

# Typenprüfung von Lichtpolymerisationsgeräten I: Prüfungsprotokoll

Jörg Thormann und Felix Lutz

Klinik für Präventivzahnmedizin, Parodontologie und Kariologie, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Zürich

Schlüsselwörter:

Lichtpolymerisationsgeräte, Lichtleiter, Methodik

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. med., Dr. med. dent. Felix Lutz  
Klinik für Präventivzahnmedizin, Parodontologie und Kariologie, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Zürich, Plattenstr. 11, CH-8028 Zürich  
Tel. 01/634 32 71, Fax 01/634 43 08  
E-Mail: lutz@zzmk.unizh.ch

(Texte français voir page 1198)

In einem ersten Schritt werden alle technischen Daten und Ausstattungsmerkmale des Gerätes anhand eines Protokolls erfasst. Im weiteren Verlauf der Untersuchung werden verschiedene Parameter getestet. Die am Lichtleiteraustrittsfenster emittierte Strahlung wird in Bezug auf den Strahlungsfluss, die Strahlungsflussdichte, die Verteilung am Lichtleiteraustrittsfenster und in Abhängigkeit der Zeit untersucht. Dazu stehen Präzisionsradiometer und eine Kamera mit Bildverarbeitung zur Verfügung. Zusätzlich wird der Strahlungsfluss am Austrittsfenster durch verschiedene Dichtefilter reduziert und gemessen. Die so ermittelten Werte werden mit den am integrierten Radiometer gemessenen Werten verglichen. So kann die Präzision der bei einigen Geräten eingebauten Radiometern sowohl bei Ausgangsleistung als auch bei reduzierter Leistung gemessen werden. Um das Vorhandensein und die Qualität des Stabilisators der Sekundärspannung zu überprüfen, wird die Netzspannung von 230 V auf 207 bzw. 244 V variiert und der Strahlungsfluss gemessen. Neben diesen Messungen der Lichtleistung wird der integrierte Timer auf seine Genauigkeit hin überprüft. Die Intervalle werden mit einer Stoppuhr kontrolliert. Als letztes Gerätebauteil wird der Kühlventilator getestet. Mit einem Phonemeter wird die Lärmbelastung gemessen

und die automatische Abschaltung, der Überhitzungsschutz, auf Ein- und Ausschaltzeiten hin überprüft.

## Einleitung

Die Lichtpolymerisation ist heutzutage ein nicht mehr wegzudenkendes, zahnmedizinisch-operatives Standardverfahren. Aufgrund ihrer vielen Vorteile hat sie sich gegenüber der chemischen Härtung bei adhäsiven, zahnfarbenen Restaurationen durchgesetzt (LUTZ et al. 1992b). Diente sie in den vergangenen Jahren hauptsächlich der Aushärtung von Füllungen, so spielt sie heute mit der zunehmenden Verbreitung von Vollkeramik- und Kompositwerkstücken auch eine immer grösser werdende Rolle in der adhäsiven Befestigung.

Die initiale Durchhärtung bei der Lichtpolymerisation beeinflusst hauptsächlich Lebensdauer und Ästhetik von Kompositfüllungen und adhäsiv befestigten Restaurationen (LUTZ et al. 1992a). Entscheidende Faktoren für das Ausmass der Lichtpolymerisation bzw. der Lichthärtung sind die Wahl der korrekten Aushärtungstechnik, Bestrahlungsdauer und Bestrahlungsstärke (KREJCI 1984, LUTZ et al. 1992a, LUTZ et al. 1992b, NOMOTO et al. 1994, RUEGGERBERG et al. 1994a, RUEGGERBERG et al. 1994b,

Mit der Verbreitung der Lichtpolymerisation in der Zahnmedizin zur Aushärtung von lichthärtenden Füll- und Befestigungsmaterialien wurde das Lichtpolymerisationsgerät zu einem Standardgerät in der zahnärztlichen Praxis. Ist seine Lichtleistung einer der Hauptfaktoren für das Ausmass der Lichtpolymerisation, d. h. ihrer Qualität, so spielen im täglichen Gebrauch am Patienten noch weitere Faktoren wie Komfort, Handhabung, Leistungskontrolle eine Rolle. Der Markt von Lichtpolymerisationsgeräten ist gross und in einem ständigen Wandel. Objektive Konsumenteninformationen sind selten und meist schon überholt. Angesichts dieser Tatsachen wurde in dieser Untersuchung ein Konzept zu einer Typenprüfung von Lichtpolymerisationsgeräten erarbeitet. Mit dieser Typenprüfung sollen in einer weiteren Untersuchung alle sich auf dem schweizerischen Markt befindlichen Geräte getestet werden. Diese Ergebnisse sollen dann laufend durch neu auf dem Markt erscheinende Geräte aktualisiert werden.

