



Moritz Zimmermann

M. Zimmermann^a, A. Mehl^b, W. H. Mörmann^c, S. Reich^d

Intraoral scanning systems – a current overview

Intraoralscanner: eine aktuelle Übersicht

Zusammenfassung

Innerhalb weniger Jahre hat sich das Angebot an intraoralen optischen Abformsystemen deutlich vergrößert. Die Möglichkeiten und das Potenzial der digitalen Abformung mit intraoralen optischen Abformsystemen sind heutzutage unumstritten. Zahlreiche Innovationen sowie Indikationserweiterungen in den Bereichen Kieferorthopädie und Implantologie lassen die intraoralen Scansysteme als äußerst vielversprechend und zukunftssträftig erscheinen. Die digitale Abformung mittels Intraoralscannern ist der konventionellen Abformtechnik in manchen Punkten bereits deutlich überlegen. Die vielseitige Integration der digitalen Abformung in Diagnostik- und Therapiekonzepte im Rahmen eines „Healthcare-Pakets“ für den Patienten erscheint besonders erwähnenswert. So bleibt mit Spannung zu sehen, wann die digitale Abformung – ähnlich wie bereits etablierte digitale Applikationen im alltäglichen Leben – ein selbstverständlicher Bestandteil der zahnärztlichen und zahntechnischen Tätigkeit sein wird. Innerhalb des vorliegenden Artikels wird eine Übersicht über die Vorteile und Einschränkungen der digitalen Abformung mit Intraoralscannern gegeben. Zudem liefert er eine Zusammenfassung sämtlicher heutzutage relevanter Intraoralscanner.

Schlüsselwörter: digitale Abformung, Intraoralscanner, Übersicht

Abstract

There is no doubt today about the possibilities and potential of digital impression-taking with the aid of intraoral optical impression systems, and the past few years have seen a considerable increase in the range of optical intraoral scanners available on the market. On the strength of numerous innovations and a wider range of indications in orthodontics and implantology, intraoral scanning systems appear to be a highly promising development for the future. Digital impression-taking with intraoral scanners has already shown itself in some respects to be clearly superior to conventional impression-taking. Particularly worthy of mention is the versatile integration of digital impressions into diagnostic and treatment concepts to provide a customizable healthcare solution for the patient. It remains exciting to look forward to future developments that will allow us to observe digital impression-taking – as with other digital applications already established in everyday life – becoming firmly established in the routine of dentistry and dental technology. This article presents an overview of the benefits and limitations of digital impression-taking using intraoral scanning systems, and includes a summary of all the relevant intraoral scanners available on the market at present.

Keywords: digital impression, intraoral scanning, review

a Dr. med. dent. Moritz Zimmermann

b Prof. Dr. Dr. med. dent. Albert Mehl

c Prof. Dr. Dr. med. dent. Werner H. Mörmann

d Prof. Dr. med. dent. Sven Reich, Klinik für zahnärztliche Prothetik und Biomaterialien, Zentrum für Implantologie, Universität Aachen

a bis c Abteilung für Computergestützte Restaurative Zahnmedizin, Zentrum für Zahnmedizin, Universität Zürich, Schweiz

Introduction

The majority of impression-taking procedures are still carried out using conventional methods, ie, with an impression tray and impression materials.¹ It is estimated that between five and ten percent of dentists use intraoral scanners for optical impression-taking today. There is no question, however, that digital impression-taking offers the user numerous benefits. The required accuracy of intraoral scanning systems to ensure a successful clinical process chain has been demonstrated in many scientific studies.²⁻⁵ The use of intraoral scanners for the workflow of certain indications can be considered to be at least equivalent to conventional procedures. The options offered by a digital data record open up further possibilities that are often too complex, or not at all feasible, with conventional impression-taking. Besides simple virtual snipping and merging tools, these systems offer analytical features such as the measurement of wear and the recession of hard and soft dental structures.⁶ There is therefore no doubt that digital impression-taking can and will replace the conventional workflow. For the individual dentist today, it is more a question of when the changeover makes the most sense for his or her practice concept and team.

The present article aims to provide valuable assistance in this decision-making process in that it gives an overview of the benefits and limitations of digital impression-taking with intraoral scanning systems. It also provides a summary of all the currently relevant intraoral scanners exhibited at the most recent International Dental Show (IDS), which saw a great increase of innovative activity in this area.

Benefits of intraoral scanning systems

Compared to conventional impression-taking followed by the manufacture of a plaster model, numerous advantages are offered by digital intraoral scanning and the subsequent creation of a digital dataset. These benefits are described below.

Real-time visualization

Early quality analysis of the digital model on the computer monitor can take place either during or directly following the scanning procedure. With conventional impression-taking, however, the important finer details only become evident at the plaster-model stage.

Einleitung

Schätzungsweise 5 bis 10 % der Zahnärzte nutzen heutzutage die Möglichkeit der digitalen Abformung mit Intraoralscannern. Der große Anteil der Abformungen wird immer noch konventionell das heißt, mit Abformlöffel und Abformmaterialien durchgeführt¹. Dabei ist es unbestritten, dass die digitale Abformung dem Anwender zahlreiche Vorteile bietet. Die Genauigkeit intraoraler Scansysteme, die für eine erfolgreiche klinische Prozesskette notwendig ist, konnte in zahlreichen wissenschaftlichen Studien nachgewiesen werden²⁻⁵. Der Einsatz von Intraoralscannern für den Workflow bestimmter Indikationen kann somit gegenüber den konventionellen Verfahren als mindestens ebenbürtig angesehen werden. Aufgrund der Optionen, die ein digitaler Datensatz bietet, eröffnen sich zusätzliche Perspektiven, die mit konventionellen Abformungen oftmals nur komplizierter oder gar nicht durchführbar sind. Dies betrifft neben einfachen Ausschneide- und Ergänzungsfunktionen auch Analysemöglichkeiten wie Rezessions- und Verschleißmessungen⁶. Es ist demnach außer Frage, ob die intraorale digitale Abformung den konventionellen Workflow jemals ablösen kann und wird. Für den einzelnen Anwender stellt sich heutzutage vielmehr die Frage, wann ein Einstieg für ihn, sein Praxiskonzept und sein Team sinnvoll ist.

Der vorliegende Beitrag soll bei diesem Entscheidungsprozess eine wertvolle Unterstützung sein und gibt eine Übersicht über die Vorteile und Einschränkungen der digitalen Abformung mit Intraoralscannern. Zudem beinhaltet er eine Zusammenfassung sämtlicher heutzutage relevanter Intraoralscanner auf Basis der diesjährigen Dentalmesse IDS, auf der ein großer Zuwachs an Innovationen in diesem Bereich beobachtet werden konnte.

Vorteile der intraoralen Scansysteme

Im Vergleich zu einer konventionellen Abformung mit anschließender Modellherstellung aus Gips ergeben sich durch das intraorale Scannen mit anschließender Erzeugung eines digitalen Modelldatensatzes zahlreiche Vorteile, die nachfolgend beschrieben werden.

Darstellung in Echtzeit

Schon während oder unmittelbar nach dem Scan kann eine sofortige Analyse des digitalen Modells hinsichtlich

dessen Qualität am Bildschirm erfolgen. Bei einer konventionellen Abformung zeigt erst der Gips die entscheidenden Details der Abformung.

Leichte Wiederholbarkeit

Bei nicht zufriedenstellender Qualität lässt sich ein Scan schnell wiederholen. Es ist kein erneutes Vorbereiten des Abformlöffels und kein erneutes Anmischen des Abformmaterials nötig.

Selektive Wiederholbarkeit

Ein Scan kann im Gegensatz zu einer konventionellen Abformung selektiv – nur auf das fehlerbehaftete Areal begrenzt – wiederholt werden (beispielsweise bei einer Blutung am Präparationsrand). Hierzu schneidet man den betroffenen Bereich einfach digital aus und scannt diesen erneut.

Selektives Erfassen der relevanten Bezirke

Bei einem Scan können zunächst die kritischen Bereiche erfasst werden. Im Falle von aufwendigen Gesamtanierungen bietet sich somit die Möglichkeit, abschnittsweise in mehreren Sitzungen vorzugehen.

Keine Abformdesinfektion und Abformlöffelsäuberung

Intraoralscanner sind leicht desinfizierbar und die entsprechenden Scanspitzen eventuell auch autoklavierbar. Oft werden auch Einwegplastikhülsen angeboten, die nach dem Scan verworfen werden. Die zeitaufwendige Abformlöffelsäuberung und -desinfektion entfällt.

Analyseoptionen Präparation/Restauration

Bei digitalen Modellen können direkt am Bildschirm wichtige Präparationsparameter kontrolliert werden wie beispielsweise die Einschubachse oder der Abstand zum Antagonisten. Ebenso können am digitalen Modell Restaurationsparameter überprüft werden wie beispielsweise die Mindestschichtstärke oder eine morphologisch und funktionell passende Restaurationsgestaltung.

Easy repeatability

If the results are not of a satisfactory quality, the scanning procedure can be repeated quickly and easily. There is no need to prepare an impression tray or remix the impression material.

Selective repeatability

In contrast to conventional impression-taking, a repetition of the scan can be selectively limited to the affected area only (eg, in the case of bleeding at the preparation margin). For this purpose, the affected area is simply digitally cut out and rescanned.

Selective capture of the relevant areas

With a scan, the critical areas can be recorded first. This means that in the case of extensive, full-mouth rehabilitations, it is possible to proceed segment by segment over several treatment sessions.

No need to disinfect and clean dental impressions and impression trays

Intraoral scanners can be easily disinfected and the used scanner tips are sometimes autoclavable. A frequently used alternative is disposable plastic protective sleeves, which are no longer required after completion of the scanning procedure. This eliminates the time-consuming working step of cleaning and disinfecting the impression trays.

Analysis options preparation/restoration

With digital models, important preparation parameters such as the path of insertion or the distance from the respective antagonist tooth can be monitored directly on the computer screen. By the same token, restoration parameters (eg, minimum wall thickness or a morphologically and functionally suitable restoration design) can be checked on the digital model.

No wear of the model

A digital model is not subject to the wear that occurs when checking the fit of a restoration on a physical model. A digital model is always readily available in the same, original quality.



Rapid communication and availability

The further processing of digital models can be implemented without any great loss of time. Digital data transfer via cloud-based systems saves on transport costs.

Archivability

Unlike conventionally manufactured models, digital models can be archived more simply and efficiently as more space is saved. Furthermore, they are easily retrievable by accessing the patient's dental record file.

Economic material use

Digital impression-taking avoids waste products and is therefore advantageous in terms of sustainability and resource conservation.

Chairside option

Besides saving time, single-visit dental treatment offers other advantages such as immediate, bacteria-impermeable sealing of the dentin wound and adhesive stabilization of the residual hard tooth substance. A further advantage is that the adhesive bond is not compromised by the influence of temporary cement.

Virtual snipping tool

In addition to the possibility of rescanning to selectively capture defective areas, the virtual snipping tool can be used to perform an overview scan before treatment begins. This means that during the treatment session for preparation, only the affected teeth need to be scanned.

Virtual follow-up

Digital models can be used to visualize numerous intraoral analyses of changes such as tooth migration, dental tipping, tooth rotation, recession, and abrasion, as opposed to conventional models. For this purpose, it is sufficient to perform a three-dimensional (3D) comparison between the initial clinical findings and subsequent intraoral scans with the aid of a special software tool (eg, OraCheck, Cyfex, Zurich, Switzerland).

Kein Modellverschleiß

Ein digitales Modell unterliegt keinem Modellverschleiß, wie er durch das Aufpassen einer realen Arbeit am Gipsmodell entsteht. Ein digitales Modell ist immer in der gleichen, ursprünglichen Qualität verfügbar.

Schnelle Kommunikation und Verfügbarkeit

Die Weiterverarbeitung von digitalen Modellen erfolgt ohne großen Zeitverlust. Durch die digitale Datenversendung, die oftmals über Cloud-Systeme abläuft, fallen keine Transportkosten an.

Archivierbarkeit

Digitale Modelle können im Vergleich zu konventionellen Modellen viel einfacher und effizienter – da platzsparender – archiviert werden. Ein späteres Auffinden ist durch Aufrufen der Patientendatei zudem einfach möglich.

