ISSN 1615-2859 Entgelt bezahlt: F 52061 PREIS: € 5,60 zzgl. MwSt.

5. JAHRGANG • JUNI • 2004

EINS
ZWEI
DREI
VIER
FÜNF
SECHS

DENTALZEITUNG

Fachhandelsorgan des BVD

Mit Schichttechnik Natürlichkeit bewahren

Prothetik im Einklang mit der Natur

Biomechanik & dentinähnliches E-Modul

Produktinformationen

Bonding/ Füllungsmaterialien

Verblendunge

Oemus Media AG, Holbeinstraße 29, 04229 Leipzig
PVSt DPAG Entgelt bezahlt 52061 Dental 1793
###

Actéon Germany GmbH
Frau Marie Gaspar
Industriestraße 9
40822 Mettmann

Studie Teil 2

Die LED-Lampen der zweiten Generation

Anhand von wissenschaftlichen Untersuchungen ergaben sich verschiedene Kriterien, welche die Konstruktion der MiniLED für die Firma Acteon beeinflussten und prägten. Im folgenden zweiten Teil der Studie (Fortsetzung aus Dentalzeitung 02/ 2004, Seite 10ff.) erläutern die Forscher ihre Entscheidungen bei der technischen Auswahl der einzelnen Komponenten der Polymerisationslampe genauer.

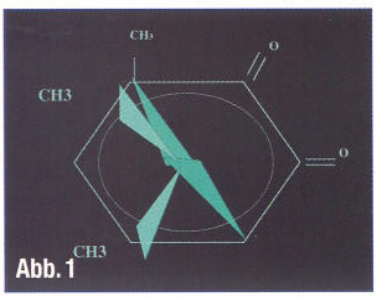
Autor: Prof. François Duret und Dr. Bruno Pellissier, Universität Montpellier; Hervé Noui, Firma SED-R, Fleury d'Aude

■ **Fortsetzung des Beitrags** aus DZ 2/2004:

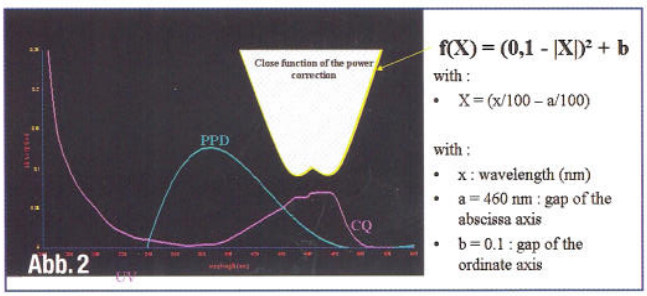
Adäquate Wattzahl bei geeigneter Wellenlänge

In der zweiten Entwicklungsphase wird überprüft, ob wir eine adäquate Wattzahl haben. Die Wattleistung einer Lampe kann je nach Zielsetzung auf verschiedene Arten ausgedrückt werden. Wir werden von Wattzahlen oder Wattdichte sprechen.

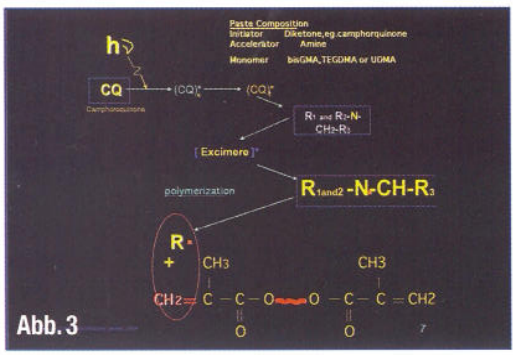
Die Wattzahl einer Photopolymerisationslampe wird allgemein in Milliwatt (mW) angegeben und entspricht dem in der Lichtfaser an einem bestimmten, definierten Punkt gemessenen Energiefluss. Die LED muss als eine punktförmige Lichtquelle angesehen werden, die einen Lichtkegel aussendet und mit ausreichender Energie für die Polymerisation ausgestattet ist. Sie emittiert Licht in Form eines ziemlich großen Kegels. Daraufhin legten wir einen Reflektor um ihre Basis. Dank des direkt weitergeleiteten, aber auch des vom Reflektor zurückgeworfenen Lichts führten wir eine konzentrierte Lichtfaser in die Spitze, deren Energiefluss in der Größenordnung von etwa 15 % der gesamten Wattleistung der LED liegt. Dies ergibt ungefähr 750 mW am Übergang der Spitze in die MiniLED. Das war die Wattleistung, die wir am Ende der Spitzen an den Plasma Apollo 95e Lampen gemessen haben.



