 162004	41,0	76,4	89,8
	G10 162005	41,4	75,8	82,9
	G10 162006	28,0	64,6	73,3
	G10 162007	29,1	64,7	81,3
	G10 162008	30,9	65,3	89,4
	G10 162009	31,8	65,6	90,6
	G10 162010	31,9	65,1	84,3
	G10 163001	22,0	64,8	73,7
	G10 163002	30,1	69,3	82,5
	G10 163003	36,7	73,3	89,6
	G10 163004	33,8	74,4	90,0
	G10 163005	34,7	74,3	82,7
	G10 163006	14,4	52,8	69,9
	G10 163007	25,1	58,6	80,9
	G10 163008	29,1	61,4	88,2
	G10 163009	27,9	61,0	87,3
	G10 163010	26,4	59,5	80,4
	G10 164001	38,2	72,3	70,2
	G10 164002	43,8	74,4	79,9
	G10 164003	46,0	75,4	88,0
	G10 164004	45,9	75,5	88,9
	G10 164005	44,1	74,8	81,1
	G10 164006	41,3	70,7	72,0
	G10 164007	41,7	70,3	80,4
	G10 164008	42,6	69,8	88,2
	G10 164009	42,4	69,8	90,0
	G10 164010	43,3	70,3	80,9
	G10 165001	18,4	53,1	68,5
	G10 165002	23,2	59,3	78,4
	G10 165003	26,8	63,3	84,6
	G10 165004	30,0	66,5	84,1
	G10 165005	33,5	68,4	76,0
	G10 165006	24,4	59,0	72,0

	G10 165007	27,1	61,7	79,1
	G10 165008	27,4	63,5	85,5
	G10 165009	28,1	65,0	85,1
	G10 165010	29,2	66,2	79,1
Elmex Kariesschutz	G10 166001	28,2	73,8	76,7
	G10 166002	32,2	75,5	85,1
	G10 166003	34,2	76,0	91,7
	G10 166004	33,2	75,5	89,9
	G10 166005	30,0	74,9	82,9
	G10 166006	33,0	65,4	74,8
	G10 166007	27,5	62,1	84,0
	G10 166008	24,5	59,2	90,1
	G10 166009	22,5	57,5	90,1
	G10 166010	22,9	57,8	81,3
	G10 167001	36,9	76,5	75,7
	G10 167002	41,0	77,4	85,5
	G10 167003	40,6	77,7	92,5
	G10 167004	36,1	76,6	91,8
	G10 167005	27,0	75,1	83,3
	G10 167006	39,3	67,6	73,0
	G10 167007	32,3	65,6	84,2
	G10 167008	32,6	64,6	90,8
	G10 167009	34,6	65,7	89,4
	G10 167010	36,7	68,3	82,2
	G10 168001	30,5	74,6	73,1
	G10 168002	37,5	77,2	85,4
	G10 168003	37,2	77,7	91,4
	G10 168004	35,3	77,3	91,4
	G10 168005	30,3	76,2	82,9
	G10 168006	33,6	62,3	72,8
	G10 168007	28,9	63,0	83,1
	G10 168008	28,4	62,8	90,1
	G10 168009	32,4	64,2	89,9
	G10 168010	39,2	68,5	80,6
	G10 169001	18,8	68,8	74,1
	G10 169002	18,1	69,1	84,3
	G10 169003	17,8	69,0	91,4
	G10 169004	17,6	69,1	90,1
	G10 169005	18,3	69,6	81,3
	G10 169006	14,8	42,8	70,3
	G10 169007	13,6	38,5	78,9
	G10 169008	11,2	33,9	84,7
	G10 169009	9,5	30,6	84,6
	G10 169010	10,1	32,0	76,9
	G10 170001	26,7	74,9	74,5
	G10 170002	31,4	75,9	83,1
	G10 170003	34,3	76,5	90,9
	G10 170004	32,4	76,1	90,5
	G10 170005	28,6	75,1	82,8
	G10 170006	27,3	60,9	74,5
	G10 170007	23,2	58,0	82,9
	G10 170008	22,6	57,3	89,1
	G10 170009	27,1	59,8	89,7
	G10 170010	33,5	64,5	81,4
Colgate Sensation White	G10 171001	23,1	71,6	74,8
	G10 171002	22,3	73,1	83,8
	G10 171003	22,9	73,3	90,9
	G10 171004	24,1	73,0	90,7
	G10 171005	21,3	71,4	81,2
	G10 171006	13,3	39,3	70,1
	G10 171007	13,3	39,1	79,7
	G10 171008	13,6	40,6	86,3
	G10 171009	16,1	44,0	87,1
	G10 171010	19,2	50,1	78,1
	G10 172001	26,4	70,9	72,2
	G10 172002	30,8	74,0	84,3
	G10 172003	32,9	74,8	89,3
	G10 172004	34,4	75,3	89,6
	G10 172005	34,8	75,2	81,6
	G10 172006	24,2	56,7	71,1
	G10 172007	21,8	55,2	81,4
	G10 172008	22,3	55,0	86,6
	G10 172009	25,0	54,9	88,3
	G10 172010	25,1	55,5	81,5
	G10 173001	37,9	74,7	76,4
	G10 173002	42,7	77,1	84,8
	G10 173003	43,5	78,4	91,9
	G10 173004	41,5	78,0	91,3
	G10 173005	36,0	76,7	83,6