RUEGGERBERG et al. 1993, YEARN 1985). Dies führt dazu, dass Typ und Zustand des verwendeten Lichtpolymerisationsgerätes, bzw. dessen Lichtleistung, über den langfristigen Erfolg oder Misserfolg einer adhäsiven Restauration entscheiden können. Die heutigen Lichtpolymerisationsgeräte funktionieren noch fast ausnahmslos nach einem einheitlichen Prinzip. Als Lichtquelle dient eine Halogenreflektorlampe. Die von ihr emittierte Strahlung wird durch einen Blaufilter auf ein spezifisches spektrales Band reduziert, in einen Lichtleiter eingekoppelt und gelangt so, definiert als das Nutzlicht des Lichtpolymerisationsgerätes, gezielt zum Objekt. Entstehende Wärmeemissionen werden über einen Kühlventilator abgeleitet. So einheitlich aber das Prinzip, so unterschiedlich sind die von den verschiedenen Herstellern angebotenen Geräte. Durch unterschiedliche Konstruktionen, Verwendung unterschiedlicher Halogenreflektorlampen, Filter und Lichtleiter und durch die Ausstattung der Geräte mit unterschiedlichen Ausrüstungsmerkmalen unterscheiden sich Lichtpolymerisationsgeräte in Aussehen, Handhabung und emittierter Strahlung.

In dieser Untersuchung sollte ein Konzept zu einer standardisierten Typenprüfung von Lichtpolymerisationsgeräten erarbeitet werden, um in einer weiteren Untersuchung alle auf dem schweizerischen Markt erhältlichen Lichtpolymerisationsgeräte testen zu können. Die Typenprüfung sollte alle relevanten Daten eines Gerätetyps erfassen. Dazu gehören technische Daten und Ausstattungsmerkmale, die Lichtleistung sowie einzelne Gerätekomponenten.

## Technische Daten und Ausrüstungsmerkmale

Ziel dieser Untersuchung ist es, alle wichtigen technischen Daten und Ausrüstungsmerkmale von Lichtpolymerisationsgeräten zu erfassen. Um alle relevanten Daten zu evaluieren, wurde ein Protokoll zusammengestellt. Es ist in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Gebrauchsanweisung und das Gerät selbst dienen als Grundlage der Analyse. Punkte, die so nicht beantwortet werden können, müssen beim Hersteller direkt nachgefragt werden. Dies betrifft v.a. die Steuerung des Kühlventilators, Daten des eingebauten Radiometers sowie die Lebensdauer und den Austausch einzelner Gerätekomponenten.

## Lichtleistung

In der Beurteilung des Strahlungsfeldes eines Lichtpolymerisationsgerätes sind zwei radiometrische Begriffe, der Strahlungsfluss (= Strahlungs- oder Lichtleistung) und die Strahlungsflussdichte, von zentraler Bedeutung.

Der Strahlungsfluss ( $\Phi_e$  [W]) wird definiert als die Leistung der Strahlung, die vom Lichtleiteraustrittsfenster abgestrahlt wird. Sie wird mit Hilfe eines Radiometers in einem bestimmten Wellenlängenbereich gemessen. Kampferchinon, als meist verwendeter Photoinitiator, hat ein Absorptionsspektrum von 350 bis 515 nm, mit einem Maximum bei 468 nm (TAIRA et al. 1988). Der UV-A-Bereich von 350–400 nm ist jedoch wegen seiner Gefahren für Patient und Anwender unerwünscht, sodass das Nutzlicht der Photopolymerisation als das Spektrum zwischen 400–520 nm definiert wird (LUTZ et al. 1992b). Längerwelliges Licht über 520 nm trägt nicht mehr zur Initiation der Lichtpolymerisation bei, sondern hat nur einen erwärmenden, unerwünschten Effekt zur Folge. Aus diesen Gründen fällt die Wahl der Messspektren zum einen auf den Bereich ausserhalb des definierten Nutzlichtes mit den Wellenlängenbereichen 300–400 nm und 520–800 nm, zum anderen auf den Wellenlängenbereich des definierten Nutz-

lichtes mit 400–520 nm, wobei ein spezielles Augenmerk auf das Intervall von 462–472 nm, dem Bereich des Absorptionsmaximums von Kampferchinon, gelegt wird.

Die Strahlungsflussdichte  $D_e$  [ $W/m^2$ ] erhält man rein mathematisch, indem der Strahlungsfluss in Bezug zur Strahlerfläche, dem Lichtleiteraustrittsfenster, gesetzt wird. Sie beschreibt den Strahlungsfluss in einem Punkt des Lichtleiteraustrittsfensters und muss deshalb als ein Mittelwert des Lichtleiteraustrittsfensters angesehen werden, da der Strahlungsfluss nicht homogen über diese Fläche verteilt ist (LUTZ et al. 1992b, MCCABE 1989, MOSELEY et al. 1986).

Die Messungen sollen den Strahlungsfluss unter verschiedenen Aspekten beleuchten. Primär wird der Strahlungsfluss in den gewählten Spektren in absoluten Zahlen gemessen, um daraus rechnerisch die Strahlungsflussdichte ermitteln zu können. Zusätzlich muss der Strahlungsfluss in Bezug zur Zeit gesetzt werden, um Schwankungen während eines Belichtungszyklus erkennen und den Soft-Start-Modus einiger Geräte analysieren zu können. Im Weiteren soll die Verteilung des Strahlungsflusses am Lichtleiteraustrittsfenster dargestellt werden, da die Strahlungsflussdichte einen Mittelwert darstellt.

Um die gewünschten Daten zu sammeln, muss auf drei verschiedene Messanordnungen zurückgegriffen werden.

### Messanordnung 1 – Strahlungsfluss in absoluten Werten in den Wellenlängenbereichen 400–520 nm, 462–472 nm, 300–400 nm und 520–800 nm

Die absoluten Messungen des Strahlungsflusses werden an einem Spectroradiometer mit Ulbricht'scher Kugel (MA-SR9910-PC Software Version 6.17.2 und MA-IS4, Macam Photometrics Limited, Livingston, Scotland) durchgeführt. Diese Anordnung macht die Messapparatur unempfindlich gegen variierende Einfallswinkel der Strahlen (WELTE 1992).

