Digitale dentale Diagnostik mit Intraoralscannern

Autor: Dr. Moritz Zimmermann

Im Rahmen der korrekten Therapiefindung zählt das Treffen richtiger Entscheidungen zum Alltag eines jeden Zahnmediziners. Dabei werden derartige Entscheidungen stets auf Grundlage einer fundierten Diagnostik getroffen, die somit für den Erfolg einer zahnärztlichen Therapie von immenser Bedeutung ist. Die Digitalisierung eröffnet hierbei neue Möglichkeiten, um zu einer besseren Diagnostik im Sinne einer verbesserten Patiententherapie zu gelangen. An erster Stelle im digitalen dentalen Workflow nimmt dabei die intraorale digitale Abformung mit Intraoralscannern ein großes Potenzial ein. In welcher Form Intraoralscanner schon heute den Prozess der Entscheidungs- und somit auch der klinischen Diagnosefindung unterstützen und was unter Umständen in Zukunft möglich sein wird, wird im vorliegenden Beitrag erörtert.

Der Begriff Diagnostik ist vom griechischen Wort „diágnosis" abgeleitet und steht für Unterscheidung bzw. Entscheidung. Im eigentlichen Sinn bezeichnet Diagnostik im Medizinbereich die Feststellung einer Pathologie. Die eigentliche Diagnose entsteht durch eine zusammenfassende Beurteilung einzelner Befunde. Es ist wichtig, anzumerken, dass der Weg zur Diagnosefindung sowohl subjektiv also auch objektiv erfolgen kann, wobei dem objektivem, auf bestimmten messbaren Parametern begründetem Weg naturgemäß der Vorzug zu geben ist.

Digitale dentale Diagnostik

Da in der Medizin die richtige Diagnose entscheidend für den weiteren Therapieverlauf ist, kommt der Diagnostik ein überaus wichtiger Stellenwert bei der Patientenbehandlung zu. Zudem ist die medizinische Diagnosestellung mit bestimmten rechtlichen Grundlagen verbunden. Die Arzt-Patienten-Beziehung stellt grundsätzlich einen privatrechtlichen Vertrag dar und sieht unter anderem eine Aufklärungspflicht auch über die gestellte Diagnose vor.

In der Zahnmedizin gibt es heutzutage bereits einzelne Verfahren, die den Anwender bei der korrekten Entscheidungsfindung in verschiedenen Fragestellungen mit digitaler Technologie unterstützen sollen. An dieser Stelle ist es wichtig, anzumerken, dass digitale Verfahren weder die Kompetenzen noch die Erfahrungen des ausgebildeten Fachmannes ersetzen sollen und können.



Abb. 1: Intraoralscan des Ober- und Unterkiefers inklusive bukkaler Bissregistrierung mit dem TRIOS 3 Intraoralscanner (3Shape), Aufnahmeprinzip: konfokale Mikroskopie.

Dreifacher Vorteil: Kein Metall. Keine Modellation. Kein Guss.

Solvay Dental 360™ besiegelt das Aus für Metall – mit Ultaire™ AKP, eine der bedeutendsten Werkstoff-Innovation für herausnehmbare Teilprothesen (RPDs) seit 288 Jahren. Ultaire™ AKP setzt neue Maßstäbe im digitalen Workflow und ist für die Patienten die moderne Alternative zu Metall – leicht, komfortabel, biokompatibel und ästhetisch: Zahntechnik auf einem neuen Level.

