

M. Wefelmeier¹, S. Duda¹, K. Ott¹, M. Kaup¹

Messung des Glanzes von Kompositen vor und nach Politur

Measuring the gloss of different composite resins before and after polishing



M. Wefelmeier

Ziel: In der vorliegenden Untersuchung sollte der Glanz von unterschiedlichen Kompositen unmittelbar nach der Polymerisation und außerdem nach einem Poliervorgang gemessen werden. Die Oberflächenpolitur ist einer der entscheidenden Faktoren für den Langzeiterfolg einer Restauration. Klinisch sind Unterschiede in der Qualität der Politur unter ähnlichen Bedingungen festzustellen. Der Hochglanz als erwünschtes Ergebnis ist längst nicht immer zu erreichen.

Methode: 17 verschiedene Kompositmaterialien – eingeteilt in Nanofüller, Nanohybridkomposite, Hybrid- und Mikrofüllerkomposite – wurden untersucht, wobei von jedem Komposit wenn möglich 2 Farben (VITA A2 und C3) untersucht wurden. Dazu wurden je 5 Proben mit einer Fläche von 3 x 3 cm hergestellt. Um eine glatte, möglichst homogene und gleichmäßig starke Kompositenschicht zu erzeugen, wurde das Komposit aus einer 4g-Spritze herausgedrückt und vollständig auf eine Glasplatte aufgetragen, die dann in einer Parallelpresse gegen eine weitere saubere, glatte Glasplatte gepresst wurde. Der Glanz wurde anschließend mit einem Reflektometer (Micro-Tri-Gloss, Byk-Gardener GmbH, Geretsried, Deutschland) bei 3 unterschiedlichen Winkeln (20°, 60°, 85°) gemessen. Jede der jeweils 5 Kompositproben lieferte 50 Messwerte pro Winkel. Nach einem standardisierten Politurverfahren mit einem Äquivalent zur feinsten SofLex-Scheibe wurde eine zweite Messung durchgeführt.

Ergebnisse: Es konnten keine höheren Glanzwerte als nach dem Pressen gegen die Glasplatte gemessen werden. Diese bewegten sich bei allen Kompositen zwischen 88,19 und 96,32 Glanzeinheiten (GE). Nach der Politur erreichten der reine Nanofüller Filtek Supreme XT (3M Espe, Seefeld, Germany) mit 88,77 GE, das mikrogefüllte Komposit EcuSphere Shine (DMG, Hamburg, Germany) mit 78,22 GE, der Submikrofüller Estelite Sigma (Tokuyama, Düsseldorf, Germany)

Purpose: Gloss of different composites directly after polymerisation and after a polishing procedure should be measured and compared. Polishing a restoration is one of the decisive factors for a long-term success. Clinically, there are considerable differences in the gloss of different composite resins.

Methods: Seventeen different composite materials in 2 different colors (VITA A2 and C3) – grouped into nanofiller, nano-hybrid, hybrid and microfiller composites – were examined. Five samples of every resin (3 x 3 cm) were produced. To create a smooth, homogeneous and regularly thick composite layer, the coated carrier glass plate was pressed against a clean one in a parallel press and polymerized 4 x 40 s. The material was pressed against a glass plate to generate nearly perfect smooth surfaces. The gloss was measured with a reflectometer (Micro-Tri-Gloss, Byk-Gardener GmbH, Geretsried, Germany) using 3 different angles (20°, 60°, 85°). Each of the 5 composite samples yielded 50 values per angle. After a standardized treatment with an equivalent to the finest Sof-Lex-Disc, they were measured again to compare the different gloss data values.

Results: In accordance with other scientific studies, the best gloss results were achieved by pressing the composite material against a glass plate. The data ranged from 88.19 to 96.32 gloss units (GU). After polishing, the pure nano-filler Filtek Supreme XT (3M Espe, Seefeld, Germany) with 88.77 GU, the micro-filled composite EcuSphere Shine (DMG, Hamburg, Germany) with 78.22 GU, the sub-microfilled composite Estelite Sigma (Tokuyama, Düsseldorf, Germany) (80.02 GU) as well as the nano-hybrid composite Premise (KerrHawe, Bioggio, Swiss) with 72.48 GU presented the highest degrees of gloss. Filtek Supreme XT only showed no significant differences before and after polishing.

Conclusion: After “polishing”, the gloss units of nearly all

¹ Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Poliklinik für Zahnerhaltung, Universitätsklinikum Münster

Peer-reviewed article: eingereicht: 31.08.2011, revidierte Fassung akzeptiert: 19.06.2012

DOI 10.3238/dzz.2012.0760-0772

(80,02 GE) wie auch das Nanohybridkomposit Premise (Kerr-Hawe, Bioggio, Swiss) mit 72,48 GE die höchsten Glanzwerte. Nur Filtek Supreme XT wies keine signifikanten Unterschiede vor und nach der Bearbeitung auf.

Schlussfolgerung: Nach der „Poliur“ sanken die Messwerte der meisten getesteten Komposite erheblich. Es bestehen signifikante und deutliche Unterschiede zwischen den Kompositmaterialien und nicht jedes Komposit lässt sich bis zum gewünschten Hochglanz polieren.

(Dtsch Zahnärztl Z 2012, 67: 760–772)

Schlüsselwörter: Komposit, Politur, Glanz, Reflektometer, Oberflächenbearbeitung

1 Einleitung

Der Hochglanz von Komposit-Füllungsmaterialien ist nicht immer zu erreichen, wenngleich etliche wissenschaftliche Arbeiten von verschiedenen Politurverfahren handeln, welche die Oberfläche optimal glätten sollen [4, 14, 17, 24]. Bereits 1984 testeten O'Brien et al. an Kompositen den Zusammenhang zwischen Politur und Glanz [16]. Seit dieser Zeit haben sich die Komposite wie auch die Messmethoden verändert.

In der vorliegenden Untersuchung sollte der Glanz von Kompositen unmittelbar nach der Polymerisation und außerdem nach einem Poliervorgang gemessen und verglichen werden. Während in anderen Studien nur wenige Komposite getestet wurden, sollten nunmehr die Unterschiede der Kompositklassen aufgezeigt werden [7, 24].

Der Begriff „Glanz“ basiert auf dem Reflexionsgesetz. Tritt Licht auf ein Objekt, so kann es von diesem entweder reflektiert, remittiert oder absorbiert werden [18]. Da die Reflexion von der Wellenlänge des Lichts abhängig ist, wurde in dieser Studie das gesamte sichtbare Wellenspektrum (400 – 700 nm) vermessen [23]. Aber nicht nur die Farbe und die Intensität des Lichts haben einen Einfluss auf den Glanz, sondern ebenso die Farbe und die Transparenz des Prüfkörpers [8].

Der Glanz ist eine sehr stark materialabhängige Eigenschaft und wird zusätzlich durch die Oberflächenbeschaffenheit eines Objektes wesentlich beeinflusst [16]. Der Definition entsprechend entsteht Glanz durch Helligkeitsdifferenzen auf Oberflächen und ist umso stärker, je höher der Anteil des reflektierten Lichts ist. Voraussetzung hierfür ist eine möglichst glatte Oberfläche, die eine nahezu ausschließlich gerichtete Reflexion ermöglicht [15].

Bei den in der Zahnmedizin verwendeten Kompositmaterialien ist nicht nur das Maß der Politur ausschlaggebend für den erzielbaren Glanz. Die nach Bearbeitung maximal erreichbare Glättung der Oberfläche hängt von der Füllkörpergröße und -dichte ab [8]. Zusätzlich fließen subjektive Bewertungsmaßstäbe des Betrachters mit ein, wenn der Glanz beurteilt wird: Hier sind nicht nur das Sehvermögen und individuell erfahrungsbedingte Unterschiede zu nennen, sondern beispielsweise auch die derzeitige Stimmung [19]. Sogar die Fokussierung des Auges ist ein entscheidender Faktor für den individuellen Eindruck eines jeden Beobachters [6].

tested resins decreased. The gloss of the single composites differed significantly after surface treatment. In general, not every composite can be polished to the desired level of gloss.