Während eines Messvorganges scannt der Spectroradiometer das programmierte Messintervall mit der programmierten Schrittweite durch. So entstehen Datenfiles, deren Messpunkte den spektralen Strahlungsfluss [ $W/nm$ ] an der gemessenen Wellenlänge [nm] angeben. Die Daten können graphisch dargestellt und der Strahlungsfluss im gewählten Wellenlängenbereich (Abb. 1) berechnet werden.

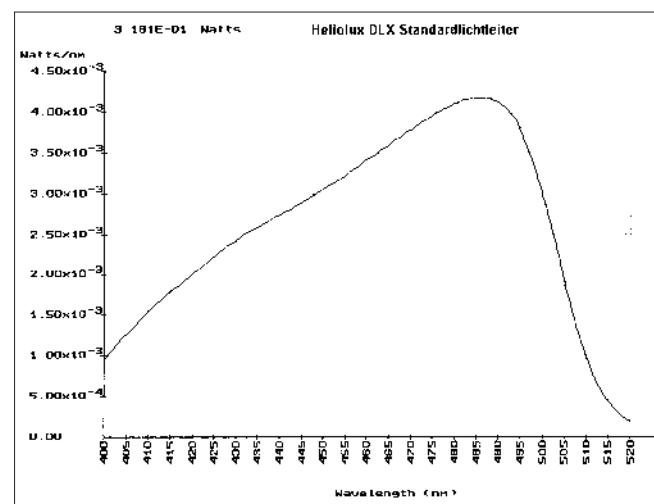


Abb. 1 Strahlungsfluss im Wellenlängenbereich 400–520 nm (Heliolux DLX mit Standardlichtleiter, Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

Fig. 1 Flux lumineux dans les plages de longueurs d'ondes 400–520 nm (Heliolux DLX muni d'un guide de lumière standard; Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

Tab. I Technische Daten und Ausstattungsmerkmale: Protokoll

<b>Firmenname</b> <b>Typenname</b>	<input type="checkbox"/> Soft-Start-Modus:	
<b>Gerätetyp:</b> <input type="checkbox"/> extern oder <input type="checkbox"/> im Unit integriert <input type="checkbox"/> Direkt- oder <input type="checkbox"/> Leitergerät <input type="checkbox"/> Pistolen- oder <input type="checkbox"/> Füllhaltergriff <input type="checkbox"/> Netz- oder <input type="checkbox"/> Akkubetrieb	<b>Kühlventilator:</b> -Lokalisation: -Steuerung: Ein via: <input type="checkbox"/> Hauptschalter <input type="checkbox"/> Lichtschalter <input type="checkbox"/> temp.gesteuert Aus via: <input type="checkbox"/> Hauptschalter <input type="checkbox"/> Lichtschalter <input type="checkbox"/> zeitgesteuert <input type="checkbox"/> temp.gesteuert	-Ueberhitzungsschutz: Ein: <input type="checkbox"/> zeitgesteuert <input type="checkbox"/> temp.gesteuert Aus: <input type="checkbox"/> zeitgesteuert <input type="checkbox"/> temp.rgesteuert Einsetzen nach Kaltstart: Erholungszeitdauer:
<b>Technische Daten:</b> -Spannung: -Sicherung: -Halogenlampe:	<b>eingebautes Radiometer:</b> -Art: <input type="checkbox"/> digital oder <input type="checkbox"/> analog -Messspektrum: -Grösse der Messfläche: -Verwendbare Lichtleiter:	
<b>Abmessungen:</b> -Zentraigerät(BxHxT): -Handstück(BxHxT):	<b>integrierter Spannungsstabilisator:</b> <input type="checkbox"/> vorhanden oder <input type="checkbox"/> nicht vorhanden	
<b>Gewichte:</b> -Zentralgerät: -Handstück: -Ganze Einheit:	<b>Lichtquelle:</b> -Art (Norm: Halogen Reflektorlampe): -Nennspannung und -leistung: -Lebensdauer: -Austausch (Handhabung, Dauer, Genauigkeit):	
<b>Kabel:</b> -Netzkabel (Länge, fest oder abnehmbar, Steckerart): -Handstückkabel (Länge, fest oder abnehmbar):	<b>Blaufilter:</b> -Lebensdauer: -Austausch (Handhabung, Dauer):	
<b>Befestigungsmöglichkeiten:</b> -Zentralgerät (Tischablage, Wandhalterung, am Unit, im Unit): -Handstückhalterung (Zentraigerät, Unit, separat):	<b>Sicherung:</b> -Art und Anzahl: -Austausch (Handhabung, Dauer):	
<b>Schalter:</b> (Lokalisation, Art: Kip-, Dreh- oder Tipschalter, Fkt.) -Hauptschalter: -Lichtschalter: -Zeitvorwahlschalter: -Timermodus: -Piepmodus: -Resetschalter für Betriebsstundenanzeige:	<b>Handling:</b> -Handstück (Griff, Balance): -OP-feld-Ueberblick: -Reichweite (Länge des Handstückkabels):	
<b>Funktionsanzeigen:</b> (Lokalisation, Art: LCD-Display/LED-Anzeigen, Fkt.) -Hauptschalter: -Lichtschalter: -Timer: -Timermodus: -Intervallanzeige: -Radiometer: -Betriebsstundenanzeige der Halogenlampe	<b>Unterhalt:</b> -Reinigung (Art und Mittel): -Zentralgerät: -Handstück: -Schmutznischen (Art, Lokalisation, Standard- oder Folientastatur): -Garantie (Dauer und Umfang):	
<b>akustisches Signal:</b> <input type="checkbox"/> vorhanden oder <input type="checkbox"/> nicht vorhanden <input type="checkbox"/> ein-/ausschaltbar <input type="checkbox"/> Lautstärke variierbar -Intervalllängen:	<b>Gebrauchsanweisung:</b> -Sprachen: -Inhalt: -Verständlichkeit:	
<b>Steuerung der Lichtquelle:</b> -Timermodi: <input type="checkbox"/> kontinuierlicher Betrieb: <input type="checkbox"/> Intervallbetrieb (Intervalllängen): <input type="checkbox"/> andere: -Timer: <input type="checkbox"/> optisch : <input type="checkbox"/> akustisch: -Belichtungsmodi: <input type="checkbox"/> Normaler Bestrahlungsmodus: <input type="checkbox"/> Reduzierter Bestrahlungsmodus:	<b>Lieferumfang - Standardpaket:</b> <b>Lichtleiter:</b> -Art (Norm: Glasfasern gesintert): -Masse (Durchmesser am Austrittsfenster, Länge): -Form (Abgewinkelt oder gerade): -Aktiver Durchmesser des Eintrittsfenster: -Aktiver Durchmesser des Austrittsfenster: -Kopplungsmechanismus (Handhabung, Drehbarkeit, Genauigkeit): -Reinigung (Art und Mittel):	
	<b>Zubehör/ Ersatzartikel:</b>	
	<b>Jahr der Markteinführung:</b>	

