

# Lichtpolymerisation

## Die wichtigsten Parameter

Der Lichthärtung von zahnärztlichen Materialien als essentiellen Bestandteil der rekonstruktiven Arbeit am Patienten wird leider nicht immer die volle Aufmerksamkeit geschenkt. Obwohl die Oberfläche lichthärtender Komposite schon nach kurzer Belichtung hart erscheint, sind die optimal möglichen physikalischen Werte noch nicht erreicht.

Lichthärtende Kompositfüllungsmaterialien vernetzen zu Polymeren, wenn Radikale die Doppelbindungen an den Monomeren aktivieren. Die dazu benötigten Radikale werden durch lichtempfindliche Initiatoren, den Photoinitiatoren, nach Bestrahlung durch bestimmte Wellenlängen gebildet. Zu den Absorptionsspektren der Photoinitiatoren müssen also die Emissionsspektren der Lichtgeräte passen (Abb. 1).

### Lichtleistung, Lichtintensität und Bestrahlungsstärke

Zum besseren Verständnis der Lichthärtung müssen drei Begriffe unterschieden werden (Abb. 2):

- Die Lichtleistung der Lichtquelle: Die Energiemenge, die pro Zeitspanne von einer Lichtquelle erzeugt wird, angegeben in W (Watt).
- Die Lichtintensität: Die Energiemenge pro Fläche und Zeiteinheit am Lichtaustrittsfenster, angegeben in  $\text{mW}/\text{cm}^2$ . Empfohlen werden heute Lichtintensitäten zwischen 800 und  $1.500 \text{ mW}/\text{cm}^2$ .
- Die Bestrahlungsstärke: Die Energiemenge, die auf die Kompositoberfläche trifft, angegeben in  $\text{mW}/\text{cm}^2$ . Sie ist für die Aushärtung

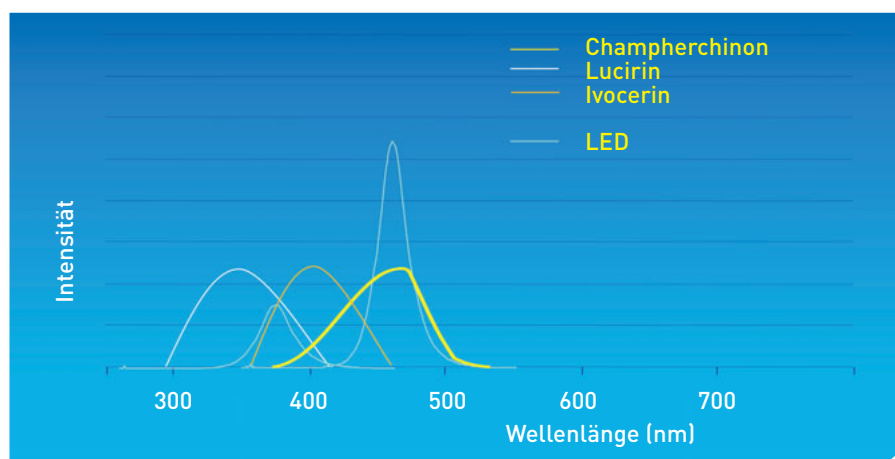


Abb. 1 Absorptionsspektren der Photoinitiatoren und Emissionsspektren der Lichtgeräte.

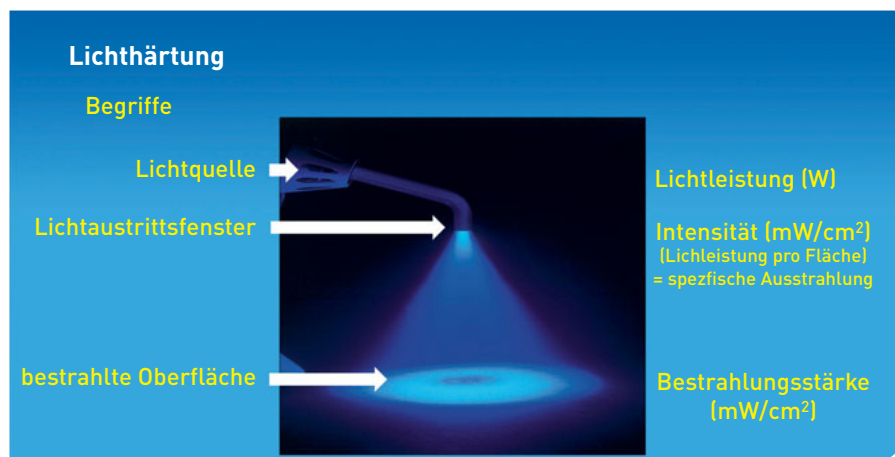


Abb. 2 Begriffe zur Lichthärtung.

die wichtigste Größe und abhängig vom Abstand zwischen Lichtquelle und bestrahlter Oberfläche.