	G10 173006	38,5	69,7	77,5
	G10 173007	37,0	69,1	85,0
	G10 173008	36,4	68,0	91,1
	G10 173009	35,7	67,1	90,5
	G10 173010	35,5	67,2	80,3
	G10 174001	22,7	71,8	75,0
	G10 174002	23,4	72,3	84,1
	G10 174003	23,0	72,4	90,4
	G10 174004	21,7	71,0	89,0
	G10 174005	19,5	69,4	82,0
	G10 174006	16,7	44,3	71,5
	G10 174007	15,6	42,8	79,9
	G10 174008	13,7	41,5	86,1
	G10 174009	14,5	42,7	86,3
	G10 174010	17,8	46,3	78,7
	G10 175001	26,2	71,4	74,5
	G10 175002	29,7	73,1	82,9
	G10 175003	31,0	73,6	88,6
	G10 175004	29,9	73,2	89,2
	G10 175005	26,1	72,1	81,3
	G10 175006	26,1	60,0	73,5
	G10 175007	23,2	57,1	80,4
	G10 175008	20,8	55,4	87,6
	G10 175009	23,3	55,2	87,8
	G10 175010	24,8	56,5	80,3
Dentalux Complex 3 mf	G10 176001	26,1	73,1	75,9
	G10 176002	29,9	74,6	82,5
	G10 176003	32,1	75,7	90,5
	G10 176004	30,6	75,3	91,1
	G10 176005	27,1	74,0	82,9
	G10 176006	26,9	60,6	71,4
	G10 176007	25,9	59,6	82,0
	G10 176008	24,6	59,4	88,7
	G10 176009	26,8	60,0	90,0
	G10 176010	28,6	61,5	81,5
	G10 177001	13,3	61,0	70,6
	G10 177002	12,4	61,7	78,4
	G10 177003	12,3	61,4	85,5
	G10 177004	12,8	61,3	86,0
	G10 177005	12,5	61,4	79,0
	G10 177006	8,4	30,1	68,0
	G10 177007	7,7	26,7	76,0
	G10 177008	7,8	27,7	83,2
	G10 177009	9,6	31,6	83,2
	G10 177010	13,7	40,7	75,8
	G10 178001	21,5	54,6	73,3
	G10 178002	18,1	49,5	81,8
	G10 178003	16,0	46,3	88,2
	G10 178004	15,9	45,6	88,9
	G10 178005	17,0	47,3	81,3
	G10 178006	24,4	73,2	74,6
	G10 178007	24,7	73,9	84,8
	G10 178008	24,4	74,0	91,9
	G10 178009	24,4	73,9	90,7
	G10 178010	23,8	73,1	81,4
	G10 179001	23,1	73,0	74,9
	G10 179002	26,4	74,5	83,0
	G10 179003	31,3	75,4	90,8
	G10 179004	31,9	75,3	90,0
	G10 179005	28,9	74,2	82,4
	G10 179006	23,8	58,7	73,1
	G10 179007	22,1	56,4	82,0
	G10 179008	21,5	54,7	88,4
	G10 179009	22,3	55,1	89,4
	G10 179010	23,7	57,0	81,7
	G10 180001	26,3	71,8	75,7
	G10 180002	28,2	73,8	81,4
	G10 180003	26,8	74,4	88,9
	G10 180004	24,5	73,5	89,7
	G10 180005	21,9	71,5	82,2
	G10 180006	26,7	61,0	73,6
	G10 180007	24,4	58,3	80,4
	G10 180008	20,5	53,6	88,4
	G10 180009	19,5	52,0	89,5
	G10 180010	20,5	53,7	81,7
Parodontax mit Fluorid	G10 181001	8,7	43,6	70,0
	G10 181002	9,4	45,6	77,9
	G10 181003	9,7	46,4	84,5
	G10 181004	9,8	46,9	84,5

	G10 181005	9,5	46,1	77,2
	G10 181006	10,0	44,8	69,9
	G10 181007	9,5	44,1	79,7
	G10 181008	9,7	44,2	85,9
	G10 181009	9,8	44,7	85,6
	G10 181010	9,5	43,9	77,0
	G10 182001	8,7	44,9	71,9
	G10 182002	9,2	46,0	80,2
	G10 182003	9,6	46,1	84,3
	G10 182004	9,4	45,6	83,3
	G10 182005	8,9	43,7	75,9
	G10 182006	8,8	41,6	71,7
	G10 182007	8,8	42,0	78,0
	G10 182008	9,2	42,7	85,2
	G10 182009	9,4	43,5	86,2
	G10 182010	9,1	44,7	79,3
	G10 183001	8,7	43,8	70,2
	G10 183002	8,8	45,1	77,0
	G10 183003	8,9	45,3	84,0
	G10 183004	8,8	45,1	85,0
	G10 183005	8,6	44,0	77,0
	G10 183006	8,7	41,6	68,7
	G10 183007	8,6	43,1	77,9
	G10 183008	9,1	43,8	85,0
	G10 183009	9,3	44,5	84,8
	G10 183010	8,5	44,0	77,0
	G10 184001	8,6	44,1	69,8
	G10 184002	9,3	45,6	77,5
	G10 184003	10,0	45,7	84,0
	G10 184004	9,8	45,4	85,0
	G10 184005	9,5	43,5	77,7
	G10 184006	9,8	44,5	71,4
	G10 184007	10,6	46,5	78,9
	G10 184008	11,0	49,1	85,3
	G10 184009	11,7	51,5	85,4
	G10 184010	11,7	53,4	77,3
	G10 185001	6,8	41,7	69,2
	G10 185002	8,2	45,0	78,6
	G10 185003	9,2	47,3	85,9
	G10 185004	10,1	48,2	86,1
	G10 185005	10,8	47,5	78,6
	G10 185006	6,0	36,3	70,4
	G10 185007	6,7	37,8	78,7
	G10 185008	8,4	41,6	85,9
	G10 185009	9,9	44,7	84,2
	G10 185010	10,5	45,7	77,3
Vitis Whitening	G10 186001	34,2	74,8	73,1
	G10 186002	34,9	75,1	82,6
	G10 186003	34,9	74,9	88,0
	G10 186004	32,1	73,8	89,9
	G10 186005	28,6	72,6	83,3
	G10 186006	27,8	56,4	70,7
	G10 186007	25,9	55,2	79,8
	G10 186008	25,1	55,4	86,5
	G10 186009	29,0	57,3	88,5
	G10 186010	32,7	60,4	80,6
	G10 187001	20,7	67,7	75,8
	G10 187002	20,0	68,1	83,3
	G10 187003	19,3	67,7	90,1
	G10 187004	19,3	67,4	90,6
	G10 187005	20,5	67,0	81,7
	G10 187006	26,8	55,8	69,0
	G10 187007	19,1	48,0	77,0
	G10 187008	12,5	38,0	84,6
	G10 187009	10,8	32,4	86,2
	G10 187010	10,1	31,7	78,8
	G10 188001	33,1	72,5	72,8
	G10 188002	37,3	75,3	83,0
	G10 188003	38,8	76,0	90,4
	G10 188004	38,5	76,1	91,0
	G10 188005	35,7	75,6	83,2
	G10 188006	36,6	65,4	73,4
	G10 188007	34,2	63,9	82,3
	G10 188008	30,9	62,4	89,2
	G10 188009	29,4	60,7	90,5
	G10 188010	28,8	59,7	81,7
	G10 189001	32,4	72,2	70,9
	G10 189002	37,7	75,2	80,0
	G10 189003	38,5	76,4	90,2