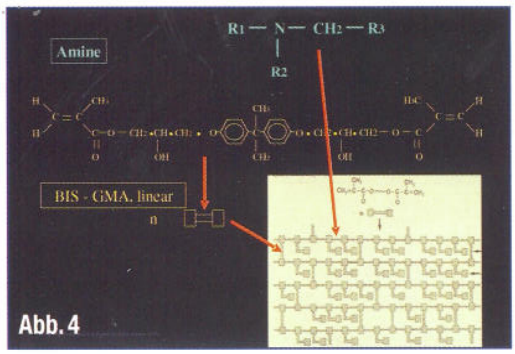
(Abb. 1) Photoinitiator: Kampferchinon.



(Abb. 2) Absorptionskurven (Reaktivität) der wichtigsten Photoinitiatoren Kampferchinon (CQ) und Phenyl-Propandion (PPaD).



(Abb. 3) Die vollständige Photopolymerisationsreaktion.



(Abb. 4) Schematische Darstellung des Polymers nach der Photopolymerisationsreaktion.

ISSN 1615-2859 Entgelt bezahlt: F 52061 PREIS: € 5,60 zzgl. MwSt.

5. JAHRGANG • JUNI • 2004

EINS
ZWEI
DREI
VIER
FÜNF
SECHS

DENTALZEITUNG

Fachhandelsorgan des BVD

Mit Schichttechnik Natürlichkeit bewahren

Prothetik im Einklang mit der Natur

Biomechanik & dentinähnliches E-Modul

Produktinformationen

Bonding/ Füllungsmaterialien

Verblendunge

Oemus Media AG, Holbeinstraße 29, 04229 Leipzig
PVSt DPAG Entgelt bezahlt 52061 Dental 1793
###

Actéon Germany GmbH
Frau Marie Gaspar
Industriestraße 9
40822 Mettmann

Bis zu einem gewissen Grad entspricht diese Wattzahl der Anzahl von Photonen, die am CG ankommen und Bindungen schaffen. Je größer die Wattzahl, desto mehr Photonen, desto mehr Photoinitiator-Moleküle werden stimuliert und desto größer wird die Kapazität zur Schaffung von Polymerisationsbindungen. Die Kenntnis der Licht-Wattzahl ist eine Art, die Anzahl der Bindungen zu messen, die wir in unserem Komposit schaffen. Dies ist ein sehr wichtiger Messwert. Allerdings wird er nur selten von den Herstellern angegeben. Sie geben vorzugsweise die Leistungsdichte an, da diese Zahl stets höher und damit schmeichelhafter für den Verkäufer ist.

Leistungsdichte oder Intensität

Die Leistungsdichte ist abhängig von der Spitzenfläche und wird ausgedrückt in mW/cm². Wir halten sie nicht für einen guten Referenzwert, da er von der Fläche unserer Lichtspitze abhängt. Das bedeutet, dass wir mit Spitzen von 5,5 mm und 7,5 mm Durchmesser nicht die gleiche Dichte für die gleiche Lampe erhalten. Es ist daher anzunehmen, dass eine Lampe mit nicht ausreichender Leistung einer Lampe von guter Qualität gleichwertig ist. Beispielsweise hat eine Lampe mit einer Wattzahl von 350 mW und einer Spitze mit 6 mm Durchmesser eine Leistungsdichte von 1.250 mW/cm². Eine zweite Lampe hat eine Wattzahl von 900 mW und eine Spitze mit 10 mm Durchmesser. Die zweite Lampe ist dabei doppelt so stark wie die erste. Wenn sie eine Spitze mit 6 mm Durchmesser hätte, wäre ihre Dichte oder Intensität 2.400 mW/cm². Der absolute Referenzwert ist die Wattleistung in mW am Spitzenende. Wenn dieser Wert nicht bekannt ist, muss die Dichte eindeutig in Relation zur Fläche der verwendeten Spitze angegeben werden. Es gibt keinen absoluten Wert, der als Referenz verwendet werden kann und in mW/cm² angegeben ist.