Zur ausreichenden Vernetzung ist eine bestimmte Energiemenge, die Belichtungs-dosis nötig, das Produkt aus Bestrahlungsstärke multipliziert mit der Belichtungszeit<sup>2</sup> (gilt nur für Bestrahlungsstärken zwischen 500 und  $1.500 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ). Je nach Typ, Farbe und Transparenz ist die für das jeweilige Komposit erforderliche Dosis unterschiedlich

hoch und wurde berechnet mit Werten von  $12.000$  bis  $16.000 \text{ mW}/\text{cm}^2 = 12$  bis  $16 \text{ J}/\text{cm}^2$  (bzw. für einige Komposite mit  $21$  bis  $24 \text{ J}/\text{cm}^2$  zur adäquaten Polymerisation eines  $2 \text{ mm}$  dicken Inkrementes<sup>3</sup>. Dadurch ergeben sich unterschiedlich lange Belichtungszeiten.

Bei Polymerisationslichtgeräten mit hoher Intensität können Initiatorsysteme nur eine bestimmte Energiemenge pro Zeiteinheit aufnehmen, sodass ab einer bestimmten Intensität keine weitere Erhöhung der Radikalbildung mehr



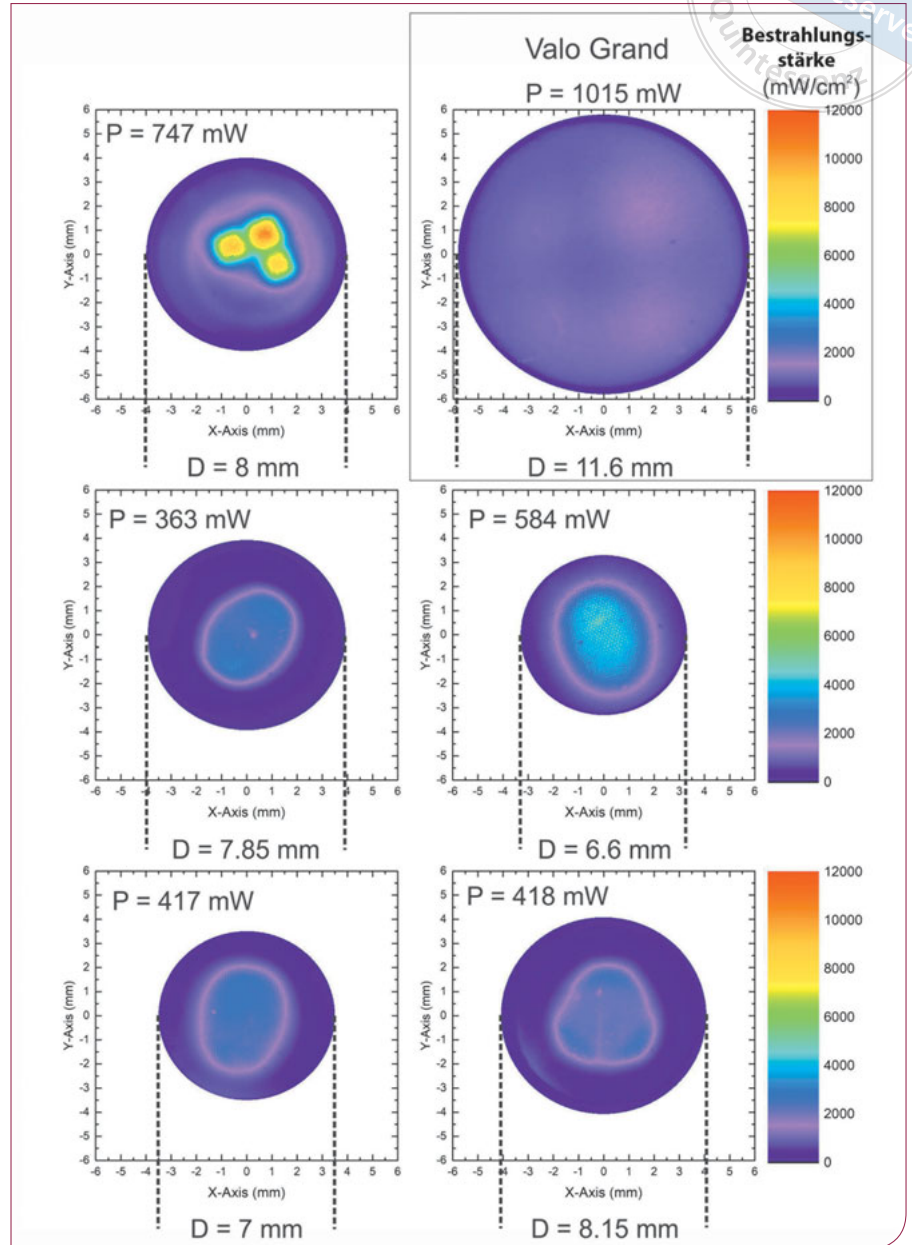
**Abb. 3** Beispiele unterschiedlicher Durchmesser von Lichtaustrittsfenstern.

