

S2k-Leitlinie (Langversion)

Intraoralscan in der Zahnmedizin

AWMF-Registernummer: 083-049

Stand: Oktober 2025

Gültig bis: Oktober 2030

Federführende Fachgesellschaften:

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK)

Deutsche Gesellschaft für computergestützte Zahnheilkunde (DGCZ)

Beteiligung weiterer AWMF-Fachgesellschaften:

Deutsche Gesellschaft für Implantologie in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGI)

Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO)

Deutsche Gesellschaft für Kinderzahnmedizin (DGKiZ)

Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG)

Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien (DGPro)

Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung (DGZ)

Beteiligung weiterer Fachgesellschaften/ Organisationen:

Arbeitsgemeinschaft Dentale Technologie (ADT)

Arbeitsgemeinschaft Dynamisches Digitales Modell (AG DDM)

Arbeitsgemeinschaft Ergonomie in der Zahnheilkunde (AGEZ)

Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde (AGK)

Arbeitsgemeinschaft für Oral- und Kieferchirurgie (AGOKi)

Arbeitskreis Wissenschaft (AkWi) der Deutschen Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Berufsverband der Allgemeinzahnärzte (BVAZ)

Berufsverband der deutschen Kieferorthopäden (BDK)

Berufsverband deutscher Oralchirurgen (BDO)

Bundesverband der implantologisch tätigen Zahnärzte in Europa (BDIZ EDI)

Bundesverband der Zahnärztinnen und Zahnärzte des Öffentlichen

Gesundheitsdienstes (BZÖG)

Deutsche Gesellschaft für Ästhetische Zahnmedizin (DGÄZ)

Deutsche Gesellschaft für digitale orale Abformung (DGDOA)

Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie (DGFDt)

Deutsche Gesellschaft für Orale Implantologie (DGOI)

Deutsche Gesellschaft für Präventivzahnmedizin (DGPZM)

Deutsche Gesellschaft Zahnärztliche Schlafmedizin (DGZS)

Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (KZBV)

NEUE GRUPPE wissenschaftliche zahnärztliche Vereinigung

Verband Deutscher Zahntechnikerinnen (VDZI)

Verband medizinischer Fachberufe (VMF)

publiziert
bei:



Koordinator:

Prof. Dr. Jan-Frederik Güth

Federführende Autoren (in alphabetischer Reihenfolge):

PD Dr. Tobias Graf

ZÄ Miriam Ruhstorfer

Autoren/Leiter der Arbeitsgruppen (in alphabetischer Reihenfolge):

Dr. Ingo Baresel

Prof. Dr. Tabea Flügge

Prof. Dr. Sven Reich

Dr. Bernd Reiss

Prof. Dr. Sinan Şen

Prof. Dr. Bernd Wöstmann

Co-Autoren (in alphabetischer Reihenfolge)

Dr. Jörg Beck

Prof. Dr. Katrin Bekes

Dr. Andreas Bien

Dr. Alessandro Devigus

Dr. Dr. Stephan Eulert

Prof. Dr. Marianne Federlin

Prof. Dr. Roland Frankenberger

Sylvia Gabel

Dr. Jörg Granzow

Dr. Horst Kares

Dr. Jan Klenke

Dr. Hans-Jürgen Köning

Prof. Dr. Bernd Kordaß

Dr. Emil Krumholz

Dr. Stefan Liepe

FZÄ Melanie Katrin Maus

Prof. Dr. Christian Mertens

Dr. Matthias Müller

ZTM Jan-Christian Osterholt

Dr. Pantelis Petrakakis

PD Dr. Stefano Pieralli

Prof. Dr. Andree Piwowarczyk

Prof. Dr. Philipp-Cornelius Pott

Dr. Kathrin Puchert

Prof. Dr. drs. drs. Jerome Rotgans

Petra Schatten

Prof. Dr. Dr. Eik Schiegnitz

Claudia Scholz

Dr. Matthias Sommer

ZTM Hans-Jürgen Stecher

PD Dr. Dr. Daniel Thiem

Dr. Martin Ullner

PD Dr. Paul Weigl

Externe Experten

Prof. Dr. Albert Christof Mehl

ZT Josef Schweiger, M.Sc.

publiziert
bei:



Methodik:

Dr. Cathleen Muche-Borowski (Zertifizierte Leitlinienberaterin, AWMF)

Dr. Birgit Marré (Leitlinienbeauftragte, DGZMK)

Dr. Anke Weber (Leitlinienbeauftragte, DGZMK)

Jahr der Ersterstellung: Oktober 2025

vorliegende Aktualisierung/ Stand: 31.10.2025 **Version:**1.0

gültig bis: 30.10.2030

Die "Leitlinien" der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften sind systematisch entwickelte Hilfen für Ärzte/Zahnärzte zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen. Sie beruhen auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und in der Praxis bewährten Verfahren und sorgen für mehr Sicherheit in der Medizin, sollen aber auch ökonomische Aspekte berücksichtigen. Die "Leitlinien" sind für Ärzte/Zahnärzte rechtlich nicht bindend und haben daher weder haftungsbegründende noch haftungsbefreiende Wirkung.

Leitlinien unterliegen einer ständigen Qualitätskontrolle, spätestens alle 5 Jahre ist ein Abgleich der neuen Erkenntnisse mit den formulierten Handlungsempfehlungen erforderlich. Die aktuelle Version einer Leitlinie finden Sie immer auf den Seiten der DGZMK (www.dgzmk.de) oder der AWMF (www.awmf.org). Sofern Sie die vorliegende Leitlinie nicht auf einer der beiden genannten Webseiten heruntergeladen haben, sollten Sie dort nochmals prüfen, ob es ggf. eine aktuellere Version gibt.

1 Die wichtigsten Empfehlungen auf einen Blick

Nachfolgend ist eine Zusammenstellung von vier zentralen konsentierten Empfehlungen und Statements aufgelistet:

Konsensbasierte Empfehlung 1 (neu/2025)	
Folgende klinische Parameter sollten während des Scanvorgangs beachtet werden, da sie die Qualität des Scanergebnisses positiv beeinflussen: • Trockenes Arbeitsumfeld • Vermeidung von Streulicht • Ausreichende Mundöffnung • Adäquate Sichtbarkeit relevanter Strukturen (z. B. Präparationsgrenze) • Adäquate Scanbarkeit/Zugänglichkeit relevanter Strukturen (z. B. Approximalbereiche, Scanbodys, Zahnersatz-Materialien) Abstimmung: 25/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

Konsensbasierte Empfehlung 4 (neu/2025)	
Anwender sollten sich bei der Wahl des Intraoralscanners hinsichtlich der Leistungsfähigkeit und Möglichkeiten der Datenweiterverarbeitung ausführlich informieren. Abstimmung: 26/1/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

Statement 3 (neu/2025)	
Bei der Anwendung von Intraoralscannern gelten dieselben Anforderungen an die Ergebnisqualität der Arbeitsunterlagen wie für analoge Abformungen. Abstimmung: 28/1/1 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

Konsensbasierte Empfehlung 11 (neu/2025)	
Für die Qualität des Endergebnisses einer zahnärztlichen Behandlung auf Basis eines Intraoralscans sind neben dem grundlegenden Intraoralscan auch die Qualität der Schnittstellen sowie die Leistungsfähigkeit der weiterführenden Technologien entscheidend und sollten kritisch geprüft werden. Abstimmung: 26/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

Inhalt

1	Die wichtigsten Empfehlungen auf einen Blick	i
2	Herausgeber	1
2.1	Federführende Fachgesellschaft	1
2.2	Kontakt	1
2.3	Zitierweise	1
2.4	Redaktioneller Hinweis	1
3	Geltungsbereich und Zweck	2
3.1	Priorisierungsgründe	2
3.2	Zielsetzung und Fragestellung	2
3.3	Adressaten der Leitlinie	2
3.4	Ausnahmen von der Leitlinie	2
3.5	Patientenzielgruppe	3
3.6	Versorgungsbereich	3
3.7	Weitere Dokumente zu dieser Leitlinie	3
3.8	Verbindungen zu anderen Leitlinien	3
4	Einleitung	4
4.1	Grundlegender Mehrwert und Limitationen des Intraoralscans	4
4.2	Funktionsweise von Intraoralscannern	7
4.3	Datenausgabe und Schnittstellen	10
4.4	Scangenaugigkeit	12
5	Voraussetzungen und Scannerfassung	15
5.1	Klinische Voraussetzungen	15
5.2	Scannerfassung	16
5.3	Technische Voraussetzungen	18
6	Indikationen	20
6.1	Diagnostik und Planung	20
6.1.1	Situations- und Planungsmodelle	20
6.1.2	Implantatplanung	22
6.1.3	Monitoring	24
6.1.4	Unterstützende Kariesdiagnostik	25
6.1.5	Farbbestimmung	26
		ii

6.2	Kieferrelation	27
6.3	Indirekte Restaurationen	29
6.3.1	Hintergrund	29
6.3.2	Festsitzender Zahnersatz	30
6.3.3	Herausnehmbarer Zahnersatz im teilbezahnten Gebiss	35
6.3.4	Herausnehmbarer Zahnersatz bei Zahnlosigkeit	37
6.4	Funktionelle Okklusionsschienen	39
6.5	Kieferorthopädische Indikationen	41
6.6	Indikationen in der Oral- und Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie	44
7	Weiterverarbeitung von Scandaten	46
7.1	Datensicherung	47
8	Patient-Reported Outcome Measures (PROMS) und Patientenzufriedenheit	48
9	Wichtige Forschungsfragen	50
10	Zusammenfassung	51
11	Informationen zu dieser Leitlinie	52
11.1	Zusammensetzung der Leitliniengruppe	52
11.1.1	Redaktion und Koordination	52
11.1.2	Federführende Autoren	52
11.1.3	Leiter der Arbeitsgruppen	52
11.1.4	Beteiligte Fachgesellschaften und Organisationen	52
11.1.5	Beteiligte Experten ohne Mandat	54
11.1.6	Patientenbeteiligung	54
11.1.7	Methodik	55
11.1.8	Weitere Beteiligung	55
11.2	Methodische Grundlagen	56
12	Schlüsselfragen der Leitlinie	56
13	Literaturrecherche und kritische Bewertung	57
13.1	Strukturierte Konsensfindung	58
13.2	Empfehlungsgraduierung und Feststellung der Konsensstärke	59
13.2.1	Festlegung des Empfehlungsgrades	59
13.2.2	Feststellung der Konsensstärke	59
14	Redaktionelle Unabhängigkeit	60
14.1	Finanzierung der Leitlinie	60

14.2	Darlegung von Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten	60
15	Verabschiedung der Leitlinie	63
16	Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren	63
17	Verwendete Abkürzungen.....	64
17.1	Abbildungsverzeichnis	65
18	Literatur	66

2 Herausgeber

2.1 Federführende Fachgesellschaft



Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e.V. (DGZMK)



Deutsche Gesellschaft für computergestützte Zahnheilkunde e.V. (DGCZ)

2.2 Kontakt

Leitlinienkoordination:

Prof. Dr. Jan-Frederik Güth

LMU Klinikum

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik

Campus Innenstadt, Goethestr. 70

80336 München

Email: Jan.gueth@med.uni-muenchen.de

2.3 Zitierweise

DGCZ, DGZMK: „Intraoralscan in der Zahnmedizin“, Langversion 1.0, 2025, AWMF-Registriernummer: 083-049, „Intraoralscann in der Zahnmedizin“, <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/083-049> (Zugriff am: TT.MM.JJJJ)

2.4 Redaktioneller Hinweis

Ausschließlich aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher, weiblicher und weiterer Sprachformen verzichtet. Dies impliziert keinesfalls eine Benachteiligung der jeweils anderen Geschlechter. Sämtliche Personenbezeichnungen in diesem Dokument sind als geschlechtsneutral zu verstehen.

3 Geltungsbereich und Zweck

3.1 Priorisierungsgründe

Die Anwendung von Intraoralscannern als Alternative zur konventionellen Abformung hat in der Zahnmedizin Einzug gehalten. Die Anwendungsfelder betreffen alle zahnmedizinischen Disziplinen. Zudem entwickelt sich die digitale intraorale Erfassung rasant weiter und findet heute neben restaurativen Indikationen auch im Bereich digitaler Diagnostik- und Monitoring-Unterstützung immer mehr Anwendung. Obwohl die digitale intraorale Erfassung mittels Intraoralscan eine Schlüsselstelle im digitalen Workflow darstellt, werden dessen Einsatzgebiete, Weiterverarbeitungsmöglichkeiten und Potentiale kontrovers diskutiert. Evidenzbasierte Handlungsempfehlungen stehen bislang aus.

3.2 Zielsetzung und Fragestellung

Diese Leitlinie soll den derzeitigen Wissensstand über die Anwendung intraoraler Scansysteme hinsichtlich der technischen Grundlagen sowie deren Anwendungsgebiete abbilden. Sie dient der Definition von prinzipiellen Rahmenbedingungen bei der Anwendung der Intraoralscanner innerhalb der Zahnmedizin sowie der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie in Deutschland und soll hierfür konkrete Handlungsempfehlungen aufzeigen.

3.3 Adressaten der Leitlinie

Die Leitlinie richtet sich an Zahnärzte und Fachzahnärzte aller Fachdisziplinen, insbesondere mit Spezialisierungen im Bereich der computergestützten Zahnheilkunde, der Implantologie, der Kieferorthopädie, der Kinderzahnheilkunde, der zahnärztlichen Prothetik, der Zahnerhaltung, der zahnärztlichen Ergonomie, der Oral- und Kieferchirurgie, des öffentlichen Gesundheitswesens, der Präventivzahnmedizin und der Zahnärztlichen Schlafmedizin, sowie Ärzte für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, Zahntechniker und Zahnmedizinische Fachangestellte. Sie dient zur Information von Ärzten aller Fachrichtungen und von Patienten.

3.4 Ausnahmen von der Leitlinie

Diese Leitlinie fokussiert grundlegende Aspekte der optischen Systeme zur Erfassung intraoraler Strukturen. Ziel der Leitlinie ist es ausdrücklich nicht, die Genauigkeit, Abläufe oder Funktionsweisen spezifischer Intraoralscanner-Systeme, sowie deren ergonomische Handhabung zu bewerten. Angesichts der Vielzahl digitaler Anwendungen und der dynamischen technologischen Entwicklung ist zudem eine umfassende Bewertung gesamter digitaler Workflows oder herstellersistenspezifischer Schnittstellen weder möglich noch vorgesehen. Ausgeschlossen sind weitere Technologien zur Erfassung (z. B. Ultraschall) sowie Systeme zur photogrammetrischen Erfassung von Implantaten.

3.5 Patientenzielgruppe

Diese Leitlinie umfasst die Versorgung von Patienten sämtlicher zahnmedizinischer Fachrichtungen und Altersgruppen mit einer Indikation zur digitalen Erfassung intraoraler Strukturen. Die Leitlinie betrifft Erwachsene und Kinder und Jugendliche.

3.6 Versorgungsbereich

- ambulant, stationär, teilstationär
- Prävention, Früherkennung, Diagnostik, Therapie
- primärärztliche Versorgung, spezialärztliche Versorgung

3.7 Weitere Dokumente zu dieser Leitlinie

- Leitlinienreport

3.8 Verbindungen zu anderen Leitlinien

- S-3 Leitlinie AWMF Nummer 083-011 „Indikationen zur implantologischen 3D-Röntgendiagnostik und navigationsgestützten Implantologie“
<https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/083-011>
- S2k-Leitlinie AWMF Nummer 083-017 „Instrumentelle zahnärztliche Funktionsanalyse und Kieferrelationsbestimmung“ <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/083-017>
- S2k-Leitlinie AWMF Nummer 083-051 „Okklusionsschienen zur Behandlung craniomandibulärer Dysfunktionen und zur präprothetischen Therapie“
<https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/083-051>
- S1-Leitlinie AWMF Nummer 083-045 „Die Unterkieferprotrusionsschiene (UPS): Anwendung in der zahnärztlichen Schlafmedizin beim Erwachsenen“
<https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/083-045>

4 Einleitung

Grundsätzlich stehen zwei Wege zur Verfügung, die klinische Situation zu digitalisieren: Zum einen über die indirekte Digitalisierung, die eine Digitalisierung von Abformungen oder physischen Modellen beschreibt, zum anderen über die direkte Digitalisierung der klinischen Situation mittels Intraoralscanner (IOS), auf die der Fokus dieser Leitlinie liegt.¹ Die erzeugten Daten bilden einen möglichen Einstiegspunkt in die digitale Prozesskette, die in Kombination mit weiteren Technologien und Software nicht nur bekannte analoge Vorgehensweisen ablöst, sondern die Basis für neue Verfahren und Abläufe in vielen Feldern der Zahnmedizin, Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie und Zahntechnik bildet. Dabei geht die Erfassung heute weit über die Gewinnung dreidimensionaler Daten zur restaurativen Behandlung hinaus und bietet im Bereich Diagnostik, Planung, Therapie und Monitoring interessante Ansätze und Möglichkeiten. Vor diesem Hintergrund sind die Einsatzmöglichkeiten intraoraler Scanverfahren immer in Zusammenhang mit der möglichen Weiterverarbeitung und der Konsistenz der Workflows zu betrachten und zu bewerten.

Konsensbasiertes Statement 1 (neu/2025)

Für die Bewertung der Einsatzmöglichkeiten von Intraoralscannern spielen die Weiterverarbeitungsmöglichkeiten der erfassten Daten und die Konsistenz der Workflows eine entscheidende Rolle.

starker Konsens

Abstimmung: 27/0/0 (ja, nein, Enthaltung)

4.1 Grundlegender Mehrwert und Limitationen des Intraoralscans

Je nach Indikation, Anwendungsgebiet und Fachdisziplin ergeben sich verschiedene Vorteile und Limitationen in Bezug auf die Anwendung des Intraoralscans. Diese Vorteile können anwendungs-, workflow-, ergebnis- oder auch patientenbezogen sein. Es können dabei sowohl Vergleiche mit der bisherigen analogen Abformtechnik gezogen werden oder neue Anwendungsmöglichkeiten durch die Verwendung der Scantechnologie entstehen, die innovative Diagnostik oder Therapieoptionen ermöglichen.

Beispiele hierfür sind die digitale Zuordnung von Unter- zu Oberkiefer, die Aufzeichnung von Bewegungsdaten, die simultane Erfassung von Farbdaten oder die Unterstützung in der Diagnostik sowie die daraus resultierende Kontrolle der Mundgesundheit beispielsweise bei Oberflächen- und Approximalkaries, Plaque, Zahnhartsubstanzverlusten (Attrition/Abrasion/Erosion) oder Gingivarezessionen. Nicht alle Scansysteme weisen dabei ein gleichwertiges Leistungsspektrum auf.