Keywords: composite, polish, gloss, reflectometer, finishing, surface

1 Introduction

Several scientific studies deal with different polishing procedures that are recommended to smoothen the surface ideally, even if the high gloss as the desired result at least cannot always be reached [4, 14, 17, 24].

O'Brien et al. already tested composites for the correlation between polish and gloss in 1984 [16]. Since that time the different composites, as well as the methods of measurement, have been changed.

In the present investigation, the gloss of several composites was to be measured and compared both directly after the polymerisation and additionally after a standardized process of polishing. While in current studies only a few different resins were investigated, the present study should enable us to compare the different types of materials and to explain the results from the perspective of material science [7, 24].

The term “gloss” is based on the law of reflection. Whenever light falls on an object, it can either be reflected, remitted or absorbed by the object [18]. In fact, the way of reflection depends on wavelength so that in this investigation we measured over the whole visible spectrum of light (400–700 nm) [23]. Not only the color and the intensity of light are important for the resulting gloss. As important as these are the color and transparency of the object to be examined [8].

Gloss is a property that depends mostly on the material additionally and is influenced considerably by the structure of the surface of this object [16]. The higher the part of reflected light, the higher the gloss. However, a prior condition for this effect is a highly smooth surface that leads to an almost exclusively directed reflection [15].

Maximal smoothening of composite materials used in dentistry depends on the size and the density of the fillers [8]. Furthermore, the perception of gloss depends on observer properties: not only individual abilities, vision, type of focussing [6] and individual experiences, but also the current mood, for example [19].

With regard to the few existing studies about the gloss of dental resins, it has been hypothesized that there are significant differences in the gloss of different materials after a standardized finishing. Thus, the aim of this study was to characterize and compare the gloss of dental composites before and after polishing. Furthermore, the different colors and the diffe-

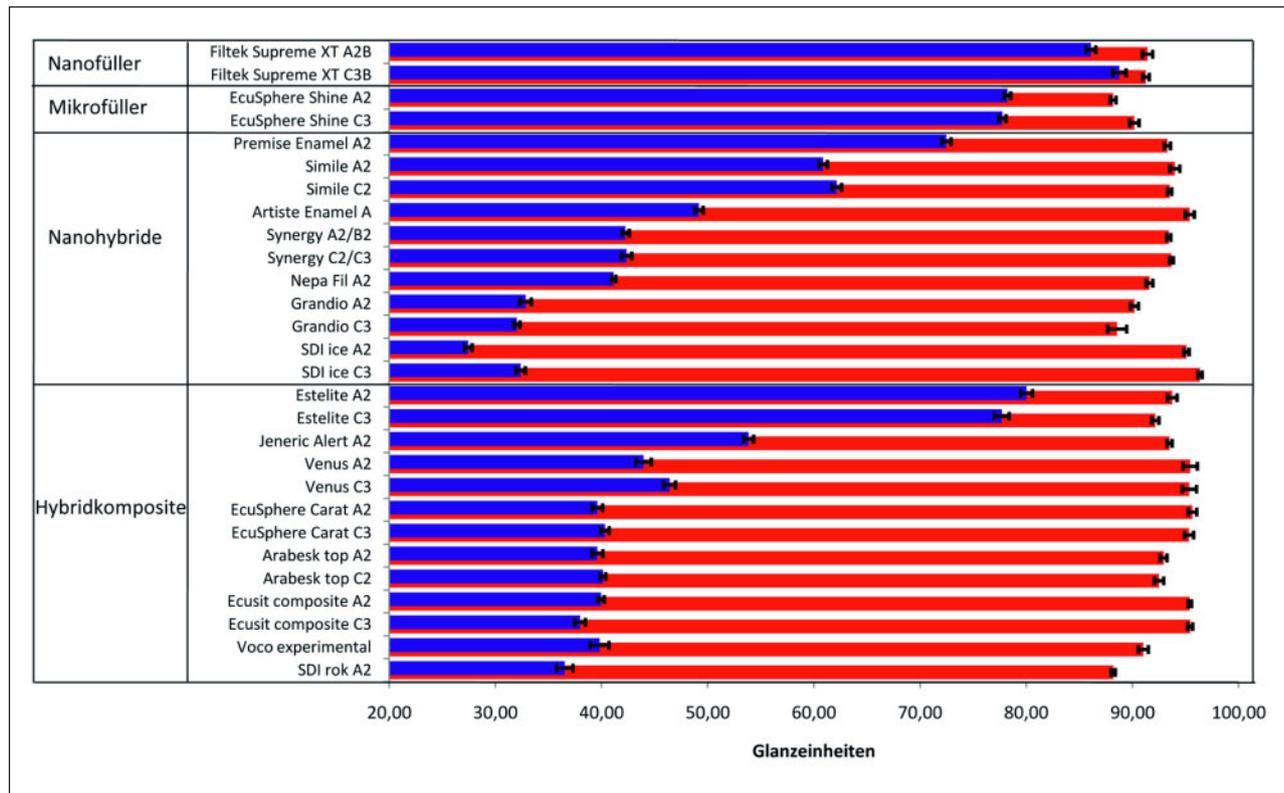


Abbildung 1 Die Grafik zeigt die gemessenen Glanzeinheiten der unterschiedlichen Komposite mit Standardabweichungen. Nach dem Pressen gegen eine Glasplatte erreichten alle getesteten Materialien hohe Glanzwerte (rote Balken). Nach der standardisierten Bearbeitung verringerten sich die Glanzwerte von fast allen Kompositen signifikant (blau dargestellt).

Als Arbeitshypothese wurde angenommen, dass sich der Glanz der getesteten Kompositmaterialien nach einer standardisierten Politur signifikant verändert. Dem entsprechend war es das Ziel dieser Untersuchung, den Oberflächen-glanz der Komposite vor und nach der Politur zu quantifizieren und miteinander zu vergleichen. Des Weiteren sollten verschiedene Farben wie auch die unterschiedlichen Komposite untereinander verglichen werden. Um den Oberflächen-glanz der Komposite zu messen, wurde ein Reflektometer eingesetzt.

2 Material und Methode

2.1 Materialien

Die in Tabelle 1 aufgeführten 17 Komposite wurden untersucht. Es wurde eine Unterteilung in Nanofüllerkomposite, Mikrofüller, Nanohybride und Hybridkomposite vorgenommen.

2.2 Reflektometer

Die quantitative Bestimmung der Oberflächenreflexion wurde mit einem Glanzmessgerät, welches die Reflexion bei unterschiedlichen Winkeln bzw. Messgeometrien erfasst, einem sog. Reflektometer (Micro-TRI-gloss, Byk-Gardener GmbH, Geretsried, Deutschland), vorgenommen.

rent composites should be compared. To measure the surface gloss, a reflectometer was used.

2 Materials and methods

2.1 Materials

At all 17 composites were examined. There were 4 groups, consisting of nanofillers, microfillers, nanohybrids and fine-particle-composites (Table 1).

2.2 Reflectometer

Measuring the degree of surface reflection was carried out with a so called "reflectometer" (Micro-TRI-gloss, Byk-Gardener GmbH, Geretsried, Germany), which measures the reflexion in gloss units (GU) under different angles. The choice of the specifically adjustable measuring geometry depends on the field of application as well as on the gloss properties of the single materials. Afterwards, the samples were examined by scanning electron microscopy.

2.3 Principle of measurement

The principle of a reflectometer is based on measuring the mirrored reflection. For this purpose, the intensity of the reflected light was measured in a narrow area of the angle of reflection.