erfolgt<sup>4</sup>. Sehr kurze Belichtungszeiten können nicht durch eine entsprechende Erhöhung der Intensität kompensiert werden, die außerdem mit hoher Wärmeentwicklung gekoppelt ist!

## Polymerisations-Lichtgeräte

Seit ca. zehn Jahren sind die LEDs, lichtemittierende Dioden, der Standard in der Lichtpolymerisation geworden<sup>5</sup>, die ohne Kühlung auskommen und daher auch als Akkugeräte angeboten werden. Bei der Auswahl eines Polymerisations-Lichtgerätes sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden<sup>6</sup>:

- Die Leistung des Gerätes (mW), diese gibt mehr Auskunft über die Wertigkeit als die Intensität des Lichtgerätes!
- Entscheidend ist der Durchmesser des Anteils am Lichtaustrittsfenster, das tatsächlich Licht ausstrahlt (daraus wird die Intensität berechnet)! Zu empfehlen sind Durchmesser von > 9 mm (Abb. 3).
- Wichtig ist eine geringe Streuung des Lichtes mit zunehmender Distanz! Untersuchungen zeigen, dass in Abhängigkeit vom jeweiligen Lichtgerät bei einer Entfernung von 6 mm die Bestrahlungsstärke um ca. 50 %, bei einer Entfernung von 10 mm um ca. 80 % abnehmen kann<sup>7</sup>! Bei tiefen Kavitäten oder bei schwer zugänglichen Approximallä-



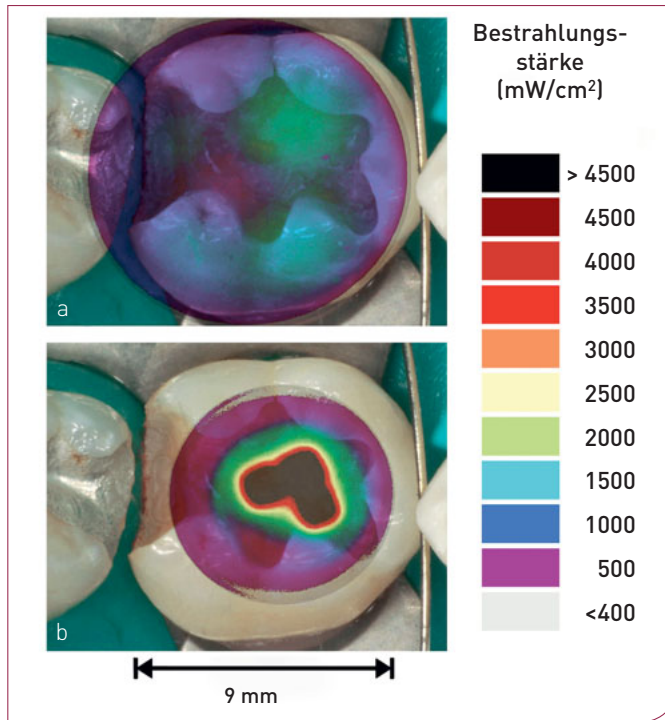
**Abb. 4** Beispiele für verschiedene Energiestrahprofile (Beam Profiles; mit Genehmigung von Prof. R. B. Price Dalhousie University; Halifax/Kanada).

chen wird daher empfohlen, die Belichtungszeiten entsprechend zu verlängern.

- Das Emissionsspektrum und die benötigten Wellenlängen zur Aushärtung des angewendeten Kompositmaterials sollten übereinstimmen!
- Das Energiestrahprofil (Beam Profile), die Verteilung der Intensität auf der Fläche des Lichtaustritts-

fensters, sollte gleichmäßig sein (Abb. 4 und 5)!