Wattzahl für die MiniLED

Wir wissen, dass der Mindestwert, der erreicht werden muss, in der Größenordnung von 400 mW liegt, wenn wir eine 2 mm dicke Kompositschicht in 10 oder 15 s zuverlässig polymerisieren wollen. Darum wurde die MiniLED auf 500 mW programmiert für eine Zeitspanne von 10 bis 20 s, je nach Menü. Die Werte basieren auf Experimenten, die wir an zahlreichen Kompositproben mit allen Arten von Polymerisationslampen durchgeführt haben. Es gibt mehrere Methoden, Effizienz zu messen und zahlreiche Debatten von Wissenschaftlern darüber. Alle zeigen, dass für die Polymerisation von 2 bis 3 mm Komposit innerhalb einer Mindestzeit von 10 s, 400 mW die minimale akzeptable Wattleistung sind.

An dieser Stelle halten wir es für äußerst wichtig, über das pseudowissenschaftliche Verfahren der so genannten Polymerisationstiefe zu sprechen. Es gibt bestimmte vereinfachte Verfahren. Sie bilden oft die Grundlage pseudokommerzieller Dokumente und sind irreführend. Das bekannteste dieser Verfahren ist die Polymerisationstiefe, auch als DTC (Depth Cure, Tiefenhärtung) bezeichnet. Dieses Verfahren wurde erstmals von J. A. Yearn im Jahre 1985 wissenschaftlich beschrieben. Dabei werden kleine Metallmulden ohne Boden verwendet, die mit Komposit gefüllt werden. Die Polymerisation wird mit der Lampe durchgeführt und der nicht polymerisierte, weiche Anteil wird mit einer Zahnbürste, einem Messer und/oder Alkohol entfernt. Dann wird die Höhe der polymerisierten Schicht gemessen. Dieses Verfahren ist genau, wenn die Regeln von Yearn befolgt werden. Das geänderte Verfahren, das stattdessen verwendet wird, führt zu schlechten, ungenauen und gefährlichen Ergebnissen, die einen an absurde Polymerisationstiefen glauben lassen. Wir haben zunächst auch daran geglaubt. Doch jetzt wissen wir, dass wir dies unter keinen Umständen dürfen. Nach zahlreichen Versuchen, insbesondere mit dem e-Light, wissen wir nun, wo das Problem bei diesem Verfahren liegt:

1 – Für Yearn muss ein polymerisiertes Komposit mindestens 75 % seiner Oberflächenhärte erreichen. Dies ist eine hohe Härte, wesentlich härter als das, was mit einer Zahnbürste entfernt werden kann.

2 – Das Licht dringt stets gleich tief in das Komposit ein. Es ist egal, wie stark die Lampe ist, denn die im Licht vorhandenen Photonen besitzen bei starken oder schwachen Lampen bei einem vorgegebenen Komposit stets die gleiche Eindringenergie bei 460 nm.

3 – Die meisten unserer Photonen kommen zwischen 2 und 2,5 mm nach und nach zum Stillstand. Einige gelangen darüber hinaus und können sogar 5 oder 6 mm erreichen. Sie sind jedoch zahlenmäßig gering und die Ausnahme von der Regel. Diese wandernden Photonen sind für das ungeschulte Auge zahlreich genug, um eine Polymerisation anzuzeigen. Das heißt aber nicht, dass die Polymerisation in diesen Tiefen korrekt ist. Diese Polymerisation übersteigt selten 25 %.

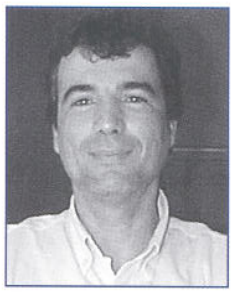
4 – Eine leistungsstarke Lampe mit vielen Photonen in ihrem Lichtfluss hat statistisch gesehen eine korrekte Anzahl von Photonen, die diese Tiefe von 2,5 mm erreichen. Im Gegensatz dazu hat eine Lampe mit ungenügender Leistung wesentlich weniger Bindungen. Diese suggerieren eine gute Härte, obwohl die Polymerisation 25 % oft nicht übersteigt.

