

Lichtpolymerisation

Gut, wenn man die Fakten kennt

specialfeature


ivoclar
vivadent[®]
passion vision innovation

Leitfaden

über entscheidende Faktoren zur Auswahl des richtigen Polymerisationsgerätes

Inhalt

- 4 Klinische Relevanz der Lichtpolymerisation
- 5 Die Kriterien des Kliniklers
- 7 Materialkompatibilität
- 14 Lichtintensität
- 17 Lichtmessung
- 18 Rund um den Lichtleiter
- 20 Moderne Akkus halten länger
- 22 Ergonomie & Design
- 24 Qualität vs. Kosten
- 25 Checkliste
- 26 Bluephase® Style – Die kleinste LED für jeden Einsatz
- 28 Kurzanleitung für ein optimales Lichthärten
- 29 Kleines Lexikon der Lichtpolymerisation
- 30 Literatur

Klinische Relevanz der Lichtpolymerisation

Mehr als nur ein „notwendiges Übel“



Abb.: Die Lichtpolymerisation bestimmt massgeblich den langfristigen Behandlungserfolg

Woran denken Sie bei diesen Fragen zu möglichen Problemen aus dem Praxisalltag zuerst:

- ➔ Wie häufig und warum treten postoperative Sensitivitäten bei Ihren Patienten auf?
- ➔ Wann kam es zuletzt zu einem frühzeitigen Verlust einer Füllung?
- ➔ Was sind die Ursachen für den Retentionsverlust einer hochwertigen Keramikrestauration?

Denken Sie dabei an das von Ihnen verwendete Polymerisationsgerät? Das gilt bei der Verarbeitung von lichthärtenden Dentalmaterialien als Fehlerquelle Nummer 1 [8-13,68-69]. Gleichzeitig zählt das Polymerisationsgerät zu den am häufigsten verwendeten Produkten in der Praxis und steht somit in direkter Verbindung mit einem Grossteil der zahnärztlichen Einkünfte.

Entsprechend wichtig ist es, sich der essentiellen Bedeutung des Lichtgerätes bewusst zu sein und hohen Wert auf ein qualitativ hochwertiges Arbeitsmittel zu legen. Zusammen mit einer korrekten Arbeitsweise [2] bei der Lichtpolymerisation steht dann dem langfristigen Behandlungserfolg und damit dem Wohl des Patienten nichts mehr im Wege.

Die Kriterien des Kliniklers

Fragen aus der (Zahnarzt-)Praxis

Dem Sprichwort nach ist jede Kette nur so stark wie ihr schwächstes Glied. Ebenso funktionieren lichthärtende Materialien nur dann gemäss den Herstellerangaben, wenn ihnen die erforderliche Energiemenge sowie die passende blauviolette Lichtfarbe zur Aushärtung zugeführt werden [1]. Somit stellen sich dem Klinikler bei der Anschaffung eines Polymerisationsgerätes viele Fragen, zum Beispiel:

- ➔ „Welche Lichtintensität ist notwendig?“
- ➔ „Welches Lichtwellenspektrum ist für meine Materialien nötig?“
- ➔ „Was ist die ideale Polymerisationstechnik?“
- ➔ „Wie lange muss belichtet werden?“
- ➔ „Was sind relevante Qualitätskriterien beim Kauf eines modernen Gerätes?“

Basierend auf unseren jahrzehntelangen Erfahrungen mit der Entwicklung innovativer Polymerisationsgeräte sowie lichthärtender Materialien geben wir Antworten auf diese und weitere Fragen.

Der vorliegende Leitfaden bietet einen Einblick in entscheidende Produkteigenschaften und liefert fundierte Informationen über klinisch relevante Kriterien, die beim Erwerb von LED-Polymerisationsgeräten zu beachten und für den Erfolg im täglichen Umgang von entscheidender Bedeutung sind.



Abb.: Innovationskraft von Ivoclar Vivadent – Bluephase Style mit breitbandiger Polywave-LED zur Erzeugung der erforderlichen blauviolettten Lichtfarbe

Ausreichende Aushärtung als oberstes Behandlungsziel

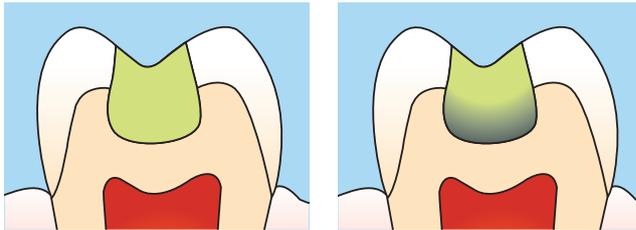


Abb.: Sowohl bei der vollständig (links) als auch bei der unvollständig ausgehärteten Füllung ist die Oberfläche korrekt polymerisiert (grün). Das Risiko, das durch eine unzureichende Polymerisation (grau) in der Tiefe entsteht, kann an der Oberfläche nicht festgestellt werden.

Das A und O bei der Polymerisation ist eine ausreichende Aushärtung. Nur sie gewährleistet den langfristigen Erfolg einer Versorgung mit lichterhärtenden Materialien. Eine unvollständige Aushärtung kann nachweislich eine Vielzahl negativer Konsequenzen haben:

- ➔ Verminderte Härte und Abrasionsstabilität [8-12]
- ➔ Reduzierte Haftung an der Zahnhartsubstanz [22,23]
- ➔ Vermehrtes „Auswaschen“ des Composites am Zahnfleischrand [20]
- ➔ Verstärkte bakterielle Adhärenz auf dem Composite [20]
- ➔ Reduzierte Farbstabilität [13,14]
- ➔ Erhöhte Abgabe herauslösbarer Substanzen und verstärkte Zytotoxizität [21, 24,15-19]
- ➔ Gefahr von postoperativen Sensitivitäten, Sekundärkaries und Füllungsfrakturen [8-21]

Da die Oberfläche lichtpolymerisierter Composites bereits nach kurzer Belichtung hart erscheint, ist in der Praxis die Qualität der Aushärtung nicht festzustellen – weder taktil mit einer Sonde noch mit anderen Hilfsmitteln.

Massgeblich sind die physikalischen Werte im gesamten Bereich des ausgehärteten Materials. Dazu zählen die erzielte Härte – vor allem an der Unterseite der Restauration – die Biegefestigkeit und -elastizität sowie die Abrasionswerte. Die Vorgaben der Hersteller für das schonende Aushärten der unterschiedlichen Werkstoffe geben hierfür eine wichtige Orientierung. Zumindest im Falle namhafter Anbieter basieren solche Empfehlungen auf klinischen Tests mit unterschiedlichen Materialien und Schichtstärken [26].

Für eine ausreichende Aushärtung sind viele Einflussfaktoren verantwortlich. Die wichtigsten sind jedoch eine hohe Lichtintensität, die Belichtungsdauer sowie die erforderliche Lichtfarbe für die Anregung der verwendeten Photoinitiatoren, sprich die Kompatibilität mit den verwendeten Materialien [67].

Materialkompatibilität

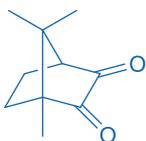
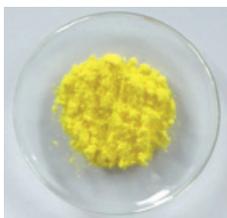
Die verschiedenen Photoinitiatoren

Zur Umsetzung eines Monomers in ein Polymer werden Photoinitiatoren benötigt, welche bei Belichtung zu Radikalen zerfallen und so die Polymerisation der Monomere auslösen. Der am meisten verwendete Initiator ist das Campherchinon. Es absorbiert Licht im Wellenlängenbereich von zirka 390 nm bis 510 nm und hat als Komplementärfarbe zum Blaulicht eine gelbe Eigenfarbe, welche die Farbe der ausgehärteten Restauration beeinflusst [28]. Trotz einer nahezu kompletten Abreaktion des Initiators bei der Aushärtung des Composites bleibt so immer eine leichte Gelbfärbung zurück.

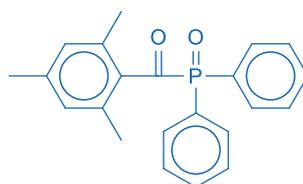
Für bleichfarbene Composites, die bei sehr hellen Restaurationen eingesetzt werden, aber auch bei anderen Materialien wie Adhäsiven, werden daher teilweise weisliche Photoinitiatoren wie Acylphosphinoxid (zum Beispiel Lucirin TPO) oder Phenyl-Propan-Dion (PPD) verwendet. Diese absorbieren das Licht überwiegend im UV-Bereich von 380 bis 430 nm [71].

Ein weiterer neuartiger Photoinitiator ist Ivocerin® [70]. Ivocerin zeichnet sich im Vergleich zu Campherchinon durch eine intensive Absorption im sichtbaren Bereich, eine deutlich gesteigerte Photoaktivität und durch eine sehr gute Farbstabilität aus. Ivocerin ermöglicht dadurch die Entwicklung ästhetischer Composites wie Tetric EvoCeram® Bulk Fill und Tetric EvoFlow® Bulk Fill mit einer Durchhärtungstiefe von bis zu vier Millimetern. Diese können mit allen erhältlichen Lichtgeräten in 10 Sekunden polymerisiert werden.