	G10 189004	36,3	76,1	89,9
	G10 189005	34,1	75,3	84,8
	G10 189006	36,2	66,2	72,4
	G10 189007	35,5	65,3	80,1
	G10 189008	32,2	62,6	87,8
	G10 189009	27,2	59,9	88,2
	G10 189010	25,9	58,0	80,3
	G10 190001	32,5	72,4	71,0
	G10 190002	33,4	74,2	78,5
	G10 190003	31,5	74,9	85,8
	G10 190004	31,9	74,6	87,9
	G10 190005	32,8	74,3	82,0
	G10 190006	37,5	66,3	67,8
	G10 190007	31,2	61,0	77,1
	G10 190008	22,9	53,9	84,3
	G10 190009	20,6	48,8	84,6
	G10 190010	19,5	47,4	77,5
Dr. Wolff's Biorepair	G10 191001	16,1	65,3	72,8
	G10 191002	15,0	64,4	82,2
	G10 191003	14,4	64,3	88,7
	G10 191004	14,7	64,6	88,9
	G10 191005	15,3	65,1	82,2
	G10 191006	15,7	40,4	63,7
	G10 191007	8,5	29,8	72,1
	G10 191008	7,6	22,8	79,5
	G10 191009	8,6	25,2	79,5
	G10 191010	10,2	29,0	73,6
	G10 192001	47,6	78,3	74,0
	G10 192002	52,6	79,7	84,5
	G10 192003	52,2	79,3	90,8
	G10 192004	49,5	78,3	90,8
	G10 192005	43,4	76,4	82,2
	G10 192006	48,7	73,8	72,8
	G10 192007	46,6	73,8	82,3
	G10 192008	46,3	73,4	90,1
	G10 192009	45,9	72,3	91,0
	G10 192010	44,6	71,8	84,5
	G10 193001	35,2	76,6	75,7
	G10 193002	33,1	76,4	86,4
	G10 193003	29,8	75,9	91,4
	G10 193004	27,4	75,7	92,2
	G10 193005	33,9	75,4	80,7
	G10 193006	22,7	51,6	72,9
	G10 193007	19,5	50,3	81,0
	G10 193008	20,1	51,2	88,1
	G10 193009	24,6	54,6	88,7
	G10 193010	30,9	62,0	80,1
	G10 194001	48,1	76,6	74,8
	G10 194002	50,6	77,9	84,3
	G10 194003	48,6	78,2	91,4
	G10 194004	45,6	77,9	92,2
	G10 194005	38,5	77,1	82,2
	G10 194006	44,8	71,8	73,4
	G10 194007	44,7	71,9	83,4
	G10 194008	43,0	72,0	89,6
	G10 194009	42,7	71,4	88,5
	G10 194010	42,6	71,2	80,0
	G10 195001	38,2	76,0	75,1
	G10 195002	36,9	76,9	85,1
	G10 195003	29,8	76,3	92,5
	G10 195004	27,3	75,6	93,0
	G10 195005	27,6	74,4	82,6
	G10 195006	31,7	63,5	74,5
	G10 195007	25,6	59,5	82,1
	G10 195008	23,4	55,7	89,0
	G10 195009	24,2	56,2	89,3
	G10 195010	27,9	59,0	81,4
Kerr Cleanic	G10 206001	2,0	22,0	64,5
	G10 206002	2,0	21,4	72,6
	G10 206003	1,9	20,6	77,4
	G10 206004	1,7	19,6	77,5
	G10 206005	1,6	19,2	72,2
	G10 206006	0,9	11,3	48,1
	G10 206007	1,0	7,3	53,1
	G10 206008	1,2	5,9	55,1
	G10 206009	1,2	4,9	55,3
	G10 206010	1,2	4,6	48,5
	G10 207001	1,9	20,3	64,6
	G10 207002	1,9	20,0	71,3