Aktuell sind folgende Vorteile durch den Intraoralscan und dessen klinische Anwendung festzuhalten (siehe Abbildung 1):

Vorteile des Intraoralscans

Durch die Anwendung eines Intraoralscanners ergeben sich aktuell folgende grundlegende Vorteile:

- Unmittelbare Kontrolle des Präparations- und Scanergebnisses
- 3D-Visualisierung in starker Vergrößerung aus allen Dimensionen
- Vereinfachte Wiederholbarkeit und Korrekturmöglichkeit
- Selektives Erfassen relevanter Areale
- Grundlage neuer/digitaler Behandlungsabläufe
- Eröffnung des Workflows zur restaurativen Chairside-Fertigung
- Digitale Zuordnung der klinisch vorgegebenen Beziehung von Unter- zu Oberkiefer
- Erstellung von Verlaufskontrollen für Diagnostik, Planung und Therapieentscheidungen
- Gegenüber analogen Abformungen erweiterter Informationsumfang
- Vereinfachte Archivierungsmöglichkeiten
- Vereinfachter Transfer der Daten ins Labor und multilokaler, zeitgleicher Zugriff
- Verbesserung der Kommunikation mit Patienten und interkollegial

Abbildung 1 Aktuelle Vorteile des Intraoralscans

Im Vergleich zur analogen Abformung und anschließender indirekter Digitalisierung ersetzt der Intraoralscan nicht nur den Abformprozess selbst, sondern auch den physischen Transport der Abformung ins zahntechnische Labor. So erübrigen sich multiple Arbeitsschritte, wie beispielsweise die Modellherstellung und die Digitalisierung im zahntechnischen Labor, wodurch potenzielle Fehlerquellen reduziert werden bzw. entfallen. Auch bietet die unmittelbare dreidimensionale Visualisierung des Scans in starker Vergrößerung aus allen Raumachsen eine deutliche Verbesserung der Kontrollmöglichkeit gegenüber dem klassischen Vorgehen, woraus eine vereinfachte und auch selektive Wiederholbarkeit und Korrekturmöglichkeit resultiert. Das unmittelbare Vorliegen der Scandaten sowie die Möglichkeit zur direkten Analyse, Weiterverarbeitung und/oder Übermittlung der Daten stellen den maßgeblichen Vorteil der direkten Digitalisierung dar. Die schnelle Verfügbarkeit der Basisdaten für die Restaurationsfertigung eröffnet auch die Möglichkeit zur Chairside-Fertigung.

Neben den Vorteilen weist die Anwendung von Intraoralscannern auch Limitationen auf, die von multiplen Faktoren abhängig sind (siehe Abbildung 2).

Limitationen des Intraoralscans

Bei der Anwendung eines Intraoralscanners ergeben sich aktuell folgende Limitationen:

- Scengenauigkeit von klinischen, technischen und anwenderseitigen Faktoren abhängig
- Keine einheitlichen Bezugssysteme für die räumliche Zuordnung gewonnener Scandaten
- Unterschiedliche Leistungsspektren verschiedener Systeme und deren Vergleichbarkeit
- Limitierte klinische wissenschaftliche Datenlage in einigen Anwendungsgebieten
- Diskrepanz zwischen technischer Entwicklungsgeschwindigkeit und klinischer Evidenz

- Teilweise Unvollständigkeit der Workflows zur Weiterverarbeitung der Daten nach Intraoralscan
- Investitions- und Integrationskosten sowie mögliche Folgekosten (z. B. Updates)
- Allgemeine biologische Limitationen mit Einfluss auf die Qualität eines Zahnbogen-/Ganzkieferscans (z. B. parodontale Eigenbeweglichkeit der Zähne, Verbiegung der Unterkieferspange bei unterschiedlichen Kieferpositionen oder Aktivierungen der Kaumuskulatur)
- Patientenbezogene Limitationen (z. B. räumliche Einschränkungen aufgrund spezieller anatomischer Bedingungen oder Erkrankungen, eingeschränkte Mundöffnung, Schwellungen, übermäßiger Speichelfluss, Blutungsneigung, tiefe subgingivale Präparationsränder)

Abbildung 2 Aktuelle Limitationen des Intraoralscans

Eine generelle - für alle Systeme zur digitalen intraoralen Erfassung gültige - Einschätzung fällt schwer, da die vorhandenen Scansysteme unterschiedliche technische Prinzipien, Entwicklungsstände, Schnittstellen und somit Leistungsspektren aufweisen. Somit kann eine generelle Beurteilung nur grundlegend und limitiert erfolgen. Die individuelle Leistungsfähigkeit sowie das Anwendungsspektrum des Scanners sollte vom Anwender intensiv geprüft werden. Die Kompatibilität der Datenformate ist derzeit innerhalb der verschiedenen Hersteller nicht vollständig gegeben. Weiter unterliegen die Scantechnologien, das Postprocessing, sowie insbesondere die Schnittstellen und Weiterverarbeitungsmöglichkeiten schnelllebigem Entwicklungszyklen, sodass Darstellungen und Einschätzungen des Potenzials einzelner Scanner lediglich eine Momentaufnahme darstellen. Abou et al. stellten dabei in einer systematischen Übersichtsarbeit fest, dass neuere Intraoralscanner-Generationen vorhergehenden hinsichtlich der Genauigkeit und damit in der Anwendungsbreite meist überlegen sind.²

Die Schnelllebigkeit der Entwicklungszyklen und Vielzahl an Entwicklungen von neuen Systemen erklärt auch die oftmals erst verzögert vorhandene unabhängige wissenschaftliche Datenlage. Dies zeigt sich beispielsweise in Bezug auf Untersuchungen zur Genauigkeit der Scansysteme als Voraussetzung für die Einschätzung der Indikationsbreite und klinischen Anwendbarkeit.

4.2 Funktionsweise von Intraoralscannern

Die heute am Markt verfügbaren Intraoralscanner basieren auf der optischen Erfassung der intraoralen Oberflächenstrukturen. Dabei werden die zugrunde liegenden Technologien laufend hinsichtlich ihrer Hard- und Software weiterentwickelt, um die Scanergebnisse (z. B. Genauigkeit) zu verbessern, die Scanner zu verkleinern, ergonomisches Arbeiten zu ermöglichen und die Anwendung patienten- und behandlerfreundlicher zu gestalten. Dabei kommen heute häufig neben der Erfassungstechnologie für dreidimensionale Oberflächendaten auch Technologien zum Einsatz, die es beispielsweise ermöglichen Farbdaten aufzunehmen, bei der Kariesdiagnostik zu unterstützen (z. B. Nahinfrarot-Bilder (Niri), Fluoreszenz-Bilder) oder Bewegungsdaten aufzuzeichnen. Somit entwickeln sich Intraoralscanner von Geräten reiner dreidimensionaler Oberflächenerfassung hin zu „Multi-Funktions-Digitalisierungsgeräten“, mit denen Daten für Diagnostik, Planung, Monitoring und Therapie erzeugt werden können.

Zur Erzeugung dreidimensionaler Oberflächendaten kommen verschiedene optische Prinzipien (z. B. Triangulationsverfahren, konfokales Laserscanprinzip, „Stereovision Technology“, „Structured Light Technology“) und deren Kombinationen und Weiterentwicklungen zum Einsatz. Die genauen Funktionsweisen – insbesondere die zur Rekonstruktion der 3D-Daten verwendeten Algorithmen – sind in der Regel durch Schutzrechte abgesichert und geschützt.

Unabhängig der zugrunde liegenden Technologie wird durch den Scanner Licht auf die Oberfläche projiziert, das zurückreflektiert und als individuelles Bild oder Video wiederum vom Scanner erfasst wird.³ Im anschließenden Weiterverarbeitungsprozess (sog. „Postprocessing“) werden zunächst Software-basiert die relevanten 3D-Punkte der entstandenen Punktwolke identifiziert und gefiltert, bevor diese zueinander orientiert und in ein dreidimensionales Oberflächen-Netz (Polygon-basiert, z. B. STL-Datenformat) umgewandelt werden. Dieser Prozess wird als Oberflächenrekonstruktion bzw. „Surface Reconstruction“ bezeichnet. Zudem können im entsprechenden Format auch Zusatzinformationen, wie z. B. die Farbe der gescannten Oberfläche, enthalten sein (z. B.: PLY-, OBJ-Datenformat) (siehe Abbildung 3).

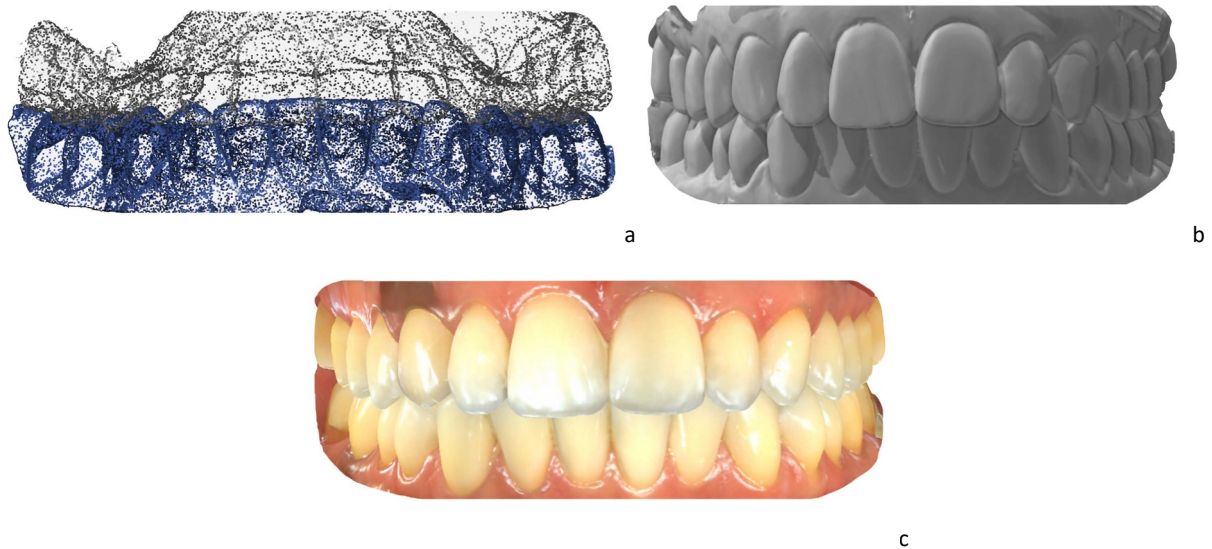


Abbildung 3 Datensatz nach Intraoralscan dargestellt durch a Punktwolke, b Farblosen Oberflächendatensatz im Standard Tessellation Language (STL), c Farbiges Object-Format (OBJ) (eigene Darstellung).

Dabei führt eine höhere Dichte an Knotenpunkte des Dreiecksnetzes gewöhnlich zu höherer Oberflächenqualität und Detailtreue des Datensatzes (siehe Abbildung 4).⁴ Wichtig hierfür ist der sog. Sekantenfehler, der den Abstand zwischen der gescannten - eigentlich gekrümmten - Oberfläche und deren technischer Darstellung durch flache Dreiecksoberflächen beschreibt. Dieser reduziert sich mit geringerem Punktabstand auf der Oberfläche, gleichzeitig erhöht sich dann jedoch die Dateigröße.

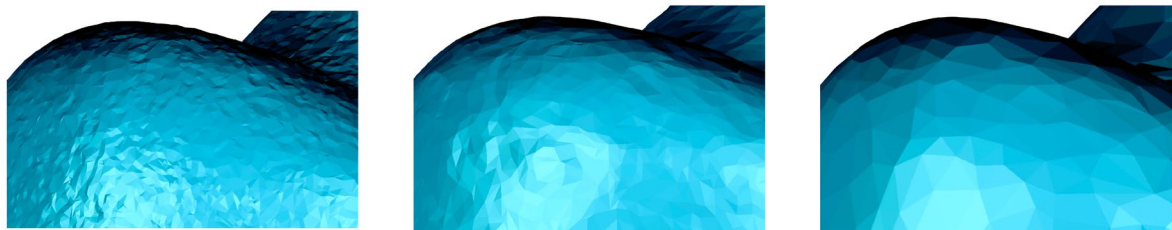


Abbildung 4 Darstellung eines Höckers in unterschiedlicher Auflösung im STL-Format: von links nach rechts abnehmende Punkte-/ Dreiecksdichte, die zu einer ungenaueren Oberfläche führt (eigene Darstellung).

Die Darstellung der Oberflächengüte hat dabei nur bedingt mit der eigentlichen Genauigkeit des Datensatzes zu tun. Auch die objektive Beurteilung der aufgezeichneten Daten scheint klinisch nur bedingt möglich, da teilweise Nachbearbeitungsalgorithmen (sog. „Rendering“) verwendet werden, um eine optisch ansprechende graphische Oberflächendarstellung zu generieren.

Einzelne Intraoralscanner ermöglichen heute neben der 3D-Erfassung auch Aufnahmen in weiteren Wellenlängenbereichen, um die Karieserkennung zu unterstützen.

Die Nahinfrarottechnik (Niri) stellt als nicht-ionisierende Strahlung eine potenzielle Alternativtechnologie zur Kariesdetektion dar. Dabei werden unterschiedliche Streueigenschaften von Dentin und Schmelz sowie deren demineralisierten Arealen im elektromagnetischen Spektrum zwischen 780 nm und 2,5 µm, das dem Nah-Infrarot-Bereich entspricht, genutzt. Generell streut die

kristalline Schmelzstruktur Licht in diesem Wellenlängenbereich nur wenig, bei der komplexeren Dentin-Struktur ist der Streueffekt stärker. Sind nun Schmelz und/oder Dentin von Karies betroffen, ändert sich die Mikrostruktur und dies wiederum ändert die Streueigenschaften deutlich. Dies erlaubt dann die Unterscheidung zwischen gesunder und kariöser Zahnhartsubstanz.^{5,6}

Die Laserscan-Fluoreszenz-Messung stellt eine weitere Technologie zur unterstützenden Karieserkennung dar, die mittels eines Intraoralscanners verfügbar ist. Sie beruht darauf, dass kariöse Veränderungen aufgrund der enthaltenen Bakterien und ihrer Stoffwechselprodukte eine abweichende Fluoreszenz im Vergleich zu gesunder Zahnhartsubstanz zeigen.⁷

Erste wissenschaftliche Ergebnisse zu den grundlegenden Technologien selbst erscheinen vielversprechend⁶, wobei wissenschaftliche Evidenz zur Spezifität und Sensitivität einzelner Intraoralscanner-Systeme in verschiedenen Indikationen und Karieslokalisationen im Vergleich zu herkömmlichen Methoden, wie der optischen Inspektion und radiologischen Methoden, aktuell erst im Entstehen ist.⁸⁻¹⁰

4.3 Datenausgabe und Schnittstellen

Die Datenausgabe über eine digitale Schnittstelle dient dem Informationsaustausch zwischen miteinander kommunizierenden Systemen oder Systemkomponenten.

Je nach vorhandener Schnittstelle geht die Weiterverarbeitung der Daten über die eigentliche Scan-Software hinaus. In Planungs-, Analyse- oder CAD-Software kommen je nach vorhandener Schnittstelle verschiedene 3D-Oberflächen-bezogene Dateiformate zum Einsatz, wie zum Beispiel:

- Standard Tessellation Language (STL): Oberflächenbeschreibung durch Dreiecke, farblos, jedoch ubiquitär durch Computer Aided Design (CAD)-Software lesbar
- Polygone File Format (PLY): Oberflächenbeschreibung durch Dreiecke mit zusätzlichen Farbinformationen
- Object-Datei (OBJ): Oberflächenbeschreibung durch Dreiecke mit zusätzlichen Farbinformationen

Daneben existieren multiple herstellerepezifische Datenformate, die jedoch nur in miteinander abgestimmten oder geschlossenen, häufig herstellerabhängigen Workflows weiterverarbeitet werden können. Dabei gilt auch zu beachten, dass trotz gleicher Bezeichnung (z.B. PLY oder OBJ) jeweils verschiedene Versionen existieren, die nicht miteinander kompatibel sind.

Im Bereich Intraoralscanner haben sich für den Austausch und die orientierende Einschätzung des Umfangs des Informationsinhaltes und der Qualität der Datenweitergabe die Begriffe offene/r, abgestimmte/r und geschlossene/r Schnittstelle/Workflow etabliert.

Offene Schnittstelle:

Die Weitergabe von Daten erfolgt auf Basis von Dateiformaten, die keine zusätzlichen Informationen (z. B. Definition der Präparationsgrenze) enthalten. Für 3D-Daten hat sich das STL-Format als Basisformat etabliert. Dadurch sind die Daten universell einsetzbar und können von vielen Empfängern importiert werden. Allerdings sind bei offenen Schnittstellen aufgrund der fehlenden Zusatzinformation die Daten nicht für den nachfolgenden Prozess optimiert. Somit ist vom Anwender vertieftes Know-how zur Weiterverarbeitung und Schnittstellenabstimmung notwendig. Es existiert zudem für das STL-Format kein einheitlicher Richtwert in Bezug auf die Punktedichte/Dreiecksgröße etc..

Abgestimmte Schnittstelle:

Die Übergabe von Daten erfolgt auf Basis von Dateiformaten, die weitere Zusatzinformation enthalten (z. B. Markierung der Präparationsgrenze, Laborinformationen). Beispielsweise können diese einen Datensatz sowie eine Zusatzdatei (z. B. STL plus xml) enthalten. Durch die Abstimmung des Sender- und Empfängersystems wird die Übergabe komplexer Daten und die Nutzung für den Anwender vereinfacht.

Geschlossenen Schnittstelle:

Die Übergabe von Daten erfolgt auf Basis von Dateiformaten, die weitere Zusatzinformation enthalten und nur innerhalb eines in sich geschlossenen Workflows zwischen den Teilsystemen übergeben werden können. Somit ist kein Export in weitere Systeme möglich. Dies vereinfacht die Nutzung für

den Anwender, schränkt jedoch die Wahlmöglichkeiten bei der Weiterverarbeitung und die Nutzung von Fremdsoftware ein.

4.4 Scengenauigkeit

Die Genauigkeit intraoraler Scansysteme bildet die Grundvoraussetzung für nahezu alle Indikationen sowie Einsatzgebiete in der Zahnmedizin. Dabei ist anzumerken, dass die am Markt zur Verfügung stehenden Systeme sich in ihrer Genauigkeit unterscheiden.

Aktuell steigt die Anzahl wissenschaftlicher Publikationen rund um das Thema Scengenauigkeit, wobei die Anzahl an Daten zu den spezifischen Systemen deutlich differiert. Zudem unterscheiden sich die Studiendesigns, Messtechniken sowie die statistischen Analyse- und Interpretationsmethoden, da aktuell kein einheitliches Vorgehen zur Bestimmung der Genauigkeit von Intraoralscannern existiert.¹¹ In diesem Zusammenhang befindet sich momentan eine Norm zur Genauigkeit von Intraoralscannern in Entwicklung, um zukünftig ein einheitliches Bewertungsvorgehen zur Genauigkeitsmessung von Intraoralscannern zu schaffen.

Bei der Scannerfassung mittels Intraoralscanner werden einzelne 3D-Aufnahmen meist in kurzer zeitlicher Abfolge nacheinander erstellt, die anschließend durch die Software des Scanners dreidimensional einander zugeordnet werden. Aufgrund des fehlenden Referenzierens erfolgt die räumliche Zuordnung der optischen Aufnahmen auf Basis einer mathematischen Best-Fit-Überlagerung der Einzelaufnahmen. Dabei entsteht mit zunehmender Scanspanne und zunehmendem Abstand zum initialen Bild ein Überlagerungsfehler. Dieser, führt dazu, dass mit größerer Scanoberfläche und -distanz eine höhere Wahrscheinlichkeit für Ungenauigkeiten des Datensatzes durch Verzug entsteht (Abbildung 5). Dies ist bei der Bewertung der Genauigkeit zu beachten. Ausgenommen von diesem Prinzip sind dabei Scan-Systeme zur simultanen photogrammetrischen Aufnahme von Implantaten aus größerer Distanz.