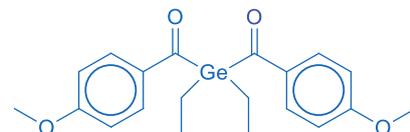
Campherchinon



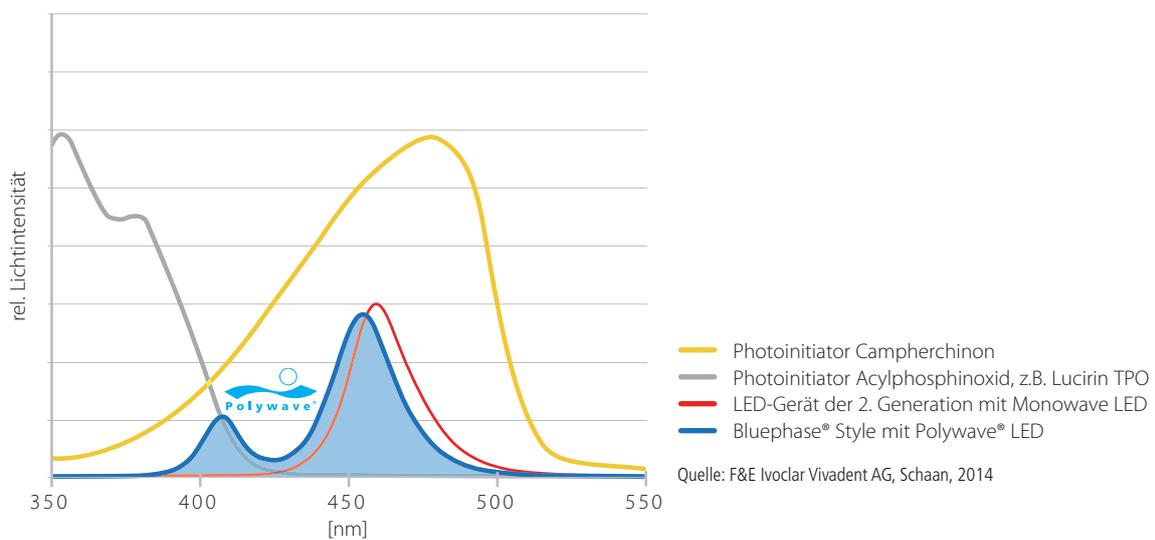
Acylphosphinoxid



Ivocerin®



Wellenlängenspektrum



Die Fähigkeit des Lichtgerätes sämtliche Dentalmaterialien und Photoinitiatorsysteme auszuhärten, hängt somit entscheidend vom erzeugten Wellenlängenbereich ab. Mit ihren breitbandigen Emissionsspektren war die Aktivierung der unterschiedlichen Initiatoren für Halogengeräte ehemals kein Problem. Für herkömmliche LED-Polymerisationsgeräte der 2. Generation ist die universelle Eignung aufgrund ihres typi-

schen engen Emissionsspektrums im Monowave-Wellenlängenbereich von 430 nm bis 490 nm nicht gegeben. Jedoch existieren fortschrittliche Polywave-LED-Lichtgeräte der 3. Generation (zum Beispiel Bluephase Style), welche blaues und violettes Licht im Bereich von 385 nm bis 515 nm erzeugen und somit universell für alle lichthärtenden Materialien verwendet werden können [32,35,36].

Unterschiedliche Materialanforderungen

Aushärtung von Composites

Die Aushärtung von dentalen Composites ist die wichtigste Indikation von Lichtpolymerisationsgeräten. Die Qualität der Aushärtung lässt sich durch die Untersuchung verschiedener Eigenschaften des polymerisierten Materials feststellen. So verändern Composites beispielsweise während der Polymerisation ihre Härte, die Biegefestigkeit sowie ihr Elastizitätsmodul. Die Durchhärtungstiefe ist direkt gekoppelt an die Lichtintensität des verwendeten Polymerisationsgerätes. Spektroskopische Analysemethoden wie die Infrarotspektroskopie können zur Bestimmung des Monomerumsatzes beziehungsweise des Konversionsgrades verwendet werden. Generell gilt, dass die erzielbare Durchhärtungstiefe bei der Polymerisation umso geringer ausfällt, je opaker und dunkler das verwendete Composite ist [25,26,29-37,38].



Abb.: Tetric EvoCeram® Bulk Fill und Tetric EvoFlow® Bulk Fill

Aushärtung von Adhäsiven

Bei unvollständiger Aushärtung von Adhäsiven verringern sich die Scherhaftwerte der adhäsiven Befestigungen auf Dentin und Schmelz. Der Lichtinitiator Campherchinon wird vielfach in lichthärtenden Adhäsivsystemen eingesetzt. Allerdings ist dieser in hoch sauren Formulierungen sukzessiven, chemischen Veränderungen ausgesetzt – ein Problem, das besonders bei selbstätzenden Adhäsiven auftritt. Diese Tatsache wird häufig durch den Einsatz von grösseren Mengen des Photoinitiators Campherchinon oder durch die Verwendung von säureresistenten Initiatorsystemen wie Acylphosphinoxid (zum Beispiel Lucirin TPO) umgangen. Daher ist bezüglich der Lichthärtung von Adhäsiven der Einsatz eines breitbandigen LED-Lichtgerätes (siehe Seite 7, Kapitel Materialkompatibilität) empfehlenswert. So kann auch bei campherchinonfreien Adhäsivformulierungen eine adäquate Polymerisation erfolgen.



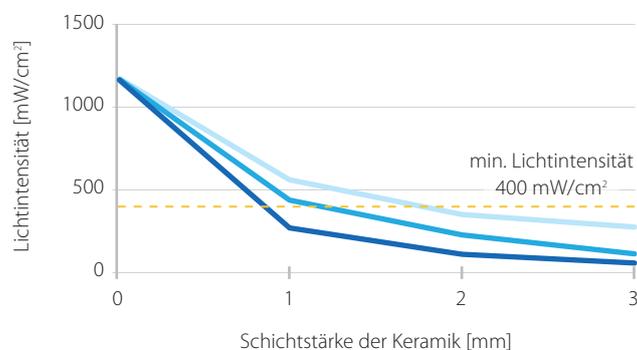
Abb.: Adhese® Universal

Aushärtung durch Keramik hindurch

Licht- und dualhärtende Composites werden für die adhäsive Befestigung von indirekten restaurativen Materialien verwendet. Besonders bei hochwertigen vollkeramischen Restaurationen auf der Basis von glaskeramischen Werkstoffen wird die adhäsive Befestigung mit Composites empfohlen. Auf Grund der Opazität dieser Materialien ist allerdings die Menge des Lichts, die effektiv auf das Composite trifft, stark reduziert.

Aus Anwendersicht sollte folglich bei indirekten Restaurationen darauf geachtet werden, dass vom Polymerisationsgerät genügend Lichtintensität zur Verfügung gestellt wird. Nur so kann das Licht durch die Krone oder das Inlay gelangen und zu jeder Zeit eine ausreichende Aushärtung des Composites gewährleistet werden [2].

Reduktion der Intensität des blauen Polymerisationslichtes durch Keramik unterschiedlicher Farbe und Stärke



- IPS Empress E03 
- IPS e.max Press LT A3 
- IPS e.max Press H00 

Überschussentfernung

Bisher galt die Verarbeitung von adhäsiven Befestigungscomposites aufgrund der aufwändigen Überschussentfernung als schwierig. Bei modernen Materialien (zum Beispiel Variolink Esthetic) bekommt der Überschuss nach einer kurzen Lichtaktivierung eine ideale Konsistenz und kann einfach mit einem Scaler entfernt werden.

Abhängig von der Art der Restauration muss zur initialen Lichtaktivierung des Zementüberschusses auf die korrekte Ausführung der vom Hersteller vorgegebenen Methode geachtet werden. Nach der Überschussentfernung werden diese Befestigungscomposites ein weiteres Mal vollständig lichtgehärtet und erreichen so ihre definitive Festigkeit.



Abb.: Variolink® Esthetic LC und Variolink® Esthetic DC

Aushärtung von Fissurenversiegeln

Bei den auf dem Markt erhältlichen Fissurenversiegeln handelt es sich überwiegend um gefüllte oder ungefüllte Einkomponenten- beziehungsweise Zweikomponentensysteme [73]. Meist werden Methacrylate (zum Beispiel Bis-GMA) als Kunststoffbasis eingesetzt. Unterschieden wird zwischen selbst- oder lighthärtenden Materialien, wobei die Mehrzahl heute mit Licht aushärtet.

Im Falle der lighthärtenden Versiegler erfolgt die Aushärtung unter einer geeigneten Lichtquelle. Auch hier wird die Polymerisation durch einen Katalysator, der Licht einer bestimmten Wellenlänge absorbiert, in Gang gesetzt (zum Beispiel Campherchinon oder andere Initiatorsysteme). Somit muss bei der Lighthärtung von Fissurenversiegeln ebenfalls auf eine ausreichende Mindestlichtintensität ($\geq 300 \text{ mW/cm}^2$) beziehungsweise Belichtungsdauer und den benötigten blau-violetten Wellenlängenbereich geachtet werden.



Abb.: Helioseal® F

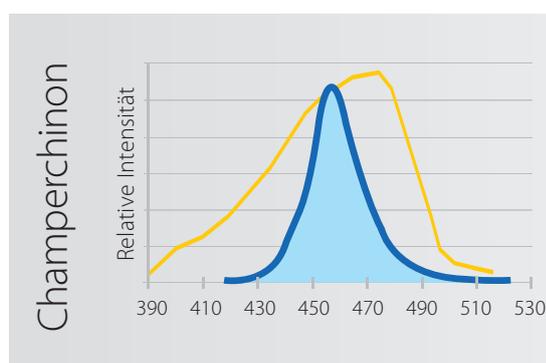
Das Wellenlängenspektrum

LEDs haben per se ein stärker begrenztes Lichtspektrum als die früher gebräuchlichen Halogenlampen [28]. Daher kann es selbst bei neueren LED-Geräten zu einer unzureichenden Aushärtung von Materialien kommen, deren Initiatorsystem nicht ausschliesslich auf Campherchinon basiert. Je nach Formulierung gehören hierzu zum Beispiel bleichfarbene Composite oder spezielle Adhäsive (s. Folgeseite). Vorteile haben hier Lichtgeräte mit einem breitbandigen Wellenlängenspektrum. Diese Geräte orientieren sich nicht ausschliesslich an einzelnen Absorptionsmaxima wie dem von Campherchinon, sondern können dank blau-violettem Licht universell für alle Dentalmaterialien

eingesetzt werden [32,35,36]. Zu diesen Geräten gehört beispielsweise Bluephase Style mit Polywave-LED.

Um die in der eigenen Praxis verwendeten Materialien sicher verarbeiten zu können, wird von Herstellern herkömmlicher LED-Geräte eine Negativliste inkompatibler Materialien benötigt. Da Anwendern eine derartige Auflistung jedoch oftmals nicht oder nur unvollständig zur Verfügung steht, ist eine zuverlässige Polymerisation ohne Einschränkungen nur bei Verwendung eines Lichtgerätes mit breitbandigem Wellenlängenspektrum möglich.