	G10 207003	1,8	19,8	77,1
	G10 207004	1,8	19,7	77,3
	G10 207005	1,8	19,8	70,1
	G10 207006	1,1	5,4	46,4
	G10 207007	1,1	5,0	51,7
	G10 207008	1,2	4,8	55,5
	G10 207009	1,2	4,8	55,0
	G10 207010	1,2	5,1	50,0
	G10 208001	2,2	24,9	68,3
	G10 208002	2,3	25,2	75,2
	G10 208003	2,2	25,0	81,1
	G10 208004	2,1	24,3	80,3
	G10 208005	1,9	22,8	72,6
	G10 208006	1,1	11,6	54,5
	G10 208007	1,4	9,4	59,1
	G10 208008	1,4	6,6	63,5
	G10 208009	1,3	6,0	55,9
	G10 208010	1,4	6,1	60,6
	G10 209001	1,9	20,9	63,2
	G10 209002	1,9	20,3	70,5
	G10 209003	1,8	19,8	76,3
	G10 209004	1,8	19,5	76,2
	G10 209005	1,8	19,6	69,2
	G10 209006	1,2	5,2	45,7
	G10 209007	1,2	4,6	51,5
	G10 209008	1,1	4,7	57,2
	G10 209009	1,2	5,0	56,9
	G10 209010	1,2	5,9	51,9
	G10 210001	2,3	24,2	66,6
	G10 210002	2,3	24,2	75,0
	G10 210003	2,3	24,3	80,6
	G10 210004	2,4	25,4	81,4
	G10 210005	2,5	25,6	73,3
	G10 210006	1,3	6,7	49,6
	G10 210007	1,3	5,9	54,3
	G10 210008	1,4	5,6	59,2
	G10 210009	1,4	5,6	57,6
	G10 210010	1,5	5,9	51,7
Pearls & Dents	G10 236001	8,8	43,7	67,8
	G10 236002	8,4	43,1	75,1
	G10 236003	7,6	41,1	83,2
	G10 236004	6,7	39,2	83,6
	G10 236005	6,0	37,2	77,6
	G10 236006	5,8	36,0	67,2
	G10 236007	6,1	36,5	75,1
	G10 236008	6,6	37,2	82,0
	G10 236009	7,0	37,7	82,2
	G10 236010	6,6	37,6	75,4
	G10 237001	8,5	46,4	70,0
	G10 237002	8,2	47,7	79,8
	G10 237003	7,5	47,0	85,6
	G10 237004	6,7	46,1	86,8
	G10 237005	6,4	45,6	79,4
	G10 237006	5,5	28,0	68,5
	G10 237007	5,8	28,9	76,0
	G10 237008	5,9	30,2	82,5
	G10 237009	6,1	31,5	83,5
	G10 237010	6,5	32,1	77,0
	G10 238001	4,5	33,4	68,9
	G10 238002	4,9	34,3	77,6
	G10 238003	4,7	33,4	82,5
	G10 238004	4,2	31,6	82,6
	G10 238005	3,8	29,0	75,0
	G10 238006	4,8	35,1	69,5
	G10 238007	4,7	34,8	77,6
	G10 238008	4,7	33,8	84,4
	G10 238009	4,6	32,8	82,4
	G10 238010	4,4	30,9	75,7
	G10 239001	6,2	35,9	68,5
	G10 239002	7,7	39,5	77,4
	G10 239003	9,0	42,1	83,8
	G10 239004	9,6	43,0	83,8
	G10 239005	9,4	42,6	76,6
	G10 239006	6,6	35,5	68,0
	G10 239007	7,6	38,4	77,6
	G10 239008	8,7	41,1	83,8
	G10 239009	9,4	44,1	82,6
	G10 239010	9,4	44,8	74,6
	G10 240001	6,0	38,9	68,9

G10 240002	6,5	39,0	77,8
G10 240003	6,8	39,1	83,8
G10 240004	7,7	39,9	84,7
G10 240005	8,4	40,4	77,2
G10 240006	8,5	41,0	70,6
G10 240007	7,7	39,7	79,7
G10 240008	6,7	37,7	85,8
G10 240009	6,0	36,5	84,2
G10 240010	5,5	34,4	76,1

Messung des Glanzes in der Reihe R

Zahnpasta	Prüfkörpernummer	20°	60°	85°	
Colgate Total orig.	R G 001001	3,1	19,6	59,4	
	R G 001002	3,6	20,8	68,0	
	R G 001003	4,1	23,2	75,4	
	R G 001004	4,7	26,3	76,8	
	R G 001005	6,0	30,1	72,2	
	R G 002001	2,8	21,3	60,6	
	R G 002002	2,9	22,5	68,5	
	R G 002003	3,8	27,8	77,7	
	R G 002004	4,5	30,9	79,2	
	R G 002005	5,0	35,1	74,1	
	R G 004001	6,1	35,7	58,1	
	R G 004002	5,8	34,2	64,9	
	R G 004003	5,2	32,5	69,7	
	R G 004004	5,0	31,0	71,4	
	R G 004005	5,3	31,3	65,4	
	R G 005001	4,6	17,6	48,3	
	R G 005002	4,3	16,8	55,5	
	R G 005003	3,8	16,8	61,3	
	R G 005004	4,3	19,9	62,6	
	R G 005005	4,6	22,7	57,2	
	R G 006001	5,0	18,5	48,1	
	R G 006002	4,6	17,4	58,4	
	R G 006003	4,5	18,7	65,1	
	R G 006004	4,5	21,5	67,9	
	R G 006005	4,8	25,7	63,0	
	Blindversuch	R G 007001	22,2	76,4	77,0
		R G 007002	25,9	78,2	86,2
		R G 007003	29,4	79,7	93,4
		R G 007004	31,6	80,2	93,1
		R G 007005	33,9	79,2	83,7
		R G 008001	45,2	78,4	70,6
		R G 008002	47,3	78,9	79,0
R G 008003		52,2	79,9	90,1	
R G 008004		56,4	80,8	91,3	
R G 008005		61,5	81,5	81,5	
R G 009001		71,1	84,9	73,3	
R G 009002		68,2	84,5	81,7	
R G 009003		65,5	83,9	90,2	
R G 009004		65,1	83,8	92,4	
R G 009005		64,0	83,7	84,1	
R G 010001		60,7	83,8	74,4	
R G 010002		62,9	84,0	84,6	
R G 010003		65,5	84,3	91,5	
R G 010004		68,5	84,7	92,6	
R G 010005		70,9	85,1	85,1	
R G 011001		76,2	84,9	71,9	
R G 011002		75,4	85,4	82,5	
R G 011003		75,3	85,4	88,9	
R G 011004		76,0	85,6	92,0	
R G 011005		76,8	86,0	83,9	
Elmex Erosionsschutz		R G 012001	1,4	10,0	47,3
		R G 012002	1,3	9,2	54,4
		R G 012003	1,3	9,2	59,9
	R G 012004	1,4	9,6	61,8	
	R G 012005	1,6	10,6	55,9	
	R G 013001	2,2	15,4	52,2	
	R G 013002	2,1	14,9	58,3	