www.solvaydental360.com

SOLVAY DENTAL 360™

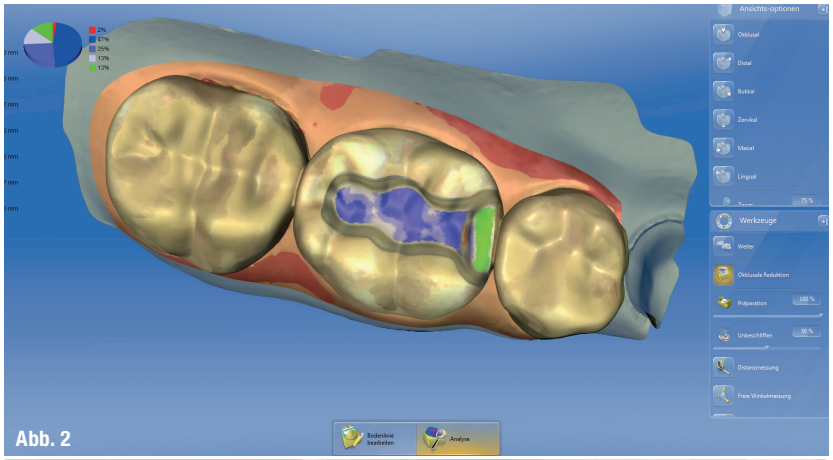


Ultaire™ AKP

SOLVAY

asking more from chemistry®

Solvay Dental 360™, ein Geschäftsbereich von Solvay Specialty Polymers USA, LLC. Alle Marken und eingetragenen Marken sind Eigentum der Unternehmen der Solvay-Gruppe beziehungsweise ihrer Eigentümer. © 2017, Solvay Specialty Polymers. Alle Rechte vorbehalten. DN201700089 v1.0 DE



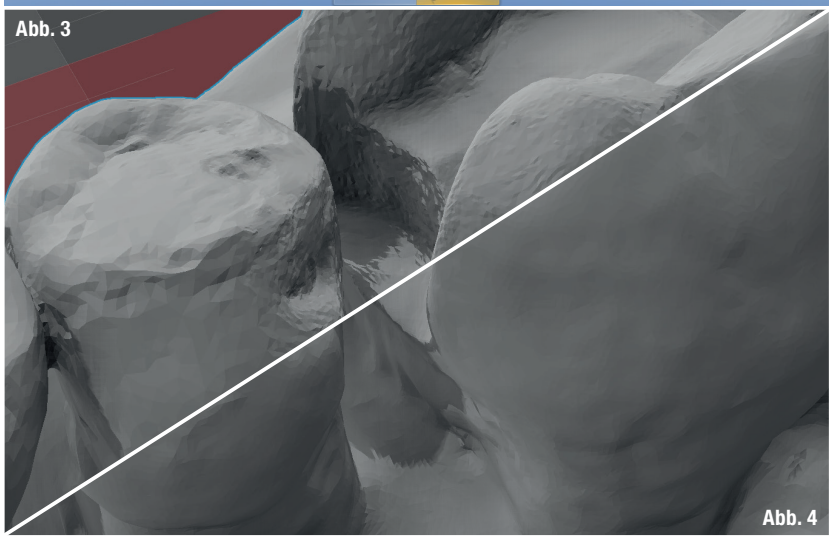


Abb. 2: Dreidimensionale Analyse der Zahnpräparation mit prepCheck-Software (Dentsply Sirona), qualitative Analyse der vorgegebenen Präparationsparameter durch Farbcodierung.

Abb. 3: Scan einer Inlaypräparation am Zahn 36 mit einem Intraoralscanner: niedrig aufgelöstes STL-Mesh infolge geringer Punktdichte des STL-Datensatzes.

Abb. 4: Identischer Scan der Inlaypräparation am Zahn 36 mit unterschiedlichem Intraoralscanner: hochaufgelöstes STL-Mesh infolge hoher Punktdichte des STL-Datensatzes.

Die digitale dentale Fotografie ist sicher die einfachste Methode zur Unterstützung der Entscheidungsfindung mit digitalen Mitteln. Eine strukturierte Dokumentation der Intraoralsituation ermöglicht oftmals erst das Erkennen von wichtigen Details, die bei einer reinen intraoralen Inspektion übersehen worden wären. Hochlauflösende Intraoralscans mit Aufnahmequalitäten, die an HD-Fotos heranreichen, sind daher allein aus Dokumentationsgründen eine immer wichtiger werdende Ergänzung dieser Methode (Abb. 1).