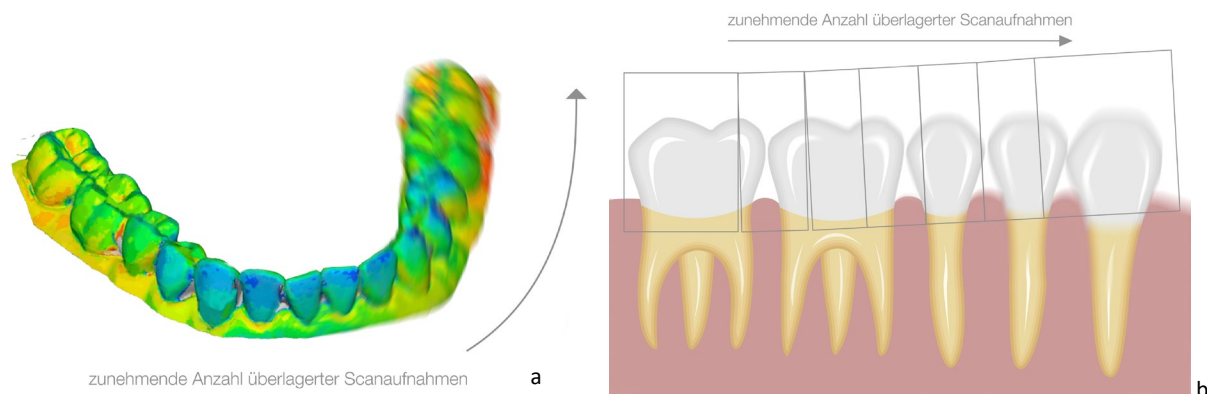


Abbildung 5: a) Möglicher Scanspanne-abhängiger Verzug der Scandaten durch optische Überlagerung von Einzelaufnahmen. b) Schematische Darstellung des möglichen dreidimensionalen Verzugs (eigene Darstellung in Anlehnung an Keul et al.¹²).

Genauigkeit wird in diesem Zusammenhang durch die Begriffe „Richtigkeit“ und „Präzision“ beschrieben^{13,14}, wobei die Richtigkeit die Annäherung des gemessenen Wertes an den wahren Wert beschreibt, während die Präzision die Wiederholgenauigkeit des Messergebnisses unter identischen Bedingungen darstellt (siehe Abbildung 6). Dieses Grundprinzip gilt auch für die Interpretation der Genauigkeit von intraoralen Scansystemen.

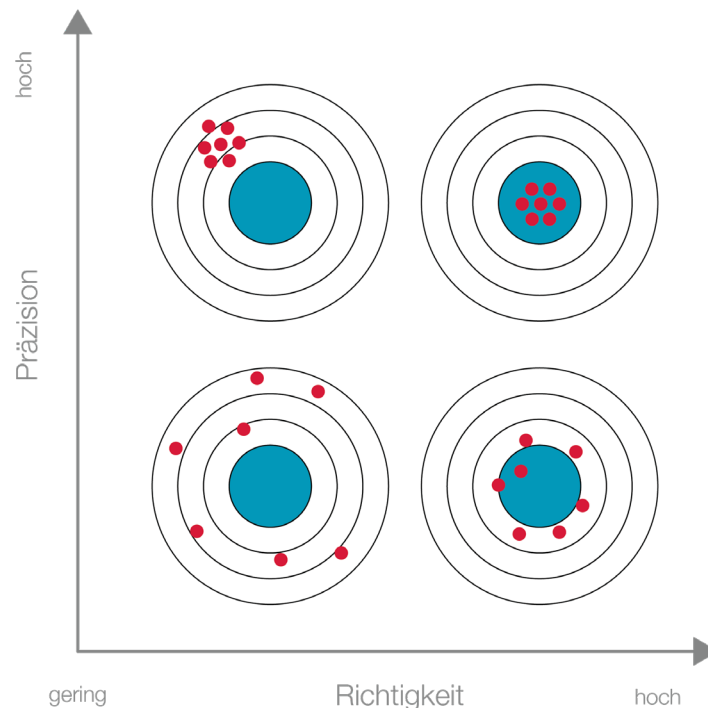


Abbildung 6 Genauigkeit: Schematische Darstellung der Richtigkeit und Präzision (eigene Darstellung).

Grundsätzlich lassen sich zwei Arten von Genauigkeitsuntersuchungen unterscheiden:

1. Die unmittelbare Untersuchung der Scandatensätze im Vergleich zu einem mittels anderer Messmethoden erstellten Referenzdatensatz durch digitale dreidimensionale Überlagerungs- und oder Vermessungsmethoden.
2. Der Vergleich der Passung der aus einem entsprechenden Workflow resultierenden Restaurationen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass dabei nicht nur die Genauigkeit des Scans selbst, sondern der gesamte Workflow beurteilt wird.

Beim digitalen Vergleich und bei der Analyse von dreidimensionalen Datensätzen finden sich ebenfalls mehrere Methoden in der Literatur. Grundsätzlich unterscheidet man hier dreidimensionale Oberflächenvergleiche und metrische lineare Messungen. Orientierung hierzu und zur Interpretation geben Mehl, Reich, Beuer und Güth in ihrer Übersicht.¹¹

Weiter können Genauigkeitsanalysen von Intraoralscannern in In-vitro-Untersuchungen und In-vivo Untersuchungen eingeteilt werden. Vorteile der In-vitro-Methoden sind die vereinfachte Erstellung eines Referenzdatensatzes, der eine gute Messung der Richtigkeit ermöglicht, der geringere Aufwand sowie geringere Bias. Allerdings bleiben dabei klinische Einflussfaktoren wie Abschattung, Zugänglichkeit, Feuchtigkeit, Unterschiede in den optischen Eigenschaften der Zahnoberflächen etc. außen vor und es kann lediglich die technische Leistungsfähigkeit der Systeme beurteilt werden.

Mittlerweile existieren auch klinische Methoden, die es erlauben, die Richtigkeit anhand intraoral eingebrachter Referenzobjekte (z. B. Stege, Kugeln etc.) zu beurteilen und somit neben der Präzision auch die Richtigkeit gegenüber einer Referenz unter klinischen Bedingungen zu beurteilen.¹⁵

Unabhängig von der gewählten Untersuchungsmethode scheint bei entsprechender Fragestellung der Vergleich zur bisherigen konventionellen Abformung sinnvoll, um die Genauigkeit von Intraoralscannern einzuschätzen. So kann ein möglichst verlässlicher Rückschluss zur Anwendbarkeit in verschiedenen Indikationen gezogen werden.

Anwender sind dazu angehalten, sich auf Basis unabhängiger Daten über die Genauigkeit ihres individuellen Systems und dessen Softwareversion in unterschiedlichen Indikationen ausführlich zu informieren, um das Einsatzgebiet ihres Intraoralscanners einzuordnen.

5 Voraussetzungen und Scannerfassung

5.1 Klinische Voraussetzungen

Konsensbasierte Empfehlung 1 (neu/2025)	
Folgende klinische Parameter sollten während des Scanvorgangs beachtet werden, da sie die Qualität des Scannergebnisses positiv beeinflussen: • Trockenes Arbeitsumfeld • Vermeidung von Streulicht • Ausreichende Mundöffnung • Adäquate Sichtbarkeit relevanter Strukturen (z. B. Präparationsgrenze, Approximalbereiche) • Adäquate Scanbarkeit/Zugänglichkeit relevanter Strukturen (z. B. Scanbodys, Zahnersatz-Materialien) Abstimmung: 25/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

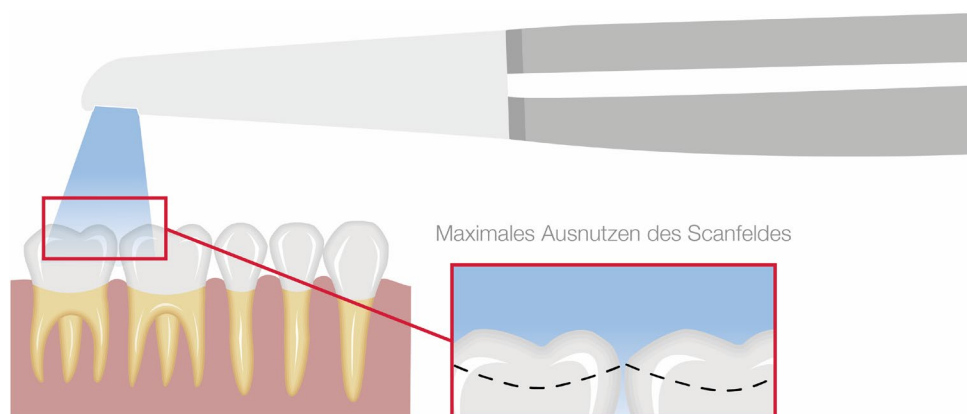
Die klinisch zu beachtenden Voraussetzungen für eine optimierte Scannerfassung ergeben sich zum einen aus der zugrunde liegenden lichteoptischen Erfassungstechnologie und der Anfälligkeit für Streuung, Reflexion und Absorptionsverhalten von Lichtstrahlen. Zum anderen beeinflussen die Sichtbarkeit und die Oberflächeneigenschaften der zu scannenden Strukturen das Ergebnis. So können lediglich Strukturen erfasst werden, die im Mund für den Scanner sichtbar und, zugänglich sind sowie, geometrisch erfasst werden können. Verschiedene Materialien, unterschiedliche Oberflächeneigenschaften und ein möglicher Feuchtfilm beeinflussen ebenso die Genauigkeit und Qualität des Scannergebnisses. ^{16,17}

5.2 Scannerfassung

Konsensbasierte Empfehlung 2 (neu/2025)	
Folgende Handling-Empfehlungen sollten in der klinischen Anwendung beachtet werden, um die Qualität des Scanergebnisses positiv zu beeinflussen: • Möglichst Befolgung der durch den Hersteller oder evidenzbasiert empfohlenen Scanstrategie • Ausrichtung des Scankopfes möglichst parallel zur gescannten Oberfläche • Kontinuierliche Bildaufnahme einhergehend mit wenigen Korrekturscans Abstimmung: 25/0/1 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

Insbesondere für die Aufnahme gesamter Kiefer empfehlen die Hersteller eine auf das Scansystem abgestimmte spezifische Scanstrategie. Hintergrund ist unter anderem das sich anschließende „Postprocessing“, durch das die Einzelaufnahmen zusammengerechnet werden und herstellerspezifischen Algorithmen folgt. Das bedeutet, dass Scanstrategien nicht einheitlich für alle Scanner empfohlen werden können.¹⁸

Während des Scanvorgangs sind der Tiefenschärfebereich des Scanners sowie das Scanfeld bestmöglich auszunutzen, indem die Aufnahmeeinheit möglichst parallel zum gescannten Objekt geführt wird. Dies ermöglicht einen zeitlich optimierten Scanvorgang. Zusätzlich können relevante Bereiche der Kiefer mit weniger Einzelaufnahmen erfasst werden (siehe Abbildung 7), was zu weniger Datenüberlagerungen führt und eine optimierte Weiterverarbeitung (sog. „Postprocessing“) der Rohdaten ermöglicht. Aus diesem Grund sind ebenso möglichst wenige Korrekturscans durchzuführen bzw. nur dort, wo relevante Anteile des Datensatzes fehlen oder Scanfehler identifiziert werden können.



7a

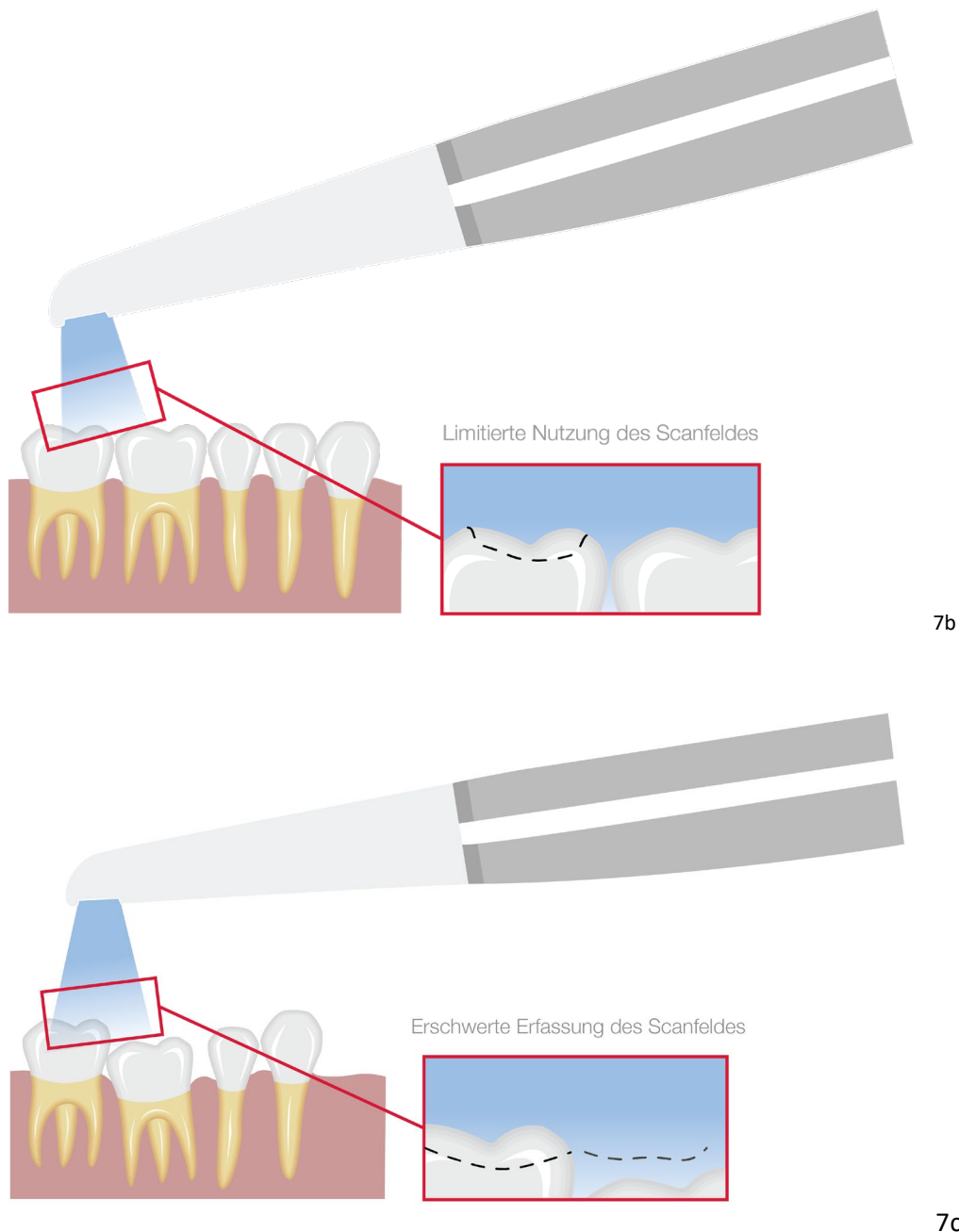


Abbildung 7 a: Optimale Positionierung der optischen Aufnahmeeinheit, b: Angulierte Positionierung der optischen Aufnahmeeinheit, dadurch nicht optimierte Ausnutzung des Scanfeldes, c: Schwierige Positionierung der optischen Aufnahmeeinheit bei Zahnfehlstellungen oder Lücken (eigene Darstellung in Anlehnung an Keul et al ¹²).

Für den Anwender sind in diesem Zusammenhang auch die Kenntnis möglicher Scanfehler und deren Ursache entscheidend. In manchen Fällen können die daraus entstehenden Ungenauigkeiten korrigiert werden, andere Fehler hängen mit den Hardware- bzw. Softwarebeschränkungen von Intraoralscannern zusammen. Um die Fehleranalyse zu vereinfachen, teilte die Studiengruppe um Revilla-León die entstandenen Scanfehler in zwei Gruppen ein. Ursächlich kann der Behandler selbst sein: Bspw. fehlende relevante Scanareale („Mesh hole error“), Erfassen irrelevanter beweglicher Strukturen („Tissue scanning error“), Erfassen von Daten ohne zusammenhängende Information („Stigging“). Zum anderen können patienten-/situationsbedingt Fehler entstehen: Bspw. Feuchtigkeitsfilme von Blut und Speichel, undefinierte Präparationsgrenzen.¹⁹

5.3 Technische Voraussetzungen

Neben den anwenderbezogenen Parametern sind die gegebenen technischen Voraussetzungen und die Einsatzmöglichkeiten des benutzten Scansystems für die Qualität des Scanergebnisses entscheidend. Hier sind Anwender dazu angehalten, sich möglichst anhand unabhängiger Quellen zur Leistungsfähigkeit ihres Scansystems zu informieren. Hierzu gehört neben der Genauigkeit und der damit einhergehenden Eignung und Indikationsbreite auch die Frage, ob entsprechende Schnittstellen zur Weiterverarbeitung vorhanden sind und ob die notwendigen weiterführenden technischen Workflows etabliert sind. Hierzu ist eine Rücksprache mit dem Dentallabor hilfreich, dies zu prüfen und gemeinsam entsprechende Workflows zu etablieren.

Weiter ist zu hinterfragen, ob zusätzliche digitale Technologien (z. B. digitale Bewegungserfassungssysteme, digitaler Gesichtsbogen) notwendig sind, um die Ergebnisqualität zu gewährleisten. Als Referenz gilt dabei nach wie vor der analoge Workflow, da dieselben Anforderungen in Bezug auf die Ergebnisqualität der Scandaten gelten.

