

# Weißlicht oder Laser – Was eignet sich besser für 3D-Dentalscanner?

Dr. Karl Hollenbeck, Dr. Mike van der Poel  
3Shape Technology Research, Kopenhagen

September 2011

## **Weißlicht oder Laser – Was eignet sich besser für 3D-Dentalscanner?**

Gleich zu Anfang die einfache Antwort: Es macht eigentlich keinen Unterschied – andere Faktoren spielen bei der Leistung von Scannern eine viel entscheidendere Rolle.

Aber sehen wir uns die Sache doch etwas genauer an. Es gibt viele Missverständnisse über die verschiedenen angenommenen technischen Vorteile von Licht und Lichtquellen. Betrachten wir diese einmal näher:

### **Weißlichtbilder sind schärfer**

Das Gegenteil trifft zu. Optische Linsen brechen verschieden farbiges Licht unterschiedlich. Weißlicht ist die Kombination aller Farben, wobei aber nicht alle Farben am gleichen Brennpunkt gebrochen werden. Dieses Phänomen wird als chromatische Aberration bezeichnet [1]. Die Auswirkungen können durch die sorgfältige Konstruktion und Montage des Linsensystems eines Scanners minimiert werden, sie werden aber nie ganz verschwinden. Dies wird somit die Präzision eines Weißlichtscanners immer beschränken. Laser bestehen im Gegensatz dazu nur aus einer Lichtfarbe, daher tritt hier die chromatische Aberration nicht auf.

### **Weißlicht dringt weniger tief in das Objekt ein und wird besser reflektiert**

Ein weißer Gegenstand reflektiert alle Farben gleichermaßen gut. Gipsabdrücke sind nahezu weiß. Wie bekannt ist Gips sehr matt, was darauf hinweist, dass bei Gips allgemein im Wesentlichen keine Lichteindringung besteht. Daher funktionieren bei Gips alle Farben gleichermaßen gut. Zu Verwirrung kann in dieser Diskussion die Verwechslung des Weißlicht-Dentalscanners mit Weißlichtinterferometern

[2] oder konfokalen Mikroskopen mit Weißlicht [3] führen. Die letzteren Geräte sind tatsächlich sehr präzise (und teuer), aber sie nutzen ein anderes physikalisches Phänomen als Weißlicht-Dentalscanner, die auf dem einfachen Prinzip der Streifenprojektion basieren.

### **Weißlichtsensoren werden bevorzugt in der Industrie verwendet**

Das ist falsch. Die Mehrzahl der Scanköpfe für Koordinatenmessmaschinen, die der Referenzstandard in der industriellen Messtechnik mit einer Präzision von bis zu 3 – 5 Mikron sind, basieren auf Lasertechnologie. Dazu muss man wissen, dass Koordinatenmessmaschinen die am häufigsten verwendeten Hochpräzisionsgeräte sind. Darüber hinaus werden in manchen Industriesparten Weißlicht- und 3D-Laserscanner für weniger anspruchsvolle Messaufgaben eingesetzt.

### **Weißlichtquellen haben eine längere Lebensdauer**

Das Gegenteil trifft zu. Halogenlichtquellen haben eine mittlere Lebensdauer von Tausenden von Stunden und müssen normalerweise ausgetauscht werden, wohingegen Laser und LEDs in der Regel andere elektronische Komponenten überdauern [4].

### **Weißlicht bietet eine bessere Auflösung als Laserlicht**

Worauf es wirklich ankommt, ist die Auflösung der Kamera, d.h., über wie viele Megapixel der Kamerasensor verfügt. High-end Dentalscanner arbeiten mit 5 Megapixel, normale Dentalscanner liegen um die 1,3 Megapixel.