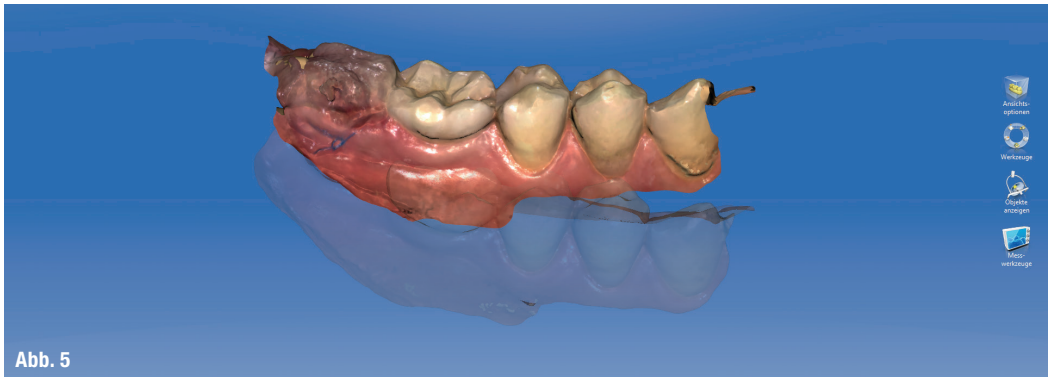
Die digitale Röntgendiagnostik ist heutzutage zudem unbestritten eine unverzichtbare Ergänzung für die konventionelle Kariesdiagnostik. Neben diesen beiden digitalen Methoden, die bereits weite Akzeptanz im Praxisalltag einnehmen, gibt es heutzutage noch zahlreiche weitere, weniger bekannte Prozesse, bei denen die Entscheidungsfindung durch digitale Technologie unterstützt wird. Im Bereich der Kariologie sind beispielsweise die Kariesdetektion mit Laserfluoreszenz (z. B. DIAGNOdent, KaVo) oder DIFOTI-Technologie (z. B. DIAGNOcam, KaVo) zu nennen. Im Bereich der Parodontologie besteht die Möglichkeit der elektronischen Messung der Zahnfleischtaschentiefen (z. B. Florida Probe System, Florida Probe Corporation), und im Bereich der Endodontologie ermöglichen elektronische Apexlokatoren mittels Impedanzmethode (z. B. Root ZX, J. Morita) die exakte Bestimmung des physiologischen Apex. Im Bereich der Prothetik sind beispielsweise Prozesse wie die Bestimmung der Zahnfarbe mittels Spektrophotometer (z. B. VITA Easyshade V, VITA Zahnfabrik), die digitale Okklusionsanalyse (z. B. T-Scan, Tekscan) und die virtuelle Artikulationsbestimmung (z.B. mittelwertige Artikulatoren in bestimmten CAD-Softwaren) Beispiele für den unterstützenden Einsatz digitaler Technologien.

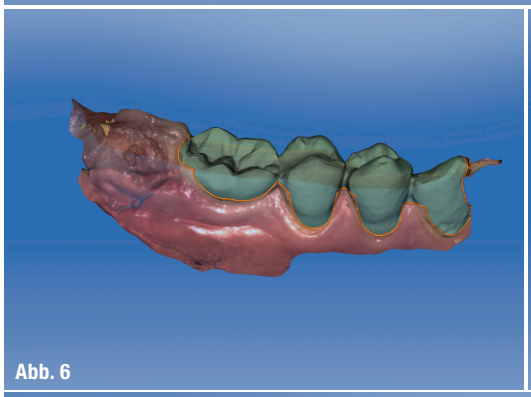
Digitale dentale Diagnostik mit Intraoralscannern