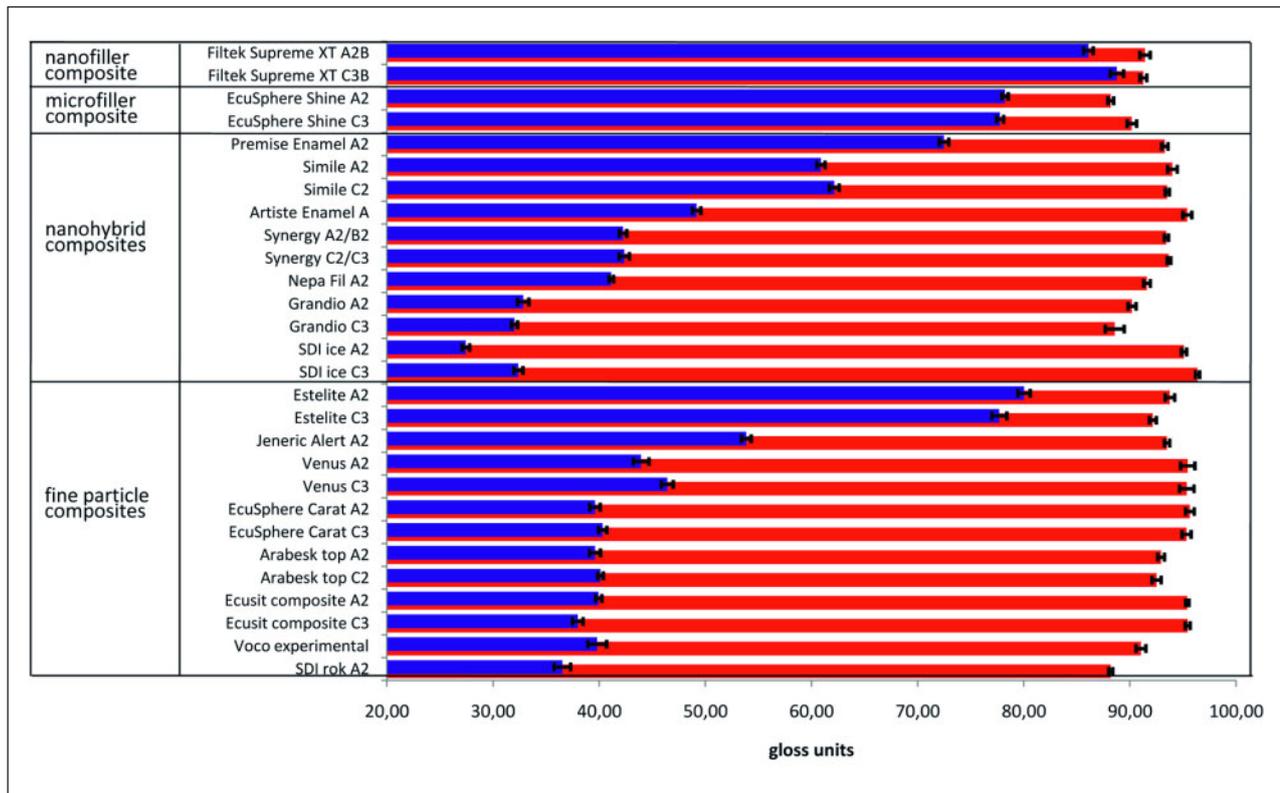


Figure 1 The figure shows the gloss units of different composite resins with standard deviation. All composites had a high degree of gloss after pressing against glass (red bars). Comparing the primary composite surfaces did not reveal any more differences in the degree of gloss. After standardized treatment the gloss units of nearly all tested materials decreased significantly (blue bars with standard deviation). (Abb. 1, Tab. 1: M. Wefelmeier)

Die Wahl der entsprechend einzustellenden Messgeometrie zur Erfassung der Glanzeinheiten (GE) erfolgte dabei zum einen in Abhängigkeit des Anwendungsbereichs, zum anderen in Abhängigkeit von der Glanzeigenschaft des jeweiligen Materials. Anschließend wurden die Proben rasterelektronenmikroskopisch nachuntersucht.

2.3 Messprinzip

Das Prinzip eines Reflektometers beruht auf der Messung der gerichteten Reflexion. Dazu wird die Intensität des reflektierten Lichtes in einem schmalen Band des Reflexionswinkels gemessen. Der Glanz einer Oberfläche kann über deren Reflexionsverhalten spezifiziert werden, wobei die messtechnische Erfassung auf dem unterschiedlichen Streuverhalten des Lichts in Abhängigkeit von der Oberflächenstruktur und den materialbedingten Eigenschaften beruht. Der Reflektometerwert (Glanzeinheiten, GE) stellt dabei die optische Kenngröße für den Glanz einer Oberfläche dar.

Die Messergebnisse des Reflektometers werden nicht auf die eingestrahlte Lichtmenge bezogen, sondern auf einen schwarzen, polierten Glasstandard mit definiertem Brechungsindex. Für diesen Standard wird der Messwert auf 100 Glanzeinheiten ($S_0=100$ GE; wiederholte Kalibrierung) gesetzt. Bei Materialien mit höherem Brechungsindex kann der Messwert durchaus größer als 100 Glanzeinheiten sein.

Für die Glanzmessung an Kompositoberflächen, war die 60°-Messgeometrie am geeignetsten. Zusätzlich konnte ein

Gloss can be specified by the amount of reflected light. Different reactions of light scattering influence the measurement, because it depends on the surface structure and the material properties of the examined sample. Thus the values of the reflectometer (gloss units, GU) represent the optical parameter of gloss of any surface. The reflectometer's results do not refer to the rejected amount of light, but to a black, polished glass standard with its defined refractive index. The standard is set to 100 gloss units ($S = 100$ GU; by repeated calibration). Materials with a higher refraction index may have an indicated value that is higher than 100 GU.

To measure the gloss of composite surfaces, 60° as angle of incidence was the most suitable method. In case of a haze, an additional measurement with different angles (20°, 85°) could provide comparative data.

2.4 Production of samples

The carrier of the composite layer was glass (3 x 3 cm), which – due to its property of translucence – enabled us to polymerize the composite sample from both sides (Elipar, ESPE, Seefeld). Furthermore, the satinizing of one area allowed a better adherence of the measured material, which was increased by using a bonding (Heliobond, Ivoclar Vivadent, FL Schaan).

The composite resin was pressed out of a 4g-syringe. To produce a smooth, homogeneous and regularly thick composite layer, the coated carrier glass plate was pressed against a clean one in a parallel press and polymerized 4 x 40 s. The measured