Konsensbasierte Empfehlung 3 (neu/2025)	
Folgende technische Voraussetzungen sollten vom Anwender indikationsbezogen geprüft werden: • Etablierung eines vollständigen Workflows • Kompatible Schnittstellen (z. B. Weiterverarbeitung im Labor, aktuelle Scanbodies) • Ausreichende indikationsbezogene Genauigkeit • Indikationsgerechte Anwendung des Scansystems (z. B. Puderfreiheit, Scan von Metalloberflächen, Tiefenschärfe) • Regelmäßig und nach Herstellerangaben kalibrierter Scanner • Notwendigkeit der Anwendung weiterer digitaler und/oder analoger Technologien Abstimmung: 26/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

Konsensbasiertes Statement 2 (neu/2025)	
Für die Endergebnisse einer zahnärztlichen Behandlung auf Basis eines Intraoralscans sind neben der Qualität des grundlegenden Intraoralscans viele weitere Prozessschritte entscheidend. Abstimmung: 27/0/1 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

Konsensbasiertes Statement 3 (neu/2025)

Bei der Anwendung von Intraoralscannern gelten dieselben Anforderungen an die Ergebnisqualität der Arbeitsunterlagen wie für analoge Abformungen.

starker Konsens

Abstimmung: 28/1/1 (ja, nein, Enthaltung)

Konsensbasierte Empfehlung 4 (neu/2025)

Anwender **sollten** sich bei der Wahl des Intraoralscanners hinsichtlich der Leistungsfähigkeit und Möglichkeiten der Datenweiterverarbeitung ausführlich informieren.

starker Konsens

Abstimmung: 26/1/0 (ja, nein, Enthaltung)

6 Indikationen

6.1 Diagnostik und Planung

Die Technologie des Intraoralscans bietet großes Potenzial für den Einsatz in der zahnmedizinischen Diagnostik und Planung. Allerdings variiert zum einen die aktuelle Evidenz zu den verschiedenen Aspekten dieses Anwendungsbereiches zum anderen auch das Leistungsvermögen der verfügbaren Scanner mit entsprechenden Funktionen. Deshalb ist differenziert zu prüfen, in welchen Indikationsbereichen die Datenqualität, Leistungsfähigkeit und Weiterverarbeitungsmöglichkeit der aktuellen Intraoralscanner als alleinige Grundlage ausreichend sind und in welchen sie eine Ergänzung zu etablierten Diagnostik- und Planungsmethoden darstellen können.²⁰

6.1.1 Situations- und Planungsmodelle

Konsensbasierte Empfehlung 5 (neu/2025)	
Hinsichtlich ihrer Genauigkeit können die mit einem Intraoralscanner erhobenen Daten für die Weiterverarbeitung zu Situations- und Planungsmodellen genutzt werden. Abstimmung: 27/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

Konsensbasiertes Statement 4 (neu/2025)	
Digitale Datensätze nach intraoralem Scan ermöglichen eine unmittelbare Analyse der Patientensituation bei der Planung sowie eine Verbesserung der Kommunikation mit dem Patienten. Abstimmung: 28/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

Laut Literatur ist die Genauigkeit von Situations- und Planungsmodellen nach Durchführung eines Intraoralscans im Vergleich zu Modellen einer klassischen Alginat-Abformung als gleichwertig einzuschätzen.²¹⁻²⁴ Kong et al. zeigten in ihrer systematischen Übersichtsarbeit, dass beim Genauigkeitsvergleich zwischen Alginat-Abformungen und Intraoralscans weder signifikante noch klinisch bedeutsame Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen festgestellt wurden. Die 3D-Abweichung betrug zwischen digitalen und Alginat-Abformungen durchschnittlich 90µm.²² Dem Anwender eröffnet sich durch den Intraoralscan die Möglichkeit, ausschließlich mit dem digitalen Modell, sprich ohne physischem Modell, zu arbeiten oder durch Weiterverarbeitung der erfassten Daten ein 3D-gedrucktes Modell herzustellen. Dabei ist kritisch zu prüfen, welche Qualität die eingesetzten Weiterverarbeitungstechnologien (z. B. 3D-Drucker) aufweisen.²⁵

Die Erfassung der statischen Okklusion mittels Vestibulärsan erweitert den Informationsgehalt eines Intraoralscans über die durch eine analoge Abformung zu gewinnenden Daten hinaus. Dabei ist zu beachten, dass die Aussagekraft der erfassten Kieferrelation von den vorhandenen Stützzonen und der erfassbaren Vestibulärflächen von Ober- und Unterkiefer abhängig ist. Zur Plausibilitätskontrolle

können beispielsweise vor dem Scannen der Zahnreihen die statischen (und dynamischen) Kontakte mit Okklusionsfolie markiert werden. Diese können dann bei der Aufnahme von Farbdaten mit den virtuell berechneten Kontakten verglichen werden.²⁶

Die Registrierung, das Matching und die Überlagerung unterschiedlicher intraoraler Scans bieten ebenfalls neue Möglichkeiten oder eine Vereinfachung der Arbeitsprozesse im Vergleich zum konventionellen Workflow hinsichtlich der Planung und Analyse von Behandlungen. So ermöglicht der 3D-Datensatz unmittelbar nach Erfassung der intraoralen Daten eine Analyse der Patientensituation und stellt somit eine gänzliche Neuerung im Workflow dar, die multiple Optionen eröffnet.

Auf Basis von digitalen Planungsmodellen können Behandlungen vorab simuliert werden, sodass das Platzangebot für verschiedene Restaurationsalternativen und der entsprechende Substanzabtrag detailliert visualisiert und geplant werden können. Nach der Überlagerung von digitalem Planungsmodell und Präparationsmodell kann beispielsweise ein Präparationsschlüssel (sog. „Prep-Guide“) erstellt werden. Während der Behandlung kann ein erstellter intraoperativer Scan mit der Ausgangssituation registriert und die aktuelle Situation auf adäquaten Substanzabtrag analysiert werden. Virtuelle Wax-Ups oder Set-Ups bieten zudem die Möglichkeit, auf Basis der angestrebten intraoralen Veränderungen dreidimensional das Restorationsergebnis zu visualisieren und zu simulieren.²⁷

Auch die Veranschaulichung der geplanten Behandlungsziele und -Ergebnisse im Aufklärungs- bzw. Beratungsgespräch mit Patienten scheint für die Anwendung eines Intraoralscanners zu sprechen.²⁸

6.1.2 Implantatplanung

Konsensbasierte Empfehlung 6 (neu/2025)	
Die Daten eines Intraoralscans können in Kombination mit entsprechenden 3D-Röntgendaten zur dreidimensionalen, digitalen Implantatplanung verwendet werden. Abstimmung: 26/0/1 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Konsensbasierte Empfehlung 7 (neu/2025)	
Die Daten eines Intraoralscans können als Basis für das Computer Aided Design (CAD) und die Herstellung von Führungsschablonen in der Implantologie verwendet werden. Abstimmung: 28/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

Der Einsatz von Intraoralscannern in der Implantologie ermöglicht bereits in der Planungsphase die Etablierung eines Workflows, der auf möglichst vorhersagbare Behandlungsergebnisse in der Patientenversorgung abzielt. Die Kombination und Überlagerung von Scandaten mit radiologischen Daten eines DVTs oder CTs vereinfachen den Workflow des Backward-Plannings. Aufgrund der geringeren Strahlenbelastung kommen heutzutage meist DVT-Aufnahmen im Zuge der Implantatplanung zur Anwendung.²⁹ Die ausreichende Genauigkeit der Scandaten stellt in diesem Zusammenhang die Basis für den Anwendungsbereich der Implantatplanung dar.²²

Ausgehend vom angestrebten Restaurationsziel können die chirurgischen Schritte von der Auswahl des Implantatkörpers bis hin zur Implantatposition in einer Implantat-Planungssoftware in allen drei Dimensionen digital geplant werden.^{30,31} Es eröffnet sich durch den Intraoralscan die Möglichkeit, die radiologische Diagnostik, die Erstellung von digitalen Situationsmodellen sowie die Implantatplanung innerhalb einer Sitzung (Chairside) durchzuführen. Voraussetzung für diesen Workflow ist der Einsatz einer Software, die eine genaue Überlagerung und Analyse der erfassten Daten gewährleistet.^{32,33} Kiatkroekkrai et al. und Tallarico et al. zeigten in ihren randomisierten klinischen Studien, dass beim Genauigkeitsvergleich der späteren Implantatposition zwischen der digitalen Implantatplanung basierend auf einem Intraoralscan und der Planung basierend auf dem Laborscan eines Gipsmodells weder signifikante noch klinisch relevante Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen festgestellt wurden.^{34,35}

Durch den Intraoralscan erhält der Anwender die Möglichkeit, basierend auf den kombinierten Daten aus Intraoralscan und DVT, statische Führungsschablonen für die geführte Implantation zu entwerfen und herzustellen.^{36,37} Die exakte räumliche Zuordnung der Oberflächenmodelle und DVT-Daten spielt in diesem Zusammenhang eine entscheidende Rolle. Da die Implantatposition mithilfe der DVT-Daten geplant und die Bohrschablone auf Grundlage des Oberflächenmodells der Zähne gefertigt wird, ist eine genaue Abstimmung beider Datensätze sowie eine abschließende Kontrolle durch den Behandler erforderlich, um Fehler in Bezug auf die Implantatposition zu vermeiden. Dabei ist sorgfältig zu prüfen,

welche Schnittstellen erforderlich sind und welche Qualität die verwendeten Anschlusstechnologien bieten.

Inzwischen wurde darüber hinaus gezeigt, dass es ebenso auf Basis von MRT-Daten, eine ausreichend genaue Überlagerung der Daten und Planung der Implantate erzielt werden kann.³⁸

Die digitale Implantatplanung stellt mittlerweile ein etabliertes Verfahren dar, dessen Endergebnis in der klinischen Umsetzung allerdings von weit mehr als dem Intraoralscan abhängig ist. Somit kann die umfassende Bewertung der digitalen Implantatplanung kein Gegenstand der vorliegenden Leitlinie sein. Ein Verweis auf die Leitlinie „Indikationen zur implantologischen 3D-Röntgendiagnostik und navigationsgestützten Implantologie“ ist an dieser Stelle angezeigt.^{37,39}

Für dynamisch navigierte Implantationen ist die Bedeutung des Intraoralscans für die prothetische Planung als auch für die Durchführung ähnlich zu bewerten wie für die Planung im Fall der statisch geführten Implantation, da die Referenzmarkerstrukturen in Relation zur Patientensituation bzw. dem 3D-Intraoralscan abgeglichen werden.

6.1.3 Monitoring

Konsensbasierte Empfehlung 8 (neu/2025)	
Die regelmäßige Erfassung der intraoralen Patientensituation mittels Intraoralscans und die entsprechende Überlagerung der Scandaten kann zur dreidimensionalen, digitalen Verlaufskontrolle herangezogen werden, um die Einschätzung von Veränderungen über die Zeit zu erleichtern. Abstimmung: 28/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

Die Grundlage für den Einsatz eines Intraoralscanners zum Monitoring besteht in der Überlagerung mehrerer Scans, die innerhalb eines oder mehrerer Zeiträume patientenspezifisch erfasst werden. Dabei gilt es zu unterscheiden, ob diese Überlagerung durch eine in den Intraoralscanner integrierte Technologie oder mithilfe einer externen Software erfolgt.²⁰ Der Intraoralscan liefert damit eine für den Patienten und Behandler visuell anschauliche und vergleichsweise objektive Basis zur Verlaufskontrolle und Kommunikation.

Die Anwendungsgebiete des Intraoralscanners liegen in diesem Zusammenhang zum einen in der Detektion von Zahnhartsubstanzverlusten, gingivaler Rezessionen und Plaqueanlagerung, zum anderen können Veränderungen der Zahnstellung sowie das Kieferwachstums adäquat erfasst werden. Als weiteres Beispiel kann das Monitoring von Änderungen der Zahnstellung und der Okklusion im Laufe einer Therapie mit Unterkieferprotrusionsschienen angeführt werden.⁴⁰

Die systematische Übersichtsarbeit von Angelone et. al. zeigt, dass die größte Evidenz nach aktuellem Stand für den Parameter Zahnhartsubstanzverlust vorliegt.²⁰ Gracia et al. wiesen in einer In-vivo-Studie nach, dass sowohl die Sensitivität als auch die Spezifität bei der Erfassung von Zahnhartsubstanzverlust durch einen Intraoralscanner im Vergleich zur visuellen Erhebung mithilfe klinischer Indizes gleichwertig erscheint.⁴¹ Auch Travassos et al. kamen in ihrer klinischen Studie zum Schluss, dass der Intraoralscan eine klinisch gleichwertige Methode hinsichtlich Genauigkeit und Reproduzierbarkeit zur Erfassung von Zahnhartsubstanzverlusten im Vergleich zum klassischen Vorgehen darstellt.⁴²

Die Anforderungen an die Genauigkeit der Daten bei Erfassung von Veränderungen der Zahnstellung sowie des Kieferwachstums sind denen für Planungs- und Situationsmodelle gleichzusetzen. Somit stellt der Intraoralscan auch für diese Indikation eine klinisch adäquate Monitoring-Methode dar.²¹

Intraoralscanner scheinen auch für die Detektion von (zuvor angefärbten) Plaque-Ablagerungen⁴³ und für die Dokumentation gingivaler Rezessionen eine mögliche Technologie darzustellen, allerdings liegt bislang nur begrenzte Evidenz zu diesen Aspekten vor.⁴⁴

Bei der Anwendung einer Analysesoftware im Indikationsgebiet des Monitorings gilt es auf die Implementierung einer Segmentierungsfunktion der einzelnen Zähne und erfassten Strukturen zu achten, um eine Vermischung von Zahnwanderung und Substanzveränderung auszuschließen.⁴⁵⁻⁴⁷ In diesem Zusammenhang ist deshalb kritisch zu prüfen, wie valide die Darstellung durch farbkodierte Oberflächendarstellung (sog. „Heatmaps“) für die Interpretation und Unterscheidung zwischen Zahnwanderung, Kieferwachstum und Volumenänderung sein kann.

6.1.4 Unterstützende Kariesdiagnostik

Konsensbasierte Empfehlung 9 (neu/2025)	
Beim gegenwärtigen Stand der Entwicklung ersetzen die Daten eines Intraoralscans heute noch nicht die klassische Kariesdiagnostik aus klinischer und radiologischer Untersuchung, der Intraoralscan kann jedoch als weiteres unterstützendes Hilfsmittel angewendet werden. Abstimmung: 26/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

Der Markt bietet aktuell nur eine limitierte Anzahl an Intraoralscannern, die über eine Funktion zur Kariesdiagnostik-Unterstützung verfügen. Die systematische Übersichtsarbeit von Angelone et al. zeigte, dass die Anwendung eines Intraoralscanners zur Kariesdiagnostik auf Basis des aktuellen Entwicklungsstandes der Technologie lediglich als „unterstützend“ betrachtet werden kann.²⁰ Das Positionspapier von Kühnisch et al. unterstrich diese Anwendungsempfehlung und verwies auf eine vorrangige Anwendung der visuellen Inspektion sowie Bissflügelaufnahmen.⁴⁸ Neben der Technik und Software zur Erfassung der intraoralen Strukturen und Weiterverarbeitung der Daten zu einem 3D-Modell, ist die Integration einer weiterführenden Technologie zur Detektion von Karies notwendig. Um demineralisierte oder kariöse Zahnhartsubstanz hervorzuheben, können die Nahinfrarot-Technik (NIRI) oder Fluoreszenz-basierte Technologien zum Einsatz kommen.^{10,20,49}

Die NIRI-Technologie arbeitet, wie bereits im Kapitel „4.2 Funktionsweise von Scannern“ erwähnt, mit nicht-ionisierender Strahlung im Nahinfrarotspektrum, um Licht gezielt von Zahnoberflächen zu streuen und Bilder zu erzeugen, die insbesondere für die Erkennung von approximaler Karies geeignet sind. Sind Schmelz oder Dentin von Karies betroffen, unterscheidet sich auch die Gewebestruktur, wodurch sich die Lichtstreuungseigenschaften ändern und eine Differenzierung zwischen gesundem und kariösem Gewebe ermöglicht wird.⁵ Cuenin et al. untersuchten in einer klinischen Studie die Kariesdetektion mit Nahinfrarot-Technologie und stellten dabei eine hohe Spezifität, aber eine geringe Sensitivität der Methode fest. Die Zuverlässigkeit der Diagnostik könne allerdings durch die Kombination beider Methoden – Intraoralscan zusammen mit einer Bissflügelaufnahme - statistisch signifikant erhöht werden.⁵

Die Fluoreszenz-Technologie basiert darauf, dass Zahnhartsubstanz durch Laserlicht einer bestimmten Wellenlänge zur Fluoreszenz angeregt werden kann. Kariöse Veränderungen zeigen aufgrund der enthaltenen Bakterien und ihrer Stoffwechselprodukte eine abweichende Fluoreszenz im Vergleich zu gesunder Zahnhartsubstanz.¹⁰ Schulz-Weidner et al. verglichen in ihrer klinischen Studie zwei Intraoralscanner mit integrierter Fluoreszenz-Technologie mit etablierten Verfahren (klinische Untersuchung) der Kariesdiagnostik. Beide Intraoralscanner zeigten dabei bislang keine ausreichende Genauigkeit, um als alleinige Methode für die Kariesdiagnostik zu dienen.¹⁰

Schlenz et al. stellten die in Intraoralscannern integrierten Nahinfrarot- und Fluoreszenz-Technologien etablierten Methoden der Kariesdiagnostik gegenüber. Dabei wurde deutlich, dass die Zuverlässigkeit der Kariesdiagnostik je nach Methode unterschiedlich ausfällt, insbesondere in Bezug auf okklusale oder approximale Läsionen sowie Unterschiede zwischen Milchzähnen und bleibenden Zähnen.⁴⁹

6.1.5 Farbbestimmung

Konsensbasierte Empfehlung 10 (neu/2025)	
Beim gegenwärtigen Stand der Entwicklung ersetzen die Daten eines Intraoralscans zur Farbbestimmung heute noch nicht das klassische Vorgehen, sie können jedoch zur Orientierung angewendet werden. Abstimmung: 25/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

Neben der rein visuellen Farbbestimmung oder weiterer etablierter Technologien wie der Spektralfotometrie können auch einige Intraoralscanner Farbwerte erfassen. Bei der Bewertung dieser Methoden sind jedoch die zahlreichen Einflussfaktoren auf die intraorale Farbbestimmung besonders zu berücksichtigen.⁵⁰ Die Technologie etablierter Geräte zur Farbbestimmung unterscheidet sich im Vergleich zum Intraoralscanner unter anderem durch die Art der eingesetzten Lichtquelle und im Informationsgehalt der bestimmten Farbe. Spektralfotometer messen Farben, indem sie die spektrale Reflexions- oder Transmissionskurve eines Objekts analysieren. Dabei wird Licht durch ein Prisma in ein Spektrum von Wellenlängenbereichen zwischen 10 und 20 nm aufgespalten. Dieses Licht trifft auf das Objekt, wo es entweder reflektiert, transmittiert oder gestreut wird. Anschließend wird für jedes Wellenlängenband des sichtbaren Spektrums die Lichtmenge ermittelt, die vom Objekt emittiert oder transmittiert wird. Ein Kolorimeter ist ein optisches Gerät, welches das sichtbare Spektrum mithilfe gefilterter Fotodetektoren analysiert. Die Sensoren des Geräts erfassen die Summe der unterschiedlichen Wellenlängen, die von einem Objekt reflektiert werden, und ermitteln daraus die Farbe des Objekts.

Ursprünglich für die digitale Abformung entwickelt wurden einige Intraoralscanner um eine Funktion zur Zahnfarbbestimmung erweitert. Dabei kommt eine hochauflösende Kamera zum Einsatz, die in den digitalen Handscanner integriert ist. Nach dem Scannen des Zahns unter LED-Licht wird die Zahnfarbe mithilfe einer Software geschätzt und beispielsweise in Analogie zu den VITA-Farben anstelle von Farbparametern dargestellt.⁵⁰

Die Qualität der Farbbestimmung durch Intraoralscanner lässt sich aufgrund der aktuellen Evidenz noch nicht ausreichend beurteilen, da der technische Entwicklungsstand verschiedener Scannersysteme stark variiert und wenig vergleichbare klinische Daten vorliegen.⁵¹⁻⁵³ Einzelne Studien, die die rein visuelle Farbbestimmung durch den Betrachter mit der Farbbestimmung mittels Intraoralscanners verglichen, weisen auf eine höhere Reproduzierbarkeit des Intraoralscanners bei der Farbbestimmung hin.⁵⁴ Rutkūnas et al. und Ebeid et al. zeigten allerdings in ihren klinischen Studien, dass die Farbbestimmung durch das verwendete Scannersystem im Vergleich zu einem Spektralfotometer hinsichtlich der Genauigkeit signifikant abfällt.^{51,52} Gründe dafür könnten unter anderem darin liegen, dass Intraoralscanner im Vergleich zu Spektralfotometern und visuellen Methoden tendenziell hellere Farbtöne anzeigen, was auf die Nutzung einer unpolarisierten Lichtquelle zurückzuführen ist.⁵⁵ Insgesamt ist daher zu folgern, dass die Anwendung eines Intraoralscanners zur Farbbestimmung aktuell lediglich als unterstützende Methode angesehen werden kann.^{50,56}

6.2 Kieferrelation

Neben einer ausreichend genauen 3D-Darstellung der relevanten Strukturen ist in vielen Fällen die Zuordnung der Scandaten der Kiefer zueinander erforderlich. Gerade bei der Herstellung von Restaurationen oder Okklusionsschienen sind die Okklusionsverhältnisse für passgenaue Therapeutika essenziell. Die Zuordnung kann in maximaler Interkuspidation oder aber in einer therapeutischen Situation (z. B. bei craniomandibulären Dysfunktionen zur Herstellung einer Zentrikschiene, bei obstruktiver Schlafapnoe zur Herstellung einer Unterkieferprotrusionsschiene) mithilfe eines Registrats erfolgen. Neben der statischen Okklusion ist es grundsätzlich auch möglich, dynamische Unterkieferbewegungen, ggf. unter Zuhilfenahme weiterer Technologien oder digitaler Systeme zur Aufzeichnung der Unterkieferfunktion, zu erheben.