Ungleichmäßige Verteilung führt dazu, dass je nach Positionierung die verschiedenen Bereiche der Kavität mit unterschiedlicher Belichtungs-dosis bedacht werden<sup>8</sup>. Die inhomogene Lichtverteilung kann durch ausreichende Polymerisationsdauer ausgeglichen werden.



**Abb. 5** Auswirkung von zwei Energiestrahlsprofilen (Beam Profiles) auf die Lichthärtung in einer Standardkavität (mit Genehmigung von Prof. R. B. Price Dalhousie University; Halifax/Kanada).

## Leitlinien

Auf einer Light-curing-Konferenz in Halifax wurden von Experten aus Wissenschaft und Industrie Leitlinien zusammengestellt:

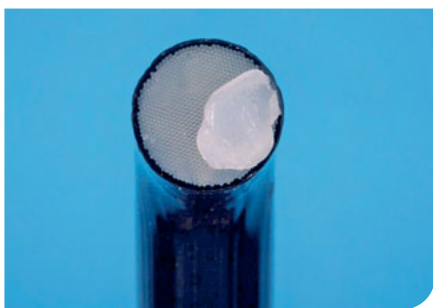
- Prüfen Sie regelmäßig die Intensität. Dazu angebotene Radiometer sind nicht geeicht, dienen aber zur regelmäßigen Überprüfung der konstanten Intensität, sodass ein Werteabfall rechtzeitig erkannt wird.
- Kontrollieren Sie das Lichtaustrittsfenster auf Verunreinigungen (Abb. 6).

Es werden Schutzfolien angeboten, die allerdings die Intensität minimal vermindern können, wenn sie nicht glattgezogen werden oder die Naht direkt über das Lichtaustrittsfenster zu liegen kommt (Abb. 7).

- Wählen Sie die korrekte Belichtungszeit für das spezifische Kompositmaterial.
- Applizieren Sie das Komposit in der korrekten Schichtstärke. Die Bestrahlungsstärke nimmt mit der Eindringtiefe in das applizierte Komposit exponentiell ab<sup>9</sup>. In Abhängigkeit von Farbe und Opazität

werden für konventionelle Komposite Schichtstärken von ca. 2 mm empfohlen<sup>8</sup>. Bei den sogenannten Bulk-Fill-Kompositen können Schichtdicken von 4 mm, bei manchen Produkten sogar bis 5 mm ausgehärtet werden<sup>6</sup>. Dabei ist zu beachten, dass Belichtungszeiten bei Bestrahlungsstärken von ca. 1.000 mW/cm<sup>2</sup> je nach Komposit und Farbe zwischen 10 bis 40 s liegen können.

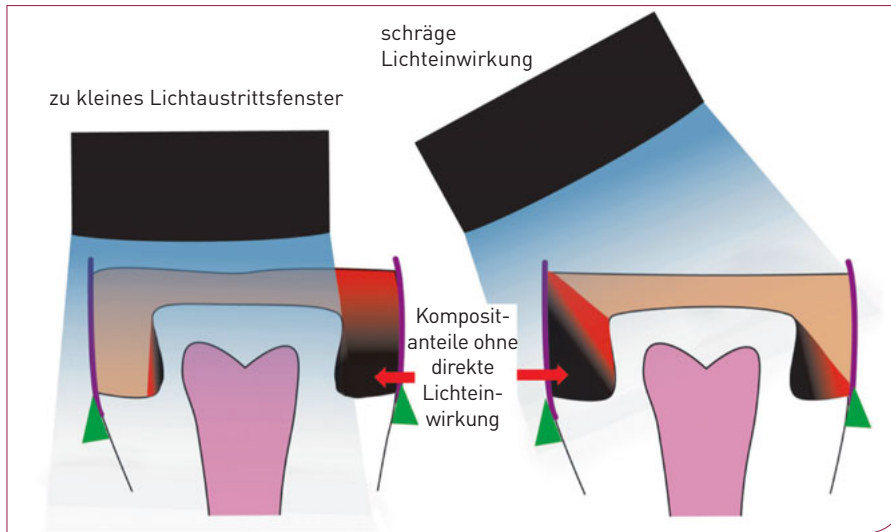
- Berücksichtigen Sie die Entfernung zwischen Lichtaustrittsfenster und Komposit.
- Beachten Sie, dass das applizierte Kompositmaterial vollständig vom Licht erfasst wird: Durch Veränderungen des Einfallswinkels werden Teile des applizierten Komposits nicht mit ausreichend Lichtenergie bestrahlt<sup>10</sup>. Außerdem kommt es bei schrägen Lichteinfallswinkeln zu Schattenbildungen in der Kavität, wodurch eventuell Teile des Komposits gar nicht vom Licht erreicht werden (Abb. 8).
- Bedenken Sie mögliche Hitzeschäden: Die Bestrahlungsstärken moderner Hochleistungs-LEDs können durchaus hohe Temperaturanstiege erzeugen, die vor allem in tiefen Kavitäten eine Reizung der Pulpa darstellen können<sup>11</sup>. Empfohlen wird in solchen Situationen, falls vorhanden, auf einen „Low-Power-Modus“ umzuschalten oder bewusst einen