Präparat	Hersteller/ LOT	Farbe
Nanofüllerkomposit		
Filtek Supreme XT [®] Nanokomposit (Cluster von Nanofüllern)	3M Espe AG (Seefeld, Deutschland)/5AM, 6AJ	A2B, C3B
Microfüllerkomposit		
EcuSphere Shine [®] lichthärtendes Mikrofüllerkomposit	DMG (Hamburg, Germany)/ 568583, 541908	A2, C3
Nanohybridkomposite		
Synergy D6 [®] Nanohybridkomposit	Coltène/Whaledent GmbH & Co.KG (Langenau, Deutschland)/ 0104798, 0104733	A2/B2, C2/C3
Artiste [®] Nanohybridkomposit	HKdent GmbH Jeneric/ Pentron Deutschland GmbH (Kusterdingen, Deutschland)/154299	Enamel A2
Simile [®] Nanohybridkomposit	HKdent GmbH Jeneric/ Pentron Deutschland GmbH (Kusterdingen, Deutschland)/109891, 109975	A2, C2
Premise [®] trimodales Nanohybridkomposit	KerrHawe SA (Bioggio, Schweiz)/ 4-1364	A2
Nepa Fil [®] Nanohybridkomposit	Merz Dental GmbH (Lütjeburg, Deutschland)/ 5607529	A2
ice [®] Nanohybridkomposit	Southern Dental Industries GmbH (Köln, Deutschland)/ 070550N, 060913N	A2, C3
Grandio [®] universelles lichthärtendes Nanohybridkomposit	VOCO GmbH (Cuxhaven, Deutschland)/ 1002097, 530796	A2, C3
Fein- / Feinstpartikelkomposite		
EcuSphere Carat [®] lichthärtendes Submikrometerkomposit	DMG (Hamburg, Deutschland)/ 550927, 566041	A2, C3
Ecusit [®] lichthärtendes Hybridkomposit mit Glasfüllern	DMG (Hamburg, Deutschland)/ 569364, 569763	A2, C3
Venus [®] universelles lichthärtendes Feinpartikelhybridkomposit	Heraeus Kulzer GmbH (Hanau, Deutschland)/ 010131, 010177	A2, C3
Alert [®] kondensierbares Hybridkomposit	HKdent GmbH Jeneric/ Pentron Deutschland GmbH (Kusterdingen, Deutschland)/139166	A2
rok [®] Hybridkomposit für Seitenzahnrestaurationen	Southern Dental Industries GmbH (Köln, Deutschland)/ 068319	A2
Estelite Sigma [®] Submikrometerkomposit mit sphärischen Füllern	Tokuyama Europe GmbH (Düsseldorf, Deutschland)/ EE63796S, EW90647	A2, C3
Arabesk top [®] Mikrohybridkomposit mit BCS-Füllertechnologie	VOCO GmbH (Cuxhaven, Deutschland)/ 732077, 732333	A2, C2
Experimentelles Komposit	VOCO GmbH (Cuxhaven, Deutschland)	/

Tabelle 1 Untersuchte Komposite (Angaben zu den Bestandteilen nach Herstellerangaben).

Füller	Matrixmaterial
4–11 nm Zirkonfüller, 20 nm Silikatfüller, Fülleragglomerate = Cluster 5–75 nm, Füllergehalt in Gew.-%: 72,5–78,5 %	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA; Bis-EMA, PEGDMA
“Integrated fillers“-Technologie, pyrogene Kieselsäure, durchschnittliche Füllkörpergröße: 0,02 µm, Füllergehalt in Gew.-%: 60 %	Bis-GMA basierte Harzmatrix
vorpolymerisierte Füllkörper, Bariumglas, Nanofüller; min./ mittlere/ max. Füllkörpergröße: 20 nm, 0,6 µm, 2,5 µm, Füllergehalt in Gew.-%: 80 %	BisGMA, BisEMA, UDMA, TEGDMA (HCM Matrix)
Bariumborsilikatglas [enthält Al ₂ O ₃], Zirkon, Silikat, Polysilsesquioxan [POSS]), durchschnittliche Füllkörpergröße: 0,6–0,7 µm, Füllergehalt in Gew.-%: 75 %	PCBisGMA, BisGMA, UDMA, HDDMA
Bariumborsilikatglas [enthält Al ₂ O ₃], Zirkon, Silikat, Polysilsesquioxan [POSS]), Füllergehalt in Gew.-%: 75 %	PCBisGMA, BisGMA, UDMA, HDDMA
Vorpolymerisierte Füller (PPF), Bariumglas, SiO ₂ -Nanopartikel, mittlere/max. Füllkörpergröße: 30 nm/ 0,4 µm, Füllergehalt in Gew.-%: 84 %	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA
Nanofluorapatit und andere anorganische Füllkörper, Füllergehalt in Gew.-%: 79 %	Bis-GMA-Harze
Anorganische Füller, 40 nm–1,5 µm, Füllergehalt in Gew.-%: 77,5 %	multifunktionale GMA
Fluorsilikatgläser, SiO ₂ , Nanofüller, Microfüller < 1 µm/ Nanofüller < 40 nm, Füllergehalt in Gew.-%: 87 %	Bis-GMA, TEGDMA
Bariumglas, mittlere Füllkörpergröße: 0,7 µm, Füllergehalt in Gew.-%: 77 %	Bis-GMA-basierte Harzmatrix
Dentalglas, Min./max. Füllkörpergröße: 0,02–1,5 µm, Füllergehalt in Gew.-%: 77 %	Bis-GMA
SiO ₂ , Bariumglas, mittlere Füllkörpergröße: 0,7 µm, Füllergehalt in Gew.-%: 80 %	Bis-GMA, TEGDMA (farbadaptive Matrix)
Bariumborsilicat, Mittlere/max. Füllkörpergröße: 0,7 µm/ 20 µm, Füllergehalt in Gew.-%: 82 %	PCDMA, UDMA
Mittlere/max. Füllkörpergröße: 40 nm–2,5 µm, Füllergehalt in Gew.-%: 82 %	Multifunktionales GMA
SiO ₂ -ZrO ₂ , SiO ₂ -TiO ₂ , mittlere Füllkörpergröße: 0,2 µm, Füllergehalt in Gew.-%: 82 %	Bis-GMA, TEGDMA
Glaskeramik, Min./max. Füllkörpergröße: 0,05 µm/ 0,7 µm, Füllergehalt in Gew.-%: 77 %	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA
keine Angaben	keine Angaben

Product	Manufacturer/ LOT	Color
Nanofiller composite		
Filtek Supreme XT [®] Nanocomposite (clusters of nanometer-sized particles)	3M Espe AG (Seefeld, Germany)/ 5AM, 6AJ	A2B, C3B
Microfiller composite		
EcuSphere Shine [®] light-curing microfiller composite	DMG (Hamburg, Germany)/ 568583, 541908	A2, C3
Nanohybrid composites		
Synergy D6 [®] Nano-hybrid composite	Coltène/ Whaledent GmbH & Co.KG (Langenau, Germany)/ 0104798, 0104733	A2/B2, C2/C3
Artiste [®] nano-hybrid	HKdent GmbH Jeneric/ Pentron Deutschland GmbH (Kusterdingen, Germany)/ 154299 composite	Enamel A2
Simile [®] nano-hybrid composite	HKdent GmbH Jeneric/ Pentron Deutschland GmbH (Kusterdingen, Germany)/ 109891, 109975	A2, C2
Premise [®] Trimodal nano-hybrid composite	KerrHawe SA (Bioggio, Schwiss)/ 4-1364	A2
Nepa Fil [®] nano-hybrid composite	Merz Dental GmbH (Lütjenburg, Germany)/ 5607529	A2
ice [®] anterior/posterior nano-hybrid composite	Southern Dental Industries GmbH (Köln, Germany)/ 070550N, 060913N	A2, C3
Grandio [®] universal light-curing nano-hybrid restorative	VOCO GmbH (Cuxhaven, Germany)/ 1002097, 530796	A2, C3
Fine-particle composites		
EcuSphere Carat [®] light-curing submicron hybrid composite	DMG (Hamburg, Germany)/ 550927, 566041	A2, C3
Ecusit [®] light-curing glass-filled hybrid composite	DMG (Hamburg, Germany)/ 569364, 569763	A2, C3
Venus [®] light-curing ultra-fine particle hybrid-based universal composite	Heraeus Kulzer GmbH (Hanau, Germany)/ 010131, 010177	A2, C3
Alert [®] condensable hybrid composite with fiberglass particles	HKdent GmbH Jeneric/ Pentron Deutschland GmbH (Kusterdingen, Germany)/ 139166	A2
rok [®] posterior hybrid composite	Southern Dental Industries GmbH (Köln, Germany)/ 068319	A2
Estelite Sigma [®] Submikron filled resin composite with spherical fillers	Tokuyama Europe GmbH (Düsseldorf, Germany)/ EE63796S, EW90647	A2, C3
Arabesk top [®] Light-curing microhybrid composite with BCS filler system	VOCO GmbH (Cuxhaven, Germany)/ 732077, 732333	A2, C2
experimental composite	VOCO GmbH (Cuxhaven, Germany)	A2

Table 1 Tested composite materials (listed by type according to the manufacturers' specifications).