Konsensbasiertes Statement 5 (neu/2025)	
Die Genauigkeit der Zuordnung der Scandaten des Ober- und Unterkiefers zueinander in statischer Okklusion oder Registratposition ist mit herkömmlichen Verfahren zur Übertragung der statischen Kieferrelation vergleichbar und abhängig vom Vorhandensein von Referenzstrukturen.	Starker Konsens
Abstimmung: 25/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	

Konsensbasiertes Statement 6 (neu/2025)	
Die meisten Intraoralscanner erfassen lediglich die Lagebeziehung der Kiefer in statischer Okklusion oder Registratposition. In diesem Fall sind zur Erfassung der dynamischen Okklusion weitere Maßnahmen/Technologien anzuwenden.	Starker Konsens
Abstimmung: 25/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	

Einflussfaktoren auf die Qualität der statischen Okklusionszuordnung durch Intraoralscanner
Die Qualität der statischen Okklusionszuordnung ist abhängig von: • Qualität und Areal des Vestibulärscans • Verzügen des Ober- und Unterkieferscans • Biologischer Variabilität • Zubiss des Patienten • Freiendsituation oder endständiger Bezahnung • Matching-Genauigkeit von Vestibulär- und Kieferscans • Beschaffenheit des ggf. vorhandenen Registrats

Abbildung 8 Einflussfaktoren auf die Qualität der statischen Okklusionszuordnung durch Intraoralscanner

Die Lagebeziehung der Kiefer zueinander in statischer Okklusion oder Registratposition kann mithilfe von Intraoralscannern insgesamt zuverlässig wiedergegeben werden. So weisen einige Studien bei voll-

bezahnten Patienten im Vergleich zu konventionellen Registriermethoden eine teilweise höhere Übereinstimmung auf.⁵⁷⁻⁵⁹

Die aktuell klinisch eingesetzten Scansysteme ordnen den Unter- zum Oberkiefer mittels bukkaler Scans und anschließender Matchingprozesse einander zu. Die ermittelte Position der beiden Kiefer zueinander wird mittels festgelegter Parameter - ggf. aus einem rechten und einem linken Vestibulärsan - ermittelt. Die hinterlegten Parameter sind für den Nutzer jedoch häufig nicht offengelegt. Dennoch beeinflussen verschiedene Faktoren die Genauigkeit der Zuordnung, wie zum Beispiel die Bildgebungstechnologie, Scanqualität, Best-Fit-Ausrichtung/Angleichung, Softwarealgorithmen, Intermesh-Durchdringungen, die Anzahl der Registrat-Aufnahmen oder der Scanner (siehe Abbildung 8).

Weiter beeinträchtigt im teilbezahnten oder zahnlosen Gebiss das Fehlen von Orientierungspunkten in zahnlosen Bereichen die Genauigkeit der Zuordnung, wodurch die Verwendung von Intraoralscannern zur Kieferrelationsbestimmung (z. B. bei Patienten mit fehlenden Zähnen) eingeschränkt sein kann.⁶⁰⁻⁶² Aufgrund biologischer Variabilität (z. B. Zahnbewegungen/-Auslenkungen, Kaudruck, Genauigkeit, Verwindung des Unterkiefers bei geöffnetem Mund) ist eine Abweichung zwischen analoger Situation und digitaler Darstellung der Okklusion nicht auszuschließen⁶³ (siehe Abbildung 8).

Analoge und digitale Okklusion können prinzipiell nicht identisch sein, sondern lediglich die Kontaktpositionen zwischen den Antagonisten ähnlich wiedergeben, da in analogen Situationen das Phänomen der Durchdringung von Antagonistenstrukturen nicht existiert. Letzteres ist aber bei der Berechnung der digitalen Okklusion möglich und häufig, wie das Positionspapier „Digitale Okklusion und Okklusionsanalyse – Begriffsbestimmungen und Anforderungen“ aufzeigt.⁶⁴

Die Erfassung der dynamischen Okklusion ist aktuell nur mit einzelnen am Markt verfügbaren Intraoralscannern möglich, sodass hierfür auch noch keine Evidenz zur Verlässlichkeit besteht. Dennoch ist die Erfassung der dynamischen Okklusion gerade im Hinblick auf indirekte Restaurationen, Änderung der Vertikaldimension oder die Herstellung funktionstherapeutischer Okklusionsschienen entscheidend und kann bei Bedarf durch weitere Maßnahmen/Technologien ergänzt werden.⁶¹

Weitere Einschätzungen zur digitalen Okklusion finden sich in der S2k-Leitlinie „Instrumentelle zahnärztliche Funktionsanalyse und Kieferrelationsbestimmung“⁶⁵ der DGFD und DGZMK sowie im Positionspapier der DGFD zum Thema „Digitale Okklusion und Okklusionsanalyse – Begriffsbestimmungen und Anforderungen“.⁶⁴

6.3 Indirekte Restaurationen

6.3.1 Hintergrund

Für indirekte Versorgungen auf Zähnen oder Implantaten können die Restaurationen zum einen klassisch nach konventionellen Abformungen auf Gipsmodellen gefertigt werden. Alternativ besteht die Möglichkeit, mit intraoralen Scans die klinische Situation im Patientenmund zu digitalisieren und die Versorgungen anschließend im digitalen Workflow zu fertigen. Abformung und Übertragung der Kieferrelation bilden zusammen die Grundlage für die Herstellung indirekter Restaurationen.

Im Kontext der Intraoralscanner ist dabei der Datensatz die Basis für die Herstellung des Zahnersatzes, aber zunächst auch die Grundlage der physischen, digital gefertigten Modelle. Daraus ist abzuleiten, dass aktuell die klinische Passgenauigkeit des Zahnersatzes durch die Richtigkeit der 3D-Daten für das gedruckte Modell einen limitierenden Faktor darstellt.

6.3.2 Festsitzender Zahnersatz

In diesem Zusammenhang sind unterschiedliche Bereiche mit jeweils spezifischen Genauigkeitsanforderungen zu adressieren.^{16,66-70}

- Genauigkeit einzelner zahngetragener Restaurationen
- Genauigkeit der Reproduktion des Zahnbogens
- Erfordernisse für die Anfertigung Implantat-getragener Restaurationen
- Genauigkeit der digitalen Kieferrelationsbestimmung

Passgenauigkeit zahngetragener Restaurationen

Die Betrachtung der Passgenauigkeit einer einzelnen zahngetragenen Restauration umschließt die marginale (Randpassung), die approximale sowie die okklusale Passung.

Vor allem die marginale Passgenauigkeit zahnärztlicher Restaurationen, deren Ränder häufig im Gingivabereich liegen, hat einen direkten Einfluss auf die parodontale Gesundheit des Zahnes.^{71,72} Das Risiko für Sekundärkaries ist bei unzureichender Randpassung ebenfalls erhöht. Aus diesen Gründen gilt es, die unvermeidliche Passungsdiskrepanz im Randbereich einer Restauration so weit wie möglich zu minimieren. Da aber evidenzbasierte Werte zur maximal tolerierbaren marginalen Diskrepanz weitgehend fehlen, ist von jeder neuen Abformtechnik – also auch vom Intraoralscan – zu fordern, dass diese mindestens den Standard etablierter konventioneller Methoden erreicht bzw. im besten Fall übertrifft. Grundsätzlich unterscheiden sich die Anforderungen an die Genauigkeiten dabei zwischen analogem Vorgehen und digitalem Workflow nicht.

Um diese geforderte Präzision zu erreichen, sind einige Einflussfaktoren zu berücksichtigen, die über die Genauigkeit des Scansystems selbst hinausgehen. Dabei hat die Präparationsform grundsätzlich Einfluss auf die Scangenauigkeit und folglich auf die Passung der Restaurationen. Die zu erfassende Präparation liegt idealerweise so oder ist so dargestellt, dass sie mit dem optischen Scansystem erfasst werden kann. Bei der Präparationsform sind scharfe Kanten zu vermeiden und eine gute Einsehbarkeit der Approximalräume anzustreben.⁷³ Zusätzlich wird vor dem Hintergrund des zunehmenden Einsatzes kontrastverstärkender Algorithmen in der Scansoftware auch das Speichel- und Blutungsmanagement in Zukunft anders zu bewerten sein.

Neben der (digitalen) Abformgenauigkeit spielen für die spätere Passung zahlreiche weitere Faktoren wie beispielsweise die Datenweiterverarbeitung oder CAD/CAM-Herstellungsprozesse eine Rolle.

Der Workflow für Einzelzahnrestaurationen auf Zähnen (z. B. Kronen, Teilkronen, Onlays, Inlays) wird bereits seit über zwei Dekaden in Studien beschrieben. Klinisch stellt der Intraoralscan für diese Indikationsklasse eine Alternative zur analogen Abformtechnik dar. Systematische Übersichtsarbeiten aus In-vivo- und In-vitro-Untersuchungen aus den Jahren 2019 bis 2024 zeigten vergleichbare oder teilweise höhere Genauigkeiten für zahngetragene Einzelkronen im Vergleich zu Restaurationen, die auf Basis konventioneller Abformungen angefertigt wurden.⁷⁴⁻⁷⁸

Reproduktion des Zahnbogens

Im prothetischen Workflow kommen hauptsächlich Segment- und Quadrantenscans (vor allem bei Einzelzahnrestaurationen im Chairside-Workflow) oder Ganzkieferscans zum Einsatz. Es zeigte sich in zahlreichen Untersuchungen, dass die Genauigkeit abnimmt, je größer die Scanspanne ist, bzw. je

weiter relevante Punkte voneinander entfernt liegen. Das bedeutet, dass der Größe der Scanspanne für die Anfertigung einer Restauration eine wichtige Bedeutung zukommt. Dabei ist auch die Lokalisation der zu scannenden Bereiche im Kiefer entscheidend. Scans im Frontzahnggebiet sind prinzipiell einfacher durchführbar als Scans im Seitenzahnggebiet und liefern die besseren Scannergebnisse. Dabei wäre – für maximale Genauigkeit - das zu erfassende Segment so klein wie möglich zu wählen. Es zeigte sich, dass lokal begrenzte Scans für Einzelzahnrestorationen bessere Scannergebnisse liefern als Quadrantenscans, Quadranten übergreifende Scans oder Scans vollständiger Zahnbögen.^{79,80} Der Grund dafür liegt in der Menge der zu verarbeitenden Daten. Je größer die Menge der Scandaten ist, desto geringer wird die Qualität der Scannergebnisse, da das Matching der gewonnenen Daten durch deren Quantität erschwert wird.⁷³ Die Scanstrategie ist so auszulegen, dass alle relevanten Areale mit so wenig Scandaten wie möglich erfasst werden können.⁸¹ Das Datenmatching wird ebenfalls erschwert, wenn Referenzareale fehlen. Klassischerweise verwenden Intraoralscanner die Zähne als Referenz für die Überlagerungen. Zahnlose Kieferabschnitte sind entsprechend schwieriger zu scannen. Diese Schwierigkeit vergrößert sich mit zunehmender Länge des jeweiligen zahnlosen Abschnittes und mit einem zunehmend größeren Volumen an beweglicher Schleimhaut, wie sie zum Beispiel bei fortgeschrittener Atrophie im zahnlosen Unterkiefer zu finden ist.

Bisher existiert kein evidenzbasierter Konsens zur erforderlichen Genauigkeit von In-vivo-Ganzkieferscans.⁸² In der Literatur wird bei digitalen Abformungen für Gesamtkiefer-Versorgungen (Full-arch-Versorgungen) und auch für großspannige verblockte Restaurationen über einen kompletten Kiefer in zahlreichen systematischen Übersichtsarbeiten von einer ausreichenden bzw. ähnlichen Genauigkeit im Vergleich mit konventionellen Abformtechniken gesprochen. Allerdings basieren diese Aussagen zum größten Teil auf In-vitro-Studien, sodass die Übertragung auf den klinischen Alltag noch nicht abschließend gerechtfertigt scheint.⁸³⁻⁹⁰

Betrachtet man die Literatur von kurzspannigen Brücken auf Zähnen im Vergleich zu Einzelzahnrestorationen auf Basis klinischer Untersuchungen, sind weniger klinische Daten für Brücken vorhanden. Die verfügbare Evidenz zeigt aber vergleichbare Werte hinsichtlich der Scangenaugigkeit und späteren Randpassung bei kurzspannigen Brücken im Vergleich zu konventionellen Abformungen.^{85,91,92}

Erfordernisse für die Anfertigung implantatgetragener Restaurationen

Für Einzelkronen und kurzspannige Brücken auf Implantaten wurde in zahlreichen Studien nachgewiesen, dass die Genauigkeit digitaler Abformtechniken hier mit konventionellen Techniken vergleichbar ist.^{86,87,89,93-95} Dies gilt sowohl für den Workflow mit physischen, 3D-gedruckten Arbeitsmodellen, aber auch im Fall von Einzelzahnrestorationen für eine modellfreie Chairside-Fertigung.^{77,96}

Es muss berücksichtigt werden, dass die Vergleichbarkeit der vorhandenen Studien zu großspannigen Restaurationen aufgrund der vielfältigen Untersuchungsmethodiken (z. B. Aufbau der Studie, Referenzdatenerhebung, Scan- und Messstrategie, Lückensituation) ebenfalls eingeschränkt ist.⁸³

Auffallend viele In-vitro-Studien untersuchten Einflussfaktoren, die gerade bei digitalen Implantatabformungen zusätzlich zu den in Kapitel 5 genannten Parametern die Scannergebnisse

signifikant verändern können: Dazu gehören Scanbody-Design, Scanbody-Material, Scanbody -Passung am Implantat, Implantat-Position und -Angulation oder der Implantat-Abstand.^{90,92,97,98}

Bei digitalen Implantatabformungen addieren sich also diese Einflussfaktoren zu den limitierenden Parametern, die auch die Genauigkeit der Daten beim Scan von natürlichen Zähnen oder zahnlosen Kieferabschnitten beeinflussen können.^{99,100} Extraorale fotogrammetrische Aufnahmen werden in dieser Leitlinie nicht behandelt.

Die Datenlage zum Einsatz des Intraoralscans bei Gesamtkiefer -Versorgungen liefert nur wenig klinische Evidenz. Es bietet sich dementsprechend an, vor abschließender Fertigstellung klinische Einproben durchzuführen.⁸⁵ Schmidt et al. wiesen hier auf mögliche Übertragungsfehler bei der Herstellung von Implantat-getragenen Restaurationen hin (z. B. 3D-gedruckte Modelle, Einbringen der Modellanalogue, etc.).^{87,101} Sanda et al. beschrieben in ihrer Übersichtsarbeit, dass aktuell keine entscheidende Aussage über numerische Werte in Bezug auf die benötigte Richtigkeit und Präzision für digitale Implantatabformungen durch den Intraoralscan getroffen werden können.¹⁰² Angestrebt wird bei dieser Indikationsklasse eine möglichst hohe Genauigkeit des Scans, mindestens aber der bisherige Standard konventioneller Abformungen. Damit wird, gerade bei verblockten Implantatkonstruktionen das Ziel, eines möglichst spannungsfreien Sitzes gewährleistet. Für eine evidenzbasierte Aussage zur Eignung digitaler Intraoralscans für großspannige, implantatgetragene Restaurationen werden weitere klinische Daten benötigt.^{83,87,89}

Kieferrelation

Für die digitale Festlegung der Kieferrelation mittels Intraoralscanner gilt, dass die Genauigkeit der Fixierung der statischen Kieferrelation mindestens der Übertragungsgenauigkeit konventioneller Verfahren zur Kieferrelationsbestimmung zu entsprechen hat. Vorliegende Daten hierzu zeigen, dass dabei die Beschränkung auf Quadrantenscans zu besseren Ergebnissen führt als die Zuordnung ganzer Kieferbögen.⁷⁷

In Bezug auf Einzelzahnversorgungen und kurzspannige Brückenrestaurationen (bis zu vier Glieder) scheint eine digitale statische Kieferrelationsbestimmung mit herkömmlichen konventionellen Vorgehensweisen vergleichbar zu sein,¹⁰³ sodass bei einem funktionierenden digitalen Workflow der Intraoralscanner für diese Indikation angewendet werden kann.^{85,92,104} Ungenauigkeiten nehmen mit größer werdenden Scanspannen zu.^{92,97,98} Als mögliche Ursache werden die bei zunehmender Länge des Scanpfades höhere Ungenauigkeit (ggf. Verzüge) des Datensatzes sowie Interpolationen bei der Zuordnung der Datensätze von Ober- und Unterkieferscan diskutiert.

Zur Aufzeichnung der Bewegung des Unterkiefers im Kontext der dynamischen Okklusionsanalyse (z. B. „Functionally Guided Pathway“-Technik) im Zusammenhang mit Intraoralscannern existieren weitere Ansätze zur Erfassung der dynamischen Okklusionsparameter.