Materialersparnis

Bei einer digitalen Abformung fallen keine Abfallprodukte an. Dies ist unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung ein Vorteil.

Chairside-Option

Die Behandlung in einer Sitzung bietet neben der Zeiterparnis zahlreiche weitere Vorteile wie beispielsweise die sofortige bakterien-dichte Versiegelung der Dentinwunde und die adhäsive Stabilisierung der Restzahn-hartsubstanz. Zudem wird der adhäsive Haftverbund nicht durch einen provisorischen Zement beeinträchtigt.

Virtuelle Ausschneidefunktion

Neben dem Re-Scan für selektive, fehlerhafte Areale, kann die virtuelle Ausschneidefunktion dazu genutzt werden, um vor der eigentlichen Behandlung einen Übersichtsscan auszuführen und in der Sitzung der Präparation nur noch die betroffenen Zähne zu erfassen.

Virtuelle Verlaufskontrolle

Im Gegensatz zu konventionellen Modellen können mit digitalen Modellen zahlreiche intraorale Analysen von

Veränderungen wie beispielsweise Zahnwanderungen, Zahnkippungen, Zahnrotationen, Rezessionen und Abra-sionen sichtbar gemacht werden. Hierzu genügt ein 3-D-Vergleich eines Anfangsbefundes mit nachfolgenden intraoralen Aufnahmen mithilfe eines Softwaretools (beispielsweise OraCheck, Cyfex, Zürich, Schweiz).

Echtfarbdarstellung

Da bestimmte intraorale Scansysteme mittlerweile Echtfarbmodelle erzeugen, können Bereiche wie Zahnstrukturen und Gingivatextur besser erfasst werden. Somit kann man beispielsweise farbliche Gingiva- und Zahnveränderungen analysieren, was auf einem Gipsmodell nicht möglich ist. Auch selektive Zahnfarbenmessungen können bei manchen Systemen durchgeführt werden.

Möglichkeit einer Data-Fusion

Ein digitaler Datensatz kann mit anderen Datensätzen verknüpft werden, beispielsweise mit einem Gesichtsscan oder mit dreidimensionalen Röntgenaufnahmen (CT oder DVT)⁷. Dies ermöglicht eine zusätzliche, erweiterte und vor allem umfangreiche Diagnose- und Planungsmöglichkeit.

Nachteile der intraoralen Scansysteme

Trotz der zahlreichen Vorteile, die sich durch einen Einsatz von Intraoralscannern bei der digitalen Abformung ergeben, sind einige Einschränkungen durch das intraorale Scannen mit anschließender Erzeugung eines digitalen Modelldatensatzes gegeben:

Lernkurve

Eine optische Abformung ist am Anfang nicht einfach durchzuführen, weil komplexe Scanpfade eingehalten werden müssen, damit eine fehlerfreie Vermessung erzielt werden kann. Die optische Abformung muss entsprechend erlernt werden, wobei die Lernkurve zu Beginn sehr flach ist⁸. Sogenannte „guided scanning“-Verfahren, bei denen der Anwender Schritt für Schritt während des Scans instruiert wird, wie der Intraoralscanner über den Zahnbogen zu führen ist, erleichtern jedoch die Durchführung und sind in einigen Systemen bereits integriert.

True-color representation

Some intraoral scanning systems now produce true-color models, which allows for the improvement of the capture of elements such as dental structures and gingival texture. This enables, for instance, the analysis of color changes in teeth and gingiva, which is not possible with a plaster model. Some systems also permit selective tooth shade measurements.

Possibility of data fusion

A digital dataset can be linked to other datasets such as a facial scan, or 3D radiograph images (computed tomography [CT] or cone beam computed tomography [CBCT]).⁷ This allows an additional, more extensive, and particularly comprehensive range of possibilities for diagnosis and treatment.

Drawbacks of intraoral scanning systems

Despite the numerous benefits of digital impression-taking with intraoral scanners, there are some limitations of intraoral scanning with the subsequent generation of a digital model dataset. These limitations are described below.

Learning curve

Optical impression-taking is not simple to perform for beginners, as correct measurement requires adherence to complex scan paths. Optical impression-taking requires a certain amount of familiarization time; the learning curve is initially extremely flat.⁸ However, with the aid of what are referred to as guided scanning procedures, the user is instructed step-by-step during the scan as to how to guide the intraoral scanner over the dental arch. Guided scanning procedures facilitate the implementation of the procedure and have already

Implant restorations

For the precise determination of the implant position, an additional implant-specific scan body is required for digital impression-taking with intraoral scanners.⁹ This scan body must be available for the corresponding implant system and must also be compatible with the CAD software being used. Recently, however, an increasing number of manufacturers of 3D intraoral cameras have been offering the possibility of digital implant restorations in cooperation with the respective implant manufacturers.



Static and dynamic occlusion

It is not possible to alter the occlusion at a later stage with some intraoral scanning systems. In the case of extensive restorations, the limits of feasibility are reached regarding loss of occlusal support. Furthermore, many systems do not permit the simulation of dynamic occlusion. During the past few months, however, a method for the integration of dynamic articulation using an average-value virtual articulator has become available for the first time.¹⁰ Further possibilities include the integration of individual articulation parameters and the digital alteration of the occlusion by adjusting the support pin.¹⁰

Scanning fees and closed systems

In some systems, the user has to pay scanning fees to perform a digital scan. In many cases, scan data will then first be sent to company owned, cloud-based storage systems; as the data are in an encoded file format, this is a closed system. An open Standard Triangulation Language (STL) data export for further processing using any CAD software is often, if at all, only possible after exporting the file from this platform. Recently, an increasing number of manufacturers have been offering what are referred to as open systems, ie, intraoral scanners that permit the direct export of STL files.

Cost

Intraoral scan systems are still expensive. The current prices mean that the cost-benefit ratio is not yet feasible for many users. Prices of intraoral scanners are, however, expected to fall in the near future due to the increasing number of manufacturers on the market.

Scan paths

In addition to the different technical modes of functioning of the various scanners, a correct scan path is decisive for successful scanning results at the present state of the technology. Various scientific analyses show the influence of the scan path on the accuracy of the data capture, both *in vitro* and *in vivo*.^{8,11} Scan path means that the intraoral scanner must be moved according to a specific movement pattern in order to obtain the greatest possible precision of the virtual model. This is to ensure that the individual images generated by the optical system are superimposed with sufficient accuracy. Especially for the capture of large areas such as quadrants

Implantatversorgung

Für die exakte Bestimmung der Implantatposition ist bei einer digitalen Abformung mit Intraoralscannern ein zusätzlicher implantatspezifischer Scankörper erforderlich⁹. Dieser Scankörper muss für das entsprechende Implantatsystem erhältlich sein und zudem mit der verwendeten CAD-Software kompatibel. In letzter Zeit bieten jedoch immer mehr Hersteller von 3-D-Kameras die Möglichkeit zur digitalen Implantatversorgung an, indem entsprechende Kooperationen mit den jeweiligen Implantatherstellern eingegangen werden.

Statische und dynamische Okklusion

Bei einigen intraoralen Scansystemen ist die nachträgliche Änderung der Bisslage nicht möglich. Sobald die Stützzone aufgelöst werden, kommt man bei umfangreichen Restaurationen an die Grenze des Machbaren. Viele Systeme bieten zudem keine Simulation der dynamischen Okklusion an. Seit einigen Monaten gibt es jedoch erstmals einen Ansatz zur Integration der dynamischen Artikulation unter Verwendung eines mittelwertigen virtuellen Artikulators¹⁰. Ebenso ist eine Integration von individuellen Artikulationsparametern möglich, sowie wie die digitale Veränderung der Bisslage mittels Stützstift¹⁰.

Scangebühren und geschlossene Systeme

Bei einigen Systemen fallen sogenannte „scanning fees“, also Gebühren pro durchgeführten Scan an. Oftmals werden die Scandaten zunächst an firmeneigene ‚Clouds‘ in einem verschlüsselten Dateiformat versendet, das System ist also geschlossen. Ein offener STL-Datenexport zur entsprechenden Weiterverarbeitung in einem beliebigen CAD-Programm ist oftmals – wenn überhaupt – erst nach einem Datelexport aus dieser Plattform möglich. In letzter Zeit bieten jedoch immer mehr Hersteller sogenannte offene Systeme an, also Intraoralscanner, die einen direkten STL-Datenexport erlauben.

Preis

Intraorale Scansysteme sind derzeit ziemlich kostenintensiv. Für viele Anwender ist die Kosten-Nutzen-Rechnung angesichts des gegenwärtigen Preisniveaus noch nicht positiv. Eine Preissenkung im Bereich der Intraoralscanner

ist jedoch angesichts der steigenden Zahl von Herstellern auf dem Markt in naher Zukunft zu erwarten.

Scanfade

Neben den unterschiedlichen technischen Funktionsweisen der Scanner muss hervorgehoben werden, dass das Scanergebnis zum derzeitigen Stand maßgeblich von einem sachgerechten Scanfad abhängig ist. Verschiedene wissenschaftliche Untersuchungen zeigen den Einfluss des Scanpfades auf die Genauigkeit der Datenerfassung sowohl *in vitro* als auch *in vivo*^{8,11}. Unter Scanfad versteht man, dass der Intraoralscanner in einem bestimmten Bewegungsmuster über die Oberfläche bewegt werden muss, um ein möglichst genaues virtuelles Modell zu erhalten. Dabei geht es darum, dass die Einzelaufnahmen, die das optische System erstellt, entsprechend ausreichend präzise überlagert werden. Gerade bei der Erfassung von großen Arealen wie Quadranten- und Ganzkieferaufnahmen ist es notwendig, nicht nur in mesio-distaler Richtung eine ausreichende Datenmenge zu generieren, sondern den Scanfad durch Lateralaufnahmen zu vervollständigen und vor allem wieder zu schließen, indem zum Startpunkt der Scanbewegung unter Überkreuzung der Okklusalfäche zurückgekehrt wird. Oftmals gestaltet sich die Erfassung von strukturlosen und/oder steil abfallenden Arealen wie der Unterkieferfront als schwierig. Dies erfordert wiederum – abhängig vom System – spezielle Strategien. Daher ist es wichtig, neben den technischen Spezifikationen die infrage kommenden Scanner stets selbst auszuprobieren.

Übersicht intraorale Scansysteme

Eine Zusammenstellung der aktuell auf dem Markt verfügbaren intraoralen Scansysteme soll die Übersicht und Einschätzung des technischen Standes der digitalen Abformung erleichtern (Tab. 1). Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben, die Auflistung der Scanner erfolgt in alphabetischer Reihenfolge der Herstellernamen.

and full-jaw images, a sufficient data volume must be generated not only in the mesiodistal direction but also by adding lateral images to complete the scan path, and, above all, to close it again by crossing over the occlusal surface and returning to the starting point of the scan movement. The capture of structureless areas and/or areas with a steep downward slope such as the anterior mandibular area, often proves difficult. This, in turn, requires particular, system-dependent strategies. Rather than relying solely on the technical specifications, it is therefore also important for users to try out for themselves the scanning systems in which they are interested.

Intraoral scanning systems – overview

The summary of currently available intraoral scanning systems undertaken in this article provides an overview that aims to facilitate the assessment of the present status of technological development of digital impression-taking. The overview makes no claim to completeness. The scanners are listed in alphabetical order according to the names of their manufacturers.

Table 1 gives details of each intraoral scanning system covered in this article, including the currently available configurations, the size of the scan head, whether or not scan powder is required, the color representation capability, the data capture mode, and the data capture principle. The growing use of digital intraoral impression-taking in all fields of dentistry and dental technology necessitates a specific examination and evaluation of the intraoral scanning systems used in the various areas of application, ie, chairside, labside, implantology, and orthodontics. A differentiated approach to intraoral scanning systems is used in implantology for prosthetic reconstruction and for implant planning. In orthodontics, each intraoral scanning system is considered according to a differentiated view in terms of treatment planning and appliance design. Furthermore, the digital workflow of each scanning system is described in detail, indicating, for instance, whether the scan data must first be sent via a platform, or whether a direct export of the scan data in the open STL format is possible for the corresponding further processing.