Filler	Matrix material
4–11 nm zirconia fillers, 20 nm silica fillers, agglomerated fillers = clusters 5–75 nm, filler content by weight: 72.5–78.5 %	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA; Bis-EMA, PEGDMA
integrated fillers technology, pyrogenic silica, mean particle size: 0,02 µm, filler content by weight: 60 %	Bis-GMA resin
pre-polymerized fillers, glass fillers, nano fillers; minimum/mean/max. particle size: 20 nm/0.6 µm, 2.5 µm, filler content by weight: 60 %	BisGMA, BisEMA, UDMA, TEGDMA (HCM resin matrix)
glass fillers [containing Al ₂ O ₃], zirkonium, silicate, polysilsesquioxane [POSS]), mean particle size : 0,6–0,7 µm, filler content by weight: 75 %	PCBisGMA, BisGMA, UDMA, HDDMA
glass fillers [containing Al ₂ O ₃], zirkonium, silicate, Polysilsesquioxane [POSS]), filler content by weight: 75 %	PCBisGMA, BisGMA, UDMA, HDDMA
prepolymerized fillers (PPF), glass fillers, SiO ₂ -nano-particle, particle size range: 30 nm–0.4 µm, filler content by weight: 84 %	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA
nano-fluorapatite and other inorganic fillers, filler content by weight: 79 %	Bis-GMA-resins
inorganic fillers, particle size range: 40 nm–1,5 µm, filler content by weight: 77.5 %	multifunctional GMA
fluosilicate glass fillers, SiO ₂ , nano fillers particle size range: microfiller < 1 µm/ nanofiller < 40 nm, filler content by weight: 87 %	Bis-GMA, TEGDMA
glass fillers, mean particle size: 0.7 µm, filler content by weight: 77 %	Bis-GMA resin
glass fillers, particle size range: 0.02–1.5 µm, filler content by weight: 77 %	Bis-GMA
SiO ₂ , glass fillers, mean particle size: 0.7 µm, filler content by weight: 80 %	Bis-GMA, TEGDMA (color adaptive matrix)
silicate, range of filler size: 0.7 µm–20 µm, filler content by weight: 82 %	PCDMA, UDMA
particle size range: 40 nm–2.5 µm, filler content by weight: 82 %	multifunctional GMA
SiO ₂ -ZrO ₂ , SiO ₂ -TiO ₂ , mean particle size: 0.2 µm, filler content by weight: 82 %	Bis-GMA, TEGDMA
glass fillers, particle size range: 0.05 µm–0.7 µm, filler content by weight: 77 %	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA
no data available	no data available

eventuell vorhandener Glanzschleier durch das Messen aus unterschiedlichen Winkeln (20°, 85°) berücksichtigt werden.

2.4 Probenherstellung

Als Trägermaterial für die zu vermessende Kompositenschicht diente Glas (3 x 3 cm), welches aufgrund der Lichtdurchlässigkeit eine Aushärtung der Probe von beiden Seiten zuließ. Außerdem ermöglichte eine einseitige Satinierung durch die raue Oberflächenstruktur einen besseren Verbund zum Untersuchungsmaterial. Dieser wurde zusätzlich durch das Auftragen und Polymerisieren eines Bondings (Heliobond, Ivoclar Vivadent, FL Schaan) gewährleistet.

Um eine glatte, möglichst homogene und gleichmäßig starke Kompositenschicht zu erzeugen, wurde das Komposit aus einer 4g-Spritze herausgedrückt und vollständig auf die Glasplatte aufgetragen, die dann in einer Parallelpresse gegen eine saubere, glatte Glasplatte gepresst wurde. In diesem Zustand wurde das Kompositmaterial von allen Seiten durch das Glas mit einer Polymerisationslampe (Elipar, ESPE, Seefeld) 4 x 40 s ausgehärtet. Die Messergebnisse an der glatten Oberfläche dieser Schicht dienten als Bezugsgrößen für die Messung nach der Politur der Proben. Um den Einfluss der Farbe und der Transluzenz auf die Messergebnisse zu analysieren, wurden von jedem Komposit 2 unterschiedliche Farben (VITA A2 und C3) untersucht, wenn diese beim Hersteller in 4g-Spritzen verfügbar waren. In jeder Testgruppe wurden 5 Proben hergestellt, wobei jede Probe insgesamt 50 Reflektometerwerte lieferte. Aus den danach gewonnenen 250 Messwerten wurden die Mittelwerte und die Standardabweichungen errechnet. Alle Werte waren normal verteilt (Kolmogorov-Smirnov). Die Signifikanzprüfung aller Komposite nach der Herstellung wie auch die Testung der Komposite nach der standardisierten Bearbeitung fand mit dem ANOVA Post-Hoc-Test statt. Der Vergleich eines Probekomposits vor der Bearbeitung zum Äquivalent nach der Politur (2 verbundene Stichproben) wurde mit dem t-Test geschlossen. Um ein standardisiertes Politurverfahren für die Bearbeitung aller vorhandenen Kompositproben zu gewährleisten, kam eine Poliermaschine (Scan-Dia, Tempelmann GmbH & Co. KG, Hagen, Deutschland) zum Einsatz. Die Vorversuche stellten die für eine Politur wichtigen Parameter heraus: Anpressdruck, verwendetes Poliermaterial, Bearbeitungszeit, Wasserkühlung und Drehzahl wirkten sich demnach maßgeblich auf das Endergebnis aus. Ein Auflagedruck von 800 g für die 900 mm² messende Fläche schien für die Politur realistisch. Vor dem Bearbeiten jeder Probenreihe wurde die Poliermaschine mit neuem Schleifpapier bestückt. Die Proben wurden aus allen Richtungen über die Gesamtschleifpapierfläche 3 min lang unter Wasserkühlung auf einer 4.000 Grit (5 µm) Schleifpapierscheibe (Struers GmbH, Willich, Germany) poliert. Die Körnung entsprach der Oberflächenstruktur der feinsten Sof-Lex-Scheibe (1–7 µm). Der gemessene Materialverlust lag durchschnittlich bei ca. 300 µm.

3 Ergebnisse

3.1 Unbearbeitete Proben

Der maximal zu erzielende Glanz eines reinen Nanokomposits (Filtek Supreme XT) oder eines mikrogefüllten Komposits

data of this smooth surface served as an ideal reference for the measurements after polishing. If 4g-syringes were available from the manufacturer, 2 different colors (VITA A2 and C3) of each composite resin helped us to analyse the effect of colour and translucence.

Thus 5 different samples per each composite and color provided 50 single data; from those the average and the standard deviation could be determined.

All results were spread out normally (Kolmogorov-Smirnov). Control of the significance of all composites immediately after having been produced, as well as after the standardized procedures, was carried out with the ANOVA post-hoc test. Comparing a sample composite before having worked on it to its equivalent after being polished (2 connected spot check) was done with the t-test.

To guarantee a standardized polishing process for all composite samples, a polishing machine (Scan-Dia, Tempelmann GmbH & Co. KG, Hagen, Germany) was used.

All preliminary tests pointed out the important factors of the polishing procedure: Hence, the pressure onto the surface, the used polishing material, the processing time, water cooling and the revolutions per minute influenced the final result considerably. A pressure of less 1 g per mm² (800 g for 900 mm²) seemed to be realistic. New grinding disc was inserted in the polishing machine before each sequence. The samples were polished using water cooling and a 4.000 grit (5 µm) silicon carbide grinding paper disc (Struers GmbH, Willich, Germany) during 3 minutes, from all directions and over the whole surface of the paper. The grain size corresponded to the surface structure of the finest Sof-Lex disc (1–7 µm). The composite material was reduced about 300 µm on average.

3 Results

3.1 Original samples

The maximal reachable gloss of a mere nanocomposite (Filtek Supreme XT) or a micro-filled composite (EcuSphere Shine) is not inevitably higher than the luster of some hybrid resins (Fig. 1).