Insgesamt ergeben sich daraus für feststehende indirekte Restaurationen folgende Statements:

Konsensbasiertes Statement 7 (neu/2025)	
Für restaurative Zwecke ist die Genauigkeit des verwendeten Intraoralscanners im Hinblick auf die Scanspanne von besonderer Bedeutung.	starker Konsens
Abstimmung: 26/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	

Zahn- und implantatgetragene Einzelzahnrestaurationen:

Konsensbasiertes Statement 8 (neu/2025)	
Die Genauigkeit der aktuellen Intraoralscanner ist für die Anfertigung von zahn- und implantatgetragenen Einzelzahnernsatz mit analogen Methoden vergleichbar.	starker Konsens
Abstimmung: 25/0/1 (ja, nein, Enthaltung)	

Konsensbasiertes Statement 9 (neu/2025)	
Der Einsatz des Intraoralscanners und der entsprechende Workflow sind bei Anfertigung von zahn- und implantatgetragenen Einzelzahnernsatz etabliert.	starker Konsens
Abstimmung: 25/1/0 (ja, nein, Enthaltung)	

Zahn- und implantatgetragene Brückenrestaurationen:

Konsensbasiertes Statement 10 (neu/2025)	
Die Genauigkeit der aktuellen Intraoralscanner ist für die Anfertigung von kurzspannigen zahn- und implantatgetragenen Brückenrestaurationen mit analogen Methoden vergleichbar.	starker Konsens
Abstimmung: 26/0/1 (ja, nein, Enthaltung)	

Konsensbasiertes Statement 11 (neu/2025)	
Der Einsatz des Intraoralscanners und des entsprechenden Workflows für die Anfertigung von kurzspannigen zahn- und implantatgetragenen Brückenrestaurationen ist möglich.	starker Konsens
Abstimmung: 24/0/1 (ja, nein, Enthaltung)	

Konsensbasiertes Statement 12 (neu/2025)	
Je weitspanniger die Brückenrestauration ist, desto eher muss mit Ungenauigkeiten im Scan gerechnet werden. Abstimmung: 25/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

6.3.3 Herausnehmbarer Zahnersatz im teilbezahnten Gebiss

Herausnehmbarer Zahnersatz bei teilbezahnten Patienten ist nach wie vor eine häufige Versorgungsform. Je nach vorhandener Restbezaugung ergeben sich indikationsbezogen alternative Therapiemöglichkeiten durch verschiedene Versorgungsarten bzw. Halteelemente. Exemplarisch können hier Modellgussprothesen, Teleskopprothesen, Geschiebeprothesen oder Interimsprothesen mit handgebogenen Klammern aufgezählt werden.¹⁰⁵

Konsensbasiertes Statement 13 (neu/2025)	
Je mehr Restzähne und je mehr okkludierende Zahnpaare in den Stützonen vorhanden sind, desto eher ist die Indikation für die Anwendung eines Intraoralscans für herausnehmbaren Zahnersatzes gegeben.	starker Konsens
Abstimmung: 25/0/1 (ja, nein, Enthaltung)	

Konsensbasiertes Statement 14 (neu/2025)	
Größere zahnlose Areale im teilbezahnten Gebiss gehen beim intraoralen Scannen mit einer geringeren Genauigkeit und meist höheren Komplexität des Vorgehens einher.	starker Konsens
Abstimmung: 25/0/1 (ja, nein, Enthaltung)	

Konsensbasiertes Statement 15 (neu/2025)	
Der digitale Workflow zur rein digitalen Fertigung von herausnehmbarem Zahnersatz auf Basis eines Intraoralscans ist indikationsbezogen im zahnärztlichen und zahntechnischen Zusammenspiel aktuell noch nicht komplettiert.	starker Konsens
Abstimmung: 26/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	

Durch eine Vielzahl an Möglichkeiten hinsichtlich der patientenindividuellen Restbezaugung können in diesem Abschnitt zum aktuellen Zeitpunkt, auch mangels ausreichender klinischer Evidenz, nur allgemeine Aussagen getroffen werden.

Fueki et al. beschränkten die Indikation für die Herstellung von herausnehmbarem Zahnersatz auf Basis eines Intraoralscans in ihrer systematischen Übersichtsarbeit auf Fälle der Kennedy-Klassen III/IV. Je mehr Zähne noch vorhanden sind, desto höher die Genauigkeit. Herausforderungen im Zuge der digitalen Abformung stellten Fälle mit größeren zahnlosen Abschnitten der Kennedy-Klassen I/II dar. Die Unterscheidung zwischen Arealen mit beweglicher und Arealen mit befestigter Schleimhaut ist hierbei eine besondere Herausforderung für die korrekte Erfassung der Prothesenbasis. Die Erfassung von Schleimhautresilienz oder die Aufzeichnung der Kieferrelation unter Verwendung einer Schablone können ebenfalls mit Schwierigkeiten verbunden sein.¹⁰⁶ Carneiro Pereira et al. beschrieben in ihrer

systematischen Übersichtsarbeit klinisch akzeptable Ergebnisse für Gerüste aus PEEK und Kobalt-Chrom-Legierungen, verwiesen jedoch klar auf eine sehr heterogenen Datenlage der zwei klinischen und fünf präklinischen Studien, auf die sich ihre Aussagen stützen.¹⁰⁷

Genau wie bei allen anderen Anwendungsgebieten ist für die Anwendung von Intraoralscannern zu fordern, dass die Genauigkeit von Scans für diesen Bereich mindestens das Niveau konventioneller Techniken erreicht.

Darüber hinaus hat der weitere digitale oder konventionelle Workflow einen großen Einfluss auf die Qualität der herausnehmbaren Restauration, da im Vergleich zum festsitzenden Zahnersatz bis zur Fertigstellung der Restauration in der Regel mehr klinische Zwischenschritte sowie Laborschritte notwendig sind. Dabei zeigen sich aktuell noch offene Fragen hinsichtlich der Workflows, Fertigungstechniken und Materialqualitäten bei additiver Fertigung (z. B. Prothesenbasen in zahnlosen Arealen).

6.3.4 Herausnehmbarer Zahnersatz bei Zahnlosigkeit

In der Totalprothetik wird die Prothesenbasis durch eine (dynamische) Funktionsabformung ermittelt. Es wird also der Raum ermittelt, in den die Prothese ausgedehnt werden kann, ohne durch die Muskelfunktion abgehebelt zu werden. Eine Unterextension des Randes erzielt nicht den maximal möglichen Halt, bei einer Überextension ist ein Abhebeln der Prothesenbasis zu erwarten.

Mit der digitalen Abformung ist die Durchführung einer Funktionsabformung zur Ermittlung des maximal nutzbaren Raumes, in den eine Prothesenbasis ausgedehnt werden kann, bisher nicht möglich. Es müsste gewissermaßen eine Hüllkurve der in der Funktion bewegten Gewebeareale berechnet werden. Bewegtes Gewebe jedoch wird bei allen bekannten Intraoralscannern als Artefakt registriert.

Konsensbasiertes Statement 16 (neu/2025)	
Eine funktionell orientierte Abformung zur Anfertigung einer Totalprothese ist mit den heute verfügbaren Intraoralscannern nicht möglich.	starker Konsens
Abstimmung: 25/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	

Bezüglich der Durchführung einer reinen Situationsabformung scheint die Genauigkeit von Intraoralscannern bei der Erfassung klarer anatomischer Orientierungspunkte wie Hartgewebe mit befestigter Schleimhaut nicht signifikant schlechter im Vergleich zu analogen Abformungen zu sein. Somit stellt sich die Anwendung von Intraoralscannern zur Situationsabformung im zahnlosen Kiefer beispielsweise als Grundlage zur (additiven) Herstellung von individuellen Funktions-Abformlöffeln als mögliche Indikation dar.¹⁰⁸ Deutlich höhere Diskrepanzen wurden jedoch bei der Digitalisierung von beweglichen und schlecht verfolgbaren Strukturen, wie beispielsweise der peripheren Funktionsrandbereiche oder in komprimierbaren Schleimhautbereichen, nachgewiesen. Problematisch ist auch ein wiederholtes Scannen eines Bereichs angrenzend an bewegliche Nachbarstrukturen. Das Matching dieser beweglichen Areale ist grundsätzlich stark fehlerbehaftet.^{79,108-111}

Auffallend im Vergleich zu Studien, die sich mit Kasuistiken bei vorhandener Restbezahnung bzw. vorhandenen Implantaten beschäftigten, ist, dass sowohl in klinischen Studien als auch in In-vitro-Untersuchungen verhältnismäßig hohe Abweichungen reportiert wurden. Präklinisch werden Genauigkeitsbereiche eines Ganzkieferscans von 20 - 600 µm angegeben, In-vivo-Studien zeigten Genauigkeitsbereiche zwischen 40 - 1380 µm.¹⁰⁹

Weiter kann ein möglicher Einstieg in den digitalen Workflow bei der Fertigung von herausnehmbarem Zahnersatz nach Funktionsabformungen darin bestehen, dass zunächst eine konventionelle Funktionsabformung vorgenommen wird, die dann anschließend mittels Intraoralscan digitalisiert wird. In einer In-vitro-Untersuchung von Kontis et al. scheint dies Vorteile gegenüber dem Einscannen der Meistermodelle zu haben.¹¹³ Denkbar ist aber auch ein Scan einer bestehenden Prothese selbst im Sinne einer „Copy Denture“ beispielsweise nach Unterfütterungsabformung.

Software- und herstellerspezifische Workflows und Schnittstellen zur Weiterverarbeitung und CAD/CAM-Herstellung von Totalprothesen werden im Vergleich zu herausnehmbarem Zahnersatz mit Restbezahnung am Dentalmarkt angeboten. Die Prothesen können dann subtraktiv oder additiv gefertigt werden. Je nach Hersteller ergibt sich ein unterschiedlicher Nachbearbeitungsbedarf, wie zum Beispiel das Zusammenfügen von Basis und Zahnkranz, wenn die Totalprothese nicht als Ganzes gefertigt wird.^{114,115}

6.4 Funktionelle Okklusionsschienen

Okklusionsschienen und/oder Schienen sind in vielen Bereichen zentrales Therapeutikum. Neben der Verwendung in der Kieferorthopädie (Aligner, siehe Kapitel 6.5) kommen sie in der Funktionstherapie, prothetischen Vor- und Nachbehandlung, Sportzahnmedizin oder der Zahnärztlichen Schlafmedizin in unterschiedlichen Wirkungsweisen zum Einsatz. Die Arbeitsunterlagen können dabei, wie auch bereits in der S2k-Leitlinie „Okklusionsschienen zur Behandlung craniomandibulärer Dysfunktionen und zur präprothetischen Therapie“¹¹⁶ und der S1-Leitlinie „Die Unterkieferprotrusionsschiene (UPS): Anwendung in der zahnärztlichen Schlafmedizin beim Erwachsenen“¹¹⁷ beschrieben, über eine konventionelle Abformung mit resultierendem Gipsmodell oder über eine digitale Abformung erfolgen.

Konsensbasiertes Statement 17 (neu/2025)

Die Genauigkeit der Daten eines Intraoralscans ist ausreichend für die computergestützte Herstellung von funktionellen Okklusionsschienen.

**starker
Konsens**

Abstimmung: 26/0/0 (ja, nein, Enthaltung)

Konsensbasiertes Statement 18 (neu/2025)

Für die Herstellung von funktionellen Okklusionsschienen ist zur Zuordnung von Unter- und Oberkiefer ein vestibulärer Scan in der geplanten Schienenposition (z. B. mit intraoral eingesetztem Registrat) zielführend.

**starker
Konsens**

Abstimmung: 26/0/0 (ja, nein, Enthaltung)

Konsensbasiertes Statement 19 (neu/2025)

Bei einer Veränderung der Kieferrelation in der CAD-Software nach Intraoralscan, ist zumindest die schädelbezügliche analoge oder digitale Übertragung der Oberkieferposition notwendig.

**starker
Konsens**

Abstimmung: 26/0/0 (ja, nein, Enthaltung)

Ein (digitaler) Schienenworkflow basierend auf einem Intraoralscan und optional der digitalen Aufzeichnung der Unterkieferfunktion/-Bewegungsmuster wird zwar in einigen Case-Reports und Studien beschrieben¹¹⁸⁻¹²⁰, jedoch fehlen auch hier exakte Daten zur Einschätzung klinisch akzeptabler Genauigkeitswerte hinsichtlich einer digitalen Abformung. Ebenso fehlen Untersuchungen zur Schienenpassung nach digitalen und konventionellen Abformungen.

Im zahntechnischen Workflow sind ebenso multiple Zwischenschritte notwendig, die sich auf die Passgenauigkeit der Schienen auswirken können. Vergleiche zwischen konventioneller Herstellung (z. B. Streuen, Injizieren der Schiene) unter Zuhilfenahme einer konventionellen Abformung und CAM-

Herstellung unter Zuhilfenahme eines Intraoralscans sind für die Bewertung des Intraoralscans im Rahmen dieser Leitlinie nicht aussagekräftig.

Lediglich Blasi et al. stellten bei vollbezahnten Patienten PMMA-gefräste Zentrikschienen nach analoger und digitaler Abformung her. Die Herstellung erfolgte entweder digital nach Intraoralscans und digitaler Registrierung eingebrachter Registrate oder nach konventionellen Abformungen in Kombination mit entsprechendem Registrat. Die Genauigkeit unterschied sich dabei nicht signifikant.¹²¹

Kong et al. gaben in ihrer systematischen Übersichtsarbeit aus In-vivo-Studien an, dass digitale Abformungen als praktikable Alternative zu Alginatabformungen betrachtet werden können.²² Auf dieser Arbeitsunterlage wird folgend auch die Herstellung von Okklusionsschienen beschrieben.^{122 123} Es ist damit anzunehmen, dass eine digitale Abformung aufgrund ihrer Genauigkeitswerte bei Ganzkieferabformungen zur Herstellung von Okklusionsschienen Verwendung finden kann.

Die erfassten Intraoralscandaten sind dabei lediglich Teil einer Prozesskette. Empfehlungen hinsichtlich der Weiterverarbeitung werden in der S2k-Leitlinie „Instrumentelle zahnärztliche Funktionsanalyse und Kieferrelationsbestimmung“⁶⁵ ausführlich beschrieben. Im Speziellen wird in diesem Kontext nochmals auf die Empfehlung 31 der eben genannten Leitlinie verwiesen: „Ist nach der Kieferrelationsbestimmung in zentrischer Kondylenposition eine vertikale Relationsänderung im Artikulator/Bewegungssimulator erforderlich, so sollte die Verwendung von Gesichtsbögen mit arbiträren oder individuell bestimmten Scharnierachsenpunkten erfolgen, um Fehler im Bereich der statischen und dynamischen Okklusion zu reduzieren. Die Größe der okklusalen Fehler hängt dabei wesentlich vom Ausmaß der Veränderung der vertikalen Kieferrelation ab.“⁶⁵

6.5 Kieferorthopädische Indikationen

Neben der Therapie von Erwachsenen stellen vor allem Kinder die Hauptpatientengruppe im kieferorthopädischen Praxisalltag dar. Die Anwendung von Intraoralscannern in diesem Zusammenhang kann zahlreiche Vorteile hinsichtlich des Patientenhandlings- und Komforts mit sich bringen.¹²⁴ Nach aktuellem Stand variiert die Etablierung der Technologie des Intraoralscans im klinischen Alltag allerdings stark indikationsbezogen. Der digitale Workflow auf Basis von Scandaten ist besonders in der kieferorthopädischen Aligner-Therapie bereits weit verbreitet.¹²⁵ Allerdings zeigten auch Fallberichte von Sen et al., dass die Anwendung von Intraoralscannern in Kombination mit einer CAD/CAM-Anschlussstechnologie bei komplexen kieferorthopädischen Interventionen vielversprechende Endergebnisse liefert.¹²⁶ Dennoch ist eine differenzierte Abwägung erforderlich, um zu beurteilen, für welche Indikationsbereiche bereits umfangreiche klinische Evidenz vorliegt und in welchen Anwendungsgebieten diese noch nicht ausreichend gesichert ist.¹²⁷

Konsensbasiertes Statement 20 (neu/2025)	
Die Genauigkeit der Daten eines Intraoralscans ist ausreichend als Basis für die kieferorthopädische Diagnostik, Therapie und das Monitoring mit einer entsprechenden Analyse- und Planungs-Software.	starker Konsens
Abstimmung: 26/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	

Jedliński et al. und Rossini et al. zeigten in ihren systematischen Übersichtsarbeiten, dass die Genauigkeit eines Intraoralscans als Basiselement der kieferorthopädischen Diagnostik und Planung als ausreichend bewertet werden kann.^{128,129} Voraussetzung für einen volldigitalen Einsatz ist eine etablierte Software, die eine präzise Analyse der erfassten Daten mit hoher Qualität und Genauigkeit gewährleistet. Dem kieferorthopädischen Anwender eröffnet sich durch den Intraoralscan ebenfalls die Möglichkeit, mit dem rein digitalen Modell zu arbeiten oder durch Weiterverarbeitung der erfassten Daten ein 3D-gedrucktes Modell herzustellen. Durch eine digitale Planung auf Basis eines Intraoralscans wird es möglich, den therapeutischen Verlauf, sowie das angestrebte Endergebnis der kieferorthopädischen Therapie visuell zu simulieren und als Kommunikationstool in der Patienteninteraktion zu nutzen.¹²⁵

Neben dem Einsatz für Diagnostik und Planung könnte der Intraoralscan, nach einer initialen Überlagerung der aufgenommenen Datensätze mit DVT-Datensätzen, eine strahlenfreie und dreidimensionale Verlaufskontrolle der Zahnwurzelposition in einem laufenden kieferorthopädischen Fall ermöglichen. Lee et al. haben anhand eines Fallbeispiels gezeigt, dass die Verlaufskontrolle bei alleiniger Anwendung des Intraoralscans eine sehr starke Übereinstimmung mit der Überlagerung der DVT-Datensätze zum Zeitpunkt vor und nach der Zahnbewegung aufweist. Dies könnte insbesondere bei der Erwachsenenbehandlung mit bereits vorhandenen DVT-Datensätzen interessant sein, um die Wurzellage während des Monitorings über den Intraoralscanner einzuschätzen.¹³⁰ Zwar liefert der Intraoralscanner keine Informationen der Wurzelanatomien, doch es ist hier in den meisten Fällen davon auszugehen, dass sich die Dimension und Form seit der Ausgangssituation, sprich aus dem DVT-Datensatz, nicht verändert haben. Dies ersetzt allerdings nicht die Standard-Röntgendiagnostik (z. B. OPG, FRS, DVT) bei behandlungsrelevanten Fragestellungen, wie der tatsächlichen

Zahnwurzelposition, sagittalen Frontzahnachsenstellung, Wurzelmorphologie oder der Abklärung möglicher Wurzelresorptionen.

Vor dem Aspekt des Monitorings betrachteten Bock et al. und Schlenz et al. in ihren Studien, den Aspekt der analogen und digitalen Abformung einer Patientengruppe mit festsitzender kieferorthopädischer Apparatur. Beide Studiengruppen kamen zum Ergebnis, dass der Intraoralscan eine gleichwertige oder höhere Genauigkeit aufweist als ein analoges Gipsmodell unabhängig von der Art der Apparatur.^{131,132}

Konsensbasiertes Statement 21 (neu/2025)	
Die Genauigkeit der Daten eines Intraoralscans ist ausreichend als Basis zur Herstellung von festsitzenden und herausnehmbaren kieferorthopädischen Apparaturen.	starker Konsens
Abstimmung: 25/0/1 (ja, nein, Enthaltung)	

Laut Literatur kann die Genauigkeit von Modellen aus Intraoralscans der von klassischen Alginat-Abformungen auch für kieferorthopädischen Indikationen als gleichwertig angesehen werden.²¹⁻²⁴ Kong et al. zeigten in ihrer systematischen Übersichtsarbeit, dass beim Vergleich der Genauigkeit zwischen Alginat-Abformungen und Intraoralscans weder signifikante noch klinisch relevante Unterschiede festgestellt wurden. Jedliński et al. und Rossini et al. stellten in ihren systematischen Übersichtsarbeiten diesen Sachverhalt auch in Bezug auf die Fachdisziplin der Kieferorthopädie dar.^{128,129} In der bislang etablierten Vorgehensweise dienen Gipsmodelle, auf Basis von Alginat-Abformungen, als Grundlage für die Herstellung kieferorthopädischer Apparaturen. Aufgrund der beschriebenen Evidenzlage kann deshalb geschlossen werden, dass die Scandaten eines Intraoralscans eine ausreichende Genauigkeit aufweisen, um als Modellbasis zur Herstellung kieferorthopädischer Apparaturen und Retainer zu dienen. Es muss allerdings Erwähnung finden, dass ein volldigitaler Workflow von der Planung bis zur zahntechnischen Umsetzung noch nicht in allen Indikationsbereichen vollständig etabliert ist. Außerdem muss kritisch geprüft werden, welche Genauigkeit und Qualität die Anschlusstechnologien für Design und Herstellung der Apparatur aufweisen. Dennoch gibt es erste klinische Studien in diesem Zusammenhang, die einen Ausblick in eine zukünftig digitale Arbeitsweise liefern. Krey et al. beschäftigten sich mit dem individuellen Bracket-Design und Herstellung auf Basis eines Intraoralscans.¹³³ Zudem thematisierten Al Mortadi et al. das Design sowie die volldigitale Herstellung von herausnehmbaren kieferorthopädischen Klammer-Apparaturen, während Ratzmann et al. individuell designte kieferorthopädische Elastics behandeln.¹³⁴⁻

136

Einen weiteren abzugrenzenden Aspekt stellt die Herstellung von Schienen im Rahmen der Aligner-Therapie dar.^{125,137}

Konsensbasiertes Statement 22 (neu/2025)	
Die Genauigkeit der Daten eines Intraoralscans ist ausreichend zur Herstellung von Positionierungsbehelfen für Brackets und Attachments (Hilfsmitteln) sowie Alignerschienen. Abstimmung: 26/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

Sabbagh et al. betrachteten in ihrer systematischen Übersichtsarbeit die Genauigkeit der Übertragbarkeit einer volldigital geplanten Bracket-Position und bewerteten diese als klinisch akzeptabel.¹³⁸ Zahlreiche Studien zeigten zusätzlich, dass die indirekte Bracketpositionierung eine zukunftsweisende Alternative zur bisher etablierten Methode der direkten Bracketpositionierung bieten kann.¹³⁹⁻¹⁴¹

Neben Aspekten wie der Planungssoftware, dem Herstellungsprozess und Material der Übertragungsschablonen sowie der Fertigkeit des Behandlers, stellt die Genauigkeit des Intraoralscans die Grundlage für diesen Workflow dar.¹⁴² In diesem Zusammenhang gilt es, auf den Vergleich zwischen der Genauigkeit der klassisch verwendeten Gipsmodelle und der Genauigkeit eines Intraoralscans zu verweisen.^{128,129} Somit lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass die Genauigkeit und Qualität eines Intraoralscans als ausreichend zu bewerten ist, um als Basis zur digitalen Planung der Bracket-Positionen zu dienen.