Konventionelle LED-Geräte
der 2. Generation



Breitbandige LED-Geräte
der 3. Generation, z. B. Bluephase Style

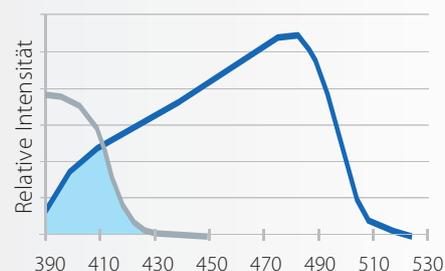
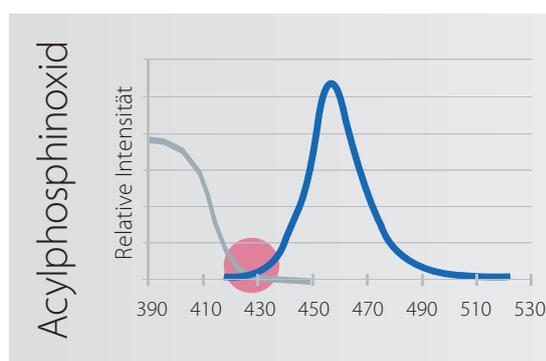
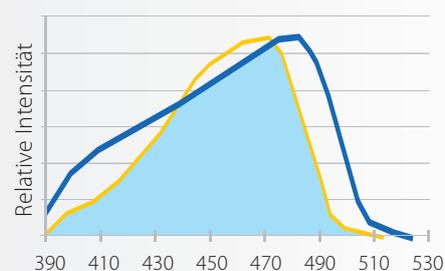


Abb.: Nur bei ausreichender Überlappung (hellblauer Bereich) des Emissionsspektrums des Polymerisationsgerätes (dunkelblaue Linie) mit dem Absorptionsspektrum des Photoinitiators (gelbe bzw. graue Linie) erfolgt eine vollständige Aushärtung

Die Kompatibilität

Als fragwürdig bekannt sind unter anderem die nachfolgend aufgeführten Materialien. Je nach LED-Polymerisationsgerät und emittiertem Spektrum können diese entweder inkompatibel oder kompatibel sein:

Füllungscomposit

- ➔ Solitaire 2 von Heraeus Kulzer

Adhäsive

- ➔ Touch & Bond von Parkell
(Kompatibler Nachfolger: Brush & Bond)

Befestigungscomposit

- ➔ Panavia F von Kuraray
(Kompatibler Nachfolger: Panavia F2.0)
- ➔ Calibra opak von Dentsply

Lichthärtende Schutzlacke

- ➔ BisCover von Bisco
- ➔ Luxaglaze von DMG
- ➔ Palaseal von Heraeus Kulzer
- ➔ Enamic Stains Kit von VITA (Herstellerempfehlung)
- ➔ OPTIGLAZE Color von GC
- ➔ Pro-Seal von SDI Laboratories



Hat das LED-Gerät ein breitbandiges Wellenlängenspektrum, welches sowohl blaues als auch violettes Licht erzeugt? Ist alternativ vom Hersteller eine Auflistung der inkompatiblen Materialien erhältlich? Sind inkompatible Materialien in der eigenen Praxis in Verwendung?

„Eine weitere Einschränkung der LED-Technologie bleibt das enge Lichtspektrum, welches nicht alle lichthärtenden Materialien aushärtet.“

„Keiner verfügt über eine umfassende Aufstellung über inkompatible Materialien ...“

„Anwender sollten die Eignung ihrer verwendeten Lichtgeräte und Materialien überprüfen.“

(CRA, Vol. 30, Ausgabe 2, Februar 2006)

„... die meisten Geräte funktionieren nur mit Campherchinon als Photoinitiator ...“

(The Dental Advisor, Vol. 23, No. 5, Juni 2006)

„... ein Composite-Prüfkörper, der hart erscheint, kann nicht ausreichend polymerisiert sein ...“

„Die Kompatibilität ist in Rücksprache mit dem Compositehersteller zu überprüfen.“

(ADA, American Dental Association: Professional Product Review, Vol. 1, Ausgabe 2, Herbst 2006)

„Lichthärtende Schutzlacke (transparent) und Bleachfarben (weiss) von Composites mögen nicht auf Campherchinon basieren ... [und] benötigen ein Polymerisationsgerät, welches Licht einer geringeren Wellenlänge bei 420 nm erzeugt.“

(REALITY Now, #184, Nov'/Dez' 2006)

„... gibt es das Problem, dass die LEDs nicht alle Materialien aushärten.“

„... erfordern, dass der Anwender immer noch ein Halogengerät benötigt.“

„... die Lösung ist, eine LED zu kaufen, die alle Materialien aushärtet.“

(REALITY, Vol. 20, 2006)

Lichtintensität

1'000 mW/cm² gelten als ideal

Die Polymerisation in der zahnärztlichen Praxis begnügt sich nicht mit einfachem Licht. Für den Prozess ist ein sehr energiereiches Blaulicht erforderlich. Allein für direkte Restaurationen wird allgemein eine Bestrahlungsstärke – umgangssprachlich „Lichtintensität“ genannt – von mindestens 400 mW/cm² gefordert [27,39].

Als ideal gelten jedoch mindestens 1'000 mW/cm². So lassen sich selbst bei nicht idealen, aber alltäglichen Bedingungen (zum Beispiel Belichtung mit Abstand) kurze Belichtungszeiten von 10 Sekunden erzielen. Auch im Falle von indirekten Restaurationen kann damit eine ausreichende Polymerisation für die Belichtung durch die Zahnhartsubstanz beziehungsweise durch die keramische Restauration hindurch gewährleistet werden [74].

Eine geringere Lichtleistung hingegen erfordert eine entsprechend längere Belichtungsdauer. Andernfalls ist eine Durchhärtung des Composites oder des Adhäsivs in tieferen Schichten nicht sichergestellt. Aus diesem Grund ist die mit dem Alter des Polymerisationsgerätes abnehmende Lichtintensität regelmässig zu überprüfen. Hilfreich sind hierbei integrierte beziehungsweise separat erhältliche Radiometer (s. Abschnitt „Lichtmessung“) oder die Ulbricht-Kugel [62- 66].

In der Vergangenheit wurde darüber hinaus durch zahlreiche internationale Studien nachgewiesen, dass die vom Hersteller ausgewiesene Lichtleistung häufig nicht mit der tatsächlichen Intensität der getesteten Geräte in den Zahnarztpraxen übereinstimmt. Umso wichtiger ist es daher, als Kliniker auf eine zugesicherte Mindestlichtintensität seitens des Herstellers zu achten und diese fortlaufend zu kontrollieren [3-7,40,41].

Lichtgerät	Hersteller	Lichtintensität [mW/cm ²]		Anteil der Lichtgeräte mit einer Intensität von < 70% gegenüber der Herstellerangabe
		Angabe des Herstellers	Gemessener Mittelwert	
Bluephase	Ivoclar Vivadent	1'100 (±10%)	1'066	0%
Smartlite PS	Dentsply	950	927	0%
Mini L.E.D.	Satelec	1'250	872	50%
FlashLite 1401	Discus dental	1'400	859	88%
Radii	SDI	1'400	825	86%
L.E.Demetron 1	Kerr Hawe	1'000	699	67%
Elipar Freelight 2	3M Espe	1'000	602	58%
Translux Power Blue	Heraeus Kulzer	1'000	513	100%
Elipar Freelight 1	3M Espe	400	231	88%



Beträgt die Lichtintensität (mindestens) 1'000 mW/cm²? Ist die Mindestlichtintensität in der Gebrauchsinformation klar definiert, zum Beispiel durch die Angabe der Toleranzwerte?

Das „Total Energy Concept“...

... oder mit anderen Worten: Welche Belichtungszeit ist für eine erfolgreiche Aushärtung erforderlich? Das Total Energy Concept besagt, dass der Prozess der Lichtpolymerisation energieabhängig ist und im Wesentlichen von dem Produkt aus Lichtintensität und Zeit bestimmt wird [74]. Dabei gilt der lineare Zusammenhang bezüglich der Lichtintensität jeweils nur innerhalb eines Initiatoren- beziehungsweise Monomersystems.

Je nach Typ, Farbe und Transparenz ist die für Composites erforderliche Dosis unterschiedlich hoch [29-34]. Generell ist für eine adäquate Polymerisation von einzelnen Inkrementen maximal eine Energiedosis von 16'000 mWs/cm² erforderlich – gegebenenfalls weniger. Ausgehend von diesem Maximalwert ergeben sich in Abhängigkeit von der Lichtintensität des verwendeten Polymerisationsgerätes unterschiedliche Belichtungszeiten.

Total Energy Concept

$$\frac{\text{Erforderliche Energiedosis}}{\text{Lichtintensität}} = \text{Resultierende Belichtungszeit}$$

Beispiele

Erforderl. Energiedosis	16'000 mWs/cm ²	16'000 mWs/cm ²	16'000 mWs/cm ²
÷ Lichtintensität	÷ 400 mW/cm ²	÷ 800 mW/cm ²	÷ 1'600 mW/cm ²
= Res. Belichtungszeit	= 40 s	= 20 s	= 10 s

Für die Aushärtung moderner Composites wie Tetric EvoCeram Bulk Fill und Tetric EvoFlow Bulk Fill ist bereits eine Energiedosis von 10'000 mWs/cm² ausreichend. Entsprechend ergeben sich dadurch je nach verwendetem Polymerisationsgerät sehr kurze Belichtungszeiten, selbst bei Inkrementen mit bis zu 4 mm Schichtdicke:

Tetric EvoCeram® Bulk Fill und Tetric EvoFlow® Bulk Fill

Erforderl. Energiedosis	10'000 mWs/cm ²	10'000 mWs/cm ²	10'000 mWs/cm ²
÷ Lichtintensität	÷ 500 mW/cm ²	÷ 1'000 mW/cm ²	÷ 2'000 mW/cm ²
= Res. Belichtungszeit	= 20 s	= 10 s	= 5 s

Wärme als möglicher Nebeneffekt



Bedingt durch die hohen Lichtintensitäten moderner Hochleistungs-LEDs steigt die Energieabgabe, die während der Polymerisation auf die Restauration, aber auch auf die Zahnpulpa und/oder benachbartes Weichgewebe einwirken kann. Bei jeder Polymerisation wird sowohl infolge der Bestrahlungsenergie als auch aufgrund der exothermen Reaktion Wärme erzeugt. Dabei gilt: Je höher die Intensität des Lichtgerätes desto höher die abgegebene Energie beziehungsweise die empfundene Wärme (und desto kürzer die erforderliche Belichtungszeit).