### **Laser sind auf Grund von Speckle-Effekten unscharf**

Auch das stimmt in der Theorie, aber die Auswirkungen sind zu klein, um in der Praxis eine Rolle zu spielen. Bei Speckle-Effekten handelt es sich um eine Zufallsvariation in der Intensität des Laserlichts über einen Punkt oder eine Linie aus Laserlicht, was zu einer gewissen Unsicherheit bei der Erfassung ihrer Mitte in der Kamera des Scanners führt. Laser in Dentalscannern können aber so gesteuert werden, dass die Größe der Unsicherheit bei nur etwa 1 Mikron liegt [5]. Des Weiteren können ausgefeilte Bildverarbeitungsalgorithmen die Speckle-Artefakte korrigieren, so dass der Gesamteffekt vernachlässigt werden kann.

### **Weißlichtscanner sparen eine Achse im Bewegungssystem**

Das trifft in gewisser Weise zu – wenn Sie bereit sind, dafür mit einem erheblichen Nachteil zu leben. Weißlichtscanner projizieren ein mehrzeiliges Muster aus einer zentralen Lichtquelle, während der Laser nur eine einzelne Linie ausstrahlt und daher entlang einer linearen Achse bewegt werden muss. Dieser zusätzliche Freiheitsgrad ermöglicht aber eine bessere Abdeckung. Aus der extremen Position der linearen Achse kann der Laser Bereiche anstrahlen, die als Schatten dargestellt werden, wenn man sie nur von einer zentralen Position aus anstrahlt. Da die linearen Achsen sehr präzise (1 – 2 Mikron) konstruiert werden können, entsteht

der Vorteil ohne nennenswerte Kosten der Genauigkeit.

### **Weißlichtsensoren erfassen die Daten schneller**

Es gibt keinen Grund, warum dies zutreffen sollte. Die Framerate eines Sensors (Anzahl Bilder pro Sekunde) hat nichts mit der Lichtfarbe zu tun, die er erfasst. De facto sind verschiedene auf dem Dentalmarkt erhältliche Weißlichtscanner viel langsamer als manche Laserscanner.

**Abschließend betrachtet** lässt sich festhalten, dass es kein physikalisches Grundgesetz gibt, das besagt, dass ein Typ von Dentalscanner besser ist als ein anderer Typ.

**Wirklich entscheidend** für den Erhalt der optimalen Genauigkeit sind ausgefeilte Bildverarbeitungsalgorithmen in der Software, hochauflösende Kameras, ein gut konstruiertes mechanisches Bewegungssystem und Fertigungs-Know-how. Um im täglichen Gebrauch einen konsistenten Qualitätslevel sicherzustellen, ist es darüber hinaus unerlässlich, dass die Scanner über ein geeignetes Referenz-/Kalibrierungsobjekt und das zugehörige Verfahren verfügen.

*Bei Fragen oder Anregungen wenden Sie sich an [support@3shape.com](mailto:support@3shape.com).*

## **Referenzen**

[1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Chromatic\\_aberration](http://en.wikipedia.org/wiki/Chromatic_aberration)

[2] [http://www.rp-photonics.com/white\\_light\\_interferometers.html](http://www.rp-photonics.com/white_light_interferometers.html)

[3] Frank JH, Elder AD, Swartling J, Venkitaraman AR, Jeyasekharan AD, Kaminski CF: A white light confocal microscope for spectrally resolved multidimensional imaging, Journal of Microscopy, Vol. 227, Pt. 3 September 2007, S. 203–215.

[4] [http://www.sony.net/Products/SC-HP/laserdiodewld/application/index2\\_02\\_02.html](http://www.sony.net/Products/SC-HP/laserdiodewld/application/index2_02_02.html)

[5] Dorsch, RG, Häusler G, Herrmann JM: Laser triangulation: fundamental uncertainty in distance measurement, Applied Optics, Vol. 33, Nr. 7, March 1994, S. 1306 – 1314. (Vgl. Abb. 7. In Dentalscannern können Laser so gesteuert werden, dass sie sich wie eine LED verhalten.)