6.6 Indikationen in der Oral- und Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie

Die Schnittstellen zwischen der Zahnmedizin, Oralchirurgie und Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie spiegeln sich auch in der gemeinsamen Nutzbarkeit des Intraoralscans in den genannten Fachdisziplinen wider. Neben der bereits erwähnten digitalen Implantatplanung finden sich zahlreiche chirurgische Anwendungsbereiche für den Intraoralscan im klinischen Alltag.

Konsensbasiertes Statement 23 (neu/2025)	
Zur Planung, sowie zur intra- und postoperativen Kontrolle oralchirurgischer und Mund-Kiefer-Gesichtschirurgischer Eingriffe ist in Bezug auf intraorale Strukturen die Genauigkeit von Intraoralscannern ausreichend.	starker Konsens
Abstimmung: 26/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	

Der Intraoralscanner stellt eine vielversprechende Technologie in der präoperativen Planung, intraoperativen Kontrolle und im postoperativen Monitoring von Eingriffen in der Oral- und Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie dar. Durch die digitale Erfassung der intraoralen Strukturen ermöglichen die Scandaten eine detaillierte dreidimensionale Darstellung des OP-Gebietes, die in Kombination mit DVT-Daten die chirurgische Planung unterstützen können. Dieser Ansatz kann zum einen bei Umstellungsosteotomien^{143,144}, der rekonstruktiven Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, der Weichgewebeschirurgie¹⁴⁵ sowie der chirurgischen Entfernung von retinierten Zähnen¹⁴⁶ und intraoralen Pathologien¹⁴⁷ Anwendung finden.

Vergleicht man die konventionell angewandten Methoden, die im Rahmen der chirurgischen OP-Planung und Kontrolle zur Darstellung der intraoralen Strukturen zur Verfügung stehen, ist die Genauigkeit eines Intraoralscans mit derer einer konventionellen Abformung gleichzusetzen und bietet darüber hinaus durch Analyse- und Simulationstechnologien weiterführenden Informationsgehalt.^{21,22} Die Planung eines chirurgischen Eingriffs sowie die Simulation des Behandlungsergebnisses können durch die Anwendung eines Intraoralscans effizienzorientiert durchgeführt werden.

Durch die Verarbeitung der Scandaten mittels weiterführender Technologien lassen sich patientenspezifische Bohr- und Schnittschablonen erstellen, die eine erhöhte Vorhersagbarkeit der Durchführung des chirurgischen Eingriffs ermöglichen.

Während eines Eingriffs kann der Intraoralscanner genutzt werden, um beispielsweise die Position eines Kiefersegments und einer Weichteilregion zu kontrollieren, indem ein intraoperativer Scan mit den Daten der präoperativen Planung überlagert wird. Unmittelbar nach der Operation, sowie im Rahmen von kurz- und langfristigen Verlaufskontrollen ermöglicht der Intraoralscan ebenfalls eine schnelle Evaluierung des OP-Ergebnisses.

Bei jedem Anwendungsbereich des Intraoralscans ist allerdings kritisch zu prüfen, welche Qualität die eingesetzten Anschlusstechnologien aufweisen.

Konsensbasiertes Statement 24 (neu/2025)	
Die Anwendung von Intraoralscannern bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenfehlbildungen kann Vorteile bieten. Abstimmung: 25/0/1 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

Das Indikationsspektrum des Intraoralscans lässt sich um die Patientengruppe der Lippen-Kiefer-Gaumenfehlbildungen erweitern und zeigt interdisziplinäre Einsatzmöglichkeiten sowohl in der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie als auch in der Kieferorthopädie auf.¹⁴⁸ Vor allem bei der Frühbehandlung von Betroffenen im Säuglingsalter kann der Intraoralscan mit vielen Vorteilen im Vergleich zur analogen Abformung verbunden sein. Vor allem die Vermeidung des Risikos, dass Abformmaterial verschluckt oder aspiriert wird, ist hervorzuheben.¹⁴⁹ Die Auswahl der Scankopfgröße in Anpassung an die intraorale Anatomie von Säuglingen und Kindern spielt allerdings eine entscheidende Rolle. Als mögliche Einsatzgebiete der intraoral erfassten Scandaten sind zum einen die Diagnostik, die Therapieplanung und das Monitoring denkbar. Ebenso ist die Verwendung als Basis zur Herstellung von therapeutischen Apparaturen, wie beispielsweise Trinkplatten, möglich.^{148,150,151} Gong et al. beschrieben in diesem Zusammenhang einen volldigitalen Workflow zur Herstellung einer Apparatur, welche der präoperativen Ausrichtung einzelner Spaltsegmente dienen soll.¹⁵² Eine kritische Prüfung der Qualität und Genauigkeit der eingesetzten Anschlusstechnologien und Herstellungsprozesse ist allerdings erforderlich.

Unnikrishnan et al. verdeutlichten in ihrer systematischen Übersichtsarbeit, dass der Einsatz von Intraoralscannern bei Kindern mit Lippen-Kiefer-Gaumenfehlbildungen sowohl in puncto Genauigkeit des Scans als auch der Zufriedenheit der Eltern der Patienten und der Behandler positiv bewertet werden kann.¹⁴⁹ Betrachtet man die Genauigkeit des Scans, konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen analogen und digitalen Modellen in Bezug auf die Vermessung der Kiefer-Oberflächen und des Zahnbogens festgestellt werden. Die Behandler gaben an, die Anwendung eines Intraoralscanners im Vergleich zu einer analogen Abformung bei Neugeborenen als deutlich stressfreier zu empfinden. Auch patientenseitig zeigen die Eltern der betroffenen Säuglinge eine deutliche Präferenz für die digitale Abformung.¹⁴⁹

Dies unterstreicht das Potenzial des Intraoralscans als präzise Alternative zur analogen Abformung bei der Behandlung dieser komplexen kraniofazialen Fehlbildung. Dennoch ist die derzeitige Evidenz zum Einsatz des Intraoralscans in der Behandlung von Lippen-Kiefer-Gaumenfehlbildungen noch nicht ausreichend.

7 Weiterverarbeitung von Scandaten

Bereits in den vorherigen Kapiteln wurde indikationsspezifisch die Weiterverarbeitung der Scandaten angesprochen. Im vorliegenden Kapitel werden nun allgemeine Parameter aufgezeigt, die eine möglichst fehlerfreie und vollumfängliche Übermittlung der Daten an und von weitere(n) Systeme(n) ermöglichen.

Technologien zur Datenerfassung als Kombinationsoptionen zum Intraoralscan

In Kombination zum Intraoralscan bestehen aktuell folgende weitere Technologien zur Datenerfassung:

- Digitale Fotografie
- 3D-Gesichtsscan
- DVT, CT, MRT
- Digitale Systeme zur Aufzeichnung der Unterkieferfunktion
- Digitaler Gesichtsbogen
- Beißkraftanalysen
- Farbmessung
- Photogrammetrie zur Erfassung von Implantatscanbodies

Abbildung 9 Technologien zur Datenerfassung als Kombinationsoptionen zum Intraoralscan

Technologien zur Weiterverarbeitung von Scandaten

In Kombination zum Intraoralscan besteht aktuell folgende weitere Software zur Weiterarbeitung von Intraoralscans:

- Zahnärztliche und Zahntechnische CAD-Software
- Planungssoftware (Kieferorthopädie, Implantologie, Prothetik)
- Überlagerungssoftware zur Analyse und Monitoring
- Praxismanagement-Software
- Labormanagement-Software
- Zahnmedizinische Dokumentationssoftware

Abbildung 10 Technologien zur Weiterverarbeitung von Scandaten

Konsensbasierte Empfehlung 11 (neu/2025)

Für die Qualität des Endergebnisses einer zahnärztlichen Behandlung auf Basis eines Intraoralscans sind neben dem grundlegenden Intraoralscan auch die Qualität der Schnittstellen sowie die Leistungsfähigkeit der weiterführenden Technologien entscheidend und **sollten** kritisch geprüft werden.

Abstimmung: 26/0/0 (ja, nein, Enthaltung)

starker Konsens

Konsensbasierte Empfehlung 12 (neu/2025)	
Vor der Anwendung eines Intraoralscanners sollte je nach Indikation und Komplexität des Falles geprüft werden, ob die Anwendung weiterer digitaler oder analoger okklusions- und/oder kieferbewegungserfassender Technologien notwendig ist. Abstimmung: 26/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens

Wie bereits in den Kapiteln zuvor erwähnt, sind die durch den Intraoralscanner erhobenen Daten als Basis bzw. als Teil des digitalen Workflows zu sehen, die mit weiteren Applikationen verknüpft werden können. Meist erst mit einer Schnittstelle zu weiteren Software-Applikationen eröffnen sich multiple neue Möglichkeiten und Behandlungskonzepte zur Befundung, Diagnostik, Planung, Therapieumsetzung sowie zu Verlaufskontrollen (siehe Abbildung 9). Ganz entscheidend ist die Schnittstelle zur Zahntechnik, über die viele hilfreiche Patientendaten transferiert werden können und von wo aus dann im CAD/CAM-Verfahren zahlreiche Prozesse möglichst voraussagbar, reliabel und effizient umgesetzt werden können (siehe Abbildung 10).

Digitale Workflows auf Grundlage der Intraoralscandaten werden in Fallberichten beschrieben und voll-digitale Konzepte teilweise in Studien angewendet. Dennoch ist die grundlegende Evidenzlage, die die Weitergabe der Daten, die weiteren Arbeitsabläufe und deren Genauigkeit untersucht und im besten Fall mit konventionellen Methodiken vergleicht, gering. Aufgrund der multiplen Kombinationsmöglichkeiten und schnellen Entwicklungszyklen ist hier auch zukünftig nur für vereinzelte Workflows eine wissenschaftliche Evaluation zu erwarten. Vor diesem Hintergrund fallen grundlegende wissenschaftlich belegte Empfehlungen für den klinischen Alltag schwer¹¹⁸, stellen jedoch auch nicht den Schwerpunkt dieser Leitlinie dar.

Neben der grundlegenden Genauigkeit der Daten des Intraoralscans sind die Qualitäten der jeweils weiteren verknüpften Technologien wichtig. Genauso hat aber das Niveau der Datenweitergabe und Interaktion zwischen den Systemen einen hohen Stellenwert. Die schnelle technologische Weiterentwicklung einzelner Applikationen erschwert zudem aktuelle Aussagen evidenzbasiert zu treffen. Limitierend erweisen sich nicht-kompatible Schnittstellen. Dementsprechend ist die Auseinandersetzung des Anwenders mit den Schnittstellen und Workflows beim Einsatz weiterer Technologien erforderlich, sodass möglichst wenig Informationen bei der Übertragung der Daten verloren gehen.

7.1 Datensicherung

Nach der Akquisition der Rohdaten entstehen bei der Bearbeitung durch den Scanner Datenmodelle, etwa im Format *.STL, oder vergleichbare 3D-Polygonformate. Zur Erfüllung der Dokumentationspflicht sind die resultierenden Datenmodelle in der Regel ausreichend - vergleichbar der Archivierung analoger Gipsmodelle.

Bei jeglicher Form der Datenerhebung, -Speicherung, sowie -Weiterverarbeitung im Rahmen der Anwendung von Intraoralscannern gilt es, die gesetzlichen Vorgaben zu beachten, beispielsweise die aktuelle Datenschutzgrundverordnung.

8 Patient-Reported Outcome Measures (PROMS) und Patientenzufriedenheit

Neben den klinischen oder ärztlichen Bewertungen werden heutzutage auch Erfahrungen, Beschwerden und Verbesserungen für und aus Sicht der Patienten systematisch erfasst und bei der Anwendung eines Intraoralscanners beleuchtet. Mithilfe sog. PROMS („Patient-Reported Outcome Measures“) können die subjektiven Wahrnehmungen der Patienten in den Mittelpunkt gestellt werden. Standardisierte Fragebögen, mit denen Patienten ihre Gesundheit, Lebensqualität und Therapieerfolge aus ihrer eigenen Perspektive beurteilen können, helfen dabei. Aber auch weitere Parameter wie die subjektive Wahrnehmung der Dauer eines Scans können erfasst werden.

Konsensbasiertes Statement 25 (neu/2025)	
Insbesondere in Situationen mit eingeschränkter Mundöffnung und Zugänglichkeit sowie in der Säugling- und Kinderbehandlung bieten die meisten Intraoralscanner gegenüber der analogen Abformung hinsichtlich des Handlings und des Patientenkomforts Vorteile.	starker Konsens
Abstimmung: 26/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	

Vorteile des Intraoralscans aus dem Bereich der „PROMS“.
Die Vorteile hinsichtlich des Patientenkomforts liegen unter anderem bei: • Möglichkeit während der Datenerhebung zu pausieren/unterbrechen • Indikationsabhängige Abformung von Segmenten anstelle von Ganzkieferabformungen • Möglichkeit einer vereinfachten Zugänglichkeit bei eingeschränkter Mundöffnung • Keine Aspirationsgefahr von Abformmaterial

Abbildung 11 Vorteile des Intraoralscans aus dem Bereich der „PROMS“.

Der Patientenkomfort ist in zahlreichen Arbeiten umfangreich dokumentiert und es liegen in der Literatur viele systematische Übersichtsarbeiten bei unterschiedlichen Patientengruppen und Indikationen vor. So zeigte sich bei den PROMs einheitlich, dass sowohl erwachsene Patienten als auch Kinder die Verwendung eines Intraoralscans im Vergleich zu konventionellen Abformung bevorzugen.¹⁵³⁻¹⁵⁹ Sie berichten dabei beispielsweise von signifikant geringerer Übelkeit, keinem unangenehmen Geschmack, weniger Atembeschwerden, geringerem Würgereiz oder einem kürzeren subjektiven Zeitempfinden.^{153,154} Gerade in der Kinderbehandlung erweisen sich diese Aspekte als besonders vorteilhaft, da häufig mit einer geringen Mundöffnung und eingeschränkter Compliance zu rechnen ist. Neben den Kindern selbst sprechen sich auch die Eltern für eine digitale Abformung bei ihrem Kind aus (siehe Abbildung 11)^{149,157}.

Weitere Studien untersuchten die Dauer einer digitalen Abformung und verglichen sie mit der einer konventionellen Abformung. Auch wenn diese Aussagen nicht pauschalisiert werden sollten, da sowohl die Dauer des Intraoralscans je nach Situation variieren kann, als auch die Dauer einer

konventionellen Abformung stark vom verwendeten Abformmaterial und dessen Abbindezeit abhängt, waren studienübergreifend Abformungen mittels Intraoralscan häufig mit einem etwas geringeren Zeitaufwand verbunden (siehe Abbildung 11).^{86,155,158} Dies gilt sowohl für Ganzkieferscans bei der Verwendung in den verschiedenen Fachdisziplinen (kieferorthopädisch, restaurativ, etc.), aber auch die Eröffnung neuer indikationsbezogener Möglichkeiten von Segment- oder Quadrantenscans, der in dieser Sicht wiederum zeitliche Vorteile bietet.^{127,158} Dennoch wird darauf hingewiesen, dass der zeitliche Aspekt stark von der individuellen Erfahrung des Anwenders und der zahnärztlichen Indikation abhängt¹²⁷. Die Lernkurve des Behandlers kann jedoch schnell ansteigen¹⁵⁶.

9 Wichtige Forschungsfragen

Im Rahmen der Literaturrecherche sowie der Expertendiskussion wurden folgende Forschungsfragen für die teils noch fehlende oder nur vereinzelt vorliegende Evidenz zum Thema „Intraoralscan in der Zahnmedizin“ als entscheidend bewertet:

- Schnittstellen des Intraoralscans mit weiterführenden Technologien
- Digitale dynamische Okklusionsregistrierung durch den Intraoralscan
- Genauigkeit intraoraler Scans im Lückengebiss
- Versorgung von weitspannigen prothetischen Restaurationen, sowohl zahn- und als auch implantatgetragen
- Weiterentwicklung der Farbbestimmung und Kariesdiagnostik durch in den Intraoralscan implementierte Technologien
- Erfassung von zahnlosen Kieferabschnitten und totaler Zahnlosigkeit durch den Intraoralscan
- Integration von Axiographie und extraoraler Gesichtsaufnahmen durch den Scanner

10 Zusammenfassung

Der Intraoralscan stellt in der Zahnmedizin und Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie nach aktuellem Stand des Expertenkonsens in vielen Anwendungsbereichen eine vergleichbare, teilweise vorteilhafte Alternative zu konventionellen Abformungen dar. Nach aktuellem Entwicklungsstand geht das Leistungsspektrum vieler Intraoralscanner dabei über die reine Erfassung von Zahnbögen und Kieferabschnitten hinaus und ermöglicht beispielsweise die Erfassung der statischen Okklusion oder kann den Behandler bei der Kariesdiagnostik oder dem Monitoring unterstützen. Dennoch muss weiterhin vom Anwender kritisch geprüft werden, welche Scansysteme eine ausreichende Leistungsfähigkeit und Genauigkeit für den gewählten Indikationsbereich aufweisen und wie die Qualität die Weiterverarbeitung der Daten durch andere Technologien zu bewerten ist.

Die Schwerpunkte der Leitlinie werden insbesondere durch die Inhalte der folgenden Statements und Empfehlungen untermauert:

Klinische Rahmenbedingungen während des Scanvorgangs: Für eine hohe Scanqualität sind ein trockenes Arbeitsfeld, die Reduktion von Streulicht, eine ausreichende Mundöffnung sowie die gute Sichtbarkeit und Zugänglichkeit aller relevanten intraoralen Strukturen (z. B. Präparationsgrenzen, Approximalräume, Scanbodys) essenziell.