5 – Es gibt eine Art Akkumulation von Photonen bei einer bestimmten Tiefe, unabhängig von der verwendeten Lampe.

Diese Arbeitshypothese kann durch zahlreiche experimentelle Beobachtungen untermauert werden. Härtekurven steigen zwar mit der Wattzahl, verlängern sich jedoch selten. Die Zunahme der Zeit ist nie proportional zur Zunahme der Polymerisationstiefe und es gibt eine Proportionalität zur Farbe im gleichen Komposit. Ein opakeres und damit weniger photonendurchlässiges Komposit polymerisiert stets in ge-

Prof. François Duret,
Universität Montpellier

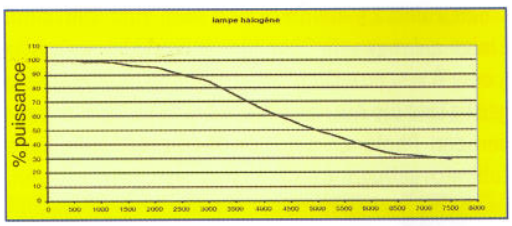
Dr. Bruno Pellissier,
Universität Montpellier

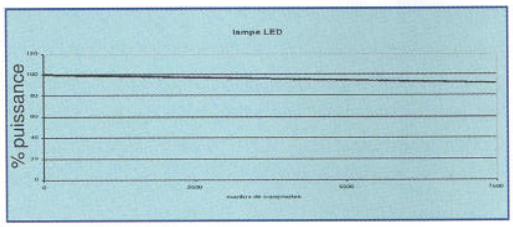


Hervé Noui, Firma
SED-R, Fleury d'Aude

ringerer Tiefe als ein helles Komposit. Wenn wir versuchen, CDT und Härte zu korrelieren, können wir sehen, dass es keinen Zusammenhang zwischen der Polymerisationstiefe und der Knoop-Härte an der Oberfläche oder in der Tiefe gibt. Das unterstreicht die Risiken, die mit dieser Art der Analyse zur Beurteilung einer in der Entwicklung befindlichen Lampe verbunden sind.

Einige Autoren verwendeten allgemeinere Formeln, wie z.B. die Polymerisation in Joule auszudrücken. Es ist logisch, die Wattzahl der Lampe (mW) mit der verstrichenen Zeit (s) zu multiplizieren. Diese Messung bietet den Vorteil, die Wattleistung der Lampe mit dem vom Anwender gewählten Menü zu kombinieren. Es muss jedoch darauf geachtet werden, nicht den für eine Halogen- oder Plasma-Lampe errechneten Wert mit dem für eine LED-Lampe erhaltenen zu korrelieren. Das Spektrum der LED-Lampe überlagert sich mit dem der Kampferchinonabsorption (CQ). Dies gilt nicht für das Spektrum der Halogenlampe, bei dem fast 50 % der Flächenenergie weniger wirksam oder sogar unbrauchbar ist. Daher stellten einige Autoren fest, dass bei gleicher Wattzahl eine LED-Lampe zwei- oder dreimal wirksamer als eine Halogenlampe ist. Aus unserer Sicht wäre angesichts der experimentellen Ergebnisse ein Koeffizient von 1,5 eher angemessen. Die Wattzahl einer Halogenlampe sollte deshalb nie mit der einer Plasmalampe verglichen werden. Ein Dichteanalysator misst das gesamte Spektrum und nicht nur den Abschnitt, der wirksam für die Polymerisation ist. Schließlich





(Abb. 5) Vergleich einer Halogenlampe (die Glühbirne hat nach 4.500 Kompositfüllungen 50 % ihrer Wirksamkeit verloren) und einer LED-Lampe (die LED hat 3 % verloren).

darf eine LED-Lampe nie eine Wattzahl von weniger als 450 mW haben, d.h. 1.000 mW/cm² für eine Spitze von 8 mm. Die MiniLED ist damit der Halogenlampe mit einer Wattzahl von 650 bis 700 mW ähnlich oder sogar leicht überlegen.