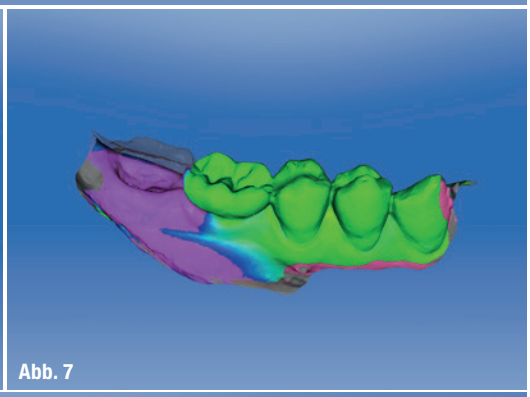
Digitale Prozesse im Sinne einer Entscheidungshilfe sind beim Einsatz von Intraoralscannern bisher nur teilweise etabliert. Die vorhandenen Möglichkeiten und deren Ausmaß sind meist stark vom verwendeten System abhängig. Es ist jedoch mit großer Sicherheit davon auszugehen, dass durch den raschen technologischen Fortschritt die gegebenen Möglichkeiten zusehends erweitert und auch systemübergreifend zur Anwendung kommen werden. Gerade im Bereich der Dokumentation und Kommunikation kommt dem Intraoralscan bereits heute eine große Bedeutung zu. Hochauflösende Echtfarbenscans ermöglichen eine nahezu realitätsgenaue Wiedergabe der intraoralen Situation auf dem Bildschirm mit Details, die eine Gipsabformung mit Sicherheit nicht wiedergeben würde. Viele Möglichkeiten sind jedoch streng genommen vor allem eine Konsequenz von CAD/CAM-Softwarelösungen und sind nicht nur bedingt durch die alleinige Anfertigung eines Intraoralscans. Beispiele hierfür sind z. B. das Anzeigen der Restaurationsschichtstärke, die Okklusions-/Artikulationsanalyse von Restaurationen vor der Fertigung sowie eine automatisierte Analyse der Präparation auf Grundlage bestimmter Parameter (Abb. 2).

Für den Intraoralscan ergibt sich gerade durch die Möglichkeit der Dateifusion ein vielversprechendes Potenzial. Unter Dateifusion versteht man die Möglichkeit, Dateninformationen, die an unterschiedlichen Stellen in der Prozesskette gewonnen werden, in einem einzigen Datensatz mit einem bestimmen Zweck zusammenzuführen. Im digitalen dentalen Workflow sind bisher nur wenige derartige Optionen vorhanden. Das wohl bekannteste Beispiel ist das Matchen von Intraoralscandaten und 3-D-DVT-Daten beim Einsatz von voll navigierten Implantatsystemen.

Im Bereich der Dokumentation und Diagnostik stellt die digitale Farbbestimmung sowie die digitale 3-D-Verlaufskontrolle mit spezieller Differenzanalysesoftware eine interessante Möglichkeit zum Einsatz intraoraler Scansysteme über die alleinige Indikation „Abformung" hinaus dar.







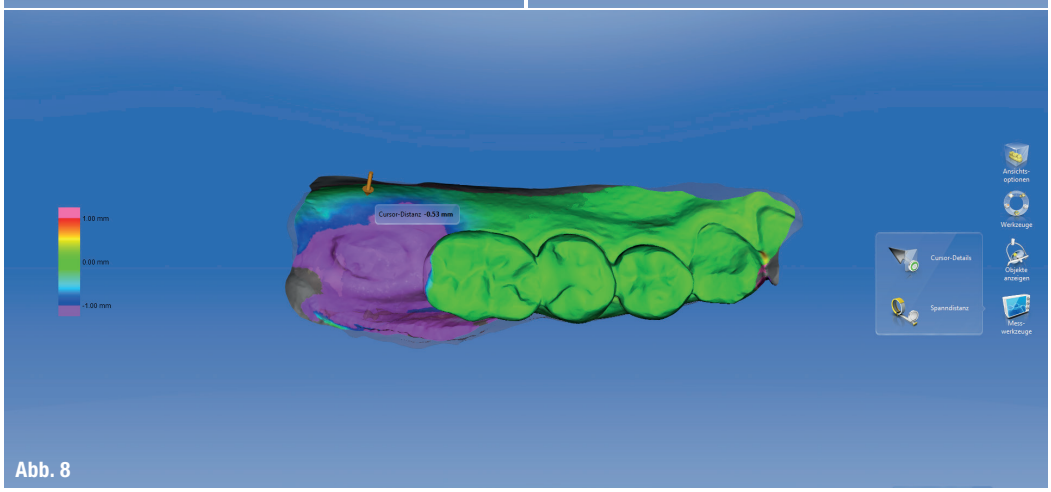


Abb. 5: Baseline und Follow-up-Scan mit CEREC Omnicam vierter Quadrant, Baseline: Situation nach Extraktion Zahn 47 und Socket Preservation, Follow-up: Situation sechs Wochen post OP.