Table 1 Overview of the intraoral scanning systems currently available on the market. (cont. pages 110ff)

	3M Espe True Definition Scanner	3Shape Trios 3	3Shape Trios Standard/Color
			
Powder	Yes	Yes	No
Color	No	Yes	Trios Standard: No; Trios Color: Yes
Configuration	Trolley with touchscreen	Trolley with touchscreen; USB; integrated into the dental treatment unit	Trolley with touchscreen; USB; integrated into the dental treatment unit
Scanner size (L x W x H)	254 x 16 x 14 mm	No details given	320 x 56 x 16 mm
Data capture mode	Video sequence	Video sequence	Video sequence
Data capture principle	Wavefront sampling	Confocal laser technology	Confocal microscopy
Digital workflow	Data transfer via cloud-based platform 3M Connection Center; open STL export	Data transfer via cloud-based platform 3Shape Trios Inbox; closed system	Data transfer via cloud-based platform 3Shape Trios Inbox; closed system
Chairside	In planning (available in the USA) CAD: 3M software CAM: PlanMill 40 milling machine (Planmeca) and TS150 (IOS Technologies)	In planning CAD: 3Shape software (preliminary version) CAM: Cooperation with 8 milling machine manufacturers (eg, Imes-icore 140i, Planmeca PlanMill 40, KaVo Arctica Engine)	In planning CAD: 3Shape software (preliminary version) CAM: Cooperation with 8 milling machine manufacturers (eg, Imes-icore 140i, Planmeca PlanMill 40, KaVo Arctica Engine)
Labside	Established CAD: Official workflow with exocad, DentalCAD, Dental Wings DWOS, 3Shape Dental System, 3M software CAM: Cooperation with third-party manufacturers	Established CAD: 3Shape Dental System CAM: 3Shape CAMbridge; cooperation with third-party manufacturers	Established CAD: 3Shape Dental System CAM: 3Shape CAMbridge; cooperation with third-party manufacturers
Implantology	Established Prosthetic reconstruction: Workflow for Biomet 3i implants using BellaTek Encode; workflow for Straumann implants Implant planning: Workflow using Straumann Cares software	Established Prosthetic reconstruction: 3Shape Dental System Implant planning: 3Shape Implant Studio (incl. design of drilling templates)	Established Prosthetic reconstruction: 3Shape Dental System Implant planning: 3Shape Implant Studio (incl. design of drilling templates)
Orthodontics	Established Treatment planning/appliance design: Workflow using the 3M Unitek Treatment Management software (Incognito) and the Align Technology ClinCheck software (Invisalign)	Established Treatment planning: 3Shape Ortho Analyzer Appliance design: 3Shape Appliance Designer	Established Treatment planning: 3Shape Ortho Analyzer Appliance design: 3Shape Appliance Designer
Comments	Further development (first presented at the IDS 2013); special feature: 3D preparation analysis by viewing individual images	Two versions available: pen-grip handle or pistol-shaped handle; special feature: Real Color Scans; HD photo function; digital shade determination; automatic artifact elimination; market introduction IV/2015	Predecessor model of the Trios 3 intraoral scanner

Tab. 1 Übersicht der aktuell auf dem Markt verfügbaren intraoralen Scansysteme (Fortsetzung Seite 111ff).

	3M Espe True Definition Scanner	3Shape Trios 3	3Shape Trios Standard/Color
			
Puder	ja	nein	nein
Farbe	nein	ja	Trios Standard: nein; Trios Color: ja
Konfiguration	Cart mit Touchscreen	Cart mit Touchscreen, USB, Integration in Behandlungseinheit	Cart mit Touchscreen, USB, Integration in Behandlungseinheit
Größe Scanner (LxBxH)	254 x 16 x 14 mm	keine Angabe	320 x 56 x 16 mm
Aufnahme-modus	Videosequenz	Videosequenz	Videosequenz
Aufnahme-prinzip	Wavefront Sampling	konfokale Lasertechnik	konfokale Mikroskopie
Digitaler Workflow	Datenversand über Cloud-Plattform 3M Connection Center, offener STL-Export	Datenversand über Cloud-Plattform 3Shape Trios Inbox, geschlossenes System	Datenversand über Cloud-Plattform 3Shape Trios Inbox, geschlossenes System
Chairside	in Planung (erhältlich in USA) CAD: 3M Software CAM: Schleifmaschine PlanMill 40 (Planmeca) und TS150 (IOS Technologies)	in Planung CAD: 3Shape Software (Vorabversion) CAM: Kooperation mit 8 Herstellern von Schleifmaschinen (z.B. Imes-Icore 140i, Planmeca PlanMill 40, KaVo Arctica Engine)	in Planung CAD: 3Shape Software (Vorabversion) CAM: Kooperation mit 8 Herstellern von Schleifmaschinen (z.B. Imes-Icore 140i, Planmeca PlanMill 40, KaVo Arctica Engine)
Labside	etabliert CAD: offizieller Workflow mit exocad, DentalCAD, Dental Wings DWOS, 3Shape Dental System, 3M Software CAM: Kooperation mit anderen Herstellern	etabliert CAD: 3Shape Dental System CAM: 3Shape CAMbridge, Kooperation mit anderen Herstellern	etabliert CAD: 3Shape Dental System CAM: 3Shape CAMbridge, Kooperation mit anderen Herstellern
Implantologie	etabliert prothetische Rekonstruktion: Workflow für Biomet 3i-Implantate unter Verwendung von Belatek Encode, Workflow für Straumann-Implantate Implantatplanung: Workflow unter Verwendung von Straumann Cares Software	etabliert prothetische Rekonstruktion: 3Shape Dental System Implantatplanung: 3Shape Implant Studio (inkl. Design von Bohrschablonen)	etabliert prothetische Rekonstruktion: 3Shape Dental System Implantatplanung: 3Shape Implant Studio (inkl. Design von Bohrschablonen)
Kiefer-orthopädie	etabliert Behandlungsplanung/Apparatur Design: Workflow unter Verwendung von 3M Unitek Treatment Management Software (Incognito) und Align Technology Clin-Check-Software (Invisalign)	etabliert Behandlungsplanung: 3Shape Ortho Analyzer Apparaturdesign: 3Shape Appliance Designer	etabliert Behandlungsplanung: 3Shape Ortho Analyzer Apparaturdesign: 3Shape Appliance Designer
Anmerkungen	Weiterentwicklung (erste Präsentation auf IDS 2013), Besonderheit: Analyse der Präparation in 3-D durch Betrachtung von Einzelbildern	zwei Versionen erhältlich: mit oder ohne Handgriff, Besonderheit: Real Color Scans, HD-Fotofunktion, digitale Farbbestimmung, automatische Artefakteliminierung, Markteinführung IV/2015	Vorgängermodell des Trios 3 Intraoral-scanners

	Align Technology iTero Element	Carestream CS 3500	Dental Wings dwio
			
Powder	No	No	No
Color	No (color version planned)	Yes	No (color version planned)
Configuration	Trolley with touchscreen; tabletop version with touchscreen	USB; integrated into the dental treatment unit	Trolley with touchscreen and motion capturing
Scanner size (L x W x H)	No details given	245 x 62 x 37 mm	No details given
Data capture mode	Video sequence	Individual images	Video sequence
Data capture principle	Confocal microscopy	Triangulation	Multiscan Imaging (10 cameras, 5 corresponding projectors)
Digital workflow	Data transfer via cloud-based platform MyAligntech; open STL export	Data transfer via cloud-based platform CS Connect; open STL export	Data transfer via cloud-based platform DWOS Connect; open STL export
Chairside	In planning (available in the USA) CAD: E4D Design Center; IOS Technologies FastDesign System CAM: E4D Planmeca Mill and IOS TS150 milling machines	Established CAD: CS Restore CAD software CAM: CS 3000 milling machine (1-axis, 1 milling geometry); limited to single-tooth restorations; 3-unit bridges in preparation	Not established
Labside	Established CAD: Cooperation with third-party manufacturers CAM: Cooperation with third-party manufacturers	Established CAD: Cooperation with third-party manufacturers CAM: Cooperation with third-party manufacturers	Established CAD: DWOS CAD suite software CAM: Cooperation with third-party manufacturers; DWOS LaserMill
Implantology	Established Prosthetic reconstruction: Workflow for > 20 implant types Implant planning: Workflow using the Straumann Cares software	Not established	Partly established Prosthetic reconstruction: Not available Implant planning: DWOS coDiagnostiX software
Orthodontics	Established Treatment planning/appliance design: Workflow using the ClinCheck software (Invisalign) and the Align OrthoCAD software (other appliances); workflow using SureSmile and 3M Incognito	Partly established Treatment planning: CS Model software for model analysis Appliance design: Not established	Partly established Treatment planning: DWOS Orthodontic software for model analysis Appliance design: Not established
Comments	Scanner size 40% smaller than iTero; video sequence instead of individual images: 6,000 instead of 800 fps; 20 scans per second; 20x faster scanning speed; special feature: webcam for live feedback	Two different scan tip sizes; special feature: scan feedback through color-coded indicator system (green indicator lights up during active scanning process); automatic detection of the preparation margin with just one click	Further development of the Steinbichler DigImprint intraoral scanner (first presented at the IDS 2013); special feature: motion capturing for non-contact operation; scan feedback through color-coded indicator system; market introduction IV/2015

	Align Technology iTero Element	Carestream CS 3500	Dental Wings dwio
			
Puder	nein	nein	nein
Farbe	nein (Farbversion geplant)	ja	nein (Farbversion geplant)
Konfiguration	Cart mit Touchscreen, Tischgerät mit Touchscreen	USB, Integration in Behandlungseinheit	Cart mit Touchscreen und „motion capturing“
Größe Scanner (LxBxH)	keine Angabe	245 x 62 x 37 mm	keine Angabe
Aufnahmemodus	Videosequenz	Einzelbilder	Videosequenz
Aufnahmeprinzip	konfokale Mikroskopie	Triangulation	Multiscan Imaging (10 Kameras, 5 zugehörige Projektoren)
Digitaler Workflow	Datenversand über Cloud-Plattform MyAligntech, offener STL-Export	Datenversand über Cloud-Plattform CS Connect, offener STL-Export	Datenversand über Cloud-Plattform DWOS Connect, offener STL-Export
Chairside	in Planung (erhältlich in USA) CAD: E4D Design Center, IOS Technologies Fast Design System CAM: Schleifmaschinen E4D Planmeca Mill und TS 150	etabliert CAD: CS Restore CAD Software CAM: Schleifmaschine CS 3000 (1-Achs, 1-Schleifergeometrie), auf Einzelzahnrestorationen begrenzt, dreigliedrige Brücke in Vorbereitung	nicht etabliert
Labside	etabliert CAD: Kooperation mit anderen Herstellern CAM: Kooperation mit anderen Herstellern	etabliert CAD: Kooperation mit anderen Herstellern CAM: Kooperation mit anderen Herstellern	etabliert CAD: DWOS CAD Suite Software CAM: Kooperation mit anderen Herstellern, DWOS LaserMill
Implantologie	etabliert prothetische Rekonstruktion: Workflow für > 20 Implantattypen Implantatplanung: Workflow unter Verwendung Straumann Cares Software	nicht etabliert	teilweise etabliert prothetische Rekonstruktion: nicht verfügbar Implantatplanung: DWOS coDiagnostiX Software
Kieferorthopädie	etabliert Behandlungsplanung/Apparaturdesign: Workflow unter Verwendung von Clin-Check Software (Invisalign) und Align OrthoCAD Software (andere Apparaturen), Workflow unter Verwendung von SureSmile und 3M Incognito	teilweise etabliert Behandlungsplanung: CS Model Software für Modellanalyse Apparaturdesign: nicht etabliert	teilweise etabliert Behandlungsplanung: DWOS Orthodontic Software für Modellanalyse Apparaturdesign: nicht etabliert
Anmerkungen	Scannergröße 40 % geringer als iTero, Videosequenz anstatt Einzelbilder: 6.000 statt 800 fps, 20 Scans/Sekunde, 20x höhere Scangeschwindigkeit, Besonderheit: Webcam für Live-Feedback	zwei verschiedene Größen Scannerspitze, Besonderheit: Scan Feedback durch Farbindikationssystem (grünes Aufleuchten bei aktivem Scanprozess), automatische Detektion Präparationsgrenze durch einen Klick	Weiterentwicklung Steinbichler DigImprint Intraoralscanner (Erstvorstellung IDS 2013), Besonderheit: „motion capturing“ für berührungslose Bedienung, Scan-Feedback durch Farbindikationssystem, Markteinführung IV/2015