Lichtführung

Wir beziehen uns nicht auf LED-Lampen, deren Spitze in den Mund eingeführt wird. Da eine gängige LED keine Temperaturen von über 120 °C übersteht, kann sie nicht sterilisiert werden. Selbst wenn wir sie wiederaufbereiten – wie können wir sicher sein, dass sie kein Risiko darstellen. Unsere Aufmerksamkeit konzentriert sich besonders auf die Gefahr einer Infektion mit AIDS oder Hepatitis. Wir haben diese Möglichkeit verworfen, die erstmals von der NRG vorgeschlagen wurde. Darüber hinaus schränken diese Systeme mögliche Anwendungen ein wie zum Beispiel die Lichtprojektion in einem einzigen Winkel, und sie schließen die Verwendung von Projektionen mit unterschiedlichem Durchmesser aus.

Arten

Es stehen zwei Arten von Lichtleitern zur Verfügung: Multifasern, die bei weitem am häufigsten verwendet werden, sind immer mit einer schwarzen, braunen oder opaleszenten Oberfläche bedeckt. Sie bieten den entscheidenden Vorteil, dass Licht nur an der Spitze erzeugt und so jeglicher Verlust im Verlauf des Lichtstrahls vermieden wird. Dies ist von stärkerer Bedeutung bei Halogenlampen, die immer einige UV-Strahlen streuen und weniger bedeutsam bei LED-Lampen. Deshalb ist das eine gute Wahl. Sie haben den Nachteil, dass sie den aktiven Oberflächenbereich verkleinern, da jede Mikrofaser mit einer dunklen, nicht leitenden Oberfläche bedeckt ist. Da die Abnahme des aktiven Oberflächenbereichs die Lampen-Wattleistung um 20 % senken kann, haben wir für die MiniLED der Wattleistung den Vorzug gegeben und uns für eine Monofaser entschieden.

Monofasern sind selten mit einer schwarzen Oberfläche bedeckt. Sie haben den Vorteil, Energieverluste im Verlauf des Lichtstrahls zu reduzieren, können den Anwender jedoch behindern. Die Erfahrung hat uns gezeigt, dass man sich rasch an diese Art von Spitze gewöhnt und sie den Vorteil besitzt, die Mundhöhle auszuleuchten. Der Lichtkontrast zwischen dem Zahn und der fast schwarzen Umgebung in der Mundhöhle wird dadurch reduziert. Jenseits einer Krümmung von 45° oder im Falle eines deutlichen Kontakts verschwinden die Vorteile bei der Verwendung einer Monofaser. Da die Konizität der Projektion bei der Monofaser etwas größer als bei der Multifaser ist, ist letztere eine gute Wahl für schwer zugängliche Bereiche.

Eine Spitze mit 12 mm Durchmesser dient nur dazu, Energie zu verlieren. Ihre Projektion bei einem Abstand von 2 mm beträgt bereits 14 mm und die Wattleistung nimmt mit dem Quadrat des Abstands ab. Die Spitzen der Halogenlampen waren breit, nicht wegen der Größe einer Präparation, sondern um dem Reflektor der Halogenbirne zu entsprechen, der zehnmal größer als der einer LED ist.

Aus diesen Gründen sind wir stets interessiert, die leistungsfähigste Lampe zu wählen, so nahe wie möglich an der Kavitätenoberfläche zu arbeiten und in der senkrechten Achse zur Oberfläche zu bleiben. Eine Lampe muss deshalb mit mehreren Spitzen ausgestattet sein, je nach beabsichtigter Anwendung:

KENNZIFFER 0551

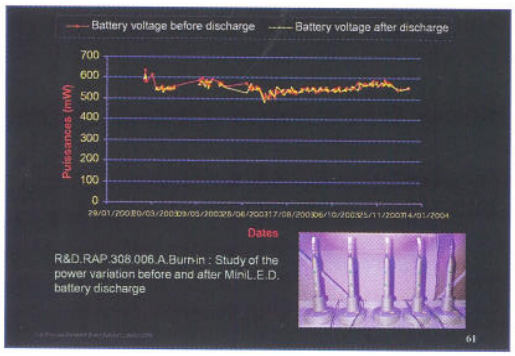
Booster oder Turbo für interdentales Arbeiten oder kleine Kavitäten und breite Spitzen für Brackets und große Kavitäten, mit 45° für die Molaren und 0° für die Schneidezähne. All die Artefakte wie Eckenaufbauten, Lampendrehungen oder Polymerisation quer über den Zahn sind reine Illusion oder erfordern eine Wartezeit von 10 min.