Die beiden Wellenlängenbereiche 300–400 nm und 520–800 nm sind zu einem Messvorgang mit der Schrittweite von 10 nm zusammengefasst. Der zweite Messvorgang umfasst den Wellenlängenbereich von 400–520 nm, wobei die Schrittweite 2 nm beträgt. Die Anzahl der Messungen pro Messpunkt, aus denen der Messwert gemittelt wird, beträgt für jeden Versuch 100. Die Empfindlichkeit (Sensitivity) wird am Anfang des Messvorganges auf «HIGH» eingestellt. Falls der spektrale Strahlungsfluss während des Messvorganges zu gross wird, muss sie auf «LOW» zurückgestellt werden.

Bei allen Messanordnungen wird darauf geachtet, dass die zu untersuchenden Geräte mit einer Netzspannung von 230 Volt betrieben werden. Zur Spannungsregulierung dient ein Stromkreis mit einem vorgeschalteten Magnetspannungsstabilisator (Constant Voltage Transformer, Gould Electronic Components, Wrexham, England) zur Stabilisierung der Spannung auf 220 V, 3 in Serie geschalteten Spannungstransformern (MTr 22, Wild, Heerbrugg, Schweiz) zur Variation der Spannung um jeweils  $\pm 8$  V und einem zum Lichtpolymerisationsgerät parallel geschalteten Voltmeter (Digital Multimeter 8600 A, Fluke, Tilburg, Netherlands) zur Kontrolle der anliegenden Spannung. So kann die Netzspannung nach Belastung, d. h. nach Einschalten der Lichtquelle, auf 230 V reguliert werden.

Im Vergleich zum Spektrum des Tageslichtes überwiegen bei der Halogenlampe immer die roten Spektralanteile. Mit steigender Wendeltemperatur verschiebt sich aber das Maximum der Lichtemission hin zu kürzeren Wellenlängen (OSRAM 1994). Aus diesem Grund ist es erforderlich, den Messvorgang erst 40 s nach Kaltstart des Lichtpolymerisationsgerätes zu initiieren. Denn nach dieser Zeit haben die Wendeln ihre Arbeitstemperatur von 3400 °K erreicht (WELTE 1992).

Da das Spectroradiometer den Strahlungsfluss nicht zeitaufgelöst messen kann, muss für die Messung des Strahlungsflusses in Relation zur Zeit auf eine andere Messanordnung zurückgegriffen werden.

### Messanordnung 2 – Strahlungsfluss in Abhängigkeit der Zeit

Für die Intensitätsmessungen der Lichtquellen wird ein Photometer mit einer Photodiode mit radiometrischem Filter (61 Optometer, United Detector Technology, Culver City, USA) verwendet. Vor dem radiometrischen Filter wird wiederum eine Ulbricht'sche Kugel (Spindler & Hoyer, Göttingen, Germany) angebracht. Der zeitliche Verlauf wird mittels eines Laborschreibers (E 856 Labograph, Metrohm, Herisau, Schweiz) graphisch festgehalten. Die Signale der Photodiode gehen über den Kanal CH 2 des Photometers ein und werden um den Faktor 100 verstärkt. Von dort aus laufen die Signale weiter zum Plotter, wo sie mit einer Empfindlichkeit von 200 mV zeitlich festgehalten werden. Die graphischen Resultate (Abb. 2) liefern keine absoluten, sondern relative Strahlungsflusswerte.