	Dentium rainbow iOS	Densys 3D MIA3D	GC AADVA
			
Powder	No	Yes	No
Color	Yes	No	No (color version planned)
Configuration	Trolley with multi-touch screen	USB; trolley	Trolley with touchscreen; integrated into the dental treatment unit
Scanner size (L x W x H)	275 x 175 x 175 mm	No details given	160 x 260 x 160 mm
Data capture mode	Individual images	Video sequence	Video sequence
Data capture principle	Triangulation	Triangulation	Confocal microscopy
Digital workflow	Data transfer via cloud-based platform; (direct) open STL export	(Direct) open STL export	Data transfer via cloud-based platform; (direct) open STL export
Chairside	Not established	Not established	Not established
Labside	Established CAD: Cooperation with third-party manufacturers CAM: Cooperation with third-party manufacturers; rainbow Mill Clinic and rainbow Mill milling machines	Established CAD: Cooperation with third-party manufacturers CAM: Cooperation with third-party manufacturers	Established CAD: GC AADVA Soft CAD software CAM: Cooperation with third-party manufacturers
Implantology	Not established	Not established	Not established
Orthodontics	Not established	Not established	Not established
Comments	Market introduction III/2015	Further development of the MIA3d Intraoral Scanner (first presented at the IDS 2011)	Further development of the a.tron3D Bluescan-I scanner (first presented at the IDS 2011); USB port for direct STL export; data available for the scan accuracy of: quadrant 25 µm, single tooth 15 µm; market introduction IV/2015

	Dentium rainbow iOS	Densys 3D MIA3D	GC AADVA
			
Puder	nein	ja	nein
Farbe	ja	nein	nein (Farbversion geplant)
Konfiguration	Cart mit Multitouchscreen	USB, Cart	Cart mit Touchscreen, Integration in Behandlungseinheit
Größe Scanner (LxBxH)	275 x 175 x 175 mm	keine Angabe	160 x 260 x 160 mm
Aufnahmemodus	Einzelbilder	Videsequenz	Videsequenz
Aufnahmeprinzip	Triangulation	Triangulation	konfokale Mikroskopie
Digitaler Workflow	Datenversand über Cloud-Plattform, (direkter) offener STL-Export	(direkter) offener STL-Export	Datenversand über Cloud-Plattform, (direkter) offener STL-Export
Chairside	nicht etabliert	nicht etabliert	nicht etabliert
Labside	etabliert CAD: Kooperation mit anderen Herstellern CAM: Kooperation mit anderen Herstellern, Schleifmaschine rain Mill Clinic und rainbow Mill	etabliert CAD: Kooperation mit anderen Herstellern CAM: Kooperation mit anderen Herstellern	etabliert CAD: GC AADVA Soft CAD Software CAM: Kooperation mit anderen Herstellern
Implantologie	nicht etabliert	nicht etabliert	nicht etabliert
Kieferorthopädie	nicht etabliert	nicht etabliert	nicht etabliert
Anmerkungen	Markteinführung III/2015	Weiterentwicklung MIA3D Intraoralscanner (Erstvorstellung IDS 2011)	Weiterentwicklung a.tron3D bluescan-I Scanner (Erstvorstellung IDS 2011), USB-Port für direkten STL-Export, Daten zur Genauigkeit vorhanden: Quadrant 25 µm, Einzelzahn 15 µm, Markteinführung IV/2015



	KaVo Lythos	MFI Condor	Ormco Lythos
			
Powder	No	No	No
Color	Yes	Yes	No
Configuration	Tabletop version with touchscreen; USB	Tabletop version with touchscreen; USB	Tabletop version with touchscreen
Scanner size (L x W x H)	No details given	No details given	No details given
Data capture mode	Video sequence	Video sequence	Video sequence
Data capture principle	Triangulation	Stereophotogrammetric video	Triangulation
Digital workflow	Data transfer via cloud-based platform; open STL export	(Direct) open STL export	Data transfer via cloud-based platform Ormco Digital; open STL export
Chairside	Established CAD: KaVo multiCAD software CAM: 5-axis milling machine Arctica Engine	Not established	Not established
Labside	Established CAD: Cooperation with third-party manufacturers CAM: Cooperation with third-party manufacturers	Established CAD: Cooperation with third-party manufacturers CAM: Cooperation with third-party manufacturers	Established CAD: Cooperation with third-party manufacturers CAM: Cooperation with third-party manufacturers
Implantology	Not established	Not established	Not established
Orthodontics	Not established	Not established	Established Treatment planning: Insignia Smile Design software Appliance design: AOA Lab software
Comments	No guided scanning for full-jaw scans; a further development of the Ormco Lythos scanner (special intraoral scanner for orthodontic applications)	Market introduction IV/2015	First presented at the IDS 2013; special feature: first intraoral scanner with guided scanning for full-jaw scans

	KaVo Lythos	MFI Condor	Ormco Lythos
			
Puder	nein	nein	nein
Farbe	ja	ja	nein
Konfiguration	Tischgerät mit Touchscreen, USB	Tischgerät mit Touchscreen, USB	Tischgerät mit Touchscreen
Größe Scanner (LxBxH)	keine Angabe	keine Angabe	keine Angabe
Aufnahmemodus	Videsequenz	Videsequenz	Videsequenz
Aufnahmeprinzip	Triangulation	Stereophotogrammetric Video	Triangulation
Digitaler Workflow	Datenversand über Cloud-Plattform, offener STL-Export	(direkter) offener STL-Export	Datenversand über Cloud-Plattform Ormco Digital, offener STL-Export
Chairside	etabliert CAD: KaVo multiCAD Software CAM: 5-Achs-Schleifmaschine Arctica Engine	nicht etabliert	nicht etabliert
Labside	etabliert CAD: Kooperation mit anderen Herstellern CAM: Kooperation mit anderen Herstellern	etabliert CAD: Kooperation mit anderen Herstellern CAM: Kooperation mit anderen Herstellern	etabliert CAD: Kooperation mit anderen Herstellern CAM: Kooperation mit anderen Herstellern
Implantologie	nicht etabliert	nicht etabliert	nicht etabliert
Kieferorthopädie	nicht etabliert	nicht etabliert	etabliert Behandlungsplanung: Insignia Smile Design Software Apparaturdesign: AOA Lab Software
Anmerkungen	kein „guided scanning“ für Ganzkieferscans, Weiterentwicklung Ormco Lythos Scanner (spezieller Intraoralscanner für Kieferorthopädie)	Markteinführung IV/2015	Erstvorstellung IDS 2013, Besonderheit: erster Intraoralscanner mit „guided scanning“ für Ganzkieferscans



	Planmeca PlanScan	Sirona Cerec Omnicam	Sirona Cerec Bluecam
			
Powder	No	No	Yes
Color	Yes	Yes	No
Configuration	USB; integrated into the dental treatment unit	Trolley (AC) and tabletop version (AF)	Trolley (AC)
Scanner size (L x W x H)	No details given	228 x 16 x 16 mm	206 x 17 x 22 mm
Data capture mode	Video sequence	Video sequence	Individual images
Data capture principle	Triangulation	Triangulation	Triangulation
Digital workflow	Data transfer via cloud-based platform Planmeca Romexis Cloud; open STL export	Data transfer via cloud-based platform Cerec Connect; closed system	Data transfer via cloud-based platform Cerec Connect; closed system
Chairside	Established CAD: PlanCAD Easy software CAM: PlanMill 40 4-axis milling machine	Established CAD: Cerec Chairside software 4.4 CAM: Cerec MC (X/XL) 3+1-axis milling machine and Cerec MC X5 5-axis milling machine	Established CAD: Cerec Chairside software 4.4 CAM: Cerec MC (X/XL) 3+1-axis milling machine and Cerec MC X5 5-axis milling machine
Labside	Established CAD: PlanCAD Premium software CAM: PlanMill 40 4-axis milling machine and PlanMill 50 5-axis milling machine	Established CAD: Cerec inLab 15 software CAM: Cerec MC (X/XL) 3+1-axis milling machine and Cerec MC X5 5-axis milling machine	Established CAD: Cerec inLab 15 software CAM: Cerec MC (X/XL) 3+1-axis milling machine and Cerec MC X5 5-axis milling machine
Implantology	Not established	Established Prosthetic reconstruction: Cooperation with > 20 implant manufacturers; own Ti-Base system; chairside restorations possible Implant planning: Galileos software; chairside manufacture of drilling templates possible using Cerec Guide 2	Established Prosthetic reconstruction: Cooperation with > 20 implant manufacturers, own Ti-Base system, chairside restorations possible Implant planning: Galileos software; chairside manufacture of drilling templates possible using Cerec Guide 2
Orthodontics	Not established	Established Treatment planning/appliance design: Special Cerec Ortho software with guided scanning; workflow for example with the Align Technology ClinCheck software (Invisalign)	Not established
Comments	First intraoral scanner integrated into the dental treatment unit; two different scanning-tip sizes; special feature: PlanMill 40 with tool changer	Special feature: Design tool Biojaw for CAD design; milling tools for extra-fine milling; possibility of Jaw Motion Tracking using SICAT function	Special feature: Design tool Biojaw for CAD design; milling tools for extra-fine milling; possibility of Jaw Motion Tracking using SICAT function

	Planmeca PlanScan	Sirona Cerec Omnicam	Sirona Cerec Bluecam
			
Puder	nein	nein	ja
Farbe	ja	ja	nein
Konfiguration	USB, Integration in Behandlungseinheit	Cart (AC) und Tischgerät (AF)	Cart (AC)
Größe Scanner (LxBxH)	keine Angabe	228 x 16 x 16 mm	206 x 17 x 22 mm
Aufnahmemodus	Videosequenz	Videosequenz	Einzelbilder
Aufnahmeprinzip	Triangulation	Triangulation	Triangulation
Digitaler Workflow	Datenversand über Cloud-Plattform Planmeca Romexis, offener STL-Export	Datenversand über Cloud-Plattform Cerec Connect, geschlossenes System	Datenversand über Cloud-Plattform Cerec Connect, geschlossenes System
Chairside	etabliert CAD: PlanCAD Easy Software CAM: PlanMill 40 4-Achs-Schleifmaschine	etabliert CAD: Cerec Chairside Software 4.4 CAM: Cerec MC (X/XL) 3+1 Achs-Schleifmaschine und Cerec MC X5 5-Achs Schleifmaschine	etabliert CAD: Cerec Chairside Software 4.4 CAM: Cerec MC (X/XL) 3+1 Achs-Schleifmaschine und Cerec MC X5 5-Achs Schleifmaschine
Labside	etabliert CAD: PlanCAD Premium Software, CAM: PlanMill 40 4-Achs-Schleifmaschine und PlanMill 50 5-Achs-Schleifmaschine	etabliert CAD: Cerec inLab 15 Software CAM: Cerec MC (X/XL) 3+1 Achs-Schleifmaschine und Cerec MC X5 5-Achs-Schleifmaschine	etabliert CAD: Cerec inLab 15 Software CAM: Cerec MC (X/XL) 3+1 Achs-Schleifmaschine und Cerec MC X5 5-Achs-Schleifmaschine
Implantologie	nicht etabliert	etabliert prothetische Rekonstruktion: Kooperation mit >20 Implantatherstellern, eigenes Ti-Base-System, Möglichkeit der Chairside-Versorgung Implantatplanung: Galileos Software, Möglichkeit der Chairside-Anfertigung von Bohrschablonen mit Cerec Guide 2	etabliert prothetische Rekonstruktion: Kooperation mit >20 Implantatherstellern, eigenes Ti-Base-System, Möglichkeit der Chairside-Versorgung Implantatplanung: Galileos Software, Möglichkeit der Chairside-Anfertigung von Bohrschablonen mit Cerec Guide 2
Kieferorthopädie	nicht etabliert	etabliert Behandlungsplanung/Apparaturdesign: spezielle Cerec Ortho Software mit „guided scanning“, Workflow z. B. mit Align Technology ClinCheck Software (Invisalign)	nicht etabliert
Anmerkungen	erster in die Behandlungseinheit integrierter Intraoralscanner, zwei verschiedene Scannerspitzengrößen, Besonderheit: Plan Mill 40 mit Instrumentenwechsler	Besonderheit: Designtool Biokiefer für CAD-Design, Schleifinstrumente für extrafein Schleifen, Möglichkeit des Jaw Motion Tracking unter Verwendung von SICAT function	Besonderheit: Designtool Biokiefer für CAD-Design, Schleifinstrumente für extrafein Schleifen, Möglichkeit des Jaw Motion Tracking unter Verwendung von SICAT function

