



Moritz Zimmermann

M. Zimmermann<sup>a</sup>, A. Mehl<sup>b</sup>, W. H. Mörmann<sup>c</sup>, S. Reich<sup>d</sup>

## 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.<sup>1</sup> 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.<sup>2-5</sup> 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.<sup>6</sup> 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 durchgeführt<sup>1</sup>. 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 werden<sup>2-5</sup>. 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 Verschleißmessungen<sup>6</sup>. 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)<sup>7</sup>. 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 ist<sup>8</sup>. 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]).<sup>7</sup> 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.<sup>8</sup> 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.<sup>9</sup> 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.

# Explore Litigation Insights

Docket Alarm provides insights to develop a more informed litigation strategy and the peace of mind of knowing you're on top of things.

## Real-Time Litigation Alerts



Keep your litigation team up-to-date with **real-time alerts** and advanced team management tools built for the enterprise, all while greatly reducing PACER spend.

Our comprehensive service means we can handle Federal, State, and Administrative courts across the country.

## Advanced Docket Research



With over 230 million records, Docket Alarm's cloud-native docket research platform finds what other services can't. Coverage includes Federal, State, plus PTAB, TTAB, ITC and NLRB decisions, all in one place.

Identify arguments that have been successful in the past with full text, pinpoint searching. Link to case law cited within any court document via Fastcase.

## Analytics At Your Fingertips



Learn what happened the last time a particular judge, opposing counsel or company faced cases similar to yours.

Advanced out-of-the-box PTAB and TTAB analytics are always at your fingertips.

## API

Docket Alarm offers a powerful API (application programming interface) to developers that want to integrate case filings into their apps.

## LAW FIRMS

Build custom dashboards for your attorneys and clients with live data direct from the court.

Automate many repetitive legal tasks like conflict checks, document management, and marketing.

## FINANCIAL INSTITUTIONS

Litigation and bankruptcy checks for companies and debtors.

## E-DISCOVERY AND LEGAL VENDORS

Sync your system to PACER to automate legal marketing.