Zeiten und Menüs

Es gibt eine extrem einfache Methode zur Polymerisation eines Komposits: Übertragung der maximalen Wattleistung innerhalb des kürzest möglichen Zeitraums. Das ist es, was jeder Forscher während der ersten Photopolymerisationstests dachte. Heute und insbesondere dank der bemerkenswerten Untersuchungen von Acta (Davidson) oder Ivoclar Vivadent zu diesem Thema wissen wir, dass dieser Ansatz für die klinische Anwendung nicht angebracht oder sogar falsch ist. Aus diesen Gründen tauchten in den 90er Jahren die ersten Menüs auf, die an unsere tägliche Praxis angepasst waren. Der Zweck eines Menüs besteht darin, die auf den Zahn projizierte Lichtenergie entsprechend den klinischen Anforderungen zu modulieren.

Die drei Hauptkategorien von Menüs

- Das schnellhärtende Menü, das eine maximale Lichtmenge in einer minimalen Zeitspanne produziert. Diese Menüs sind bei Polymerisationen mit minimalen Risiken und Zwängen anwendbar sowie beim Kleben von Brackets. Es kann auch auf mehrschichtige Kompositaufbauten ausgedehnt werden. Die Verwendung dieses Menütyps erfordert in allen Fällen eine Volumenreduktion des polymerisierten Komposits.
- Das sanfthärtende Menü ist das langsamste. Es erreicht nahezu die optimale Reduktion der internen Spannungen in der Kompositmasse, um Spannung, Belastung und Druck zu begrenzen, die zu Spaltbildungen oder sogar Zahnfrakturen führen. Um diese Spannung zu vermeiden, wird die Lichtintensität schrittweise erhöht, bis ein Plateau erreicht ist, was den Molekülen Zeit gibt, sich zu positionieren und ihre Bindung zu optimieren. Der Polymerisationsgrad ist deshalb stets höher.



(Abb. 6) **Stabilität der Wattleistung** der MiniLED nach einer Simulation von vier Jahren Gebrauchsdauer (Burn in) oder 20.000 Kompositfüllungen.

- Damit bleibt ein Zwischenmenü übrig – der Impuls. Dies ist das Ergebnis aus Untersuchungen, die von lasergepulsten Polymerisationen abgeleitet wurden. Die lichtfreie Phase zwischen zwei Impulsen ermöglicht eine Neupositionierung des Moleküls, wie wir es im sanften Menü gesehen haben, jedoch mit etwas geringerer Effizienz.

Für die MiniLED anhand der unbedingt erforderlichen Kriterien getroffene Wahl

- Emissionswellenlänge: 460 +/– 10 nm
- Wattleistung Energiefluss: 450 mW
- Minimale Wattleistungsdichte: 1.000 mW/cm² für einen Durchmesser von 7 mm
- Vorgeschlagene Zeit: drei Menüs: schnell, Impuls und sanft (10 bis 20 s)

Die sekundären Kriterien für eine LED-Lampe

Die sekundären Kriterien sind diejenigen Auswahlmöglichkeiten, die keinen direkten Einfluss auf die Polymerisation haben, jedoch ihre Wirkung aufrechterhalten können. Es sind die Elemente, die die Wirksamkeit Ihrer Lampe auch nach jahrelangem Gebrauch garantieren.