	Sirona Apollo DI	Zfx Intrascan
		
Powder	Yes	No
Color	No	No
Configuration	Trolley with touchscreen	USB
Scanner size (L x W x H)	220 x 23 x 18 mm	200 x 50 x 50 mm
Data capture mode	Video sequence	Video sequence
Data capture principle	Confocal microscopy	Confocal microscopy
Digital workflow	Data transfer via cloud-based platform Cerec Connect; closed system	(Direct) open STL export
Chairside	Not established	Not established
Labside	Established CAD: Cerec inLab 15 software CAM: Cerec MC (X/XL) 3+1-axis milling machine and Cerec MC X5 5-axis milling machine	Established CAD: Zfx CAD software CAM: Zfx Inhouse 5-axis milling machine
Implantology	Not established	Partly established Prosthetic reconstruction: Cooperation with third-party manufacturers Implant planning: Not established
Orthodontics	Not established	Not established

	Sirona Apollo DI	Zfx Intrascan
		
Puder	ja	nein
Farbe	nein	nein
Konfiguration	Cart mit Touchscreen	USB
Größe Scanner (LxBxH)	220 x 23 x 18 mm	200 x 50 x 50 mm
Aufnahme-modus	Videosequenz	Videosequenz
Aufnahme-prinzip	konfokale Mikroskopie	konfokale Mikroskopie
Digitaler Workflow	Datenversand über Cloud-Plattform Cerec Connect, geschlossenes System	(direkter) offener STL-Export
Chairside	nicht etabliert	nicht etabliert
Labside	etabliert CAD: Cerec inLab 15 Software CAM: Cerec MC (X/XL) 3+1-Achs-Schleifmaschine und Cerec MC X5 5-Achs-Schleifmaschine	etabliert CAD: Zfx CAD Software CAM: Zfx Inhouse 5-Achs-Schleifmaschine
Implantologie	nicht etabliert	teilweise etabliert prothetische Rekonstruktion: Kooperation mit anderen Herstellern Implantatplanung: nicht etabliert
Kiefer-orthopädie	nicht etabliert	nicht etabliert
Anmerkungen	„stand-alone“-Gerät	18 Scans pro Sekunde, Firma bietet Produkte auch für Franchise-Partner an (z.B. Goldquadrat)

True Definition Scanner (3M Espe, St Paul, USA)

The scan head geometry of the current True Definition Scanner is slightly smaller than its predecessor, which is an advantage for the intraoral scanning of posterior regions. Furthermore, the data processing algorithm has been altered for the current model of this scanner to allow for smoother scanning. The scanning process is based on wavefront sampling technology, which explains the need to use scanning powder on the surface to be scanned, referred to by the manufacturer as "dusting". The titanium oxide powder particles used for dusting serve as randomly distributed landmarks for the optical system. The simultaneous accessing of the landmarks by several cameras located in the scan head can be compared to the principle of stereoscopic vision of the human eye. Wavefront sampling can accordingly be classed as a passive triangulation process. The scanner generates monochrome digital datasets, which are displayed as a video sequence. The detailed depiction for the analysis of the preparation margin can additionally be performed in 3D. However, the scanner does not feature a snipping tool. A rewind function makes it possible to return step-by-step to a desired scan status. This scanner is available only as a trolley version with a touchscreen. The digital workflow always takes place via the proprietary cloud-based platform, the 3M Connection Center. The data can be exported from there in an open STL format. This means the datasets can be imported using customary CAD design programs such as those offered by exocad (Darmstadt, Germany), 3Shape (Copenhagen, Denmark), and Dental Wings (Montreal, Canada), or used in combination with radiological planning programs, into which STL data sets can likewise be read. The chairside workflow is currently still in the planning stage, whereas the labside workflow has already established itself. Cooperation with Straumann (Basel, Switzerland) in the area of implantology enables digital implant planning and treatment. Collaboration with implant manufacturer Biomet 3i (Palm Beach, USA) is also underway with regard to the BellaTek Encode Impression System. Digital information relevant for the manufacture of the supraconstruction are "stored" on the healing abutment implant as a specific geometric form, which can be encoded by the software. Through corporate internal collaboration with 3M Unitek in the orthodontic sector, patients are offered the possibility of direct treatment planning and therapy with the lingual Incognito system.

Zu jedem intraoralen Scansystem finden sich in der Tabelle zunächst eine Angabe der derzeit erhältlichen Konfigurationen und eine Angabe zur Größe des Scannerkopfes. Neben der Notwendigkeit der Bepuderung der zu scannenden Oberfläche wird bei jedem intraoralen Scansystem auf die eventuelle Möglichkeit der Farbdarstellung sowie auf den Aufnahmemodus und das Aufnahmeprinzip eingegangen. Da die intraorale digitale Abformung zunehmend in alle zahnmedizinischen Fachbereiche eindringt, erfolgt eine spezielle Betrachtung und Bewertung der intraoralen Scansysteme in den verschiedenen Anwendungsgebieten chairside, labside, Implantologie und Kieferorthopädie. Im Bereich der Implantologie erfolgt eine differenzierte Betrachtung der intraoralen Scansysteme in den Punkten prothetische Rekonstruktion und Implantatplanung. Im Bereich der Kieferorthopädie wird jedes intraorale Scansystem in den Punkten Behandlungsplanung und Apparaturdesign differenziert betrachtet. Zudem wird der digitale Workflow eines jeden Scansystems detailliert beschrieben, das heißt, es wird dargelegt, ob die Scandaten zuerst über eine Plattform versendet werden müssen oder ob ein direkter Export der Scandaten im offenen STL-Format zur entsprechenden Weiterverarbeitung möglich ist.

True Definition Scanner (3M Espe, St. Paul, USA)

Verglichen mit dem Vorgängermodell ist die Geometrie des Scankopfes beim aktuellen True Definition Scanner geringfügig kleiner und somit vorteilhaft für den intraoralen Scan von posterioren Regionen. Zudem wurde beim aktuellen Modell des True Definition Scanners der Algorithmus der Datenverarbeitung geändert, sodass ein flüssigerer Scanablauf möglich ist. Die Scantechnologie basiert auf dem „Wavefront Sampling“, was die Notwendigkeit einer Bepuderung der zu scannenden Oberfläche erklärt. Die Partikel des Titandioxidpuders, vom Hersteller auch „dusting“ genannt, dienen als per Zufallsprinzip verteilte Landmarken für das optische System. Durch das gleichzeitige Anpeilen der Landmarken aus verschiedenen im Scankopf befindlichen Kameras kann das Prinzip mit dem Stereosehen des menschlichen Auges verglichen werden. So gesehen, handelt es sich beim „Wavefront Sampling“ um ein passives Triangulationsverfahren. Der Scanner erzeugt monochrome digitale Datensätze, die als Videosequenz visualisiert werden. Die Detaildarstellung für die Beurteilung der Präparationsgrenze kann zusätzlich dreidimensional erfolgen. Dagegen ist eine Ausschneideoption

nicht vorhanden, lediglich eine Rückspulfunktion ermöglicht das schrittweise Zurückgehen zu einem gewünschten Scanstatus. Der Scanner ist nur in einer Cart-Version mit Touchscreen erhältlich. Der digitale Workflow verläuft stets über die firmeneigene Cloud-Plattform des 3M Connection Centers. Von dort aus ist ein Datenexport im offenen STL-Format möglich. Somit können die Datensätze in gängige CAD-Konstruktionsprogramme wie exocad (Darmstadt), 3Shape (Kopenhagen, Dänemark) und Dental Wings (Montreal, Kanada) importiert oder auch mit radiologischen Planungsprogrammen kombiniert werden, in die ebenfalls STL-Datensätze eingelesen werden können. Der Chairside-Workflow ist derzeit noch in Planung, der Labside-Workflow hingegen bereits etabliert. Im Bereich der Implantologie besteht durch die Kooperation mit Straumann (Basel, Schweiz) die Möglichkeit zur digitalen Implantatplanung und -versorgung. Ebenso existiert eine Kooperation mit dem Implantathersteller Biomet 3i (Palm Beach, USA) bezüglich des BelleTek Encode Systems. Hier sind auf dem „Healing Abutment“-Implantat spezifische, für die Herstellung der Suprakonstruktion relevante Informationen durch eine spezifische geometrische Form „hinterlegt“, die durch die Software entschlüsselt werden können. Im Bereich der Kieferorthopädie ergibt sich durch die firmeninterne Kooperation mit 3M Unitek die direkte Möglichkeit zur Planung und Behandlung von Patienten mit dem linguale Incognito-System.

Trios 3 (3Shape, Kopenhagen, Dänemark)

Die dänische Firma 3Shape hat seit der vergangenen IDS nun insgesamt drei verschiedene Intraoralscanner im Produktportfolio. Neben dem bereits 2011 vorgestellten Trios Standard und dem 2013 präsentierten Trios Color, hat 3Shape nun mit dem neu vorgestellten Trios 3 erstmals auch einen kompakten Intraoralscanner mit geradem Schaft im Angebot. Der Trios 3 wird ab IV/2015 als Cart-Version mit Touchscreen, als USB-Variante und als in die Behandlungseinheit integrierte Version erhältlich sein. Jede Version wird neben dem geraden Schaft auch mit dem bekannten Pistolenschaft erhältlich sein. Wie seine Vorgängermodelle scannt der Trios 3 puderfrei mittels Videosequenz. Das Aufnahmeprinzip ist die konfokale Mikroskopie. Dies bedeutet, dass parallel auf die zu scannende Oberfläche ausgesandte Lichtstrahlen im gleichen Strahlengang zurückgeworfen werden und proportional zum Objekt-Fokus-Abstand auf unterschiedlichen Tiefenschärfeebenen entsprechend scharf dargestellt werden.

Trios 3 (3Shape, Copenhagen, Denmark)

3Shape now has a total of three different intraoral scanners in its product range. In addition to the Trios Standard introduced in 2011, and the Trios Color introduced in 2013, the IDS this year saw the introduction of a compact intraoral scanner with a straight shaft, the Trios 3. This new scanner will be available from May 2015 as a trolley version with a touchscreen, a USB version, and a version that is incorporated into the dental treatment unit. Each version will be offered with a straight pen-grip handle or the established pistol-shaped handle. Like its predecessor models, the Trios 3 offers powder-free scanning using a video sequence. It operates according to the basic principles of confocal microscopy. This means that light rays emitted parallel onto the surface to be scanned are backscattered in the same optical path, and, in proportion to the focus-to-object distance, are displayed on different depth-of-field levels with corresponding sharpness. This, in turn, permits the 3D calculation of the scanned object. A special feature is the integrated digital shade determination. In addition to the cutting feature, a blocking function is also available for surfaces, which must not be altered in the case of necessary rescanning. The digital workflow should preferably take place via 3Shape's proprietary cloud-based platform, the Trios Inbox. However, internal scan data in STL format can also be read out by setting up a connection via Direct Connect, through which the scan data are fed into the dental system and read out from there. Although chairside workflow is currently in the planning stage, it is not yet established. A preliminary version of the corresponding chairside CAD software has already been demonstrated. The labside workflow, however, has become widely established through the use of the 3Shape Dental System CAD software. The 3Shape CAM software, CAMbridge, provides an official interface to numerous milling units. In the field of orthodontics, it is possible both to plan the treatment and to produce orthodontic appliances with proprietary software tools. For implantological applications, planning software is available for implant planning and the design of drilling templates.

iTero Element (Align Technology, San Jose, USA)

Align Technology presented iTero Element at the IDS, a new version of the established iTero intraoral scanner. iTero Element is still based on the principle of confocal laser scanning microscopy and continues to offer powder-free operation. Unlike its predecessor model, the iTero Element can now



capture 6,000 instead of 800 frames per second (fps). At present, the scan still takes place in the form of monochrome scanning, with the introduction to the market of a true-color display scheduled for late in 2015. Two versions of the scanner will be available, a trolley and a tabletop version, both equipped with touchscreens. The scan head of the iTero Element is around 40% smaller than that of its predecessor model. The digital workflow always takes place via the proprietary cloud-based platform MyAligntech. An STL data export is possible from there. The chairside workflow is currently in the planning stage but has not yet become established in Europe. The labside workflow is possible through the further processing of the open STL data by corresponding third-party manufacturers. With Align Technology, the main focus of the digital workflow is naturally on the orthodontics sector. Thus, the further processing of data takes place directly, for instance using the ClinCheck software for Invisalign treatments. However, the open STL format also permits the further processing of data using other planning software such as SureSmile or 3M Unitek. Furthermore, implant planning and treatment is possible through collaboration with Straumann in the field of implantology (coDiagnostiX planning software).