Von Interesse ist nicht nur der Strahlungsflussverlauf während eines einminütigen Belichtungsintervalls, sondern auch über die Periode eines Belichtungszyklus zur Aushärtung einer MOD-Komposit-Füllung mit Umhärtungstechnik. Aus diesem Grund wird der Strahlungsfluss über eine Periode von 15 Minuten, zusammengesetzt aus acht einminütigen Belichtungsintervallen, unterbrochen von einminütigen Pausen, zeitlich festgehalten. Der Papiervortrieb am Laborschreiber beträgt während dieses Messvorganges 10 mm/min.

Einige Lichtpolymerisationsgeräte besitzen neben dem normalen Belichtungsmodus auch einen so genannten Soft-Start-Modus mit initial reduzierter Lichtleistung. Die Strahlungsleistung

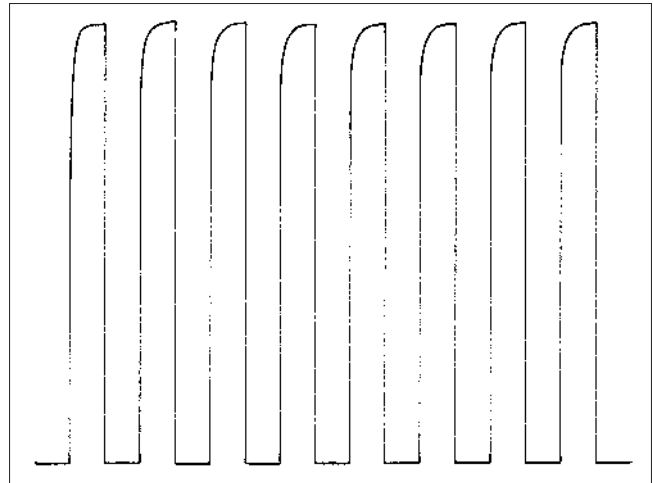


Abb. 2 Strahlungsfluss in Abhängigkeit der Zeit (Heliolux DLX mit Standardlichtleiter, Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

Fig. 2 Flux lumineux en fonction du temps (Heliolux DLX muni d'un guide de lumière standard; Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

im Soft-Start-Modus kann am Spectroradiometer nicht ermittelt werden. Daher ist der zeitliche Verlauf des Strahlungsflusses mit seinen programmierten Leistungsstufen von Interesse. Die Messung erfolgt über ein Intervall von einer Minute. Der Papiervortrieb am Laborschreiber beträgt während dieses Messvorganges 100 mm/min.

### Messanordnung 3 – Strahlungsflussverteilung am Lichtleiteraustrittsfenster

In jedem Punkt der Lichtleiterfläche ist das ganze Spektrum des emittierten Lichtes vorhanden. Aus diesem Grund kann die Helligkeit eines Punktes als Mass für die an diesem Punkt vorhandene Strahlungsintensität betrachtet werden, obwohl der Wert der Helligkeit wellenlängenabhängig ( $V_{\lambda}$ -Kurve des menschlichen Auges) ist. Für die Bestimmung der Strahlungsflussverteilung am Lichtleiteraustrittsfenster wird die Helligkeitsverteilung anhand einer Schwarz-Weiss-Aufnahme des Lichtleiteraustrittsfensters gemessen.

Für die Aufnahmen wird eine CCD-Camera (Philips, Holland) mit vorgebautem Filter (NG 3+4, Schott, Deutschland) verwendet. Um die Messapparatur unempfindlich gegen die verschiedenen Austrittswinkel der Strahlung am Austrittsfenster des Lichtleiters zu machen, wird direkt am Lichtleiterfenster ein Diffusor installiert. In dieser Aufnahme (Abb. 3) geht aber die Information der genauen Grösse und Position des Lichtleiters verloren, sodass zusätzlich für die Analyse eine Aufnahme ohne Diffusor hinter Glas (Abb. 4) nötig ist. Die beiden so gewonnenen Aufnahmen werden mit einem modifizierten Bildverarbeitungsprogramm (Image Version 1.61) dargestellt und weiterverarbeitet. Im Bild ohne Diffusor wird Grösse und Position des Lichtleiteraustrittsfensters bestimmt und auf die Aufnahme mit Diffusor übertragen. In die so markierte Fläche wird ein Raster mit  $16 \times 16$  Pixel grossen Quadraten gelegt und in jedem dieser Quadrate die durchschnittliche Helligkeit gemessen. Die Helligkeitswerte werden in eine Excel-Tabelle importiert, die dem Raster der Messfläche entspricht. Um die Verteilungen von verschiedenen Lichtleitern besser miteinander vergleichen zu können, werden die Helligkeitsverteilungen einheitlich auf den Maximalwert 100 normiert. Damit können die graphischen Darstellungen (Abb. 5 und 6) die Verteilung des Strahlungsflusses in prozentualen Anteilen des Maximalwertes deutlich veranschaulichen.