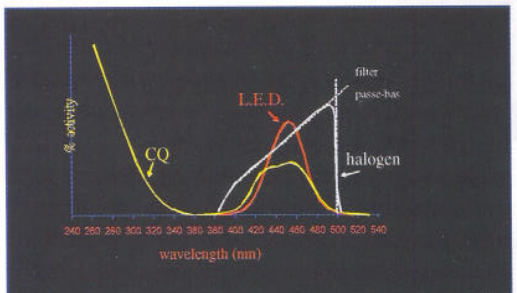
Lebensdauer der Lichtquelle

Wenn wir die Stabilitätskurven der Wattleistung einer Halogenlampe untersuchen, stellen wir fest, dass sie schon ab den ersten wenigen Gebrauchsmonaten abnimmt. Deshalb sind einige sehr teure Lampen mit einem Wattverstärker ausgerüstet, um so den Verlust an Wattleistung abhängig vom Lebensalter der Glühlampe zu kompensieren. Eine Halogenlampe verliert nach acht bis zwölf Monaten Gebrauch 50 % ihrer Wirksamkeit. Außerdem ist es besonders schwierig, das Energieniveau einer Halogenlampe im Laufe der Zeit zu kontrollieren. Bei LED-Lampen verhält es sich nicht so. Wir wissen, dass die Lebensdauer der LEDs in flachen TV- und Computerbildschirmen nach Jahrzehnten berechnet wird, basierend auf einer Nutzung von mehreren Stunden am Tag. Sie ist deshalb eine gute Wahl, sofern wir eine gute Energieabgabe bei einer zufrieden stellenden Wellenlänge erhalten. Anders als bei LEDs der ersten Generation liefert eine LED der zweiten Generation durchschnittlich 500 mW. Eine gute Energieversorgung und eine Kontrolle der internen Temperatur muss jedoch gesichert sein, um diese Wattleistung am Spitzenende aufrechterhalten zu können.

Stromversorgung und Batterie

Die LED muss unter strikter Einhaltung der Herstellerempfehlungen an die Stromversorgung angeschlossen werden. Eine zu hohe Stromversorgung würde die Wattleistung erhöhen, gleichzeitig jedoch die Lebensdauer der Komponente sowie die Batteriekapazität drastisch reduzieren und einen abnormalen

KENNZIFFER 0571



Comparative curve of the reactivity of the camphoroquinone (CQ) and the action spectrums of halogen and L.E.D. lamps.

(Abb. 7) **Vergleichskurve** der Reaktivität von Kampferchinon (CQ) und der Wirkungsspektren von Halogen- und LED-Lampen.

Temperaturanstieg bewirken, der den Energiegewinn vermindert. Die MiniLED ist präzise auf 700 mA eingestellt. Dieser Wert kann nicht überschritten werden, selbst wenn die Wattleistung um den Faktor 1,5 verstärkt werden würde.

Bei vernünftigen Verbrauchswerten ist eine Batterie weitgehend ausreichend. Sogar die Verwendung nicht wiederaufladbarer Batterien kann erwogen werden. Von der NiCd-Batterie ist jedoch abzuraten, da sie eine relativ mäßige Kapazität besitzt sowie einen besonders in der Zahnheilkunde gefährlichen Memory-Effekt, da hier die Lampe in kurzen, wiederholten Zeiträumen verwendet wird. Es wird empfohlen, Ni-Metallhybrid oder Li-Ionen zu verwenden. Sie zeigen keinen Memory-Effekt. Wir haben die Li-Ionen-Batterie bevorzugt, obwohl sie dreimal so teuer wie die andere ist, da sie die doppelte Kapazität hat.

Interne Temperaturkontrolle

Eine LED hat ihre optimale Funktion in einem sehr genauen Temperaturbereich zwischen 55 und 70 °C. Jede Überschreitung führt zu einer geringeren Wattleistung und kürzeren Lebensdauer. Langzeituntersuchungen haben uns dazu gebracht, die passive Temperaturableitung im Gegensatz zur aktiven zu bevorzugen. Die passive Ableitung ist die, die in elektronischen Geräten verwendet wird. Dabei wird die metallische Austauschfläche zwischen den elektronischen Komponenten und der Umgebungsluft vergrößert. Sie benötigt keinen Ventilator. Er ist aus verschiedenen Gründen unerwünscht. Zu diesen zählen Geräuschentwicklung, Energieverbrauch, der die Batteriekapazität begrenzt, und das Risiko hinsichtlich der Asepsis. Dieses Verfahren benötigt daher mit Sorgfalt dimensionierte Radiatoren. Eine LED, die diesen Mechanismus verwendet, muss aus Metall sein, damit die Hitzeabgabe nach außen gewährleistet ist. Ein Hitzesensor in der Nähe der LED ist ebenfalls erforderlich. Dieser stoppt die Lichtemission, wenn die Gefahr einer Überschreitung des Temperaturlimits von 75 °C droht. In der MiniLED sehen wir den Temperaturverlauf, der einem thermischen Steuerkreis folgt. Eine hyperbelartige Änderung begrenzt jeden Temperaturanstieg über einem Wert von 50 °C. Dieser kann in der Hand gefühlt werden und zeigt an, dass die Vorrichtung zur Hitzeableitung korrekt funktioniert. Die Lampe geht außerdem aus, wenn eine Temperatur von 50 °C überschritten wird.