	R G 013003	2,0	14,5	64,5
	R G 013004	2,0	14,3	65,5
	R G 013005	2,1	14,7	60,1
	R G 014001	1,3	8,6	38,8
	R G 014002	1,3	8,3	43,9
	R G 014003	1,4	8,5	48,1
	R G 014004	1,5	9,1	48,3
	R G 014005	1,7	10,4	44,2
	R G 015001	3,1	19,7	53,8
	R G 015002	3,1	20,0	59,8
	R G 015003	3,3	21,1	67,0
	R G 015004	3,4	21,6	68,2
	R G 015005	3,5	22,5	62,0
	R G 016001	1,3	9,7	40,4
	R G 016002	1,4	9,7	46,3
	R G 016003	1,5	10,4	51,3
	R G 016004	1,9	12,1	53,7
	R G 016005	2,3	13,9	50,3
Eurodont Aktiv Fresh	R G 017001	3,1	22,2	59,8
	R G 017002	2,9	20,8	65,4
	R G 017003	2,7	19,4	71,4
	R G 017004	2,6	18,5	72,8
	R G 017005	2,6	18,4	67,4
	R G 018001	2,1	15,2	54,8
	R G 018002	2,2	15,9	62,0
	R G 018003	2,6	18,8	71,0
	R G 018004	3,4	23,6	73,7
	R G 018005	4,4	28,9	69,2
	R G 019001	2,3	15,7	52,7
	R G 019002	2,1	14,8	59,6
	R G 019003	2,2	15,1	64,7
	R G 019004	2,5	16,3	65,9
	R G 019005	2,8	18,1	59,7
	R G 020001	3,4	23,7	64,1
	R G 020002	3,1	21,8	71,0
	R G 020003	2,8	19,9	77,5
	R G 020004	2,8	19,3	77,9
	R G 020005	2,9	19,9	68,5
	R G 021001	2,1	15,3	64,3
	R G 021002	2,5	17,1	72,2
	R G 021003	2,6	17,7	73,2
	R G 021004	2,8	19,4	73,7
	R G 021005	3,3	22,5	69,2
DontoDent Fluor Fresh	R G 022001	3,2	22,4	68,5
	R G 022002	3,5	24,9	77,8
	R G 022003	4,3	29,5	85,3
	R G 022004	5,4	34,6	86,9
	R G 022005	7,5	40,9	78,9
	R G 023001	2,9	19,6	66,8
	R G 023002	2,6	18,0	74,2
	R G 023003	2,4	17,4	82,1
	R G 023004	2,6	18,3	82,8
	R G 023005	2,9	20,4	75,7
	R G 024001	4,8	35,0	72,2
	R G 024002	4,4	32,8	79,6
	R G 024003	3,9	30,7	86,2
	R G 024004	3,8	28,8	87,3
	R G 024005	3,7	27,7	77,0
	R G 025001	3,4	22,2	67,5
	R G 025002	3,3	21,7	76,4
	R G 025003	3,5	22,0	85,5
	R G 025004	3,9	23,2	86,3
	R G 025005	4,4	25,2	79,3
	R G 026001	1,6	12,3	67,8
	R G 026002	2,2	16,7	76,9
	R G 026003	4,0	25,7	84,6
	R G 026004	7,5	38,3	86,1
	R G 026005	12,0	51,9	78,9
Colgate Dentagard orig.	R G 027001	4,8	30,0	66,9
	R G 027002	4,1	26,8	76,1
	R G 027003	3,8	25,3	82,8
	R G 027004	3,8	25,0	84,3
	R G 027005	4,1	26,1	74,6
	R G 028001	5,5	28,9	69,0
	R G 028002	4,6	25,2	77,2
	R G 028003	3,9	22,6	83,1
	R G 028004	3,4	20,8	85,7
	R G 028005	3,3	20,5	78,2
	R G 029001	3,8	24,0	68,0

	R G 029002	3,5	22,1	75,3
	R G 029003	3,1	21,0	83,2
	R G 029004	3,0	20,5	84,6
	R G 029005	3,1	21,6	78,8
	R G 030001	3,1	18,2	59,1
	R G 030002	3,2	18,4	65,5
	R G 030003	4,2	20,0	71,8
	R G 030004	5,6	23,6	73,6
	R G 030005	6,0	27,1	68,0
	R G 031001	4,4	26,3	68,2
	R G 031002	3,8	23,3	76,3
	R G 031003	3,4	21,5	83,4
	R G 031004	3,3	20,3	86,2
	R G 031005	3,7	21,3	78,5
Elmex Kariesschutz	R G 032001	1,0	7,1	48,4
	R G 032002	1,1	7,3	53,9
	R G 032003	1,2	7,9	55,1
	R G 032004	1,5	9,4	49,6
	R G 032005	1,3	8,3	46,6
	R G 033001	1,4	8,9	47,7
	R G 033002	1,7	9,0	52,0
	R G 033003	1,8	9,6	56,3
	R G 033004	2,0	10,8	57,8
	R G 033005	2,2	12,9	51,8
	R G 034001	1,3	8,7	47,3
	R G 034002	1,2	8,0	52,5
	R G 034003	1,1	7,8	57,7
	R G 034004	1,2	7,9	58,0
	R G 034005	1,2	8,2	54,0
	R G 035001	1,5	10,4	44,1
	R G 035002	1,4	9,0	50,3
	R G 035003	1,3	8,2	54,3
	R G 035004	1,3	8,1	54,7
	R G 035005	1,5	9,1	49,0
	R G 036001	1,4	9,3	44,9
	R G 036002	1,3	8,5	50,6
	R G 036003	1,3	8,1	55,0
	R G 036004	1,4	8,4	55,2
	R G 036005	1,5	9,2	49,9
Colgate Sensation White	R G 037001	1,3	8,4	42,9
	R G 037002	1,2	6,9	46,8
	R G 037003	1,1	6,2	49,9
	R G 037004	0,9	5,6	49,8
	R G 037005	0,9	5,5	44,2
	R G 038001	1,2	7,6	35,6
	R G 038002	1,1	7,2	41,2
	R G 038003	1,1	7,3	47,1
	R G 038004	1,3	7,6	48,3
	R G 038005	1,3	8,6	44,1
	R G 039001	1,0	6,0	45,2
	R G 039002	1,0	6,5	51,5
	R G 039003	1,0	6,3	49,8
	R G 039004	1,1	7,0	51,5
	R G 039005	1,3	8,0	46,8
	R G 040001	0,9	5,6	42,5
	R G 040002	0,9	5,5	45,9
	R G 040003	0,9	5,6	48,2
	R G 040004	1,0	5,9	50,7
	R G 040005	1,1	6,7	46,7
	R G 041001	1,1	7,3	38,8
	R G 041002	1,0	6,6	43,6
	R G 041003	1,0	6,5	47,8
	R G 041004	1,0	6,5	49,0
	R G 041005	1,1	6,9	44,5
Dentalux Complex 3 mf	R G 042001	1,2	7,7	49,9
	R G 042002	1,1	7,6	56,3
	R G 042003	1,3	8,2	63,8
	R G 042004	1,5	9,4	64,6
	R G 042005	1,8	11,4	59,9
	R G 043001	3,5	22,4	62,0
	R G 043002	3,8	23,2	71,2
	R G 043003	3,8	24,1	77,0
	R G 043004	4,1	26,2	78,9
	R G 043005	4,8	30,0	70,6
	R G 044001	2,2	15,2	59,4
	R G 044002	2,0	13,8	68,2
	R G 044003	2,1	13,7	73,0
	R G 044004	2,3	14,0	74,4
	R G 044005	2,4	15,1	67,7