Zur Vermeidung etwaiger Schäden an Pulpa oder Weichgewebe muss ein Polymerisationsgerät daher jederzeit mit Bedacht und klinischem Verstand eingesetzt werden. Ist eine herstellereitig garantierte Lichtintensität sowie eine korrekte Positionierung des Lichtleiters gegeben, sollte die vorgegebene Polymerisationszeit nicht verlängert und so ein exzessiver Temperaturanstieg vermieden werden [36,42-45,46-53].

Folgende Massnahmen unterstützen dabei, einer möglichen Wärmeentwicklung entgegenzuwirken:

- ➔ Korrekte, fixierte Positionierung des Lichtleiters direkt über der Restauration
- ➔ Einhaltung der vom Hersteller angegebenen Belichtungszeiten
- ➔ Luftstrahl unmittelbar vor, während und nach der Behandlung auf den Zahn
- ➔ Wahl einer niedrigeren Lichtintensität bei verlängerter Belichtungsdauer

Nach vorherrschender Meinung sollte die Temperatur der Pulpa nicht um mehr als 5,5 °C ansteigen [46]. Hersteller sollten in der Lage sein, entsprechende Daten zu ihren Produkten vorzulegen.



Gibt es Daten über die bei der Polymerisation entstehende Wärmeentwicklung?

Lichtmessung

Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser



Für den klinischen Langzeiterfolg von direkten und indirekten Restaurationen ist eine ausreichende Polymerisation der Dentalmaterialien von entscheidender Bedeutung. In diesem Zusammenhang hat die Bestrahlungsstärke (= Lichtintensität) des verwendeten Lichtgerätes einen wesentlichen Einfluss auf den Erfolg des Behandlungsergebnisses. Um den geforderten Mindestwert der Bestrahlungsstärke regelmässig und zuverlässig kontrollieren zu können, empfiehlt sich die Verwendung eines geeigneten Prüfmittels, zum Beispiel eines Radiometers.

Die physikalische Einheit der Lichtintensität wird als Quotient aus der abgegebenen Lichtleistung in Milliwatt und der Fläche des aktiven Lichtaustrittsfensters in Quadratzentimeter berechnet:

$$\frac{\text{Leistung [mW]}}{\text{Fläche [cm}^2\text{]}} = \text{Lichtintensität [mW/cm}^2\text{]}$$

Zur Bestimmung der Lichtintensität bzw. der Bestrahlungsstärke existieren unterschiedliche Messmethoden. Die Ulbrichtkugel ist ein sehr teures und damit für den Praxisalltag ungeeignetes, aber das einzig anerkannte physikalische Messgerät für die exakte Bestimmung der absoluten Lichtintensität.

Somit stellt sie den Goldstandard für die Lichtmessung von Polymerisationsgeräten dar und bei regelmässiger Kalibrierung wird eine Messgenauigkeit von $\pm 5\%$ erzielt.

Mit herkömmlichen Radiometern ist es jedoch nicht möglich, die Lichtintensität präzise zu messen. Diese Geräte können nicht kalibriert werden und liefern nur ungenaue Näherungswerte. Folglich sind sie lediglich zur relativen, aber nicht zur absoluten Lichtmessung verwendbar. Radiometer dienen in erster Linie einer regelmässigen Überprüfung der konstanten Lichtintensität, so dass Anwender im Falle eines plötzlichen Werteabfalls rechtzeitig reagieren können.

Das neue Bluephase Meter II ist als einziges Radiometer in der Lage, die Lichtintensität uneingeschränkt von allen derzeit auf dem Markt erhältlichen Polymerisationsgeräten (Halogen-, Plasma-, Laser-, LED-Technik) gleichermassen exakt zu überprüfen. Die bei Radiometern bis dato unerreichte hohe Messgenauigkeit beträgt $\pm 10\%$ im Vergleich zur Ulbrichtkugel. Damit stellt das Gerät eine ernsthafte und gleichzeitig kostengünstige Alternative für die zahnärztliche Nutzung in der Praxis dar.



Bietet der Hersteller des Polymerisationsgerätes ein Radiometer zur Kontrolle der Lichtintensität an?

Rund um den Lichtleiter

Wege der Lichtübertragung



Wird gänzlich auf einen Lichtleiter verzichtet und die LED stattdessen direkt vorne am Lichtaustrittsfenster angebracht, kann bei deutlichem Abstand zum bestrahlten Material ein erheblicher Streuverlust des Lichts auftreten. Im Praxisalltag, zum Beispiel bei tiefen Kavitäten oder bei schwer zugänglichen Approximalflächen, ist allerdings ein grösserer Abstand zum Material oft nicht zu vermeiden. In solchen Fällen müssen die Belichtungszeiten entsprechend verlängert werden.

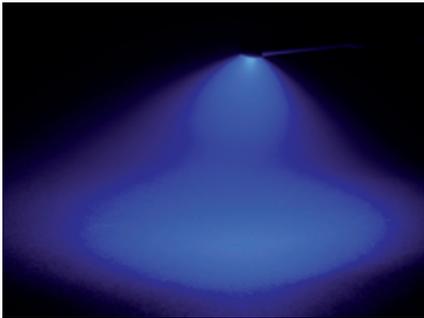
Zur Reduzierung von Streuverlusten haben sich insbesondere Faserstäbe bewährt. Diese Faserstäbe bestehen aus vielen einzelnen Glasfasern, welche in ein Schutzglas mit genau definierten Lichttransmissionen eingebettet sind. Als vorteilhaft erweisen sich parallelwandige (Standard-) Lichtleiter, die sich im Vergleich zu den sich verjüngenden Turbolichtleitern durch eine besonders gute Abstrahlcharakteristik auszeichnen. Erst bei einem Abstand von mehr als 8 bis 9 mm halbiert sich die zur Verfügung stehende Energie, so dass die Belichtungszeit gemäss Total Energy Concept verdoppelt werden müsste.

Neben den optischen Eigenschaften sollten bei einem Lichtleiter noch weitere Parameter beachtet werden, die für Kliniker im Praxisalltag wichtig sind [9,25,54-58,59,60]. Um einen besseren Zugang zu allen Zahnflächen zu erhalten, ohne dass eine extreme Mundöffnung erfolgen muss, empfiehlt sich beispielsweise ein an der Spitze verkürzter Lichtleiter. Dieser ermöglicht auch bei Kindern eine angenehmere Behandlung. Vorteilhaft ist ebenfalls ein weiter Durchmesser des Lichtleiters (zirka 10 mm), damit beispielsweise grossflächige Kavitäten und MOD-Füllungen komplett ausgeleuchtet werden können und zeitintensive Mehrfachbelichtungen überflüssig werden. Für höchste Hygienestandards sollte der Lichtleiter idealerweise aus dem Handstück entfernen- und autoklavierbar sein [61].

Belichtungszeit in einem Abstand von...

LED vorn

... zirka 2 bis 4 mm verdoppeln



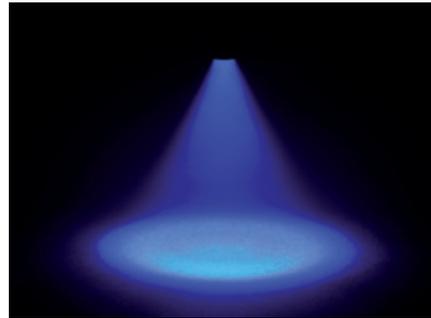
Turbolichtleiter

... zirka 5 bis 6 mm verdoppeln



Standardlichtleiter

... zirka 8 bis 9 mm verdoppeln



Wird ein parallelwandiger, autoklavierbarer Glasfaserlichtleiter verwendet? Ist der Lichtleiter idealerweise 10 mm im Durchmesser und an der Spitze verkürzt, so dass alle Stellen im Mund mühelos erreicht und komplett ausgeleuchtet werden können?

Moderne Akkus

leben länger

Ohne Strom geht es nicht

Dank des geringen Stromverbrauchs können LED-Polymerisationsgeräte effizient und kabellos mit Akkus betrieben werden. Als Standard ist die Lithium-Technologie anzusehen, die bereits auf breiter Basis und beispielsweise für Mobiltelefone milliardenfach eingesetzt wird. Lithium-Ionen- sowie Lithium-Polymer-Akkus sind leicht und klein, haben bei geringer Selbstentladung eine lange Lebensdauer und sind schnell wieder aufladbar. Mehr als 500 Ladezyklen sind möglich – bei Teilladungen sogar deutlich mehr. Spezielle Schutzschaltungen sorgen für einen hohen Sicherheitsstandard.

Die Ladeelektronik dieser Akkus stellt sicher, dass kein Memory-Effekt auftritt. Dieses Phänomen führt bei heute als überholt geltenden Nickel-Metallhydrid- beziehungsweise Nickel-Cadmium-Akkus dazu, dass bei einer Aufladung vor vollständiger Entladung die Kapazität frühzeitig und für den Rest der Lebensdauer sinkt. Hingegen müssen die in hochwertigen LED-Geräten eingesetzten Lithium-Polymer-/Lithium-Ionen-Akkus nicht vollständig entleert werden. Häufiges Nachladen erhöht die Lebensdauer sogar deutlich. Daher ist es ratsam, das Lichtgerät nach jedem Einsatz zurück in die Ladestation zu stellen.