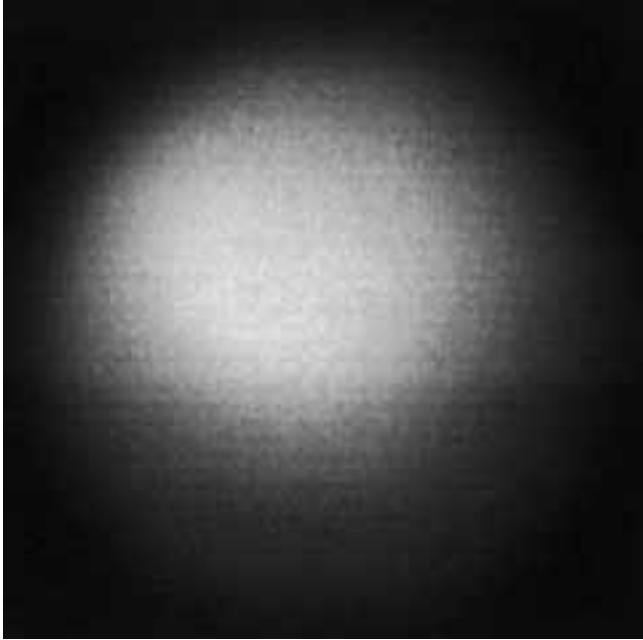


Abb. 3 Strahlungsflussverteilung am Austrittsfenster: Aufnahme mit Diffusor (Heliolux DLX mit Standardlichtleiter, Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

Fig. 3 Répartition du flux lumineux à la fenêtre de sortie du guide de lumière: cliché avec diffuseur (Heliolux DLX muni d'un guide de lumière standard; Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

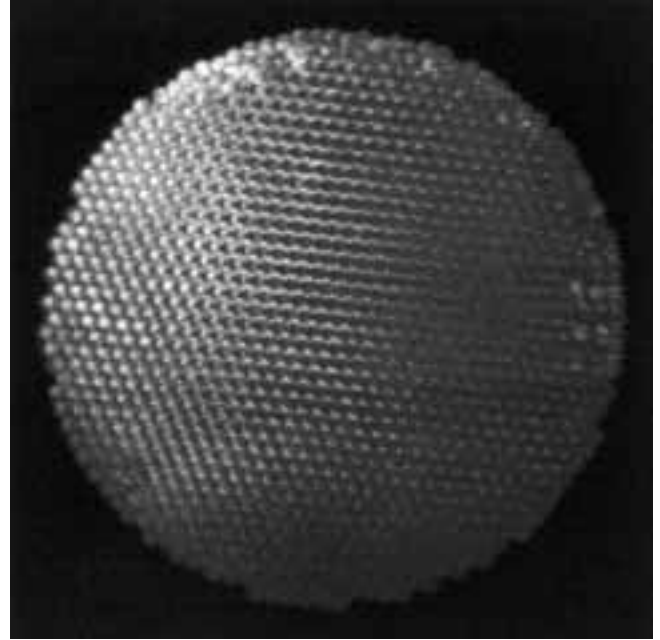


Abb. 4 Strahlungsflussverteilung am Austrittsfenster: Aufnahme ohne Diffusor (Heliolux DLX mit Standardlichtleiter, Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

Fig. 4 Répartition du flux lumineux à la fenêtre de sortie du guide de lumière: cliché sans diffuseur (Heliolux DLX muni d'un guide de lumière standard; Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

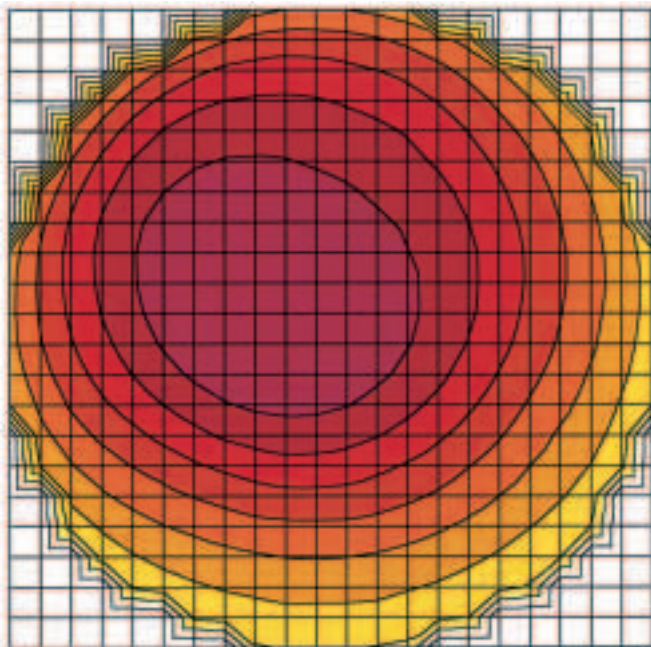


Abb. 5 Strahlungsflussverteilung am Austrittsfenster: grafische Darstellung Aufsicht (Heliolux DLX mit Standardlichtleiter, Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

Fig. 5 Répartition du flux lumineux à la fenêtre de sortie du guide de lumière: représentation graphique, vue du haut (Heliolux DLX muni d'un guide de lumière standard; Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