	R G 045001	1,6	10,9	56,2
	R G 045002	1,4	9,3	63,0
	R G 045003	1,3	8,7	66,7
	R G 045004	1,4	8,6	67,0
	R G 045005	1,5	9,0	60,0
	R G 046001	1,4	8,8	48,2
	R G 046002	1,1	7,5	54,5
	R G 046003	1,1	7,0	59,4
	R G 046004	1,1	7,2	61,8
	R G 046005	1,4	8,7	56,1
Parodontax mit Fluorid	R G 047001	46,3	79,9	72,1
	R G 047002	43,0	80,0	83,0
	R G 047003	38,5	79,4	91,0
	R G 047004	35,2	78,8	91,8
	R G 047005	33,0	78,3	83,0
	R G 048001	15,4	60,3	71,1
	R G 048002	18,1	63,8	78,0
	R G 048003	24,9	70,3	88,3
	R G 048004	29,0	73,6	89,8
	R G 048005	33,2	76,5	84,3
	S G 049001	18,6	68,6	81,8
	R G 049002	22,1	71,8	89,8
	R G 049003	25,1	73,5	90,1
	R G 049004	25,1	73,5	90,1
	R G 049005	28,0	74,7	83,0
	R G 050001	29,6	74,3	73,7
	R G 050002	23,9	71,7	83,3
	R G 050003	21,3	70,3	89,2
	R G 050004	22,1	69,9	89,4
	R G 050005	23,6	70,6	81,2
	R G 051001	17,8	61,4	70,1
	R G 051002	20,8	65,0	79,6
	R G 051003	23,2	68,8	87,6
	R G 051004	26,5	71,9	87,9
	R G 051005	29,2	73,6	81,0
Vitis Whitening	R G 052001	1,6	11,6	49,2
	R G 052002	1,5	10,1	53,9
	R G 052003	1,5	10,0	59,6
	R G 052004	1,8	11,2	27,6
	R G 052005	2,1	12,6	53,7
	R G 053001	1,5	10,6	44,2
	R G 053002	1,4	10,4	50,3
	R G 053003	1,7	11,3	59,1
	R G 053004	2,2	13,6	61,4
	R G 053005	2,8	17,3	57,0
	R G 054001	1,2	8,0	43,1
	R G 054002	1,0	7,1	48,9
	R G 054003	1,1	7,1	54,9
	R G 054004	1,3	7,8	55,7
	R G 054005	1,7	9,5	51,2
	R G 055001	1,3	9,2	53,0
	R G 055002	1,2	8,3	58,0
	R G 055003	1,1	7,5	64,9
	R G 055004	1,1	8,0	63,8
	R G 055005	1,4	9,2	59,1
	R G 056001	1,4	8,6	46,1
	R G 056002	1,5	8,5	51,1
	R G 056003	1,8	9,8	57,8
	R G 056004	2,3	12,6	59,1
	R G 056005	3,4	16,8	54,5
Dr. Wolff's Biorepair	R G 057001	1,0	7,1	36,2
	R G 057002	1,0	6,5	40,8
	R G 057003	0,9	6,3	45,9
	R G 057004	0,9	6,3	46,7
	R G 057005	1,0	6,7	42,8
	R G 058001	1,1	8,2	36,8
	R G 058002	1,0	6,8	40,8
	R G 058003	0,9	5,8	46,0
	R G 058004	0,9	5,9	46,8
	R G 058005	1,1	6,7	41,8
	R G 059001	1,7	12,8	58,8
	R G 059002	1,6	11,6	64,3
	R G 059003	1,5	10,6	71,3
	R G 059004	1,4	10,6	71,2
	R G 059005	1,5	11,3	64,4
	R G 060001	1,5	11,6	49,9
	R G 060002	1,4	10,6	55,6
	R G 060003	1,4	10,6	62,2
	R G 060004	1,6	11,0	63,7