Die Anwendung dieser beiden grundlegenden Prinzipien, d.h. Beachtung der Stromversorgung und des Temperaturanstiegs, gibt uns eine zufrieden stellende Langlebigkeit und Zuverlässigkeit im Hinblick auf Wattleistung, Menü-Stabilität und Wellenlänge. In unserem Labor haben wir fünf MiniLED-Lampen, die jeden Tag betrieben wurden, bis die Batterie erschöpft war. Bis heute gab es noch keine Abweichung von Wellenlänge und Wattleistung.

Die Rolle des Radiometers

Wir halten ein Radiometer für unverzichtbar. Es dient bei LED- und Halogenlampen nicht dem gleichen Zweck. Bei letzteren geht es darum, das Nachlassen der Wattleitung zu überwachen, um die Polymerisationszeit oder den Zeitpunkt zum Auswechseln der Glühbirne zu wählen. Bei einer LED-Lampe zeigt es an, ob die Spitze in einem guten Funktionszustand ist. Darüber hinaus empfehlen wir die Verwendung einer Schutzhülle, da sie Lampe und Spitze frei von Kompositresten hält, ohne die Wattleistung nennenswert zu verringern.

Auswahl der sekundären Kriterien für die MiniLED

- Batterie ohne Memory-Effekt: Li-Ionen oder NiMh
- kontrollierte Stromversorgung entsprechend den Angaben des LED-Herstellers
- strikte Kontrolle von Temperatur und passiver Hitzeableitung
- Vorhandensein eines Alles-oder-Nichts-Kontrollradiometers

Unverzichtbare Kriterien für eine LED-Lampe

- Wir bevorzugen die Füllhalterform, da sie im Mund einfacher zu handhaben ist und weniger Platz benötigt.
- Spontane Positionierung im Ladegerät: Unserer Meinung nach sollte es möglich sein, die Lampe in ihre Halterung zu stellen, ohne im geringsten darauf achten zu müssen. Die Richtung muss gesichert sein und nicht richtungsspezifisch. Deshalb finden Sie vier Befestigungspositionen und keine Positionseinschränkungen der MiniLED-Lampe in der Halterung. Dies wird als Direktpositionierungskomponente bezeichnet.
- Schließlich ist es wichtig, dass die Batterie ausgetauscht und möglicherweise eine zweite Batterie wiederaufgeladen werden kann, während die Lampe in Gebrauch ist. Dies ist unverzichtbar bei Verfahren mit einem hohen Energieverbrauch wie beispielsweise ODF. Wir haben unsere Lampe auf zwei verschiedene Niveaus für kieferorthopädische Anwendungen unterteilt: das intelligente Niveau und das energetische Niveau. ◄◄

Fazit:
Über jedes Produkt, über jede Wahl lässt sich diskutieren. Treffen wir immer die richtige Wahl? Sicher ist, dass jede Wahl auf ihren Wert hin analysiert werden muss, und zwar im Team. Uns ging es nicht darum, zu sagen die MiniLED ist die beste Lampe. Wir wollten erklären, warum wir diese und jene technologische Wahl getroffen haben. Wir haben damit einen Nachweis für unsere Entscheidung gebracht.
Ebenso wollten wir erläutern, welchen Ansatz die Arbeitsgruppe für die vorgegebene Aufgabe verfolgt hat. Wir wollten Sie an diesen unglaublichen Momenten teilhaben lassen, an denen sich unser Objekt von Tag zu Tag weiter herauskristallisiert. Wir haben diese Momente tatsächlich erfahren, ebenso wie einige wenige Enttäuschungen, bei denen unsere Ziele nicht erreicht wurden – noch nicht.

*Preise zzgl. Versandkosten + gesetzl. MwSt.

KENNZIFFER 0591 ►