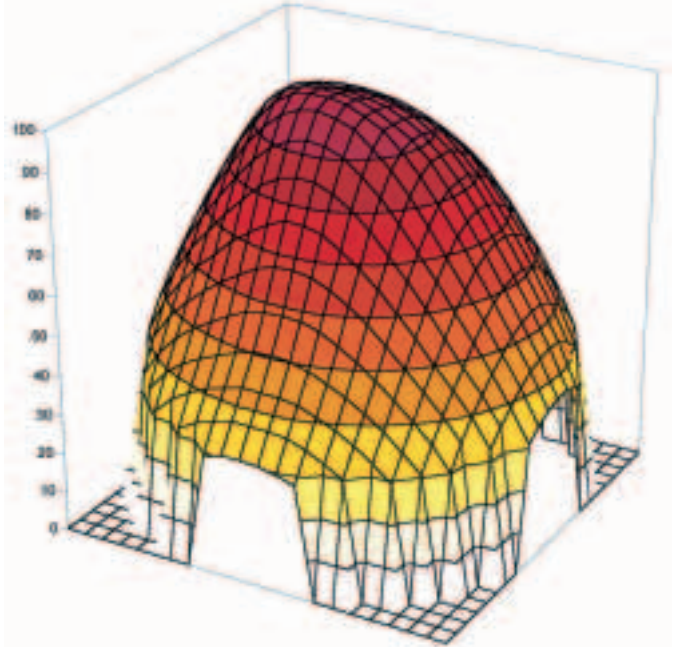


Abb. 6 Strahlungsflussverteilung am Austrittsfenster: grafische Darstellung Seitenansicht (Heliolux DLX mit Standardlichtleiter, Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

Fig. 6 Répartition du flux lumineux à la fenêtre de sortie du guide de lumière: représentation graphique, vue latérale (Heliolux DLX muni d'un guide de lumière standard; Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

## Spannungsstabilisator

Die meisten Lichtpolymerisationsgeräte haben einen Spannungsstabilisator integriert, dessen Funktion die Aufrechterhaltung der Sekundärspannung bzw. der Lichtleistung bei Schwankungen der Netzspannung ist. Um dieses Element zu testen, wird der Strahlungsfluss in absoluten Werten (Messanordnung 1) gemessen. Die Netzspannung wird dabei von 230 V auf 207 V reduziert bzw. auf 244 V erhöht.

## Radiometer

Einige Lichtpolymerisationsgeräte verfügen über einen integrierten Radiometer zur Kontrolle der Lichtleistung. Ziel dieses Versuchs ist es, die Zuverlässigkeit dieser Gerätekomponekte zu testen. Ihr Messwert soll mit dem Messwert eines geprüften Radiometers (Messanordnung 1) verglichen werden. Um den Alterungsprozess zu simulieren, soll neben dem Ausgangswert auch reduzierte Leistungswerte gemessen werden. Zu diesem Zweck werden 6 verschiedene Neutraldichtefilter (Wratten Neutraldichtefilter 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 und 0.6 Gelatin Nr. 96, Eastman Kodak Company, Rochester, USA) zwischen Lichtleiter und Sensor plan aufgelegt. Für die Messungen am Spectroradiometer wird der Filter in eine Hülse gelegt, die in die Messöffnung der Ulbricht'schen Kugel eingebracht wird. Der Strahlungsfluss wird so von der Ausgangsleistung aus auf 6 verschiedene Leistungsstufen reduziert.

## Timercheck

Ziel dieses Versuchs ist es, die akustischen, optischen und/oder intervallprogrammierten Timer zu kontrollieren. Um dies zu erreichen, werden die Zeitpunkte von akustischen oder optischen Signalen während eines Belichtungszyklus sowie die Dauer der programmierten Intervalle mit einer Stoppuhr (Herwins, USA) gemessen und mit den Sollwerten verglichen.

## Kühlventilator

Das Kühlelement von Lichtpolymerisationsgeräten besteht aus einem Ventilator und dessen gerätespezifischer Steuereinheit.

Die Bestimmung der Kapazität des Kühlelements bzw. die Messung der während der Belichtungszyklen entstehenden Temperaturen an Bauteilen des Lichtpolymerisationsgerätes würde eine wichtige Aussage über Alterungsprozesse ergeben. Problematisch bei diesen Versuchen ist aber die komplizierte Messtechnik und die Interpretation der gewonnenen Daten, sodass nach Testläufen auf die Durchführung verzichtet werden muss.

So bleiben nur die Kontrolle des Überhitzungsschutzes und die Messung der Lärmemission des Kühlelementes.

Zur Überprüfung des eingebauten Schutzelementes gegen Überhitzung wird die Lampe im kontinuierlichen Betrieb im Kaltstart gestartet. Ist nur ein Intervallbetrieb möglich, wird das längste Intervall gestartet und nach Beendigung immer wieder neu gestartet. Mit der Stoppuhr wird die Zeit vom Kaltstart bis zum Einsetzen des Überhitzungsschutzes und die Dauer, bis ein erneuter Start möglich ist, gemessen.

Die Lärmemission der Geräte wird in einem seitlichen Abstand von 0,5 m von den Luftaustrittschlitzen mit Hilfe eines Phonometers (RO-1350, Roline, Deutschland) in verschiedenen Frequenzbereichen gemessen. Frequenzbereich C misst den durchschnittlichen Schallpegel im Frequenzbereich von 30 bis 10 000 Hz. Im Auswertungsbereich A werden vor allem Fre-

quenzen von 500 bis 10 000 Hz erfasst, die auch vom menschlichen Gehör am besten wahrgenommen werden.

## Verdankung

Die Autoren danken der Schweizerischen Zahnärztesellschaft für die grosszügige Unterstützung der Forschungsarbeit (SSO Fonds, Gesuch Nr. 188).

## Summary

With the spread of light polymerisation in dentistry for curing light-activated filling and luting materials the visible-light curing unit has become a standard device in the dental office. The light intensity is the main factor for the degree of polymerisation. However, there are other factors like comfort, handling and intensity control influencing daily use. The light curing unit industry is large and always changing. Consumer information is rare and often out of date. Considering these facts the present study presents a concept of investigating light curing units. In a further study all light curing units available on the Swiss market will be investigated using this protocol. Newly released light curing units should be investigated in this manner to actualise the existing results.