	R G 060005	1,9	12,9	58,0
	R G 061001	1,2	9,3	47,4
	R G 061002	1,2	8,2	54,8
	R G 061003	1,2	8,2	59,4
	R G 061004	1,3	8,9	61,9
	R G 061005	1,8	11,0	56,7
Kerr Cleanic	R G 062001	0,8	6,4	34,0
	R G 062002	0,8	6,5	36,1
	R G 062003	0,8	6,5	36,9
	R G 062004	0,8	6,7	36,9
	R G 062005	0,8	6,9	33,7
	R G 063001	0,9	7,9	35,8
	R G 063002	0,9	8,0	40,6
	R G 063003	0,9	8,1	44,6
	R G 063004	0,9	8,4	44,5
	R G 063005	0,9	8,9	40,4
	R G 064001	0,6	5,7	30,6
	R G 064002	0,7	5,8	33,3
	R G 064003	0,7	6,0	36,1
	R G 064004	0,7	6,2	36,4
	R G 064005	0,7	6,4	34,0
	R G 065001	0,9	7,5	34,8
	R G 065002	0,8	7,5	40,3
	R G 065003	0,8	7,5	43,3
	R G 065004	0,8	7,6	43,7
	R G 065005	0,8	7,9	39,3
	R G 066001	0,8	7,5	31,7
	R G 066002	0,8	7,2	35,9
	R G 066003	0,7	7,0	39,3
	R G 066004	0,7	7,0	39,0
	R G 066005	0,7	7,2	35,5
Pearls & Dents	R G 067001	24,3	70,7	73,4
	R G 067002	16,4	66,1	83,8
	R G 067003	13,3	63,9	90,0
	R G 067004	18,3	65,6	90,3
	R G 067005	24,7	68,8	83,7
	R G 068001	9,2	49,5	68,5
	R G 068002	6,7	44,7	80,4
	R G 068003	6,4	44,4	88,0
	R G 068004	9,7	50,3	87,7
	R G 068005	14,5	57,6	80,1
	R G 069001	10,6	54,2	71,8
	R G 069002	8,7	51,7	78,1
	R G 069003	7,6	50,3	86,2
	R G 069004	10,8	55,3	86,9
	R G 069005	15,6	60,9	80,1
	R G 070001	9,9	54,0	69,9
	R G 070002	8,6	51,8	79,0
	R G 070003	8,2	52,3	88,8
	R G 070004	11,5	56,7	90,1
	R G 070005	22,5	66,3	80,0
	R G 071001	9,7	52,0	68,8
	R G 071002	7,1	47,5	76,2
	R G 071003	6,3	44,5	84,3
	R G 071004	9,5	49,7	84,6
	R G 071005	13,7	56,4	76,9

13.2.2 Messung der Rauheit

Zahnpasta	Prüfkörpernummer	R _a	R _z	R _{max}	R _k	
Colgate Total orig.	R1	r	1,270	6,730	8,430	3,920
		m	1,608	8,710	9,560	5,020
		l	1,877	9,870	12,800	5,390
	R2	r	0,881	5,650	7,660	2,780
		m	1,137	6,350	7,240	3,810
		l	1,440	7,230	8,670	5,147
	R4	r	1,468	7,610	9,850	4,600
		m	1,414	7,230	8,550	5,570
		l	1,058	5,680	7,220	3,160

Blindversuch	R5	r	1,388	7,980	11,000	4,410
		m	1,525	8,260	10,600	3,990
		l	1,396	9,010	10,300	4,370
	R6	r	1,078	7,440	7,440	3,530
		m	1,370	10,900	10,900	4,580
		l	1,503	11,000	11,000	4,990
	R7	r	0,133	1,01	1,34	0,36
		m	0,181	1,31	1,48	0,52
		l	0,277	1,96	2,66	0,76
	R8	r	0,027	0,31	0,49	K
		m	0,03	0,3	0,38	K
		l	0,035	0,32	0,37	K
R9	r	0,021	0,26	0,33	K	
	m	0,024	0,24	0,3	K	
	l	0,026	0,23	0,27	K	
R10	r	0,04	0,35	0,51	K	
	m	0,046	0,45	0,56	K	
	l	0,068	0,75	1,77	0,14	
R11	r	0,077	0,35	0,91	K	
	m	0,037	0,33	0,54	K	
	l	0,032	0,21	0,3	K	
Elmex Erosionsschutz	R12	r	2,774	14,5	16,7	8,99
		m	3,338	16	17,6	12
		l	3,335	16,7	20,4	12,3
	R13	r	3,609	15,7	19,6	12,9
		m	3,373	16,2	20,4	11,7
		l	3,139	14,6	17,7	10,2
	R14	r	3,802	17,1	19,3	K
		m	4,22	19,4	22,8	K
		l	4,369	19,3	22,8	16,6
	R15	r	3,156	15,4	19,8	9,51
		m	3,319	16,1	18,8	8,7
		l	4,051	19,1	24,7	12
R16	r	2,968	13,9	16,3	8,76	
	m	3,669	16,3	19,4	12	
	l	3,913	17,9	21,8	13,4	
Eurodont Aktiv Fresh	R17	r	2,171	10,3	14,4	7,01
		m	1,956	9,63	14,9	5,45
		l	1,312	7,12	10,2	3,56
	R18	r	1,373	7,51	9,9	2,99
		m	2,251	11,6	14,6	6,22
		l	2,401	12,5	16,1	7,75
	R19	r	3,111	14,5	17,6	9,1
		m	3,139	15,6	21,3	8,59
		l	2,863	14,1	17,6	7,88
	R20	r	1,832	8,89	9,89	6,43
		m	20,16	9,36	10,7	K
		l	1,741	9,44	10,3	5,5
R21	r	1,552	8,87	10,9	4,36	
	m	2,044	10,4	13	6,78	
	l	2,162	11,5	15,1	7,52	
DontoDent Fluor Fresh	R22	r	1,046	5,66	7,17	2,53
		m	1,436	7,36	9,32	4,64
		l	1,651	8,36	10,8	5,27
	R23	r	1,892	9,22	11,1	6,01
		m	1,748	8,79	11,1	5,5
		l	1,557	8,73	10,5	4,35
	R24	r	1,125	6,16	7,55	3,32
		m	0,824	4,53	5,54	2,54
		l	0,755	3,94	4,85	2,32
	R25	r	1,181	6,35	7,27	3,55
		m	1,387	7,61	9,49	4,96
		l	1,368	7,41	8,48	3,95
R26	r	0,61	3,52	4,42	1,42	
	m	1,054	5,86	7,07	3,36	
	l	1,59	7,98	9,44	5,93	
Colgate Dentagard orig.	R27	r	0,986	5,310	7,070	2,750
		m	1,169	6,000	7,850	3,720
		l	1,072	5,79	7,14	3,1
	R28	r	1,286	6,590	8,170	3,670
		m	1,148	6,400	8,110	3,150
		l	0,909	5,19	6,3	2,3
	R29	r	1,104	6,860	9,410	3,250
		m	1,055	5,950	8,600	3,050
		l	1,03	5,91	7,7	2,85
	R30	r	1,445	7,390	10,700	2,560
		m	1,702	8,820	13,900	3,460
		l	1,891	10,1	14,7	4,11
R31	r	1,173	5,930	6,770	3,750	