**Abb. 6** Beispiel von verunreinigtem Lichtaustrittsfenster.



**Abb. 7a und b** Beispiele falsch angebrachter Schutzfolien auf Lichtleitern.



**Abb. 8** Schattenbildung bei inkorrekt positionierter Lichtleiter [mit Genehmigung von Prof. R. B. Price Dalhousie University; Halifax/Kanada].

größeren Abstand des Lichtaustrittsfensters zu wählen, bei verlängerter Belichtungszeit. Kühlung kann auch durch den Luftstrom einer Mehrfunktionsspritze oder den Suktur erreicht werden. In Gingivanähe ist zu bedenken, dass das rote Gewebe die Wellenlängen des blauen Lichtes besonders gut absorbieren kann, sodass es sogar zu Verbrennungen der Gingiva führen kann.

- Schützen Sie Ihre Augen: Der blaue Wellenlängenbereich ist für die Netzhaut besonders gefährlich und durch kumulative Effekte kann es zur Beeinträchtigung der Sehfähigkeit kommen. Daher sind zur Kontrolle der korrekten Positionierung Orange-Filter unbedingt erforderlich<sup>12,13</sup>.

## Fazit

Die Lichtpolymerisation ist also ein komplexer Vorgang, dem genügend Aufmerksamkeit gewidmet werden muss! Es kommt somit nicht auf eine möglichst schnelle, sondern auf eine maximal mögliche Aushärtung an, um dauerhafte Restaurationen erfolgreich legen zu können.

## Literatur

1. Price RB. Light curing guidelines for practitioners: a consensus statement from the 2014 symposium on light curing in dentistry, Dalhousie University, Halifax, Canada. *J Can Dent Assoc* 2014;80:e61.
2. Koran P, Kurschner 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;11:17-22.
3. Erickson RL, Barkmeier WW, Halvorson RH. Curing characteristics of a composite - part 1: cure depth relationship to conversion, hardness and radiant exposure. *Dent Mater* 2014;30:e125-133.
4. Leprince JG, Leveque P, Nysten B, Gallez B, Devaux J, Leloup G. New insight into the "depth of cure" of dimethacrylate-based dental composites. *Dent Mater* 2012;28:512-520.
5. Rueggeberg FA. State-of-the-art: dental photocuring--a review. *Dent Mater* 2011;27:39-52.
6. Price RB, Ferracane JL, Shortall AC. Light-Curing Units: A Review of What We Need to Know. *J Dent Res* 2015;94:1179-1186.
7. Price RB, Derand T, Sedarous M, Andreou P, Loney RW. Effect of distance on the power density from two light guides. *J Esthet Dent* 2000;12:320-327.
8. Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Sullivan B, Kostylev I, Fahey J. Correlation between the beam profile from a curing light and the microhardness of four resins. *Dent Mater* 2014;30:1345-1357.
9. Emami N, Soderholm KJ. How light irradiance and curing time affect monomer conversion in light-cured resin composites. *Eur J Oral Sci* 2003;111:536-542.
10. Price RB, McLeod ME, Felix CM. Quantifying light energy delivered to a Class I restoration. *J Can Dent Assoc* 2010;76:a23.
11. Leprince J, Devaux J, Mullier T, Vreven J, Leloup G. Pulpal-temperature rise and polymerization efficiency of LED curing lights. *Oper Dent* 2010;35:220-230.
12. Price RB, Labrie D, Bruzell EM, Sliney DH, Strassler HE. The dental curing light: A potential health risk. *J Occup Environ Hyg* 2016;13:639-646.
13. Soares CJ, Rodrigues MP, Vilela AB, et al. Evaluation of Eye Protection Filters Used with Broad-Spectrum and Conventional LED Curing Lights. *Braz Dent J* 2017;28:9-15.



**Dr. Uwe Blunck**

CharitéCentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Abteilung für Zahnerhaltung und Präventivzahnmedizin  
E-Mail: ublunck@charite.de