Generell sollte mit einem Polymerisationsgerät aber auch ohne zwischenzeitliches Laden ein permanenter Betrieb von mindestens 20 Minuten möglich sein. Somit steht für einen kompletten Arbeitstag in der Praxis jederzeit ausreichend Batteriekapazität zur Verfügung und es bleibt stets genügend Leistungsreserve in einer Sitzung für die Befestigung von umfangreichen direkten und indirekten Restaurationen. In modernen Geräten kündigt ein akustisches und/oder visuelles Warnzeichen frühzeitig die bevorstehende Abschaltung an.

Denn nichts ist unangenehmer, als dass die Behandlung eines Patienten und damit der gesamte Praxisablauf unterbrochen werden muss, nur weil gerade der Akku leer ist.

Deshalb stellt sich die Frage nach einem Notbetrieb. Hat das Behandlungsteam keine Zeit zum Aufladen des Akkus, möchte aber das Lichtgerät augenblicklich verwenden, bestehen prinzipiell zwei Möglichkeiten. Zum einen erfolgt die Mitlieferung eines – auch zu finanzierenden – Ersatzakkus. Dieser sollte jederzeit auffindbar und geladen sein. Zum anderen besitzen innovative Polymerisationsgeräte die Möglichkeit, das Handstück an das Netzkabel der Ladestation anzuschließen. Auf Wunsch des Behandelnden kann somit jederzeit gänzlich unabhängig vom Akku gearbeitet werden.

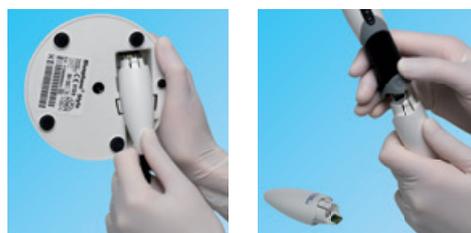


Abb.: Click & Cure, netzbetriebener Notbetrieb.



Ist die Kapazität des eingesetzten Akkus – sprich die Funktionsdauer – im geladenen Zustand ausreichend? Kann unabhängig vom möglicherweise entladenen Akku gearbeitet werden (Kabelbetrieb)?



Die richtige Akku-Pflege

Als kleine chemische Kraftwerke machen wiederaufladbare Akkus einen sorgsameren Umgang erforderlich. Für einen möglichst langen und reibungslosen Gebrauch sind nachfolgend einige hilfreiche Tipps aufgeführt.

Um eine irreparable Tiefentladung zu vermeiden, sind bei längerem Nichtgebrauch Nickel-Metallhydrid-Akkus nach spätestens 3 Monaten und Lithium-Polymer-Akkus sowie Lithium-Ionen-Akkus nach spätestens 6 Monaten wieder aufzuladen.

Nickel-Metallhydrid-Akkus müssen vor der vollständigen Aufladung komplett entladen werden. Lithium-Polymer- und Lithium-Ionen-Akkus hingegen können jederzeit entladen und wieder aufgeladen werden. Für eine verlängerte Lebensdauer wird sogar ausdrücklich empfohlen, das Gerät nach jeder Anwendung wieder in das Ladegerät zu stellen.

Damit jederzeit eine gute Leit- und somit Ladefähigkeit gegeben ist, müssen freiliegende Akkukontakte sauber und frei von Verunreinigungen wie Staub oder Comositerückständen sein. Die elektrischen Kontakte aus Metall sollten daher regelmässig und gründlich gereinigt werden – zum Beispiel mit einem durch Alkohol benetzten Tuch oder Wattestäbchen.



Abb.: Der Akku sollte schnell und einfach entnehmbar sein.

Diese Wartungsmassnahmen erübrigen sich, wenn eine induktive Ladetechnik beim verwendeten Lichtgerät zum Einsatz kommt. Dank kontaktloser Energieübertragung müssen keine freiliegenden oder schwer zugängliche Kontakte gereinigt werden. Mit einer normalen Wischdesinfektion ist somit stets eine optimale und zuverlässige Stromversorgung gewährleistet.

Zudem altert jede Art von Akku. Mit zunehmendem Alter ist auch ein Verlust der Kapazität zu erwarten. Nach 3 Jahren Gebrauch verlieren Lithium-Polymer- und Lithium-Ionen-Akkus typischerweise etwa 30 Prozent ihrer anfänglichen Kapazität. Das bedeutet, dass der voll geladene Akku anstatt der anfänglich vollen Funktionsdauer deutlich weniger lange benutzt werden kann. Entsprechend empfiehlt sich der Kauf eines Ersatzakkus.

Ergonomie und Design



Design folgt Funktion

Über Geschmack lässt sich bekanntlich streiten – über gutes Design nicht. Dies gilt auch für das äussere Erscheinungsbild und die Ergonomie eines Polymerisationsgerätes. Idealerweise ist es an die Bedürfnisse des Zahnarztes angepasst und somit hinsichtlich des klinischen Handlings sowie der Arbeitsbelastung optimiert.

So sollte das Handstück ein möglichst geringes, ausbalanciertes Gewicht aufweisen und jederzeit griffig in der Hand liegen. Speziell bei umfangreichen Restaurationen wird dadurch die Belastung von Arm und Hand minimiert. Ein kabelloses Design ermöglicht zudem Behandlungen mit ultimativer Bewegungsfreiheit. Sowohl Zahnarzt als auch Patient werden nicht durch ein störendes Netzkabel beeinträchtigt.

Mittlerweile hat sich die Stift- beziehungsweise Stabform als Gehäusestandard etabliert. Allerdings zeigen sich Unterschiede in der Verarbeitungsqualität und bei der Materialwahl. Vorteilhaft sind Lichtgeräte, die der Anatomie der menschlichen Hand nachempfunden sind und deren Oberflächen sich nicht unangenehm metallisch kalt oder hart anfühlen.

Auch bei der Bedienung offenbart sich, ob die Ergonomie und das Design eines Polymerisationsgerätes stimmig sind. Eine einfache und intuitive Einhandbedienung zur Verstellung der Belichtungszeit oder zum Start des Belichtungsvorgangs gewährleistet einen zügigen und sicheren Arbeitsablauf. Eine kurze Abwinkelung des Lichtleiters sorgt im Zusammenspiel mit der geringen Bauhöhe des Handstücks für einen idealen Zugang zum Restorationsbereich in der Mundhöhle.

Von klinischer Relevanz ist zudem, wie hygienefähig das Design eines Lichtgerätes gestaltet ist. Rückstände durch Kontamination oder von Desinfektionsmitteln müssen vermieden werden. Hierfür sind möglichst fugenlose Gehäuse prädestiniert sowie Materialoberflächen, die eine schnelle, einfache und rückstandsfreie Reinigung zulassen.

Zusammenfassend empfiehlt sich, das neue Polymerisationsgerät vor dem Kauf testweise für eine gewisse Zeit auszuprobieren. So kann sichergestellt werden, dass alle Anforderungen an Design und Ergonomie erfüllt sind.



Ist die Bedienung einfach, intuitiv und ohne grosse Anstrengung möglich? Wurde bei Design und Ergonomie auf die menschliche Anatomie und auf Hygieneaspekte Wert gelegt? Bietet der Hersteller eine unverbindliche und tageweise Probe vor dem Kauf an?



Qualität

vs. Kosten

Qualität hat ihren Preis

Betrachtet man die grosse Angebotspalette von Lichtpolymerisationsgeräten so fällt auf, dass neben bekannten und bewährten Markenprodukten auch bedenklich preisgünstige Lichtgeräte erworben werden können. Werden solche Produkte in der Zahnarztpraxis angewandt, setzen sich sowohl Anwender als auch Patient einem unkalkulierbar hohen Risiko aus.

Ursächlich dafür sind neben der fehlenden Fachberatung vor allem die nicht erfüllten Mindestqualitäts- und Sicherheitsstandards. Daher warnte zum Beispiel die englische Gesundheitsbehörde MHRA vor dem Einsatz von ungeprüften, beziehungsweise gefälschten Lichtgeräten. Die Behörde verschickte einen offiziellen Warnbrief und empfahl eine sofortige Entsorgung zum Schutz von Patienten und Anwendern [75]. Auch bekannte Meinungsbildner und Fachmagazine der Zahnmedizin verweisen immer öfter auf die Wichtigkeit dieser Thematik [76].

Doch ein branchenüblicher Anschaffungspreis allein ist keine Garantie für eine hohe Produktqualität. Bereits während der Entwicklungsphase sind die Hersteller von Polymerisationsgeräten verpflichtet, alle Qualitätsrichtlinien und nationalen Gesetzgebungen der Länder zu erfüllen, in die anschliessend verkauft wird. Allerdings zeigt die Erfahrung, dass beispielsweise eine reine CE-Kennzeichnung keinen ausreichenden Verbraucherschutz bietet. Für höchste Qualitätsansprüche sollten bei jedem Neuprodukt die Produktsicherheit sowie die streng reglementierte Einstufung als Medizinprodukt durch eine unabhängige, staatliche Stelle wie dem TÜV überprüft



und bestätigt werden. Dies ist unter anderem an den vier Ziffern nach dem CE-Zeichen sowie an dem bekannten TÜV-Siegel erkennbar.

Eine garantierte Lichtintensität ist aus Sicht des Kliniklers sicherlich das wichtigste Qualitätsmerkmal beim Erwerb eines Polymerisationsgerätes. Um diese sicherzustellen, muss die Lichtleistung vor der Auslieferung an den Handel genauestens überprüft und kalibriert werden. Dazu sollten vom Hersteller bei der Endmontage jedes einzelnen Lichtgerätes umfangreiche Funktionschecks mit hochpräzisem Prüf- und Mess-equipment erfolgen. Nur mit diesen Massnahmen ist eine korrekte Funktionsweise im Praxisalltag gewährleistet.

Weitere wichtige Qualitätskriterien sind die Langlebigkeit der Produktbestandteile bei täglicher Verwendung, die Ersatzteilverfügbarkeit sowie die vom Hersteller angebotenen Service- und Garantieleistungen.