Comparing the primary composite surfaces did not reveal any more differences in the degree of gloss (maximal result: 96.32 GU; minimal result: 88.19 GU). Nor the colours neither the composite materials differed significantly. The average gloss of all samples came to approximately 93 GU. Ice showed the highest gloss result with 96.36 GU (SD 0.2). The comparably lowest gloss was measured in the case of rok and EcuSphere Shine and (max. 88.2 GU). Consequently, all composites achieved a high degree of gloss before the standardized treatment (Fig. 1).

3.2 Polished samples

Having treated the surfaces with an equivalent to the finest Sof-Lex disc, the reflectometer showed lower gloss degrees in comparison to the non-polished samples (Fig. 1).

The nano-composite Filtek Supreme XT Universal C3B did not reveal a highly significant difference between "pressed" and "treated" (t-test: t-result = 5.766, p = 0.0004). All values of

(EcuSphere Shine) war dem einiger Hybridkomposite nicht überlegen (Abb. 1). Der Vergleich zwischen den Kompositen nach der Probenherstellung zeigte geringe Glanzunterschiede (Maximalwert: 96,36 GE; Minimalwert: 88,19 GE). Weder die Farben der einzelnen Komposite noch die Komposite untereinander unterschieden sich signifikant (ANOVA und Post-Hoc-Test). Der durchschnittliche Glanzwert aller Proben betrug ca. 93 GE. Das höchste Glanzergebnis zeigte ice mit 96,36 GE bei einer Standardabweichung von 0,2. Der niedrigste Glanz wurde bei rok und EcuSphere Shine gemessen und betrug ca. 88,2 GE. Somit erreichten alle Komposite vor der standardisierten Bearbeitung hohe Glanzwerte (Abb. 1).

3.2 Polierte Proben

Im Anschluss an die Bearbeitung mit einem Äquivalent zur feinsten Sof-Lex-Scheibe ergab die Reflektometermessung niedrigere Glanzwerte als bei nicht polierten Proben (Abb. 1). Einzig bei dem reinen Nano-Komposit Filtek Supreme XT Universal C3B waren keine höchst signifikanten Unterschiede (t-Test: t-Wert = 5,766, p-Wert = 0,0004) der Mittelwerte vor und nach der Bearbeitung feststellbar. Bei allen übrigen Kompositen reduzierten sich die Werte im Vergleich zum Zustand vor der „Politur“ deutlich und unterschieden sich höchst signifikant ($p < 0,0001$).

Nach der Bearbeitung erreichte der einzige Vertreter der reinen Nano-Komposite (Filtek Supreme XT Universal) mit einem Wert von 88,77 GE (SD 0,63) das höchste Glanzergebnis. Das mikrogefüllte Komposit EcuSphere Shine sowie das Sub-Mikrofüller-Komposit Estelite Sigma erbrachten Ergebnisse zwischen 77 und 80 GE (EcuSphere Shine: Farbe A2: 78,22 GE, SD 0,31; C3: 77,76 GE, SD 0,34; Estelite Sigma: Farbe A2: 80,02 GE, SD 0,58; C3: 77,69 GE, SD 0,70). Bei einer mittleren Füllkörpergröße von unter 1 μm führte das trimodale Nano-Hybrid-Komposit Premise zu hohen Messwerten (72,48 GE, SD 0,45). Das Hauptfeld der untersuchten Komposite lag im Messwertbereich zwischen 35 GE und 55 GE, wobei die Standardabweichung immer unter 0,88 blieb. Die niedrigsten Resultate wurden bei ice mit Glanzeinheiten unter 30 GE gemessen (27,43 GE, SD 0,36). Lediglich bei diesem Komposit trat nach der Politur ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Farben auf ($p < 0,001$).

Der Füllergehalt scheint keinen entscheidenden Einfluss auf das Glanzergebnis zu haben, wie beispielsweise der Vergleich zwischen Grandio und Premise zeigt (Abb. 1).

4 Diskussion

4.1 Diskussion der Fehlermöglichkeiten

Als Hauptfehlerquellen für die Glanzwerte kamen die Herstellung der Proben sowie die spätere standardisierte Bearbeitung in Frage. Das Vermessen mit dem Reflektometer barg hingegen nur wenige Fehlermöglichkeiten in sich. Durch Matrixensysteme erreichter Glanz wurde beispielsweise von *Barbosa* et al. als beste Methode für das Erreichen einer glatten Oberfläche bestimmt [3]. Andere Studien schließen sich diesem Ergebnis an [20, 24]. In den Vorversuchen zu dieser Arbeit wurde festgestellt, dass Glas einem Polyesterstreifen überlegen war und die glatteste Oberfläche erzeugte.

Die anderen Komposite sanken hochsignifikant im Vergleich zu denen vor der Politur ($p < 0,0001$).

Nach der Politur erreichte das einzige Nano-Komposit (Filtek XT Universal) das höchste Glanzwert mit einem Wert von 88,77 GU (SD 0,63). Das mikrogefüllte Komposit EcuSphere Shine sowie das feinkornige Hybridkomposit Estelite Sigma erbrachten Ergebnisse zwischen 77 und 80 GU (EcuSphere Shine A2: 78,22 GU, SD 0,31; C3: 77,76 GU, SD 0,34; Estelite Sigma A2: 80,02 GU, SD 0,58; C3: 77,69 GU, SD 0,70). Bei einer Füllkörpergröße von unter 1 μm führte das trimodale Nano-Hybridkomposit Premise zu hohen Ergebnissen (72,48 GU, SD 0,45). Die Mehrheit aller untersuchten Komposite lag im Bereich zwischen 35 und 55 GU, wobei die Standardabweichung nie über 0,88 hinausging. Die niedrigsten Ergebnisse wurden bei ice erreicht, die nur unter 30 GU (72,48 GU, SD 0,45) lag. Nur die Glanzwerte der 2 verschiedenen Farben dieses Kompositresins unterschieden sich signifikant zu diesem Zeitpunkt ($p < 0,001$).

Die Menge der Füllstoffe schien keinen fundamentalen Einfluss auf das Glanzergebnis zu haben, wie der Vergleich zwischen Grandio und Premise zeigt (Abb. 1).

4 Diskussion

4.1 Diskussion der Fehlermöglichkeiten

Mögliche Fehlerquellen bei der Bestimmung des Glanzes könnten während der Herstellung der Proben, aber auch während der anschließenden standardisierten Bearbeitung auftreten. Die Reflektometermessung in Kontrast ist anfällig für viele Fehlermöglichkeiten.

Barbosa et al. bestimmten den Glanzwert durch die Verwendung von Mylarstreifen als beste Methode zur Erreichung einer glatten Oberfläche [3]. Andere Studien unterstützen diese Ergebnisse [20, 24].

Die Vorversuche zeigten, dass das Pressen gegen Glas eine glattere Oberfläche als ein Mylarstreifen erzeugt. Da die Matrix noch viskos war, wurde die Polymerisation unter Druck ermöglicht, was die Einmischung der Füllstoffe erleichterte; so wurde eine glatte, ebene Oberfläche erreicht. Daher beeinflussten die Füllstoffe die Oberflächenrauheit nicht. Infolgedessen waren die Oberflächen aller Proben fast identisch. Dennoch variierte die Reflektivität aufgrund der unterschiedlichen Verteilung der Füllstoffe.

Für jeden Zahnarzt ist die Politierbarkeit der verschiedenen Komposite ein wichtiges Materialeigenschaft. Die flexiblen Sof-Lex-Discs, die mit Aluminiumpartikeln (3M ESPE AG, Seefeld, Deutschland) beschichtet sind, stellen ein etabliertes Politiersystem [5, 14] dar. Dieses System kann als Alternative zu Gummi-Poliermitteln und Politierpaste bis zu hohen Glanzgraden eingesetzt werden. Dennoch wurden nur wenige wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt, die die Vor- und Nachteile der bevorzugten Politiermethoden [12, 25] untersuchen.