CS 3500 (Carestream, Rochester, USA)

Carestream presented the CS 3500 intraoral scanner and the CS 3000 milling machine at the IDS, giving a live demonstration of the chairside workflow announced 2 years previously. The CS 3500 intraoral scanner uses the principle of optical triangulation and generates individual images. The scanner offers powder-free operation and captures true color. As a special feature, the CS 3500 includes a unique light-guidance system during the scan procedure (for instance, a green indicator lights up on the scanner after completion of a successful scan). In addition to the USB version, the integration of the scanner into the treatment unit is planned. The digital workflow always takes place via the proprietary cloud-based platform CS Connect. Besides direct STL data export, the described chairside workflow and a corresponding labside workflow are possible from this cloud platform. In the field of orthodontics, the proprietary software tool CS Model enables a corresponding orthodontic model analysis. A treatment-planning tool is not included. An implant planning and treatment option is currently still in the planning stage.

Daraus lässt sich wiederum die Dreidimensionalität des aufgenommenen Objektes berechnen. Als Besonderheit ist die integrierte digitale Farbbestimmung zu nennen. Zudem ist neben der Ausschneidefunktion noch eine Sperrfunktion für Oberflächen möglich, die bei einem Nachscannen nicht verändert werden sollen. Der digitale Workflow verläuft vorzugsweise über die firmeneigene Cloud-Plattform 3Shape Trios Inbox. Es können jedoch auch rechnerinternen Scandaten im STL-Format ausgelesen werden, indem eine „Direct Connect“-Verbindung eingerichtet wird, über welche die Scandaten in das Dentalsystem eingespeist werden. Von dort ist dann ein Auslesen der Dateien möglich. Der Chairside-Workflow ist derzeit noch nicht etabliert, aber bereits in Planung. Eine Vorabversion der entsprechenden Chairside-CAD-Software wurde bereits demonstriert. Der Labside-Workflow ist hingegen umfangreich etabliert unter Nutzung der 3Shape Dental System CAD-Software. Durch die 3Shape CAMbridge CAM-Software besteht eine offizielle Anbindung an zahlreiche Schleif-/Fräsmaschinen. Im Bereich der Kieferorthopädie gibt es sowohl die Möglichkeit der Behandlungsplanung als auch die Option der Anfertigung kieferorthopädischer Apparaturen durch eigene Softwaretools. Im Bereich der Implantologie ist eine Planungssoftware zur Implantatplanung und Bohrschablonegestaltung vorhanden.

iTero Element (Align Technology, San Jose, USA)

Die Firma Align Technology präsentierte auf der IDS mit dem iTero Element erstmals eine neue Version des bekannten iTero-Intraoralscanners. Der iTero-Element-Scanner nutzt weiterhin das Aufnahmeprinzip des konfokalen Laserscannens und ist wie bisher puderfrei. Im Gegensatz zu seinem Vorgänger erfasst er nun 6.000 fps (frames per second) statt 800 fps. Der Scan erfolgt derzeit noch monochrom, eine Echtfarbendarstellung ist zur Markteinführung im Spätjahr 2015 geplant. Das Gerät wird als Cart und als Tischgerät jeweils mit Touchscreen erhältlich sein. Der Scankopf des iTero Element ist um etwa 40 % kleiner als der des Vorgängermodells. Der digitale Workflow verläuft stets über die firmeneigene Cloud-Plattform MyAligntech. Ein STL-Datenexport ist hieraus möglich. Der Chairside-Workflow ist in Europa derzeit noch nicht etabliert, aber bereits in Planung. Der Labside-Workflow ist durch die Weiterverarbeitung der offenen STL-Daten durch entsprechende Dritthersteller möglich. Der Schwerpunkt des digitalen Workflows liegt bei Align Technology naturgemäß im Bereich der Kieferorthopädie. So erfolgt

beispielsweise eine Datenweiterverarbeitung direkt mit der ClinCheck-Software für Invisalign-Behandlungen. Aber auch die Weiterverarbeitung mit anderer Planungssoftware wie SureSmile oder 3M Unitek ist aufgrund des offenen STL-Formats möglich. Im Bereich der Implantologie ergibt sich zudem die Möglichkeit der Implantatplanung und Versorgung durch Kooperation mit Straumann (coDiagnostiX Planungssoftware).

CS 3500 (Carestream, Rochester, USA)

Die Firma Carestream konnte auf der IDS mit dem CS 3500 Intraoralscanner und der CS 3000 Schleifmaschine erstmals den bereits vor zwei Jahren angekündigten Chairside-Workflow auch live demonstrieren. Der CS 3500 Intraoralscanner nutzt das optische Verfahren der Triangulation und erzeugt Einzelbilder. Der Scanner arbeitet puderfrei und in Farbe. Als Besonderheit des CS 3500 ist das spezielle Farbindikationssystem während des Scanvorgangs zu nennen. So leuchtet der Scanner grün, sobald ein erfolgreicher Scan ausgeführt wird. Neben einer USB-Version ist eine Integration des Scanners in die Behandlungseinheit geplant. Der digitale Workflow verläuft stets über die firmeneigene Cloud-Plattform CS Connect. Hieraus sind neben dem STL-Datenexport der erwähnte Chairside-Workflow und ein entsprechender Labside-Workflow möglich. Im Bereich der Kieferorthopädie ermöglicht das eigene Software-Tool CS Model eine entsprechende kieferorthopädische Modellanalyse. Ein Therapieplanungstool ist nicht vorhanden. Die Möglichkeit der Implantatversorgung und -planung ist derzeit noch in Planung.

dwio (Dental Wings, Montreal, Kanada)

Die kanadische Firma Dental Wings stellte auf der IDS mit dem dwio erstmals einen eigenen Intraoralscanner vor. Die Markteinführung ist für das Spätjahr 2015 geplant. Der Intraoralscanner verwendet als Aufnahmeprinzip das sogenannte „Multiscan Imaging“, eine Weiterentwicklung des Triangulationsprinzips. Durch die unterschiedliche räumliche Anordnung von zehn Kameras und fünf zugehörigen Projektoren ist es möglich, die durch das System auf die Zahnoberfläche projizierten schwarzen Punkte aus verschiedenen Perspektiven aufzunehmen. Intraoral ist eine Puderung notwendig. Die Kamerahaltung erfordert einen Mindestabstand von 5 bis 20 mm. Dabei wird der an eine Fischflosse erinnernde Kamerakopf in einer Art Überkuppelungsbewegung schrittweise über die Kauflä-

dwio (Dental Wings, Montreal, Canada)

Dental Wings introduced their first proprietary intraoral scanner at the IDS, with the market introduction scheduled for late in 2015. This intraoral scanner is based on a 3D capture technique called Multiscan Imaging, a further development of the triangulation principle. With 10 intraoral cameras and 5 corresponding projectors positioned in multiple orientations, it is possible to capture from different perspectives the black dots projected by the system onto the tooth surface. This scanner requires the use of scan powder. The camera should be held at a minimum distance of 5 to 20 mm from the object. A camera head shaped somewhat like the fin of a fish is guided step-by-step over the occlusal surfaces in a type of overcoupling movement. The optimum distance to the teeth is indicated by an LED light in the handpiece. The LED ring lights up green when the optimum scanning distance has been reached, and turns red either in the case of deviation from the scan path or when the distance from the object falls below the minimum distance. The scanner is a further development of the Steinbichler DigImprint intraoral scanner (Steinbichler Optotechnik, Germany) presented 2 years ago at the IDS. This scanner is available as a trolley version with a touchscreen. It features, in particular, motion-capturing technology (ie, the software elements on the monitor are operated exclusively by non-contact gesture control). The digital workflow always takes place by data transfer via the proprietary cloud-based platform DWOS Connect. The data can be exported from there in the open STL format. A chairside workflow is not yet established, while the DWOS CAD suite software can be used for the labside workflow, also within the system. It is expected to be possible to scan the implant positions by the end of the year. The proprietary implant-planning software, DWOS coDiagnostiX, is used to form a user interface for the use of implantological applications. Furthermore, in the field of orthodontics, the DWOS Orthodontic software is available for the manufacture of orthodontic models. An orthodontic treatment-planning tool is not included.

rainbow iOS (Dentium, Su-won, Korea)

Dentium launched its first powder-free, true-color intraoral scanner, rainbow iOS, at the IDS. The scanner operates according to the principles of triangulation. The device is available as a trolley version with a multi-touchscreen and is scheduled for market introduction in autumn 2015. Although it has not yet been possible to demonstrate the digital



workflow, this is planned to take place via a proprietary cloud-based platform. This will enable the labside workflow to take place using the system's proprietary milling machines such as the rainbow Mill Clinic. External CAD software is required for the restoration design. An established chairside workflow and/or workflows have not yet been demonstrated for treatment in the area of implantology and orthodontics.

MIA3d (Densys 3D, Migdal Ha'Emek, Israel)

Densys 3D launched a further development of the MIA3d intraoral scanner at the IDS. The system continues to be a purely stand-alone solution and is available both as a trolley version and a USB version. The scan body is smaller in size than its predecessor model, making handling considerably easier. The intraoral scanner operates according to the principle of triangulation, and requires the use of scanning powder on the surface to be scanned. The only established digital workflow is a direct data export in the open STL format, with further corresponding processing by third-party manufacturers.

AADVA (GC, Leuven, Belgium)

GC introduced its first proprietary intraoral scanner, AADVA, at the IDS, with the market introduction scheduled for late in 2015. The AADVA scanner is a further development of the a.tron3D Bluescan-I scanner, which was first presented 2 years ago at the IDS. The AADVA offers powder-free operation according to a special stereovision principle. While the scanner captures data in monochrome at present, a true-color display is scheduled for the time of its market introduction. The scanner is available as a trolley version with a touchscreen, with a version that is incorporated into the dental treatment unit being planned. The results of accuracy studies indicate values of 25 µm for a quadrant, and 15 µm for a single tooth. The digital workflow always takes place via the proprietary cloud-based platform AADVA Connect, or by direct STL export. Although a chairside workflow is not yet established, it is currently in the planning stage, according to the manufacturer's information. Labside processing is performed either using GC's proprietary AADVA Soft CAD software, or third-party software, which is no problem as the STL format is supported. No workflows are established yet in the areas of orthodontics and implantology.

chen geführt. Der optimale Abstand zur Zahnreihe wird durch eine LED-Lampe im Handstück angezeigt. Der LED-Ring leuchtet grün, wenn der optimale Scanabstand erreicht ist, und wird rot, wenn entweder der Scanpfad verloren wurde oder der Mindestabstand nicht eingehalten wird. Der Scanner ist eine Weiterentwicklung des Steinbichler-DigImprint-Intraoralscanners, der vor zwei Jahren auf der IDS präsentiert wurde. Der Scanner ist als Cart mit Touchscreen erhältlich. Als Besonderheit ist die Steuerung mittels „Motion Capturing“ zu nennen, dies bedeutet eine Bedienung von Softwareelementen am Monitor ausschließlich über berührungslose Gestensteuerung. Der digitale Workflow erfolgt stets über einen Datenversand über die firmeneigene Cloud-Plattform DWOS Connect. Hieraus ist der Export im offenen STL-Format möglich. Ein Chairside-Workflow ist nicht etabliert, der Labside-Workflow ist mittels der DWOS CAD Suite-Software auch innerhalb des Systems gewährleistet. Das Scannen von Implantatpositionen soll am Jahresende ebenfalls möglich sein. Im Bereich der Implantologie ergibt sich mit der firmeneigenen Implantatplanungssoftware DWOS coDiagnostiX eine Schnittstelle. Mit der Software DWOS Orthodontic ist zudem im Bereich der Kieferorthopädie die kieferorthopädische Modellerstellung möglich. Ein Tool zur kieferorthopädischen Therapieplanung ist nicht vorhanden.

rainbow iOS (Dentium, Su-won, Korea)

Die koreanische Firma Dentium stellte mit dem rainbow iOS erstmals einen puderfreien Echtfarbenintraoralscanner vor. Die Aufnahme beruht auf dem Prinzip der Triangulation. Das Gerät ist eine Cart-Version mit Multitouchscreen und soll im Herbst 2015 erhältlich sein. Der digitale Workflow konnte noch nicht demonstriert werden, soll aber über eine eigene Cloud-Plattform erfolgen. Somit könnte im Labside-Bereich der Workflow über systemeigene Schleifmaschinen wie die rainbow Mill Clinic genutzt werden. Für das Restaurationsdesign ist eine externe CAD-Software erforderlich. Ein etablierter Chairside-Workflow beziehungsweise Workflows im Bereich Implantologie und Kieferorthopädie konnten nicht gezeigt werden.