Ist das Polymerisationsgerät mit „CE 0123“ als Medizinprodukt gekennzeichnet und mit weiteren Qualitätssiegeln versehen? Wird die Lichtintensität seitens Hersteller garantiert? Wie sind die Service- und Garantieleistungen?

Checkliste

Entscheidende Kriterien beim Kauf eines neuen LED-Polymerisationsgerätes

Anforderung	Bluephase® Style
Hat das LED-Gerät ein blau-violettes Breitband-Lichtwellenspektrum?	Ja, dank der eigens entwickelten Polywave® LED (385–515 nm)
Ist eine komplette Auflistung der inkompatiblen Materialien erhältlich?	Die Polywave® LED ist universell für alle Dentalmaterialien einsetzbar
Beträgt die Lichtintensität (mindestens) 1'000 mW/cm ² ?	Ja, vom Hersteller garantiert
Gibt es ein Radiometer zur Überprüfung der Lichtintensität?	Ja, Bluephase® Meter II
Ist die Mindestlichtintensität in der Gebrauchsinformation klar definiert, zum Beispiel durch Angabe der Toleranzwerte?	Ja, 1'100 mW/cm ² ± 10%
Gibt es Daten über die entstehende Wärmeentwicklung bei der Polymerisation?	Ja, in der separat erhältlichen Wissenschaftlichen Dokumentation
Wird ein parallelwandiger Lichtleiter verwendet, der aus vielen einzelnen Glasfasern besteht?	Ja, ein verkürzter 10 mm Lichtleiter
Besitzt das Lichtgerät einen Lithium-Akku?	Ja, Lithium-Polymer-Akku
Ist die Kapazität des eingesetzten Akkus – sprich die Funktionsdauer im geladenen Zustand – ausreichend für einen Praxistag?	Ja, 20 Minuten Gesamtkapazität
Lassen sich Akku sowie Ladestation leicht und rückstandsfrei reinigen?	Ja, dank induktiver Ladetechnik
Kann auch unabhängig vom möglicherweise entladenen Akku gearbeitet werden (Kabelbetrieb)?	Ja, dank Click & Cure-Funktion
Ist die Handhabung des Lichtgerätes schnell und einfach?	Ja, sofortige Betriebsbereitschaft bei Berührung und intuitive Zwei-Knopf-Bedienung
Ist ein geräuschloser, unlimitierter Dauerbetrieb möglich?	Ja, dank Dauerkühlung ohne Ventilator
Wurden beim Design Ergonomie und Hygieneaspekte berücksichtigt?	Ja, das Design wurde bereits vielfach prämiert
Kann das Lichtgerät zur Prüfung der Ergonomie tageweise ausgeliehen werden?	Ja
Ist das Lichtgerät als Medizinprodukt klassifiziert und unabhängig auf Sicherheit geprüft?	Ja
Werden herstellereitig Garantieleistungen angeboten?	Ja, 3 Jahre Garantie auf das Lichtgerät sowie 1 Jahr Garantie auf den Akku

Bluephase® Style

Das Polymerisationsgerät

Die kleinste LED für jeden Einsatz

Jedes Material dank Polywave® LED

Wahre Innovation zeigt sich in der Praxis. Bestes Beispiel hierfür ist Bluephase Style mit der eigens entwickelten Polywave® LED, die aktuell alle Photoinitiatoren und Dentalmaterialien aushärtet.

Klein und ergonomisch passt Bluephase Style optimal in jede Frauen- und Männerhand. Das leichte und ausbalancierte LED-Polymerisationsgerät verringert somit die Belastung von Hand und Arm, unabhängig von der Handgröße. Dank des verkürzten, um 360 Grad drehbaren Lichtleiters lassen sich alle Zahnflächen ohne extreme Mundöffnung erreichen.

Die Fähigkeit, sämtliche Dentalmaterialien auszuhärten, hängt vom erzeugten Licht ab. Im Gegensatz zu LED-Geräten der 2. Generation erzielt die Polywave LED – genau wie das Vorbild Halogengerät – das Optimum in Sachen Breitbandspektrum im Bereich von 385 bis 515 Nanometer. Somit ist Bluephase Style aktuell uneingeschränkt bei allen Photoinitiatoren und Dentalmaterialien anwendbar.



Jede Indikation dank Dauerkühlung

Jederzeit bereit dank Click & Cure



Dank der besonders energieeffizienten LED entsteht bei gleicher Lichtleistung weniger Wärme. Deshalb konnte auf einen Ventilator verzichtet werden. Nichts behindert die Arbeit – auch nicht im Dauereinsatz bei umfangreichen indirekten Restaurationen.

Mit der bewährten Click & Cure-Funktion können unangenehme Wartezeiten durch den eventuell entladenen Akku vermieden werden. Mit nur einem Klick kann das Handstück an das Netzkabel der Ladestation angeschlossen werden.



Kurzanleitung für optimales Lichthärten

Konsensus des Symposiums zur Lichthärtung in der Zahnmedizin 2014
(Dalhousie-Universität in Halifax, Kanada)

Vor dem Lichthärten sollte folgendes berücksichtigt werden:

- ➔ Prüfen Sie regelmässig die Lichtleistung des Polymerisationsgerätes und zeichnen Sie das Ergebnis auf. Verwenden Sie hierfür immer dasselbe Messgerät und denselben Lichtleiter. Wenn die Angaben des Herstellers nicht erreicht werden, sollten Sie das Polymerisationsgerät reparieren lassen oder austauschen.
- ➔ Kontrollieren und reinigen Sie das Polymerisationsgerät vor der Verwendung, um sicherzustellen, dass die Einstellungen korrekt vorgenommen wurden und das Gerät keine Schadstellen oder Verunreinigungen aufweist.
- ➔ Bedenken Sie, dass für jedes lichthärtende Material eine gewisse Energiemenge bei einer bestimmten Wellenlänge erforderlich ist (Minimum), um zufriedenstellende Ergebnisse erreichen zu können. Genauso müssen aber auch minimale Lichthärtezeiten eingehalten werden.
- ➔ Beachten Sie die Lichthärtezeiten und Schichtstärkeangaben des Compositeherstellers, insbesondere wenn ein Polymerisationsgerät eines anderen Herstellers verwendet wird. Verlängern Sie die Lichthärtezeiten bei grossem Abstand (> 5 mm) und bei dunklen oder opaken Farben.
- ➔ Verwenden Sie einen Lichtleiter, der eine gleichmässige Verteilung der Lichtleistung über das Lichtaustrittsfenster aufweist und möglichst grosse Flächen der Füllung abdeckt. Jede Füllungsoberfläche sollte unabhängig voneinander lichtgehärtet werden. Ist das Lichtaustrittsfenster kleiner als die Füllung, muss überlappend ausgehärtet werden.
- ➔ Positionieren Sie das Lichtaustrittsfenster so nah wie möglich an das Composite, ohne es zu berühren, und richten Sie es auf das zu härtende Compositevolumen aus.
- ➔ Fixieren Sie das Lichtaustrittsfenster, damit das Polymerisationsgerät während der Lichthärtung über dem Compo-

site nicht verrutscht. Verwenden Sie geeignete Schutzbrillen oder -schilde, um die Augen zu schützen, während die Positionierung des Polymerisationsgerätes beobachtet und kontrolliert wird.



Vorsichtsmassnahmen:

- ➔ Vermeiden Sie alles, was zu einer verringerten Lichtausbeute am Composite führen könnte, zum Beispiel
 - den Lichtleiter im Abstand von mehreren Millimetern halten,
 - den Lichtleiter schräg zur Compositeoberfläche ausrichten oder
 - eine Verschmutzung beziehungsweise Beschädigung der lichtleitenden Elemente.
- ➔ Erschwert die klinische Situation den Lichtzutritt, sollten ergänzende Lichthärtungszyklen vorgenommen werden (zum Beispiel wenn Schatten durch Matrizenbänder, Zahnschmelze oder Füllungen auftreten).
- ➔ Bedenken Sie mögliche Hitzeschäden der Pulpa oder des Weichgewebes, wenn eine hohe Lichtleistung oder lange Lichthärtezeiten zur Anwendung kommen.
- ➔ Kühlen Sie den Zahn mit Luft, wenn lange Lichthärtezeiten oder Polymerisationsgeräte mit hoher Lichtleistung verwendet werden.
- ➔ Richten Sie niemals ein Polymerisationsgerät direkt in die Augen und vermeiden Sie es, in stark reflektiertes Licht zu sehen, sofern Sie nicht einen geeigneten (orange-farbenen) Augenschutz tragen.
- ➔ Das Sondieren der Oberflächenhärte des Composites mit einer zahnärztlichen Sonde erlaubt keinen Rückschluss auf eine ausreichende Durchhärtetiefe im Zahn.

Kleines Lexikon

der Lichtpolymerisation

Absorption Das Aufnehmen von (Licht-)Wellen oder Teilchen durch einen absorbierenden Stoff, z.B. einen Photoinitiator.

Abstrahlcharakteristik Winkelabhängige Lichtstärke einer Lichtquelle zur Beurteilung der Ausleuchtung von Flächen.

Akku Akkumulator oder wiederaufladbare Batterie.

Aushärtung Siehe Lichtpolymerisation.

Belichtungsdauer Benötigte Zeit bis zur vollständigen Aushärtung eines belichteten Dentalmaterials.

Bestrahlungsstärke Die Bestrahlungsstärke bzw. Strahlungsflussdichte – umgangssprachlich auch „Lichtintensität“ genannt – ist der Begriff für die gesamte Leistung der eingehenden elektromagnetischen Energie, die auf eine Oberfläche trifft, bezogen auf die Grösse der Fläche. Die Energie pro Fläche wird angegeben in Milliwatt [mW] pro Quadratcentimeter [cm²].

Emission Das Aussenden von elektromagnetischen Wellen durch eine Lichtquelle.

Energiedosis Gibt die über die gesamte Bestrahlungsdauer aufgenommene Energie an, bezogen auf die bestrahlte Fläche. Die Energiedosis wird angegeben in Milliwatt-Sekunde [mWs] pro Quadratcentimeter [cm²].