Um einen konsistenten Standard zu gewährleisten, bietet die Sof-Lex-Disc viele Vorteile: Sie wird häufig in der täglichen Routine der Zahnärzte eingesetzt, da sie gute und schnelle Politierergebnisse [10] liefert; daher wurde diese Politiermethode hier verwendet.

Unterschiede in der Transparenz beeinflussten die Ergebnisse nicht. Die Messung von Proben mit einer dickeren Materialschicht sowie die Veränderung des Hintergrundes zeigten keinen Einfluss auf die endgültigen Ergebnisse, so dass ein Backscatter des Lichts, das in das Material eindringt, unwahrscheinlich ist.

Die zum Zeitpunkt des Pressens visköse Matrix ließ die Einlagerung der Füllkörper zu und bewirkte somit eine glatte, gleichmäßige Oberfläche. Die Füllstoffe konnten folglich keine Oberflächenrauigkeit erzeugen. Somit waren die Oberflächen aller Probenkomposite annähernd gleichartig, die materialbedingten Reflexionseigenschaften unterschieden sich jedoch, was zu der dargestellten Werteverteilung führte.

Die Polierbarkeit der verschiedenen Komposite stellt eine für jeden Zahnarzt wichtige Materialeigenschaft für den Einsatz in der Praxis dar. Ein bewährtes Poliersystem für die Politur von Glattflächen sind die flexiblen mit Aluminiumpartikeln beschichteten Sof-Lex-Scheiben (3M ESPE AG, Seefeld, Deutschland) [5, 14]. Das Sof-Lex-System kann als Alternative zu Gummipolierern und Polierpaste bis zur Hochglanzpolitur verwendet werden. Wenige wissenschaftliche Arbeiten beschäftigen sich mit den Vor- und Nachteilen der derzeit bevorzugten Poliermethoden [12, 25]. Um einen einheitlichen Standard festzulegen, bietet die Sof-Lex-Scheibe viele Vorteile: Sie findet im klinischen Alltag häufig Verwendung und erzielt in relativ kurzer Zeit gute Ergebnisse der Politur [10], weswegen diese Poliermethode hier von uns angewendet wurde. Unterschiede in der Transparenz der Proben schlugen sich nicht nachweisbar in den Messergebnissen nieder. Auch das Vermessen von Proben mit stärkerer Materialschicht und der Wechsel der Hintergründe hatten keinen Einfluss auf die sich ergebenden Werte, was eine Rückstreuung des in das Material eingedrungenen Lichtes nahezu ausschloss.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

Viele Studien beschäftigen sich seit Einführung der Nano-Komposite mit ihren physikalischen und klinischen Eigenschaften [9, 22]. Eine wesentliche Weiterentwicklung soll die verbesserte Hochglanzpolierbarkeit dieser Füllungswerkstoffe sein. Die direkte Auswirkung von Polituren auf den messbaren Glanz von Kompositen wurde bisher aber nur vereinzelt überprüft [1, 13].

Der Eigenglanz aller getesteten Materialien war vor der Bearbeitung geringfügig unterschiedlich. Unterschiede nach Politur wurden auf die sich ergebende Oberflächenstruktur zurückgeführt. Dieser Zusammenhang wird am Nanohybridkomposit ice deutlich: nach dem Herstellen der Proben konnten hier die höchsten Glanzwerte gemessen werden. Nach der Politur hatten sich diese von 96,36 GE, SD 0,2 (Farbe C3) auf 27,43 GE, SD 0,36 (Farbe A2) reduziert, was dem niedrigsten Wert entsprach.

Durch das Bearbeiten wurde der organische Anteil der Kompositfüllung um die deutlich härteren Füllkörper herum in einem höheren Maß reduziert, wodurch letztere aus der Matrix hervorragten. Wenn die Retention der Füllstoffe im Matrixmaterial zu gering wurde, brachen sie heraus, was ebenfalls zu einem Anstieg der Relieftiefe führt. Die unebene Oberfläche, die sich auf den REM-Aufnahmen darstellen ließ, begünstigte den Anteil der diffusen Reflexion, sobald Licht auf die Grenzfläche traf. Neben der Auswirkung auf den Glanz hat die Streuung des Lichts Einfluss auf die Farbe des Komposits [20].

Aus dieser Untersuchung ging eindeutig hervor, dass die Kompositproben nach standardisierter Bearbeitung der Oberfläche erhebliche Glanzunterschiede aufwiesen. So erreichte das einzige in dieser Studie untersuchte reine Nano-Komposit

4.2 Discussion of the results

Since the introduction of nanocomposites, many studies deal with their physical and clinical properties [9, 22]. The improved polishability up to high gloss is said to be one of the mayor advantages of these restorative materials. Nevertheless, the direct effect of the polishing has only been examined occasionally until now [1, 13].

The proper gloss of all tested materials was roughly comparable before polishing, so that the differences after polishing could be attributed to the resulting surface structure. This becomes apparent with the values of the nanocomposite ice: it had the highest values of gloss after producing the samples without any further treatment. After finishing, the values decreased from 96.36 GU, SD 0.2 (color C3) to 27.43 GU, SD 0.36 (color A2). This was the lowest measured value.

The organic part, which was around the significantly harder fillers, was reduced in a higher way than the matrix, so that it jutted out from the matrix. Whenever the retention of the fillers became too small, they broke out; this fact also led to an alteration of surface. The now uneven surface shown on the SEM-analysis favoured the amount of scattered reflection. Differences in the gloss, as well as differences in the surface structure clinically can lead to differences in color [20].

In the present investigation we could show considerable differences in the degree of gloss of composite samples after standardized treatment. The only mere nanocomposite investigated in this study achieved the highest gloss result after being polished. Nano-hybrid composites with added glass fillers lead to lower gloss units. In general, composites with bigger fillers showed a higher surface roughness and a worse degree of gloss after the treatment than those with smaller fillers [21]. With a maximum particle size of 20 µm the composite Alert is an exception: after polishing, it reached a higher degree of gloss in comparison to EcuSphere Carat or Arabesk top (max. particle size: 0.7 µm). The filler loading does not seem to have influence on the resulting gloss.

Adding nano-fillers to the matrix does not necessarily result in a better polishability compared to conventional composites: The microfiller composite EcuSphere Shine and the sub-microfilled composite Estelite Sigma showed higher gloss degrees than all investigated nano-hybrid composites in this study, although they were treated under the same polishing conditions and with the same measuring geometry. The higher gloss degrees (on average) could also be explained by the smaller particles in the microfiller composites, as due to their size, they broke out of the surface less than bigger particles [6].

The surface gloss of a restoration in the patient's mouth is the only possibility of judging the polishing result, but in fact is only an indirect criterion for the surface's roughness. Heintze demonstrated the strong correlation between surface gloss and surface roughness for all tested composite materials [11]. SEM-investigations in our preliminary tests corroborated these ideas. The roughness of a surface influences the bacterial adhesion [2] and the more difficult the cleaning of this area is, the faster the bacterial colonization might happen.

When shaping the composite material perfectly during modelling, the following steps of working on the surface can be kept as minimal as possible. This is important, because our pre-

mit Abstand das höchste Glanzergebnis nach der Politur. Dagegen ergaben sich bei Nano-Hybrid-Kompositen mit Zusatz von Glasfüllern niedrigere Glanzeinheiten. Generell zeigten Komposite mit größeren Füllkörpern unabhängig von der mittleren Füllkörpergröße eine stärkere Oberflächenrauigkeit nach der Bearbeitung und tendenziell ein schlechteres Glanzergebnis, was in der Literatur bereits beschrieben wurde [21]. Eine Ausnahme bildet hier das Komposit Alert, was mit einer maximalen Füllkörpergröße von bis zu 20 µm höhere Glanzwerte nach der Bearbeitung erreicht als z. B. EcuSphere Carat oder Arabesk top (Füllkörpergröße von 0,7 µm). Der Füllkörpergehalt scheint hingegen keinen messbaren Einfluss auf den Glanz zu haben.