MIA3d (Densys 3D, Migdal Ha'Emek, Israel)

Die israelische Firma Densys 3D stellte auf der IDS eine Weiterentwicklung des MIA3d Intraoralscanners vor. Das

System ist weiterhin eine reine „stand-alone“-Lösung. Der Intraoralscanner ist sowohl als Cart- als auch als USB-Variante erhältlich. Im Vergleich zu seinem Vorgängermodell ist der Scankörper kleiner und somit wesentlich handlicher. Der Intraoralscanner arbeitet nach dem Prinzip der Triangulation und benötigt für die Aufnahme eine Bepuderung der zu scannenden Oberfläche. Der einzige etablierte digitale Workflow ist ein direkter Datenexport im offenen STL-Format mit einer entsprechenden Weiterverarbeitung durch Dritthersteller.

AADVA (GC, Leuven, Belgium)

Die Firma GC stellte auf der IDS mit dem AADVA erstmals einen eigenen Intraoralscanner vor. Die Markteinführung ist für das Spätjahr 2015 geplant. Der AADVA-Scanner ist eine Weiterentwicklung des a.tron3D bluescan-I-Scanner, der bereits vor zwei Jahren erstmals auf der IDS gezeigt wurde. Der AADVA scannt puderfrei nach einem speziellen Stereoprinzip. Zum derzeitigen Stand erfolgt die Datenerfassung monochrom. Eine Echtfarbandarstellung ist jedoch zum Zeitpunkt der Markteinführung geplant. Der Scanner ist als Cart mit Touchscreen erhältlich und soll zudem als in die Behandlungseinheit integrierte Variante angeboten werden. Bereits durchgeführte Genauigkeitsstudien geben Werte von 25 µm für den Quadranten und 15 µm für den Einzelzahn an. Der digitale Workflow verläuft entweder über die firmeneigene Cloud-Plattform AADVA Connect oder über den direkten STL-Export. Ein Chairside-Workflow ist derzeit nicht etabliert, laut Hersteller jedoch in Planung. Die Labside-Weiterverarbeitung erfolgt entweder per eigener GC AADVA Soft CAD-Software oder mit Software von Drittanbietern, was aufgrund des angebotenen STL-Formats kein Problem ist. Im Bereich der Kieferorthopädie und Implantologie sind keine etablierten Workflows vorhanden.

KaVo Lythos (KaVo, Biberach/Riss)

Die Firma KaVo zeigte auf der IDS mit dem KaVo Lythos erstmals einen eigenen Intraoralscanner. Dieser ist eine Weiterentwicklung des bereits vor zwei Jahren durch die Tochterfirma Ormco vorgestellten Intraoral-scanners Ormco Lythos. Es existieren somit zwei Versionen: Eine kieferorthopädische Scannerversion mit eingeschränkten Applikationsmöglichkeiten (siehe auch unten) sowie ein spezieller „Zahnarztscanner“, der auch eine Farbdarstellung der Oberflächen beinhaltet. Der KaVo Lythos-Scan-

KaVo Lythos (KaVo, Biberach/Riss, Germany)

KaVo introduced its first proprietary intraoral scanner, the KaVo Lythos digital impression system, at the IDS. This scanner is a further development of the Ormco Lythos intraoral scanner presented at the IDS in 2013 by Ormco, a company within the KaVo Kerr Group. This means there are now two versions of the scanner: an orthodontic version with a limited range of applications (see below), and a special in-office scanner that also offers true-color depiction of the scanned surfaces. The KaVo Lythos scanner does not differ in appearance from its predecessor model, and is available, among others, as a tabletop version featuring a touchscreen. The Lythos scanner offers powder-free operation. It does not offer data capture by means of guided scanning. The scanner captures the surface data using video sequences that utilize optical triangulation in the form of a process called high-speed interferometry. It features a virtual snipping tool. The digital workflow always takes place via a proprietary cloud-based platform; the data can be exported from there in the open STL format. The laptop version also offers data readout directly from its USB port. KaVo presented its own proprietary chairside workflow at the IDS, using the CAD software KaVo multiCAD and the 5-axis milling machine Arctica Engine. The labside workflow is correspondingly established through the open STL data for further processing by third-party manufacturers. No proprietary workflows have been established to date in the areas of implantology and orthodontics.

Condor (MFI, Gent, Belgium)

MFI introduced its first proprietary intraoral scanner at the IDS – a small, compact scanner called Condor. The patents for this scanner were developed by Professor François Duret. Condor offers powder-free scanning and capture of the tooth surface in a true-color video sequence. The intraoral scanner, based on a special stereophotogrammetric video principle, will be available as a USB version, a tabletop version with a touchscreen, and a version that is incorporated into the dental treatment unit. The market introduction is scheduled for late in 2015. The digital workflow takes place using direct data export in the open STL format, which allows integration with third-party systems for a corresponding labside workflow. A chairside workflow has not yet been established, nor have proprietary workflows for applications in implantology and orthodontics.



Ormco Lythos (Ormco, Orange, USA)

Ormco first presented its intraoral scanner 2 years ago, and now again at the IDS. The Ormco Lythos is a special intraoral scanner for orthodontic applications. A further development of this scanner, called KaVo Lythos, is also offered by KaVo (see above). In contrast to the KaVo Lythos, however, the Ormco Lythos scans the surface in monochrome and not in true colors. The imaging principle is otherwise identical, although the data capture is limited to full-jaw scans. What is noteworthy is that the Ormco Lythos is the first intraoral scanner for which a guided scanning procedure has been established for the purpose of data capture. The digital workflow is limited to applications in the field of orthodontics. Data transfer takes place via the proprietary cloud-based platform Ormco Digital, which permits data export in the open STL format. The Insignia Smile Design software is used for orthodontic planning, and the AOA Lab software for the subsequent manufacture of the respective orthodontic appliances.

PlanScan (Planmeca, Helsinki, Finland)

A further development of the PlanScan intraoral scanner introduced 2 years ago by Planmeca was presented at the IDS. Planmeca now offers a fully functional chairside workflow in conjunction with the PlanMill 40 milling machine. The PlanScan intraoral scanner is a further development of the E4D system previously marketed exclusively in the USA. This is a powder-free intraoral scanner which captures the surface in true color on the basis of the triangulation principle. The scanner captures the surface data in video sequences. It is available as a USB version and a version that is incorporated into the dental treatment unit. The digital workflow always takes place by data transfer via the cloud-based platform Planmeca Romexis Cloud. The data can be exported from here in the open STL format. The CAD software PlanCAD Easy is used for the chairside workflow. The CAD software PlanCAD Premium also offers special labside software, which forms an interface with existing labside milling machines. No independent workflows have been established to date in the areas of implantology and orthodontics.

Cerec Omnicam (Sirona, Wals, Austria)

Sirona added the Cerec Omnicam AF (acquisition flex) to its range of intraoral scanners, which it presented for the first

ner unterscheidet sich äußerlich nicht von seinem Vorgängermodell und ist unter anderem als Tischgerät mit einem Touchscreen ausgestattet erhältlich. Der Lythos-Scanner arbeitet puderfrei. Im Gegensatz zum Ormco Lythos-Scanner ist kein „guided scanning“ zur Datenerfassung vorhanden. Der Scanner erfasst die Oberflächendaten mittels Videosequenz unter Anwendung der optischen Triangulation in Form der sogenannten „High Speed“-Interferometrie. Eine Ausschneidefunktion ist vorhanden. Der digitale Workflow verläuft stets über eine firmeneigene Cloud-Plattform. Hieraus ist ein Datenexport im offenen STL-Format möglich. In der Laptop-Version ist auch ein Auslesen der Daten direkt über den vorhandenen USB-Port möglich. KaVo konnte auf der IDS einen eigenen Chairside-Workflow unter Verwendung der CAD-Software KaVo multiCAD und der 5-Achs-Schleifmaschine Arctica Engine zeigen. Der Labside-Workflow ist aufgrund des offenen STL-Formats für Drittanbieter entsprechend etabliert. In den Bereichen Kieferorthopädie und Implantologie wurden keine eigenen Workflows gezeigt.

Condor (MFI, Gent, Belgien)

Die Firma MFI stellte auf der IDS erstmals einen kleinen, kompakten Intraoralscanner mit dem Namen Condor vor. Die Grundlagen für diesen Scanner beruhen auf den Arbeiten von François Duret. Der Condor arbeitet puderfrei und scannt die Zahnoberfläche in einer Videosequenz in Echtfarben ein. Als Aufnahmeprinzip wird vom Hersteller ein spezielles Stereophotogrammetric Videoprinzip angegeben. Der Condor wird als USB-Variante, als Tischgerät mit Touchscreen und als in die Behandlungseinheit integrierte Version erhältlich sein. Die Markteinführung ist für das Spätjahr 2015 geplant. Der digitale Workflow erfolgt über den direkten Datenexport im offenen STL-Format. Ein Labside-Workflow durch Drittanbieter ist somit möglich. Ein eigener Chairside-Workflow konnte nicht gezeigt werden. In den Bereichen Kieferorthopädie und Implantologie existieren keine eigenen Workflows.

Ormco Lythos (Ormco, Orange, USA)

Die Firma Ormco präsentierte auf der IDS mit dem Intraoralscanner Lythos den bereits vor zwei Jahren erstmals gezeigten Intraoralscanner. Der Ormco Lythos ist ein spezieller Intraoralscanner für kieferorthopädische Anwendungen und wird in einer Weiterentwicklung nun auch von KaVo unter dem Namen KaVo Lythos vertrieben. Im Unter-

schied zum KaVo Lythos erfasst der Ormco Lythos die Oberfläche jedoch monochrom und nicht in Echtfarben. Das sonstige Aufnahmeprinzip ist identisch, wobei die Datenerfassung auf Ganzkiefer begrenzt ist. Als erwähnenswert erscheint die Tatsache, dass der Ormco Lythos der erste Intraoralscanner ist, bei dem ein „guided scanning“ zur Datenerfassung etabliert wurde. Der digitale Workflow ist auf den Bereich Kieferorthopädie beschränkt. Der Datenversand erfolgt über die eigene Cloud-Plattform Ormco Digital, woraus ein Datenexport im offenen STL-Format möglich ist. Mittels der Insignia-Smile-Design-Software erfolgt eine kieferorthopädische Planung, mittels der AOA-Lab-Software die anschließende Anfertigung der jeweiligen kieferorthopädischen Appliances.