Abb. 6 – Bildausschnitt: Selektion der Überlagerungsflächen in spezieller 3-D-Differenzanalyse-Software (OraCheck) vor Best-Fit-Matching des Baseline- und des Follow-up-Datensatzes.

Abb. 7 – Bildausschnitt: 3-D-Differenzanalyse mit OraCheck im Sinne einer Verlaufskontrolle zwischen Baseline- und Follow-up-Datensatz, die entsprechenden Differenzen werden gemäß Skala farbcodiert dargestellt, Ansicht von bukkal.

Abb. 8: Ansicht der Situation aus Abbildung 7 von okklusal, detaillierte Analysen der Veränderungen Baseline/Follow-up sind mittels der Funktion Cursordetails möglich. Man beachte die gering ausgeprägten Resorptionserscheinungen der lingualen Lamelle im Vergleich zu bukkal.

Prinzip digitale Farbbestimmung

Digitale Farbmessgeräte sind als eigenständige Geräte bereits seit einiger Zeit im Markt enthalten. Das grundlegende Prinzip bei den meisten digitalen Farbmessgeräten ist das der Spektrofotometrie. Dieses Prinzip beruht darauf, dass ein auf die Zahnoberfläche aufgelegter Lichtleiter Licht einer definierten Wellenlänge aussendet. Das Licht wird von der Zahnoberfläche reflektiert und dessen Remissionsspektrum kann entsprechend gemessen werden. Die Farbinformation kann im Anschluss in verschiedenen Farbskalen ausgegeben werden.

Die digitale Farbbestimmung mit Intraoralscannern folgt einem leicht abgewandelten Prinzip. Bis vor einiger Zeit war nur ein einziges intraorales Scansystem mit dieser Option auf dem Markt erhältlich (TRIOS 3, 3Shape). Es ist jedoch davon auszugehen, dass in Zukunft weitere Hersteller ähnliche Systeme auf den Markt bringen werden. Auf der vergangenen IDS 2017 wurde von Dentsply Sirona eine Weiterentwicklung der CEREC chairside Software (Version 4.5) mit integriertem Zahnfarbnahmetool vorgestellt. Das grundsätzliche Verfahren ist, dass Farbinformationen automatisch während des Scanvorgangs aufgezeichnet werden. Die LED-Lichtquelle im Scankopf sendet hierbei Wellenlängen im sichtbaren Lichtspektrum auf die Zahnoberfläche aus und registriert die zurückgestrahlte Lichtmenge. Anschließend erfolgt eine algorithmenbasierte Berechnung der Zahnfarbe aus den während des Scanprozesses erlangten Farbinformationen. Sowohl die Zahngeometrie als auch der entsprechende Aufnahmewinkel werden hierbei berücksichtigt. Die so erhaltenen Farbinformationen werden anschließend in verschiedene Farbskalen um-