Initially specifications and features are summarised using a questionnaire. Several tests are performed to investigate the parameters of the units. The light intensity emitted from the curing tip is analysed by the radiant power, the radiance and the light distribution across the face of the light curing tip as a function of time. Precise radiometers and a camera for picture processing are used for these measurements. Density filters are used to reduce the radiant power. The measurements of the precise radiometer are compared with those of the integrated radiometer of the light-curing unit. In this way the precision of integrated radiometers is controlled at maximum and reduced output. For evaluating the presence and the quality of integrated voltage stabiliser, the line voltage is varied from 230 V down to 207 V and up to 244 V and the radiant power is measured. The integrated timer is measured for its accuracy in each unit. The time intervals are controlled using a stopwatch. Finally the cooling device is tested. Using a phonometer the noise of the cooling fan is measured. Furthermore, the overheating protector is controlled by recording the activating and resetting time.

## Résumé

Les lampes à polymériser sont devenues, suite au développement de matériaux d'obturation et de scellement à polymérisation lumineuse, des appareils standard du cabinet dentaire. La qualité première requise pour un tel appareil est, bien sûr, sa puissance lumineuse qui détermine le degré de polymérisation, mais d'autres facteurs jouent aussi un rôle important pour son emploi quotidien, tel que le confort, le maniement et le contrôle de la puissance. Le marché des lampes à polymériser est très vaste et en constant renouvellement. Des informations objectives sont rares et le plus souvent dépassées. C'est pourquoi, un concept d'évaluation des lampes à polymériser à été développé. Toutes les lampes à polymériser se trouvant sur le marché suisse seront, dans une prochaine étude, testé au moyen de cette nouvelle méthode. Les résultats seront continuellement mis à jour parallèlement à l'apparition de nouvelles lampes sur le marché.

Dans un premier temps, toutes les données techniques et accessoires des lampes sont répertoriés. Puis d'autres paramètres sont évalués au cours de l'étude. Le rayonnement lumineux à la sortie du conduit en fibre optique, est mesuré par rapport au flux lumineux, à la densité lumineuse et à la répartition à sa sortie en fonction du temps. Pour ce faire, un radiomètre de précision ainsi qu'une caméra sont utilisés. De plus, le flux lumineux à la sortie du conduit en fibre optique est réduit par différents filtres et mesuré à nouveau. Les valeurs ainsi obtenues sont comparées avec celles mesurées par le radiomètre intégré. De cette façon, la précision des radiomètres intégrés de quelques appareils peut être évaluée. Afin de contrôler la présence et la qualité du stabilisateur de tension, la tension du réseau électrique est modulée de 230 V à 207 V resp. 244 V et le flux lumineux à nouveau mesuré. La précision des timers intégrés des appareils est, pour sa part, contrôlée au moyen d'un chronomètre. Pour finir, le bruit ainsi que l'efficacité du ventilateur pour le refroidissement des appareils sont, eux aussi, contrôlés.

### Literaturverzeichnis

- KREJCI I: Weisslichhärtung von Kompositmaterialien. *Swiss Dent* 5: 15–20 (1984)
- LUTZ F, KREJCI I, FRISCHKNECHT A: Lichtpolymerisation. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 102: 575–582 (1992a)
- LUTZ F, KREJCI I, FRISCHKNECHT A: Lichtpolymerisationsgeräte. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 102: 565–572 (1992b)
- MCCABE J F: Output from Visible-light Activation Units and Depth of Cure of Light-activated Composites. *J Dent Res* 68: 1534–1539 (1989)
- MOSELEY H, STRANG R, STEPHEN K W: An assessment of visible-light polymerizing sources. *J Oral Rehabil* 13: 215–224 (1986)
- NOMOTO R, UCHIDA K, HIRASAWA T: Effect of Light Intensity on Polymerization of Light-cured Composite Resins. *Dent Mater J* 13: 198–205 (1994)
- OSRAM: Halogen-Niedervoltglühlampen. Firmendokumentation 122 W99D 7/94: (1994)
- RUEGGEBERG F A, CAUGHMAN W F, CURTIS J W: Effect of Light Intensity and Exposure Duration on Cure of Resin Composite. *Oper Dent* 19: 26–32 (1994a)
- RUEGGEBERG F A, CAUGHMAN W F, CURTIS J W, DAVIS H C: A Predictive Model for the Polymerization of Photo-Activated Resin Composites. *Int J Prosthodont* 7: 159–166 (1994b)
- RUEGGEBERG F A, WYATT F, CURTIS J W, DAVIS H C: Factors affecting cure at depths within light-activated resin composites. *Am J Dent* 6: 91–95 (1993)
- TAIRA M, URABE H, HIROSE T, WAKASA K, YAMAKI M: Analysis of Photo-initiators in Visible-light-cured Dental Composite Resins. *J Dent Res* 67: 24–28 (1988)
- WELTE C H: Absolute Nutzleistung von Kompositlampen & Aushärtung von Komposit und Dualzementen unter verschiedenen Bedingungen in vitro. *Zahnmed Diss, Zürich* (1992)
- YEARN J A: Factors affecting cure of visible light activated composites. *Int Dent J* 35: 218–225 (1985)