Planmeca (PlanScan, Helsinki, Finnland)

Der finnische Hersteller Planmeca zeigte auf der IDS eine Weiterentwicklung des bereits vor zwei Jahren vorgestellten PlanScan-Intraoralscanners. Zusammen mit der PlanMill40 besitzt Planmeca nun einen voll funktionsfähigen Chairside-Workflow. Der PlanScan-Intraoralscanner ist eine Weiterentwicklung des früher ausschließlich in den USA vertriebenen E4D-Systems. Der PlanScan ist ein puderfreier Intraoralscanner, der mittels Triangulation die Oberfläche in Echtfarben erfasst. Die Aufnahme erfolgt in einer Videosequenz. Der PlanScan ist als USB-Variante oder als in die Behandlungseinheit integrierte Variante erhältlich. Der digitale Workflow erfolgt stets über einen Datenversand über die Planmeca Romexis-Cloud. Hieraus ist der Export im offenen STL-Format möglich. Für den Chairside-Workflow wird die CAD-Software PlanCAD Easy verwendet. Mit der CAD-Software PlanCAD Premium existiert zudem eine spezielle Labside-Software, um entsprechend vorhandene Labside-Schleifmaschinen anzusteuern. In den Bereichen der Implantologie und Kieferorthopädie konnten keine eigenständigen Workflows gezeigt werden.

Cerec Omnicam (Sirona, Wals, Österreich)

Die Firma Sirona erweiterte ihr Intraoralscanner-Portfolio mit der Cerec Omnicam AF, die erstmals auf der IDS vorgestellt wurde. Diese ist eine flexible Tischvariante der bekannten Cerec Omnicam AC. Neben der Aufnahmeeinheit Apollo DI hat Sirona weiterhin die Cerec Bluecam im Portfolio. Die beiden Intraoralscanner arbeiten nach dem Prinzip der optischen Triangulation, wobei bei der Cerec Omnicam zusätzlich eine Echtfarbeninformation durch die

time at the IDS. Cerec Omnicam AF is a flexible tabletop version of the established Cerec Omnicam AC (acquisition center). In addition to the intraoral scanner Apollo DI, the Cerec Bluecam continues to be available. Both Cerec intraoral scanners are operated according to the principle of optical triangulation, with the Cerec Omnicam additionally offering true-color information through the incident projection beam of a striped light projection in different wavelengths (different colors). The digital workflow takes place either directly at the chairside or via the cloud-based platform Cerec Connect. The chairside workflow with the newly launched Chairside software 4.4 and the milling units Cerec MC (X/XL) is fully established. The labside workflow was extended accordingly to include the MC X5 milling unit, presented for the first time a few months ago, and the inLAB15 CAD software, introduced for the first time at the IDS. Also introduced at the IDS was special scanning software for orthodontic applications, Cerec Ortho, which enables a digital impression of the entire jaw using a guided scanning process. The further processing of the data for orthodontic planning and treatment is performed through digital impression submission to corresponding third-party manufacturers such as Invisalign. Sirona also presented the Cerec Guide 2 at the IDS, which enables the chairside manufacture of navigated drill templates for the first time in the field of implantology.

IntraScan (Zfx, Dachau, Germany)

Zfx presented the intraoral scanner, IntraScan, at the IDS. This scanner, already established for several years, is optimized for powder-free scanning and the capture of the tooth surface using confocal microscopy video sequences. The scanner is available as a USB version only. The digital workflow takes place using direct STL export, which allows integration with third-party systems for a corresponding labside workflow. Zfx offers a complete labside workflow from intraoral scanning to digital design software and a 5-axis milling machine. A lithium disilicate restoration can be milled in 25 to 40 mins, depending on the morphology. A chairside workflow is not provided; neither does it offer an independent workflow in the areas of implantology and orthodontics. Zfx also offers the IntraScan to franchise partners, eg, Goldquadrat.

Discussion

The possibilities of digital impression-taking using intraoral optical impression systems today extend far beyond single-tooth restorations. Depending on the system, the user is offered a comprehensive range of applications that includes the prosthetic reconstruction of implants and the design of orthodontic appliances.

In view of the advantages and disadvantages of digital impression-taking using intraoral scanning systems described in this article, the following questions may serve as a guide to new users:

- Is a powder-free intraoral scanner necessary? In the case of intraoperative implant impression-taking, the answer is clearly yes. Systems requiring the use of scan powder, however, do not necessarily lead to poorer results, but are undoubtedly more complex to implement in the case of full-jaw scans.
- Does the scanned image permit the direct chairside assessment of the preparation margins to a sufficient degree?
- Is a closed or an open system preferable in terms of the workflow? The advantage of an open system is that the scanned datasets can be exported in STL format for further CAD/CAM processing. STL is the normal file format used in the CAD sector, which describes the surface as composed of triangular units, and can be used for further standardized processing in the dental laboratory.
- For which indications do I wish to use an intraoral scanner, ie, exclusively for single-tooth restorations or also for extensive implant-supported prosthetic restorations?
- Do I wish to manufacture chairside restorations?
- With which implant system should my intraoral scanning system and/or software be compatible?
- Should my datasets be mergeable with other digital systems such as CBCT?

The intention of this overview of intraoral scanning systems is to serve as a guide for answering these questions and to facilitate an assessment of the current technical status of digital optical impression-taking. The overview demonstrates that digital impression-taking with intraoral scanners is today superior to the conventional technique in many respects. The number of indications with regard to diagnostic and treatment concepts is expected to increase in the future, which will certainly lead to a wider distribution of intraoral scanning systems.

Aufprojektion eines Streifenlichtmusters in verschiedenen Wellenlängen (verschiedene Farben) stattfindet. Der digitale Workflow erfolgt entweder direkt chairside oder über die Cloud-Plattform Cerec Connect. Der Chairside-Workflow ist mit der neu vorgestellten Chairside-Software 4.4 und den Schleifeinheiten Cerec MC/X/XL weiterhin voll etabliert. Der Labside-Workflow wurde durch die vor wenigen Monaten erstmals vorgestellte Schleifeinheit MCX5 und die auf der IDS zum ersten Mal präsentierte inLAB15 CAD-Software entsprechend erweitert. Im Bereich der Kieferorthopädie stellte Sirona auf der IDS erstmals eine spezielle Scansoftware mit dem Namen Cerec Ortho vor. Die Software ermöglicht eine Ganzkiefererfassung mittels „guided scanning“. Die Weiterverarbeitung der Daten zur kieferorthopädischen Planung und Therapie erfolgt mittels entsprechender Drittanbieter wie beispielsweise Invisalign. Im Bereich der Implantologie stellte Sirona mit dem Cerec Guide 2 erstmals auch die Möglichkeit einer Chairside-Anfertigung von navigierten Bohrschablonen vor.

Intrascan (Zfx, Dachau)

Die Firma Zfx präsentierte mit Intrascan den bereits seit einigen Jahren bekannten Intraoralscanner. Der Scanner arbeitet puderfrei und erfasst die Zahnoberfläche mittels konfokaler Mikroskopie in einer Videosequenz. Der Intrascan ist ausschließlich als USB-Variante erhältlich. Der digitale Workflow erfolgt per direktem STL-Export, wodurch ein entsprechender Labside-Workflow durch Drittanbieter möglich ist. Die Firma bietet einen kompletten Labside-Workflow vom Scannen über eine Design-Software und eine 5-Achs-Schleifmaschine an. Je nach Morphologie soll das Ausschleifen einer Lithiumdisilikat-Restauration 25 bis 40 Minuten dauern. Ein Chairside-Workflow ist nicht vorhanden. Ebenso gibt es keine eigenständigen Workflows in den Bereichen Implantologie und Kieferorthopädie. Die Firma Zfx bietet den Intrascan zudem auch für Franchise-Partner wie beispielsweise Goldquadrat an.

Diskussion

Die Möglichkeiten der digitalen Abformung mit intraoralen optischen Abformsystemen reichen heutzutage weit über die Einzelzahnrestauration hinaus. In Abhängigkeit von dem verwendeten System bieten sich dem Anwender umfassende Optionen bis hin zur prothetischen Rekon-

struktion von Implantaten und dem Design von kieferorthopädischen Apparaturen. In Anbetracht der genannten Vor- und Nachteile der digitalen Abformung mit intraoralen Scansystemen erscheint dem Anwender demnach vor allem die Beantwortung folgender Fragen bei einem Einstieg in die digitale Abformung notwendig:

- Muss der Intraoralscanner puderfrei sein? Beim Interesse an intraoperativen Implantatabformungen ist diese Frage sicherlich mit „Ja“ zu beantworten. Puderpflichtige Systeme bedeuten jedoch nicht zwangsläufig schlechtere Ergebnisse, sind jedoch bei der Ganzkiefererfassung eindeutig umständlicher im Handling.
- Erlaubt das Scanbild die unmittelbare Beurteilung der Präparationsgrenzen am Patientenstuhl in genügendem Maße?
- Ist hinsichtlich des Workflows ein geschlossenes System zu bevorzugen oder ist ein offenes System gewünscht? Der Vorteil des offenen Systems liegt darin, dass die Scandatensätze im sogenannten STL-Format zur weiteren CAD/CAM-Verarbeitung ausgegeben werden können. Das STL-Format ist ein im CAD-Bereich allgemein verwendetes Dateiformat, bei dem die Oberflächen aus Dreiecken zusammengesetzt beschrieben werden, und welches standardisiert im zahntechnischen Labor weiterverarbeitet werden kann.
- Welche Indikationen möchte ich abdecken? Möchte ich mich auf Einzelzahnrestaurationen beschränken oder plane ich umfangreiche prothetische Restaurationen auf Implantaten?
- Möchte ich Restaurationen chairside herstellen?
- Mit welchem Implantatsystem muss mein Scansystem beziehungsweise die weiterverarbeitende Software kompatibel sein?
- Sollen meine Datensätze mit anderen digitalen Systemen wie dem DVT fusionsfähig sein?

Die vorliegende Zusammenstellung der intraoralen Scansysteme soll eine Hilfestellung bei der Beantwortung dieser Fragen sein und zudem eine Einschätzung des technischen Standes der digitalen Abformung erleichtern. Zugleich wird verdeutlicht, dass die digitale Abformung mittels Intraoralscannern der konventionellen Abformtechnik bereits heute in vielen Punkten deutlich überlegen ist. Für die Zukunft ist eine weitere Indikationserweiterung durch eine verstärkte Integration der digitalen Abformung in Diagnostik- und Therapiekonzepte zu erwarten, die mit großer Sicherheit zu einer weiteren Verbreitung von intraoralen Scansystemen führen wird.

References

1. Joda T, Brägger U. Patient-centered outcomes comparing digital and conventional implant impression procedures: a randomized crossover trial. *Clin Oral Implants Res* 2015 [epub ahead of print 12 April 2015]. doi: 10.1111/clr.12600.
2. Ender A, Mehl A. In-vitro evaluation of the accuracy of conventional and digital methods of obtaining full-arch dental impressions. *Quintessence Int* 2015;46:9–17.
3. Ender A, Mehl A. Full arch scans: conventional versus digital impressions – an in-vitro study. *Int J Comput Dent* 2011;14:11–21.
4. Seelbach P, Brueckel C, Wöstmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin Oral Investig* 2013;17:1759–1764.
5. Patzelt SB, Emmanouilidi A, Stampf S, Strub JR, Att W. Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners. *Clin Oral Investig* 2014;18:1687–1694.
6. Zaruba M, Ender A, Mehl A. New applications for three-dimensional follow-up and quality control using optical impression systems and OraCheck. *Int J Comput Dent* 2014;17:53–64.
7. Reiz SD, Neugebauer J, Karapetian VE, Ritter L. Cerec meets Galileos – integrated implantology for completely virtual implant planning. *Int J Comput Dent* 2014;17:145–157.
8. Ender A, Mehl A. Influence of scanning strategies on the accuracy of digital intraoral scanning systems. *Int J Comput Dent* 2013;16:11–21.
9. Stimmelmayer M, Güth JF, Erdelt K, Edelhoff D, Beuer F. Digital evaluation of the reproducibility of implant scanbody fit – an in vitro study. *Clin Oral Investig* 2012;16:851–856.
10. Mehl A. A new concept for the integration of dynamic occlusion in the digital construction process. *Int J Comput Dent* 2012;15:109–123.
11. Ender A, Mehl A. In-vitro evaluation of the accuracy of conventional and digital methods of obtaining full-arch dental impressions. *Quintessence Int* 2015;46:9–17.

Address/Adresse

Dr. med. dent Moritz Zimmermann
 Abteilung für Computergestützte Restaurative Zahnmedizin
 Zentrum für Zahnmedizin
 Universität Zürich
 Plattenstr. 11
 8032 Zürich/Schweiz
 E-Mail: Moritz.Zimmermann@zsm.uzh.ch