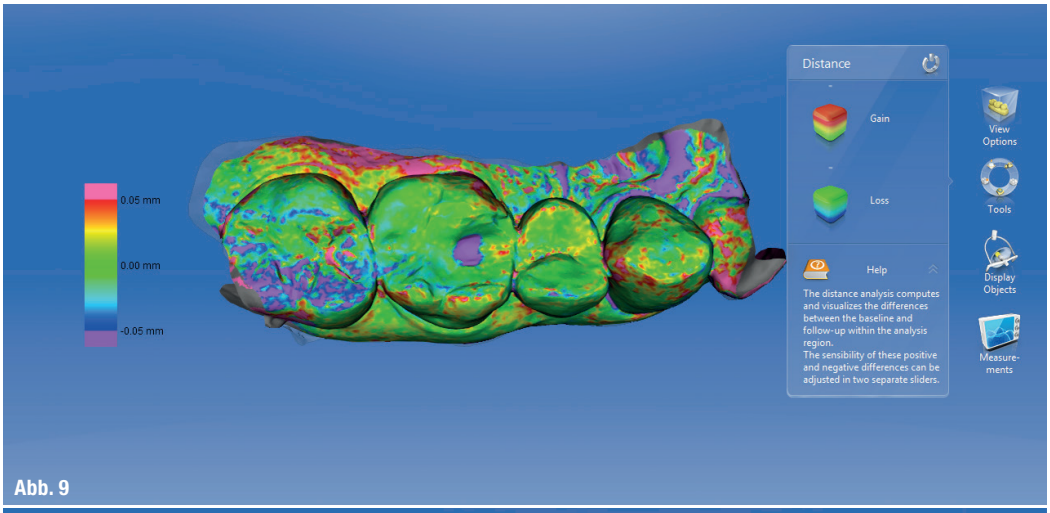


Abb. 9

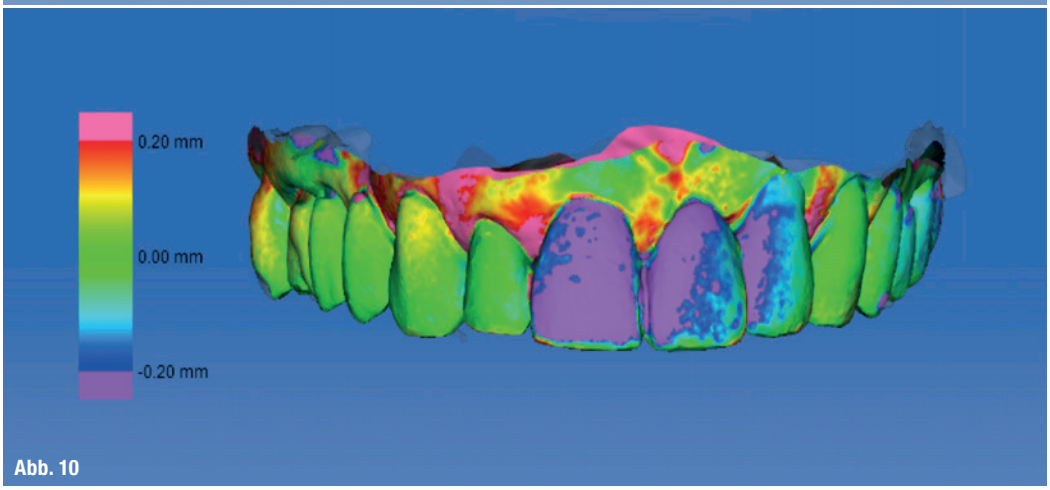


Abb. 10

Abb. 9: Klinisches Beispiel für den Einsatz der 3-D-Differenzanalyse-Software (OraCheck) zur Detektion von Abrasionserscheinungen.
Abb. 10: Klinisches Beispiel für den Einsatz der 3-D-Differenzanalyse-Software (OraCheck) zur Verlaufskontrolle und Evaluation von Zahnbewegungen bei Alignertherapie im Oberkiefer.

gerechnet (z. B. VITA Toothguide 3D-MASTER; VITA Zahnfabrik). In der Literatur sind erste Studien zur Genauigkeit dieser Methoden bereits vorhanden.[1]