		m	1,221	6,300	7,670	4,190
Elmex Kariesschutz	R32	l	1,223	6,13	7,2	3,94
		r	3,856	18,2	23,5	13,4
		m	3,736	18,6	24,6	12,8
	R33	l	3,336	16,1	20,9	11,8
		r	4,861	20,5	24,7	17,2
		m	6,241	26,8	29,1	20,1
	R34	l	5,456	24,7	28,8	17,5
		r	3,757	18	22,1	13,6
		m	3,444	16,5	19,4	12,2
	R35	l	3,36	15,4	18,4	K
		r	5,12	24,4	27,7	16,8
		m	5,32	25,6	28,2	18,6
R36	l	4,196	20	25,5	K	
	r	5,729	26,1	29	19,8	
	m	4,924	24,5	29,6	17,3	
Colgate Sensation White	R37	l	4,508	22	29,5	15,5
		r	4,535	20,6	31,8	14,5
		m	4,866	22,4	34,8	14,4
	R38	l	3,642	16,8	25,3	10,5
		r	6,091	27,9	32,6	16
		m	6,777	32,2	39,7	17,1
	R39	l	6,101	28,6	38,1	14,8
		r	4,916	20,3	21,2	K
		m	5,442	24,3	29,3	K
	R40	l	5,495	25,1	32,2	19
		r	4,249	18,4	20,9	K
		m	4,393	20,1	23,5	K
R41	l	4,263	20,2	21,8	14,3	
	r	6,332	26,9	37	17,9	
	m	5,443	23,2	29,8	16,6	
Dentalux Complex 3 mf	R42	l	4,471	19,4	25,3	11,2
		r	2,052	10,9	11,9	6,95
		m	2,515	14	15,6	8,68
	R43	l	2,796	13,7	16,5	10
		r	2,273	13,4	17,7	6,07
		m	2,986	16,4	20,8	6,81
	R44	l	3,437	16,5	19,9	8,94
		r	3,593	16,9	20,6	9,81
		m	3,686	16,7	21,7	11,1
	R45	l	3,349	16,4	19,3	8,64
		r	4,5	20,5	24,1	K
		m	4,048	19,2	24,6	14,3
R46	l	3,203	15,7	17,9	9,57	
	r	2,554	13,9	15,9	8,73	
	m	3,062	16,6	19,5	10,7	
Parodontax mit Fluorid	R47	l	3,036	15,1	15,5	11
		r	0,102	0,98	1,49	0,27
		m	0,083	0,66	0,86	0,24
	R48	l	0,068	0,59	0,89	0,2
		r	0,151	1,83	6,45	0,27
		m	0,219	1,77	2,83	0,47
	R49	l	0,381	2,59	3,57	0,66
		r	0,129	1,04	1,36	0,36
		m	0,255	2,19	3,13	0,54
	R50	l	0,243	1,74	1,95	0,61
		r	0,182	1,78	2,14	0,35
		m	0,207	1,83	2,49	0,4
R51	l	0,163	1,76	2,52	0,3	
	r	0,151	1,66	30,8	0,31	
	m	0,217	2,1	3,19	0,39	
Vitis Whitening	R52	l	0,227	1,65	2,22	K
		r	4,429	19,9	24,4	11,5
		m	4,108	20,1	24,4	12
	R53	l	3,644	18,4	20,6	11,1
		r	5,201	21,9	25,4	11,3
		m	5,217	23,3	26,3	13,9
	R54	l	5,359	24,7	29,6	17,1
		r	4,268	18,7	22,5	K
		m	5,023	22,7	27,1	K
	R55	l	4,6	21	24,5	14,3
		r	3,029	15,4	17,6	11,5
		m	3,067	15,8	18,1	10,8
R56	l	2,906	15,7	19,2	10,1	
	r	3,695	18,3	23,3	9,34	
	m	4,434	20,9	24,6	13,8	
Dr. Wolff's Biorepair	R57	l	4,694	22,5	26,9	13,9
		r	6,902	30	43,1	K
		m	8,02	36	42,6	K

		l	6,594	30	32,7	22,1
	R58	r	5,873	28,6	32,9	19,5
		m	6,999	33,7	40	26
		l	6,571	30,6	34,6	23
	R59	r	4,101	20,6	22,9	14,1
		m	3,932	19,4	20,4	14,7
		l	3,335	16,5	19,8	12
	R60	r	4,239	20,8	22,7	13
		m	5,918	27,5	32,6	20,1
		l	5,576	26,3	31,6	19,6
	R61	r	5,535	25,5	38,1	18,1
		m	5,433	26,9	31,5	19,1
		l	5,007	24,4	28,3	17,9
Kerr Cleanid	R62	r	7,878	36,4	46,3	26,9
		m	9,189	42,9	51,9	26,9
		l	10,47	47,5	56,2	38
	R63	r	7,409	32,9	43,2	K
		m	8,295	36,1	44,8	K
		l	8,309	36,9	41,8	K
	R64	r	9,961	46	60,1	30,6
		m	10,61	49,1	66,6	K
		l	11,12	49,1	73,6	36,3
	R65	r	6,172	28,6	40	19,2
		m	6,534	31,3	47,7	18,4
		l	6,86	30,7	43	24,3
	R66	r	8,615	39,8	46,8	29
		m	8,132	40,8	54	26,1
		l	9,102	40,8	53,8	31,3
Pearls & Dents	R67	r	0,419	3,1	4,27	0,81
		m	0,636	4,12	5,29	1,69
		l	0,39	2,99	4,32	0,87
	R68	r	0,664	4,1	5,27	1,82
		m	0,959	5,34	6,05	2,58
		l	0,877	5,01	5,29	2,46
	R69	r	0,513	3,41	4,1	1,26
		m	0,783	4,19	4,93	2,23
		l	0,685	4,01	4,46	1,76
	R70	r	0,517	3,7	4,64	1,36
		m	0,92	4,98	5,74	2,57
		l	0,774	4,78	5,47	2,13
	R71	r	0,584	4,03	4,54	1,43
		m	0,881	5,04	5,58	2,25
		l	0,726	4,05	4,68	2,24