Exotherme Reaktion Als exotherm bezeichnet man eine chemische Reaktion, bei der Energie, z. B. in Form von Wärme, an die Umgebung abgegeben wird. Durch kurze Zufuhr einer bestimmten Aktivierungsenergie (z.B. Polymerisationslicht) wird die Reaktion in Gang gebracht und läuft ohne weitere Energiezufuhr selbständig ab.

Kapazität Die Kapazität eines Akkus entspricht seiner gespeicherten Ladungsmenge und bestimmt, wie lange ohne zwischenzeitliches Wiederaufladen belichtet werden kann.

LED Die lichtemittierende Diode, kurz LED, ist ein Halbleiter-Bauelement, das unter durchfliessendem Strom Licht in einem vordefinierten Wellenlängenbereich abstrahlt.

Lichtaustrittsfenster Bezeichnet die Austrittsfläche des Lichts am Ende eines Glasfaserlichtleiters oder die Fläche einer optischen Linse, die sich direkt vor einer LED befindet.

Lichtgerätegeneration Die ersten dentalen LED-Geräte (1. Generation) besaßen eine recht niedrige Strahlungsflussdichte von nur ca. 400 mW/cm². Später wurden dank einem Betrieb mit höheren Stromstärken auch Bestrahlungsintensitäten von 1.000 mW/cm² und mehr erreicht (2. Generation). Allerdings

war der Wellenlängenbereich dieser LED-Geräte auf 430 – 490 nm limitiert. In einem nächsten Entwicklungsschritt wurden die LED-Polymerisationsgeräte der 3. und damit neuesten Generation entwickelt. Sie unterscheiden sich durch ihr breites Emissionsspektrum von 385 bis 515 nm, das wie bei den Halogenlampen die universelle Aushärtung aller lichtpolymerisierbaren Dentalformulierungen erlaubt.

Lichtintensität Umgangssprachlich für Bestrahlungsstärke.

Lichtpolymerisation Die Aushärtung lichthärtbarer Composite-Systeme findet in Form einer radikalischen Polymerisation statt. Die ankommenden Photonen werden von einem Molekül (Photoinitiator) absorbiert, das durch die aufgenommene Energie angeregt wird. In diesem aktiven Zustand ermöglicht dieses Molekül in Gegenwart eines oder mehrerer Aktivatorradikale zu bilden, die die Polymerisationsreaktion auslösen. Solch ein Initiatorradikal, z.B. Campherchinon, kann nur Photonen bestimmter Wellenlängen absorbieren.

Lichttransmission Durchlässigkeit eines Mediums für die Übertragung von Lichtwellen.

Optik Umgangssprachlich für die Summe aller optischen Bauteile eines Lichtgerätes.

Photoinitiator Photoinitiatoren sind photoaktive Substanzen, die bei Belichtung mit bestimmten Lichtwellenlängen Radikale bilden und eine Polymerisation auslösen.

Radiometer Detektor zur Überprüfung der Bestrahlungsstärke.

Streuverlust Unter Streuung versteht man in der Physik allgemein die Ablenkung eines Objekts durch Wechselwirkung mit einem lokalen anderen Objekt, z.B. die Streuung von Licht an Atomen.

Ulbricht-Kugel Die Ulbricht-Kugel, benannt nach dem Ingenieur Richard Ulbricht, ist ein Bauelement der technischen Optik. Eingesetzt wird sie, um die Strahlung stark divergenter Quellen wie zum Beispiel von Lichtgeräten zu sammeln. Es handelt sich daher um die präziseste Methode zur Messung der Bestrahlungsstärke.

Wellenlänge Wellenlängen des Lichts werden in Nanometern (= 10⁻⁹ Meter) angegeben. Das menschliche Auge sieht Farben in einem Wellenlängenbereich von etwa 380 nm (Violett) bis 780 nm (Rot). Für die Lichtpolymerisation ist hingegen nur der violette bis blaue Bereich zwischen 385 – 515 nm relevant.

Literatur

Quellen

- [1] 2005-06 Survey of Dental Services Rendered. Chicago: American Dental Association; 2007. p. 1-181.
- [2] Price RBT, Felix CM, Whalen CM. Factors affecting the energy delivered to simulated class I and class V preparations. *J Can Dent Assoc* 2010;76:a94.
- [3] Barghi N, Berry T, Hatton C. Evaluating intensity output of curing lights in private dental offices. *J Am Dent Assoc* 1994;125:992-6.
- [4] Ernst CP, Busemann I, Kern T, Willershausen B. Feldtest zur Lichtemissionsleistung von Polymerisationsgeräten in zahnärztlichen Praxen. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 2006;61:466-71.
- [5] Mitton BA, Wilson NH. The use and maintenance of visible light activating units in general practice. *Br Dent J* 2001;191:82-6.
- [6] Santos GC, Jr., Santos MJ, El-Mowafy O, El-Badrawy W. Intensity of quartz-tungsten-halogen light polymerization units used in dental offices in Brazil. *Int J Prosthodont* 2005;18:434-5.
- [7] El-Mowafy O, El-Badrawy W, Lewis DW, Shokati B, Kermalli J, Soliman O, et al. Intensity of quartz-tungsten-halogen light-curing units used in private practice in Toronto. *J Am Dent Assoc* 2005;136:766-73; quiz 806-7.
- [8] Ferracane JL, Berge HX, Condon JR. In vitro aging of dental composites in water--effect of degree of conversion, filler volume, and filler/matrix coupling. *J Biomed Mater Res* 1998;42:465-72.
- [9] Calheiros FC, Daronch M, Rueggeberg FA, Braga RR. Degree of conversion and mechanical properties of a BisGMA:TEGDMA composite as a function of the applied radiant exposure. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2008;84:503-9.
- [10] Condon JR, Ferracane JL. In vitro wear of composite with varied cure, filler level, and filler treatment. *J Dent Res* 1997;76:1405-11.
- [11] Bhamra GS, Fleming GJ. Influence of halogen irradiance on short- and long-term wear resistance of resin-based composite materials. *Dent Mater* 2009;25:214-20.
- [12] Ferracane JL, Mitchem JC, Condon JR, Todd R. Wear and marginal breakdown of composites with various degrees of cure. *J Dent Res* 1997;76:1508-16.
- [13] Janda R, Roulet JF, Latta M, Kaminsky M, Ruttermann S. Effect of exponential polymerization on color stability of resin-based filling materials. *Dent Mater* 2007;23:696-704.
- [14] Brackett MG, Brackett WW, Browning WD, Rueggeberg FA. The effect of light curing source on the residual yellowing of resin composites. *Oper Dent* 2007;32:443-50.
- [15] Franz A, König F, Anglmayer M, Rausch-Fan X, Gille G, Rausch WD, et al. Cytotoxic effects of packable and nonpackable dental composites. *Dent Mater* 2003;19:382-92.
- [16] Sigusch BW, Volpel A, Braun I, Uhl A, Jandt KD. Influence of different light curing units on the cytotoxicity of various dental composites. *Dent Mater* 2007;23:1342-8.
- [17] Knezevic A, Zeljezic D, Kopjar N, Tarle Z. Cytotoxicity of composite materials polymerized with LED curing units. *Oper Dent* 2008;33:23-30.
- [18] Ergun G, Egilmez F, Cekic-Nagas I. The effect of light curing units and modes on cytotoxicity of resin-core systems. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2010;15:e962-8.
- [19] Durner J, Obermaier J, Draenert M, Ilie N. Correlation of the degree of conversion with the amount of elutable substances in nano-hybrid dental composites. *Dent Mater* 2012;28:1146-53.
- [20] Brambilla E, Gagliani M, Ionescu A, Fadini L, Garcia-Godoy F. The influence of light-curing time on the bacterial colonization of resin composite surfaces. *Dent Mater* 2009;25:1067-72.
- [21] Ak AT, Alpoz AR, Bayraktar O, Ertugrul F. Monomer release from resin based dental materials cured With LED and halogen lights. *Eur J Dent* 2010;4:34-40.
- [22] Kim SY, Lee IB, Cho BH, Son HH, Um CM. Curing effectiveness of a light emitting diode on dentin bonding agents. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2005.
- [23] Price RB, Ferracane J. Effect of energy delivered on the shear bond strength to dentin. *Canadian Journal of Restorative Dentistry and Prosthodontics* 2012;5:48-55.
- [24] Sunitha C, Kailasam V, Padmanabhan S, Chitharanjan AB. Bisphenol A release from an orthodontic adhesive and its correlation with the degree of conversion on varying light-curing tip distances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140:239-44.
- [25] Strydum C. Prerequisites for proper curing. *SADJ* 2005;60:254-5.
- [26] Rueggeberg FA, Cole MA, Looney SW, Vickers A, Swift EJ. Comparison of manufacturer-recommended exposure durations with those determined using biaxial flexure strength and scraped composite thickness among a variety of light-curing units. *J Esthet Restor Dent* 2009;21:43-61.
- [27] Fan PL, Schumacher RM, Azzolin K, Geary R, Eichmiller FC. Curing-light intensity and depth of cure of resin-based composites tested according to international standards. *J Am Dent Assoc* 2002;133:429-34; quiz 91-3.
- [28] Rueggeberg FA. State-of-the-art: dental photocuring - a review. *Dent Mater* 2011;27:39-52.
- [29] Shortall AC. How light source and product shade influence cure depth for a contemporary composite. *J Oral Rehabil* 2005;32:906-11.