Prinzip der 3-D-Verlaufskontrolle

Das Prinzip der 3-D-Verlaufskontrolle durch Differenzanalyse wurde in der Literatur bereits ausführlich beschrieben.[2] Es beruht auf einer softwaregestützten Überlagerung von digitalen Datensätzen (z. B. Intraoralscans), die zu verschiedenen Zeitpunkten aufgenommen wurden. Heutzutage gibt es mehrere Softwarelösungen, die im dentalen Bereich speziell für diese Zwecke eingesetzt werden, wie zum Beispiel Convince (3Shape), OraCheck (Cyfex) und Geomagic (Geomagic).
Unabhängig von der verwendeten Softwarelösung ist eine exakte Datenerfassung eine unabdingbare Voraussetzung für die korrekte Durchführung der 3-D-Verlaufskontrolle. Speziell für die mit Intraoralscannern erzeugte digitale intraorale Abformungen gilt, dass das Einhalten einer entsprechenden Scanstrategie nach aktuellen Erkenntnissen empfehlenswert ist.[3] Bei intraoralen Scansystemen gilt es zudem zu beachten, dass sich einzelne Scansysteme in der Punktdichte und der STL-Mesh-Auflösung deutlich voneinander unterscheiden können (Abb. 3 und 4).
Bei der 3-D-Verlaufskontrolle werden zunächst zwei digitale Datensätze im STL-Dateiformat übereinander gelagert. Bei den meisten Softwarelösungen müssen die Scandatensätze manuell importiert werden. Es existieren jedoch auch in die Scansoftware integrierte Lösungen, bei denen die Analyse als Applikation gestartet werden kann (z. B. OraCheck, Cyfex). Die Übereinanderlagerung der Datensätze, das sogenannte „Matching", geschieht meist nach einem Best-Fit-Algorithmus. Die für die Überlagerung relevanten Bereiche können entsprechend auf den Datensätzen selektiert werden. Es ist hierbei sinnvoll, Bereiche zu verwenden, bei denen im Verlauf der Beobachtung keine Veränderungen zu erwarten sind. Ansonsten ergibt die Überlagerung eine Mitteilung von Differenzen und die anschließende Analyse liefert nur unpräzise Aussagen. Das Verfahren der Differenzanalyse ist hochgenau. Eigene Messungen mit der Differenzanalyse-Software OraCheck ergeben eine Genauigkeit von unter 1 µm.[4]
Im zweiten Schritt wird die eigentliche Differenzanalyse durchgeführt. Es gilt zu beachten, dass die Differenzanalyse immer die Abweichung eines Datensatzes (Follow-up) zu einem Ausgangsdaten-

satz (Baseline) beschreibt. Die Analyse der Differenzen kann entweder qualitativ oder quantitativ erfolgen. Bei der qualitativen Analyse werden die Differenzen meist farbcodiert als positive/negative Beträge sichtbar wiedergegeben. Eine justierbare Farbskala gibt das Ausmaß der Abweichungen an. Bei der quantitativen Analyse werden die tatsächlichen Differenzen in den Raumkoordinaten x/y/z entsprechend mathematisch berechnet und können aus der Software heraus für weitere Analysen exportiert werden. In den meisten Softwarelösungen gibt es zudem noch spezielle Analysetools, wie beispielsweise das Sichtbarmachen von Schnittbildern oder direkte 2-D-Distanzmessungen. Aber auch 3-D-Tools, wie zum Beispiel eine Volumenanalyse, sind teilweise vorhanden und können für spezielle Fragestellungen verwendet werden. Es gilt als wichtig, zu erwähnen, dass die mathematische Berechnung der entsprechenden Differenzen einen mathematisch komplexen Prozess darstellt. Neben der Richtung der Differenzmessung muss auch eine exakte Definition des jeweiligen Ausgangs- und Endpunktes der Distanzmessung, wie z. B. Punkt-Fläche/Punkt-Punkt, exakt festgelegt werden. Die verschiedenen Softwarelösungen behandeln diesen Aspekt oftmals unterschiedlich.

Als Einsatzgebiet für die Differenzanalyse-Software sind mehrere klinische Fragestellungen denkbar. Heutzutage wird die Software beim Einsatz von Intraoralscannern vor allem für die Verlaufskontrolle von Abrasions-, Erosions- und Attritionserscheinungen sowie für die Analyse gingivaler Veränderungen eingesetzt. Aber auch diverse Einsatzgebiete im Bereich der Kieferorthopädie sind denkbar und werden vom Autor derzeit genauer untersucht. Im folgenden Abschnitt sollen einige klinische Beispiele für den Einsatz von Intraoralscannern im Sinne einer digitalen dentalen Diagnostik vorgestellt werden.