Die Zugabe von Nanofüllern zur Matrix führt nicht zwangsläufig zur besseren Polierbarkeit gegenüber herkömmlichen Kompositen. So zeigten das Mikrofüller-Komposit EcuSphere-Shine und das Sub-Mikrofüller-Komposit Estelite Sigma unter denselben Polierbedingungen und bei Verwendung der gleichen Messgeometrie höhere Glanzwerte als alle untersuchten Nano-Hybrid-Komposite. Die im Mittel höheren Glanzwerte im Vergleich zum Nano-Hybrid-Komposit können ebenfalls durch die kleineren Füllkörper in den Mikrofüller-Kompositen erklärt werden, die bei der Bearbeitung weniger stark aus der Matrix ausbrachen als größere Partikel [5].

Der Oberflächenglanz einer Restauration ist im Patientenumd die einzige Möglichkeit, das Politurergebnis zu bewerten und stellt somit ein indirektes Kriterium für die Beurteilung der Oberflächenstruktur dar. *Heintze* beschrieb die enge Korrelation zwischen dem Oberflächenglanz und der Rauigkeit [11]. REM-Untersuchungen und die durchgeführten Vorversuche stützen diese These. Die Rauigkeit einer Restaurationsoberfläche wirkt sich auf die bakterielle Besiedelung aus [2]. Je mehr Retentionsmöglichkeiten vorhanden sind und je schwieriger die Reinigung dieser Fläche fällt, desto schneller geht die Kolonisation vonstatten.

Um ein möglichst gutes Glanzergebnis zu erreichen und das Potential der Komposite auszuschöpfen, sollte die Modellation weitestgehend an den gewünschten Zustand herankommen, sodass eine Bearbeitung mit größeren diamantierten Schleifkörpern möglichst entfällt. Ergebnisse der Vorversuche belegen, dass eine stark angeraute Oberfläche mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nur noch mit sehr großem Aufwand zu glätten ist.

5 Schlussfolgerung

Die Glanzwerte reduzierten sich durch die Politur in den meisten Fällen im Vergleich zu den Glanzwerten an einer ideal glatten Oberfläche. Außerdem gibt es hoch bis höchst signifikante Unterschiede zwischen den Materialien. Beim standardisierten Messen mit einem Reflektometer nahmen die Glanzwerte nach der „Politur“ deutlich ab, was letztlich auf verschiedene Eigenschaften der untersuchten Komposite zurückzuführen ist. 

Interessenkonflikt: Der Autor/die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

liminary tests showed the problems of smoothening a really rough surface.

5 Conclusion

The gloss values were reduced by polishing in most cases compared to the gloss values of an ideal smooth surface. Furthermore, the differences between the materials are highly significant. When we measured our samples with a reflectometer, the gloss values of the most of the tested resins decreased after „polishing“, mainly depending on different properties of the materials. 

Korrespondenzadresse

Dr. Michael Wefelmeier
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Poliklinik für Zahnerhaltung
Universitätsklinikum Münster
Waldeyerstr. 30
48149 Münster
E-Mail: mwefel@uni-muenster.de

Literatur

1. Ardu S, Braut V, Uhac I, Benbachir N, Feilzer AJ, Krejci I: Influence of mechanical and chemical degradation on surface gloss of resin composite materials. *Am J Dent* 22, 264–268 (2009)
2. Aykent F, Yondem I, Ozyesil AG, Gunal SK, Avunduk MC, Ozkan S: Effect of different finishing techniques for restorative materials on surface roughness and bacterial adhesion. *J Prosthet Dent* 103, 221–227 (2010)
3. Barbosa SH, Zantana RL, de Lima Navarro MF, Nunes OB: Effect of different finishing and polishing techniques on the surface roughness of microfilled, hybrid and packable composite resins. *Braz Dent J* 16, 39–44 (2005)
4. Baseren M: Surface roughness of nanofill and nanohybrid composite resin and ormocer-based tooth-colored restorative materials after several finishing and polishing procedures. *J Biomat Appl* 19, 121–134 (2004)
5. Bose M, Ott KHR: Abrieb, Aufrauung und Glättung von Kompositen durch Prophylaxepasten in vitro. *Dtsch Zahnärztl Z* 51, 690–693 (1996)
6. Braun D: *Kunststofftechnik für Einsteiger*. Hanser Fachbuchverlag, München 2003
7. Burgess J, Cakir D: Comparative properties of low-shrinkage composite resins. *Compend Contin Educ Dent* 31, 10–15 (2010)
8. Campbell PM, Johnston WM, O'Brien WJ: Light scattering and gloss of an experimental quartz-filled composite. *J Dent Res* 65, 892–894 (1986)
9. Garoushi S, Vallitu PK, Watts DC, Lassila LV: Effect of nanofiller fractions and temperature on polymerization shrinkage on glass fiber reinforced filling material. *Dent Mater* 24, 606–610 (2007)
10. Gedik R, Hümmüzlü F, Coscun A, Bektas ÖÖ, Özdemir AK: Surface roughness of new microhybrid resin-based composites. *J Am Dent Assoc* 136, 1106–1112 (2005)
11. Heintze SD, Forjanic M, Ohmiti K, Rousson V: Surface deterioration of dental materials after simulated toothbrushing in relation to brushing time and load. *Dent Mater* 26, 306–319 (2010)
12. Johnson LN, Jordan RE, Lynn JA: Effects of various finishing devices on resin surfaces. *J Am Dent Assoc* 83, 321–331 (1971)
13. Kakaboura A, Fragouli M, Rahiotis C, Silikas N: Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *J Mater Sci Mater Med* 18, 155–163 (2007)
14. Korkmaz Y, Ozel E, Attar N, Aksoy G: The influence of one-step polishing systems on the surface roughness and microhardness of nanocomposites. *Oper Dent* 33, 44–50 (2008)
15. Mütze K, Foitzik L, Krug W, Schreiber G: *ABC der Optik*. Verlag Werner Dausien, Hanau/ Main 1961
16. O'Brien WJ, Johnston WM, Fanian F, Lambert S: The surface roughness and gloss of composites. *J Dent Res* 63, 685–688 (1984)
17. Paravina RD, Roeder L, Lu H, Vogel K, Powers JM: Effect of finishing and polishing procedures on surface roughness, gloss and color of resin-based composite. *Am J Dent* 17, 262–266 (2004)
18. Perez JP: *Optik*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1996
19. Pietschmann J: *Industrielle Pulverbeschichtung: Grundlagen, Anwendungen, Verfahren*. Vieweg + Teubner, Wiesbaden 2004
20. Sarac D, Sarac JS, Kulunk S, Ural C, Kulunk T: The effect of polishing techniques on the surface roughness and color change of composite resins. *J Prosthet Dent* 96, 33–40 (2006)
21. Türkün LS, Türkün M: The effect of one-step polishing systems on the surface roughness of three esthetic resin composite materials. *Oper Dent* 29, 203–211 (2004)
22. Turssi CP, Ferrance LL: Wear and fatigue behaviour of nanostructured dental resin composite. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 78, 196–203 (2006)
23. Völz HG: *Industrielle Farbprüfung: Grundlagen und Methoden*. Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2001
24. Yazici AR, Tuncer D, Antonson S, Onen A, Kilinc E: Effects of delayed finishing/polishing on surface roughness, hardness and gloss of tooth-coloured restorative materials. *Eur J Dent* 4, 50–56 (2010)
25. Yoshida K, Tanagawa M, Atsuta M: Effects of filler composition and surface treatment on the characteristics of opaque resin composites. *L Biomed Mater Res* 58, 525–530 (2001)