- [30] Shortall AC, Palin WM, Burtscher P. Refractive index mismatch and monomer reactivity influence composite curing depth. *J Dent Res* 2008;87:84-8.
- [31] Dos Santos GB, Alto RV, Filho HR, da Silva EM, Fellows CE. Light transmission on dental resin composites. *Dent Mater* 2008;24:571-76.
- [32] Price RB, Felix CA. Effect of delivering light in specific narrow bandwidths from 394 to 515 nm on the micro-hardness of resin composites. *Dent Mater* 2009;25:899-908.
- [33] Price RB, Fahey J, Felix CM. Knoop hardness of five composites cured with single-peak and polywave LED curing lights. *Quintessence Int* 2010;41:e181-91.
- [34] Atterthwaite JD, Vogel K, Watts DC. Effect of resin-composite filler particle size and shape on shrinkage-strain. *Dent Mater* 2009;25:1612-5.
- [35] Palin WM, Senyilmaz DP, Marquis PM, Shortall AC. Cure width potential for MOD resin composite molar restorations. *Dent Mater* 2008;24:1083-94.
- [36] Leprince J, Devaux J, Mullier T, Vreven J, Leloup G. Pulpal-temperature rise and polymerization efficiency of LED curing lights. *Oper Dent* 2010;35:220-30.
- [37] Hadis M, Leprince JG, Shortall AC, Devaux J, Leloup G, Palin WM. High irradiance curing and anomalies of exposure reciprocity law in resin-based materials. *J Dent* 2011;39:549-57.
- [38] SmarLite maX Curing Card. Form #544161 ed. Milford, DE. Dentsply International Inc.; 2010.
- [39] Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW, Jr. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent* 1994;19:26-32.
- [40] Barghi N, Fischer DE, Pham T. Revisiting the intensity output of curing lights in private dental offices. *Compend Contin Educ Dent* 2007;28:380-4; quiz 85-6.
- [41] Al Shaafi M, Maawadh A, Al Qahtani M. Evaluation of light intensity output of QTH and LED curing devices in various governmental health institutions. *Oper Dent* 2011;36:356-61.
- [42] Santini A, Watterson C, Miletic V. Temperature rise within the pulp chamber during composite resin polymerisation using three different light sources. *Open Dent J* 2008;2:137-41.
- [43] Bagis B, Bagis Y, Ertas E, Ustaomer S. Comparison of the heat generation of light curing units. *J Contemp Dent Pract* 2008;9:65-72.
- [44] Bouillaquet S, Caillot G, Forchelet J, Cattani-Lorente M, Wataha JC, Krejci I. Thermal risks from LED- and high-intensity QTH-curing units during polymerization of dental resins. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2005;72:260-7.
- [45] Stewardson DA, Shortall AC, Harrington E, Lumley PJ. Thermal changes and cure depths associated with a high intensity light activation unit. *J Dent* 2004;32:643-51.
- [46] Baroudi K, Silikas N, Watts DC. In vitro pulp chamber temperature rise from irradiation and exotherm of flowable composites. *Int J Paediatr Dent* 2009;19:48-54.
- [47] Oberholzer TG, Makofane ME, du Preez IC, George R. Modern high powered led curing lights and their effect on pulp chamber temperature of bulk and incrementally cured composite resin. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2012;20:50-5.
- [48] Onisor I, Asmussen E, Krejci I. Temperature rise during photo-polymerization for onlay luting. *Am J Dent* 2011;24:250-6.
- [49] Pereira Da Silva A, Alves Da Cunha L, Pagani C, De Mello Rode S. Temperature rise during adhesive and composite polymerization with different light-curing sources. *Minerva Stomatol* 2010;59:253-8.
- [50] Malkoc S, Uysal T, Usumez S, Isman E, Baysal A. In-vitro assessment of temperature rise in the pulp during orthodontic bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:379-83.
- [51] Matalon S, Slutzky H, Wassersprung N, Goldberg-Slutzky I, Ben-Amar A. Temperature rises beneath resin composite restorations during curing. *Am J Dent* 2010;23:223-6.
- [52] Asmussen E, Peutzfeldt A. Temperature rise induced by some light emitting diode and quartz-tungsten-halogen curing units. *Eur J Oral Sci* 2005;113:96-8.
- [53] Hadis M, Leprince JG, Shortall AC, Devaux J, Leloup G, Palin WM. High irradiance curing and anomalies of exposure reciprocity law in resin-based materials. *J Dent* 2011;39:549-57.
- [54] Ilie N, Jelen E, Hickel R. Is the soft-start polymerisation concept still relevant for modern curing units? *Clin Oral Investig* 2011;15:21-9.
- [55] Price RB, Dérand T, Sedarous M, Andreou P, Loney RW. Effect of distance on the power density from two light guides. *J Esthet Dent* 2000;12:320-7.
- [56] Price RB, Rueggeberg FA, Labrie D, Felix CM. Irradiance uniformity and distribution from dental light curing units. *J Esthet Restor Dent* 2010;22:86-101.
- [57] Corciolani G, Vichi A, Davidson CL, Ferrari M. The influence of tip geometry and distance on light-curing efficacy. *Oper Dent* 2008;33:325-31.
- [58] Vandewalle KS, Roberts HW, Rueggeberg FA. Power distribution across the face of different light guides and its effect on composite surface microhardness. *J Esthet Restor Dent* 2008;20:108-17; discussion 18.
- [59] Aravamudhan K, Rakowski D, Fan PL. Variation of depth of cure and intensity with distance using LED curing lights. *Dent Mater* 2006;22:988-94.
- [60] Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Felix CM. Irradiance differences in the violet (405 nm) and Blue (460 nm) spectral ranges among dental light-curing units. *J Esthet Restor Dent* 2010;22:363-77.
- [61] Certosimo FJ, Diefenderfer KE, Mosur MA. Light output of disposable vs. nondisposable curing light tips following high-level disinfection. *Gen Dent* 2003;51:142-6.
- [62] Roberts HW, Vandewalle KS, Berzins DW, Charlton DG. Accuracy of LED and halogen radiometers using different light sources. *J Esthet Restor Dent* 2006;18:214-22; discussion 23-4.
- [63] Leonard DL, Charlton DG, Hilton TJ. Effect of curing-tip diameter on the accuracy of dental radiometers. *Oper Dent* 1999;24:31-7.
- [64] Shortall AC, Harrington E, Wilson HJ. Light curing unit effectiveness assessed by dental radiometers. *J Dent* 1995;23:227-32.
- [65] Busemann I, Schattenberg A, Willershausen B, Ernst CP. Accuracy of Hand-held Dental Radiometers for the Determination of Power Output of Curing Devices. *Das Deutsche Zahnärzteblatt* 2008;117:476-82.
- [66] Price RB, Labrie D, Kazmi S, Fahey J, Felix CM. Intra- and inter-brand accuracy of four dental radiometers. *Clin Oral Investig* 2012;16:707-17.
- [67] Price RB. Light energy matters. *J Can Dent Assoc* 2010;76:a63.
- [68] Bernardo M, Luis H, Martin MD, Leroux BG, Rue T, Leitaio J, et al. Survival and reasons for failure of amalgam versus composite posterior restorations placed in a randomized clinical trial. *J Am Dent Assoc* 2007;138:775-83.
- [69] Seth S, Lee CJ, Ayer CD. Effect of instruction on dental students' ability to light-cure a simulated restoration. *J Can Dent Assoc* 2012;78:c123.
- [70] Ivoclar Vivadent AG. Report aus der Forschung und Entwicklung der Ivoclar Vivdent AG, Ivocerin® - Ein Meilenstein der Composite-Technologie, Nr. 19, 2013
- [71] J.-P. Fouassier. Photoinitiation, Photopolymerization and Photocuring – Fundamentals and application. Hanser Publishers, München etc. 1995; 8ff
- [72] Ivoclar Vivadent AG. Wissenschaftliche Dokumentation Variolink Esthetic, 2014
- [73] Ivoclar Vivadent AG. Wissenschaftliche Dokumentation Heliioseal, 2011
- [74] Koran P, Kürschner R. Effect of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization; *Am J Dent* 1998;10:22-17
- [75] Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency. Fake and unapproved dental curing lights sold online - MHRA warns dentists. Press Release 2013
- [76] Clinicians Report. Should you next curing light be an online bargain? Issue 11/2013



Direkte Füllungstherapie

Bluephase® Style ist ein Produkt aus der Kategorie „Direkte Füllungstherapie“. Produkte aus dieser Kategorie decken den Ablauf der direkten Füllungstherapie ab – von der Vorbereitung bis zur Pflege der Restauration. Die Produkte sind optimal aufeinander abgestimmt und ermöglichen eine erfolgreiche Verarbeitung und Anwendung.



DIES SIND WEITERE PRODUKTE AUS DIESER KATEGORIE:

Tetric EvoCeram® Bulk Fill & Tetric EvoFlow® Bulk Fill

High-Performance-Seitenzahn-Composite



Das effiziente Seitenzahn-Composite

- Bis zu 4 mm Schichtstärke dank dem hochreaktiven Lichtinitiator Ivocerin®
- Dentin- oder schmelzähnlicher Volumenersatz
- 10 Sek. ($\geq 1'000 \text{ mW/cm}^2$)
- 47 % Zeitersparnis im Vergleich zur konventionellen Technik*

* Im Vergleich zu Tetric EvoFlow® und Tetric EvoCeram®. Daten auf Anfrage erhältlich.

Adhese® Universal

Das universelle Adhäsiv



Universelles Bonden in einzigartiger Form

- Effiziente Dosierung – ca. 190 Einzelzahn-Anwendungen pro VivaPen®
- Universelle Anwendungen – für direkte und indirekte Restaurationen und alle Ätztechniken
- Überzeugende Ergebnisse – hohe Haftkraft auf Dentin und Schmelz

Sie wollen mehr über Produkte aus der Kategorie „Direkte Füllungstherapie“ wissen? Wenden Sie sich an Ihren Ansprechpartner von Ivoclar Vivadent oder informieren Sie sich auf: www.ivoclarvivadent.com

Hersteller und Vertrieb
Ivoclar Vivadent AG
 Bendererstr. 2
 9494 Schaan
 Liechtenstein
 Tel. +423 235 35 35
 Fax +423 235 33 60
www.ivoclarvivadent.com

Vertrieb Deutschland
Ivoclar Vivadent GmbH
 Dr. Adolf-Schneider-Str. 2
 D-73479 Ellwangen, Jagst
 Tel. +49 7961 889 0
 Fax +49 7961 6326
info@ivoclarvivadent.de
www.ivoclarvivadent.de

Darstellungen und Angaben enthalten keine Zusicherung von Eigenschaften.
 Gedruckt in Deutschland.
 © Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein

680670/2015-06-10/DE/Rev.0

ivoclar
vivadent
 passion vision innovation