Digitale dentale Diagnostik mit Intraoralscannern – Klinische Beispiele:

1. Beurteilung Resorptionsvorgänge nach Extraktion und Socket Preservations-Technik vor geplanter Implantation (Abb. 5–8).
2. Beurteilung Abrasion/Erosion dentaler Hartsubstanzen (Abb. 9).
3. Beurteilung kieferorthopädischer Fragestellung hinsichtlich Ausmaß der Zahnbewegung nach Alignertherapie (Abb. 10).

Fazit

In der Zahnmedizin werden seit jeher die drei Bereiche Dokumentation, Diagnostik und Therapie unterschieden. Intraoralscanner werden heutzutage vor allem im Bereich der Therapie im Rahmen des digitalen Workflows eingesetzt. Aufgrund der zahlreichen Vorteile findet die digitale intraorale Abformung eine immer weitere Verbreitung und die Möglichkeiten des digitalen Workflows nehmen rasant zu. Gerade durch mögliche Dateifusionen ergibt sich für die Zukunft ein großes Potenzial.

Im Bereich der Diagnostik ist der Einsatz von Intraoralscannern heutzutage hingegen nur eingeschränkt verbreitet. 3-D-Verlaufsanalyse und Zahnfarbmessung sind bisher eher im Bereich der Dokumentation anzusiedeln, da eindeutige Diagnostikparameter fehlen und im Grunde genommen eigens entwickelt werden müssten. Somit kann man bei Intraoralscannern derzeit nur von einer eingeschränkten Diagnostikmöglichkeit im eigentlichen Sinne der Definition sprechen. Die 3-D-Differenzanalyse hat gegenüber 2-D-Verfahren jedoch zahlreiche Vorteile, da weit mehr Informationen erfasst werden können als rein visuell und zweidimensional. Die Qualität dieser Analyse hängt jedoch in hohem Maße von der Genauigkeit der Datenerfassung ab.

Das wahre Potenzial entfaltet der 3-D-Scan vielleicht erst durch die Dateifusion mit anderen diagnostisch erhobenen Daten. Wie in der Einleitung erwähnt, entsteht Diagnostik stets durch eine zusammenfassende Beurteilung einzelner Befunde. Es ist daher gut vorstellbar, dass der Intraoralscan in Zukunft ein wichtiges Element in diesem Befundungsprozess einnimmt. Das Ziel bei der Diagnostik sollte nämlich immer sein: sichere Entscheidungen möglichst objektiv zu treffen._

Literatur

1 Gotfredsen E., Gram M., Ben Brahem E., Hosseini M., Petkov M., Sitorovic M. Effectiveness of shade measurements using a scanning and computer software system: a pilot study. International Journal of Oral and Dental Health, 2015. 1(2).

2 Mehl A., et al. 3D monitoring and quality control using intraoral optical camera systems. Int J Comput Dent, 2013. 16(1): p. 23–36.

3 Ender, A. and A. Mehl. Influence of scanning strategies on the accuracy of digital intraoral scanning systems. Int J Comput Dent, 2013. 16(1): p. 11–21.

4 Zimmermann M., Mehl A. Digitale dentale Diagnostik mit intraoralen Scansystemen – Vorstellung eines Konzepts anhand klinischer Fallbeispiele. Conference Paper, Deutscher Zahnärztetag 2016, Frankfurt am Main, 2016.

Kontakt



Dr. med. dent. Moritz Zimmermann
Zentrum für Zahnmedizin der Universität Zürich
Abteilung für computergestützte restaurative Zahnmedizin
Plattenstr. 11
8032 Zürich, Schweiz
moritz.zimmermann@zzm.uzh.ch
www.zdigitaldentistry.com

Infos zum Autor