Systemwahl und Weiterverarbeitung: Anwender sollten sich vor der Auswahl eines Scanners umfassend über dessen Leistungsfähigkeit sowie über die Kompatibilität und Möglichkeiten zur digitalen Weiterverarbeitung der Scandaten informieren.

Qualitätsanforderungen: Bei der Anwendung von Intraoralscannern gelten dieselben Anforderungen an die Ergebnisqualität der Arbeitsunterlagen wie für analoge Abformungen.

Technologische Prozesskette: Für die Qualität des Endergebnisses einer zahnärztlichen Behandlung auf Basis eines Intraoralscans sind neben dem grundlegenden Intraoralscan auch die Qualität der Schnittstellen sowie die Leistungsfähigkeit der weiterführenden Technologien entscheidend und sollten kritisch geprüft werden.

11 Informationen zu dieser Leitlinie

11.1 Zusammensetzung der Leitliniengruppe

11.1.1 Redaktion und Koordination

- Leitlinienkoordinator: Prof. Dr. Jan-Frederik Güth
- Leitliniensekretariat:
Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK)
Liesegangstraße 17a, 40211 Düsseldorf, Dr. Birgit Marré (dgzmk.marre@dgzmk.de)

11.1.2 Federführende Autoren

- Autoren (in alphabetischer Reihenfolge):
PD Dr. Tobias Graf
ZÄ Miriam Ruhstorfer

11.1.3 Leiter der Arbeitsgruppen

Dr. Ingo Baresel
Prof. Dr. Tabea Flügge
Prof. Dr. Sven Reich
Dr. Bernd Reiss
Prof. Dr. Sinan Şen
Prof. Dr. Bernd Wöstmann

11.1.4 Beteiligte Fachgesellschaften und Organisationen

Abkürzung	Fachgesellschaft/Organisation	Mandatsträger
ADT	Arbeitsgemeinschaft Dentale Technologie (ADT)	ZTM Hans-Jürgen Stecher
AG DDM	AG Dynamisches Digitales Modell (AG DDM)	Claudia Scholz
AGEZ	Arbeitsgemeinschaft Ergonomie in der Zahnheilkunde (AGEZ)	Prof. Dr. drs. drs. Jerome Rotgans
AG Keramik	Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde (AG Keramik)	Dr. Bernd Reiss
AGOKi	Arbeitsgemeinschaft für Oral- und Kieferchirurgie (AGOKi)	Prof. Dr. Christian Mertens
AKWi	Arbeitskreis Wissenschaft innerhalb der DGMKG – Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (AKWi)	PD Dr. Dr. Daniel Thiem

BVAZ	Berufsverband der Allgemeinzahnärzte (BVAZ)	Dr. Andreas Bien
BDK	Berufsverband der Deutschen Kieferorthopäden (BDK)	Dr. Hans-Jürgen Köning (Mandatsträger)
		Dr. Jörg Granzow (stellv. Mandatsträger)
BDO	Berufsverband deutscher Oralchirurgen (BDO)	Dr. Martin Ullner (Mandatsträger)
		Dr. Matthias Sommer (stellv. Mandatsträger)
BDIZ EDI	Bundesverband der implantologisch tätigen Zahnärzte in Europa (BDIZ EDI)	Dr. Stefan Liepe
BZÖG	Bundesverband der Zahnärztinnen und Zahnärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (BZÖG)	Dr. Pantelis Petrakakis
DGÄZ	Deutsche Gesellschaft für Ästhetische Zahnmedizin (DGÄZ)	PD Dr. Paul Weigl
DGDOA	Deutsche Gesellschaft für digitale orale Abformung (DGDOA)	Dr. Ingo Baresel
DGCZ	Deutsche Gesellschaft für computergestützte Zahnheilkunde (DGCZ)	Prof. Dr. Sven Reich
DGFDT	Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie (DGFDT)	Prof. Dr. Bernd Kordaß
DGKFO	Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO)	Prof. Dr. Sinan Şen (Mandatsträger)
		Dr. Kathrin Puchert (stellv. Mandatsträgerin)
DGKiZ	Deutsche Gesellschaft für Kinderzahnmedizin (DGKiZ)	Prof. Dr. Katrin Bekes
DGMKG	Sektion Bundesverband in der Deutschen Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG)	Dr. Dr. Stephan Eulert
DGI	Deutsche Gesellschaft für Implantologie in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGI)	Prof. Dr. Dr. Eik Schiegnitz (Mandatsträger)
		Prof. Dr. Tabea Viktoria Flügge (stellv. Mandatsträgerin)
		PD Dr. Stefano Pieralli (stellv. Mandatsträger)
DGPro	Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien (DGPro)	Prof. Dr. Bernd Wöstmann (Mandatsträger)
		Prof. Dr. Phillipp-Cornelius Pott (stellv. Mandatsträger)
DGOI	Deutsche Gesellschaft für Orale Implantologie (DGOI)	Dr. Jan Klenke
DGPZM	Deutsche Gesellschaft für Präventivzahnmedizin (DGPZM)	Prof. Dr. Andree Piwowarczyk

DGZ	Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung (DGZ)	Prof. Dr. Marianne Federlin
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK)	Prof. Dr. Roland Frankenberger
DGZS	Deutsche Gesellschaft Zahnärztliche Schlafmedizin (DGZS)	Dr. Horst Kares (Mandatsträger)
		Dr. Emil Krumholz (stellv. Mandatsträger)
KZBV	Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (KZBV)	Dr. Jörg Beck (Mandatsträger)
		FZÄ Melanie Katrin Maus (stellv. Mandatsträgerin)
Neue Gruppe	NEUE GRUPPE wissenschaftliche zahnärztliche Vereinigung e. V.	Dr. Matthias Müller (Mandatsträger)
		Dr. Alessandro Devigus (stellv. Mandatsträger)
VDZI	Verband Deutscher Zahntechnikerinnungen (VDZI)	ZTM Jan-Christian Osterholt
VMF	Verband medizinischer Fachberufe (VMF)	Sylvia Gabel
Patientenperspektive		Frau Petra Schatten
Methodik		
Zertifizierte Leitlinien-Beraterin der AWMF		Dr. Cathleen Muche-Borowski
Leitlinienbeauftragte der Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK)		Dr. Birgit Marré
Leitlinienbeauftragte Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK)		Dr. Anke Weber

Tabelle 1: Mandatierte Mitglieder der Leitliniengruppe

11.1.5 Beteiligte Experten ohne Mandat

Fachgesellschaft/ Organisation	Experte
unabhängig	Prof. Dr. Dr. Albert Mehl
unabhängig	ZT Josef Schweiger, M.Sc.

Tabelle 2: Bei der Leitlinienerstellung beteiligte Experten

11.1.6 Patientenbeteiligung

Die Leitlinie wurde unter direkter Patientenbeteiligung erstellt. Frau P. Schatten war stimmberechtigtes Mitglied der Leitliniengruppe.

Mehrfach angefragte Patientenverbände/Organisationen sagten die Beteiligung entweder aus Kapazitätsgründen ab (Verbraucherzentrale Bundesverband (VZBV), oder antworteten leider nicht auf

Anfragen (Neue Arbeitsgruppe für Parodontologie e.V. (NAGP), Bundesarbeitsgemeinschaft der PatientInnenstellen (BAGP), Deutsche Arbeitsgemeinschaft der Selbsthilfegruppen bei NAKOS (DAG-SHG), Nationale Kontakt- und Informationsstelle zur Anregung und Unterstützung von Selbsthilfegruppen, Bundes-Selbsthilfeverein für Hals-, Kopf- und Gesichtsversehrte T.U.L.P.E. e.V.).

9

11.1.7 Methodik

- Dr. Cathleen Muche-Borowski, AWMF-Leitlinienberaterin
- Dr. Birgit Marré, Leitlinienbeauftragte der DGZMK
- Dr. Anke Weber, Leitlinienbeauftragte der DGZMK

11.1.8 Weitere Beteiligung

- Unterstützung bei der Literaturrecherche: Simone Lämmersdorf-Kraft, Alcina Maria Da Costa Figueiredo Carvalho
- Unterstützung bei der Erstellung der Graphiken: Onandi Elliott, Michael Kreuzberg

Name	Funktion
<i>Simone Lämmersdorf-Kraft</i>	Bibliothekarin an der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main – Zahnmedizinische Hauptbibliothek
<i>Alcina Maria Da Costa Figueiredo Carvalho</i>	Bibliothekarin an der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main – Zahnmedizinische Hauptbibliothek
<i>Onandi Elliott</i>	Graphiker
<i>Michael Kreuzberg</i>	Graphiker

Tabelle 3: Weitere Leitlinienerstellung beteiligte Personen

11.2 Methodische Grundlagen

Die Methodik zur Erstellung dieser Leitlinie richtet sich nach dem AWMF-Regelwerk (Version 2.1 vom 05.09.2023).

Quelle: Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) - Ständige Kommission Leitlinien. AWMF-Regelwerk „Leitlinien“. (<https://www.awmf.org/regelwerk/>)

12 Schlüsselfragen der Leitlinie

Im Rahmen einer Konstituierenden Sitzung online per Zoom wurden am 11.12.2024 die Schlüsselfragen der Leitlinie definiert.

1. In welchen Anwendungsgebieten, in welchen Indikationen und mit welchen Ergebnissen werden Intraoralscanner in der Zahnmedizin eingesetzt?
2. Welche Möglichkeiten bestehen, um Daten aus Intraoralscannern weiter zu verarbeiten?
3. Wie erfolgt die klinische Anwendung von Intraoralscannern?

13 Literaturrecherche und kritische Bewertung

Das Regelwerk der AWMF sieht für S2k-Leitlinien keine systematische Recherche und Bewertung der Literatur vor. Dennoch wurde **primär** für die Erstellung der vorliegenden Leitlinie eine systematische Literaturrecherche wie folgt vorgenommen:

Für die Literaturrecherche wurden die Datenbanken „PubMed“ und „Web of Science“ ausgewählt. Der Publikationszeitraum der Literaturrecherche erstreckte sich über von 01/2019 bis 12/2024, um der schnellen technologischen Weiterentwicklung des Intraoralscans und der damit verbundenen Aussagekraft der Evidenz Rechnung zu tragen.

Als Schlagworte für den Suchpfad wurden folgende Formulierungen definiert:

- „intraoral scan dentistry“
- „digital scan intraoral“
- „digital scan dentistry“
- „computer aided impression intraoral“
- „computer aided impression dentistry“
- „direct digitalization intraoral“
- „direct digitalization dentistry“
- „digital impression intraoral“
- „digital impression dentistry“

Des Weiteren wurde die Recherche auf sog. „Clinical Trials“, „Randomized Clinical Trials“, „Reviews“ und „Systematic Reviews“ beschränkt. Im Rahmen der primären Literaturrecherche wurden weitere Einschlusskriterien definiert:

- Humanstudien,
- Klinische Studien,
- Prospektive oder retrospektive Studien,
- Artikel in deutscher und englischer Sprache

Im Rahmen der primären Literaturrecherche wurden explizit folgende Ausschlusskriterien definiert:

- In-vitro Studien,
- Fallberichte und technische Berichte,
- „Graue“ Literatur,
- Fehlen von quantifizierbaren Parametern

Nach Ausschluss aller Duplikate konnten 412 Publikationen im Rahmen des beschriebenen Recherchevorgehens dokumentiert werden. Daran anschließend folgte ein erstes Screening anhand der Publikationstitel durch den Koordinator und die federführenden Autoren, woraus insgesamt 143 Publikationen für den weiteren Screening-Prozess resultierten. Dieser beinhaltete die Analyse des Abstracts, sodass sich die Anzahl der eingeschlossenen Publikationen nochmals auf 122 Quellen reduzierte. Diese Publikationen wurden im Anschluss thematisch/nach Fachrichtung und nach Artikeltyp sortiert. Die Inhalte der Volltexte dieser Artikel dienten zur Orientierung in der Konsensfindung und wurden somit größtenteils in den Begleittext der Leitlinie integriert.

Die **sekundäre** Literaturrecherche wurde wie folgt vorgenommen:

Im Rahmen der sekundären Literaturrecherche wurden per Handsuche durch die Autoren, Experten und Arbeitsgruppenleiter weitere 158 Publikationen inkludiert. Im Zuge der Leitlinien-Arbeit, sollten weitere richtungsweisende Publikationen durch die Kompetenzträger der einzelnen Disziplinen ergänzt werden. Dies geschah vornehmlich im Kreis der einzelnen Arbeitsgruppen. In diesem Zuge wurden im Gegensatz zur primären Literaturrecherche auch In-vitro-Studien zitiert, um Kernaussagen weiter zu untermauern, technische Details näher zu beschreiben sowie Konsens-basierte Aussagen trotz teils fehlender In-vivo-Daten bestmöglich zu belegen.

Abschließend sollte der Vollständigkeit halber aufgeführt werden, dass die in der vorliegenden Leitlinie formulierte Statements und Empfehlung auf dem Expertenkonsens basieren, da aufgrund der aktuell teilweise limitierten Evidenzlage zum Thema „Intraoralscan in der Zahnmedizin“ bislang keine rein literaturgestützte Bewertung der sämtlicher Themengebiete und Indikationen möglich ist.

13.1 Strukturierte Konsensfindung

Die strukturierte Konsensfindung erfolgte im Rahmen eines nominalen Gruppenprozesses und einer strukturierten Konsensuskonferenz unter unabhängiger Moderation am 06.06.2025 online per Zoom. Die zu verabschiedenden Empfehlungen und Statements wurden mit ausreichenden Hintergrundinformationen zwei Wochen vor dem Termin den Teilnehmenden zur Verfügung gestellt. Die strukturierte Konsensfindung fand im Rahmen der online Konsensuskonferenz statt, die von der unabhängigen AWMF-Leitlinienberaterin Dr. Cathleen Muche-Borowski geleitet wurde.

Die Abstimmung der Empfehlungen und Statements erfolgte nach folgendem Ablauf:

- Präsentation der zu konsentierende Empfehlung bzw. Statement
- Zeit für Überlegungen: Empfehlungsgrad, Formulierung, Alternativen
- Registrierung der Stellungnahmen und Änderungsvorschläge im Umlaufverfahren und Zusammenfassung von Kommentaren durch die Moderatorin
- Diskussion der thematischen Inhalte, Formulierungen und Änderungsvorschläge
- Finale Abstimmung über jede Empfehlung und möglicher Alternativen
- Wiederholung der Schritte für jede Empfehlung bzw. jedes Statement

Im Ergebnis wurden alle 12 Handlungsempfehlungen sowie 25 Statements im starken Konsens verabschiedet.

13.2 Empfehlungsgraduierung und Feststellung der Konsensstärke

13.2.1 Festlegung des Empfehlungsgrades

Statements und Empfehlungen, für die keine hochwertigen Studien zur Evidenzsicherung vorliegen, werden im Rahmen eines formalen Konsensus Prozesses unter neutraler Moderation im Expertenkonsens beschlossen.

Für S2k-Leitlinien erfolgt grundsätzlich keine Angabe von Evidenz- oder Empfehlungsgraden. Zwar wird zu jeder Empfehlung entsprechende Literatur aufgeführt, jedoch gelten alle Empfehlungen als durch Expertenkonsens getragen.

Der Empfehlungsgrad ergibt sich allein aus der gewählten Formulierung, entsprechend dem Regelwerk der AWMF. Die Empfehlungsgraduierung wurde wie folgt vorgenommen:

Empfehlung	Empfehlung gegen eine Intervention	Beschreibung
soll/ wir empfehlen	soll nicht/ wir empfehlen nicht	starke Empfehlung
sollte/ wir schlagen vor	sollte nicht/ wir schlagen nicht vor	Empfehlung
kann/ kann erwogen werden	kann verzichtet werden	Empfehlung offen

Tabelle 4: Schema der Empfehlungsgraduierung

13.2.2 Feststellung der Konsensstärke

Die Konsensstärke wurde gemäß Tabelle 6 klassifiziert.

Klassifikation der Konsensusstärke	
Starker Konsens	Zustimmung von > 95% der Teilnehmer
Konsens	Zustimmung von > 75 bis 95% der Teilnehmer
Mehrheitliche Zustimmung	Zustimmung von > 50 bis 75% der Teilnehmer
Kein Konsens	Zustimmung von < 50% der Teilnehmer

Tabelle 6: Klassifikation der AWMF zur Konsensstärke

14 Redaktionelle Unabhängigkeit

14.1 Finanzierung der Leitlinie

Die Kosten für die Moderation der Konsensuskonferenzen wurden zu gleichen Teilen von den federführenden Fachgesellschaften, der Deutschen Gesellschaft für computergestützte Zahnheilkunde (DGCZ) und der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) getragen. Dabei hatten die finanzierenden Organisationen keinen über das nominale Abstimmungsrecht hinausgehenden inhaltlichen Einfluss auf die Leitlinienerstellung. Weitere Unterstützung finanzieller Art wurde nicht gewährt. Alle Mitglieder der Leitliniengruppe arbeiteten ehrenamtlich und ohne Honorar. Bedingt durch die Durchführung der Konsensuskonferenzen im Online-Format (ZOOM) fielen keine Reisekosten an.

14.2 Darlegung von Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten

Die Erfassung der Interessenerklärungen erfolgte über das Online-Portal der AWMF. Die Kategorisierung sekundärer Interessen geringe/moderate/hohe Interessenkonflikte erfolgte im Vorfeld der Leitlinienarbeit und wurde folgendermaßen festgelegt:

Graduierung des Interessenkonflikts (IK)	Kriterium, unter der Voraussetzung der Themenrelevanz
geringer IK Folge: Einschränkung der Leitungsfunktionen	• Berater-/Gutachtertätigkeit für ein kommerzielles Journal mit erheblichen Einnahmen • Bezahlte Autoren-/oder Coautorenschaft mit geringen Einnahmen • Finanzielle Zuwendungen (Drittmittel) für Forschungsvorhaben oder klinischen Studien oder direkte Finanzierung von Mitarbeitern der Einrichtung aus öffentlichen Mitteln oder unterstützt durch eine wissenschaftliche Fachgesellschaft
moderater IK Folge: Stimmenthaltung bei einzelnen Abstimmungen	• Berater-/Gutachtertätigkeit für Unternehmen der Gesundheitswirtschaft, industrielle Interessensverbände, kommerziell orientierte Auftragsinstitute oder eine Versicherung • Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board) eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft (z. B. Arzneimittelindustrie, Medizinproduktindustrie), eines kommerziell orientierten Auftragsinstituts oder einer Versicherung • Vortrags-/oder Schulungstätigkeit im Auftrag eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft, industrieller Interessensverbände, kommerziell orientierter Auftragsinstitute oder einer Versicherung

	• Bezahlte Autoren-/oder Coautorenschaft mit erheblichen Einnahmen im Auftrag eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft, eines kommerziell orientierten Auftragsinstituts oder einer Versicherung • Finanzielle Zuwendungen (Drittmittel) für Forschungsvorhaben oder klinische Studien oder direkte Finanzierung von Mitarbeitern der Einrichtung von Seiten eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft, eines kommerziell orientierten Auftragsinstituts oder einer Versicherung • Persönliche Beziehungen zu einem Vertretungsberechtigten eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft • Akademische (z. B. Zugehörigkeit zu bestimmten „Schulen“), wissenschaftliche oder persönliche Interessen, die mögliche Konflikte begründen konnten (z. B. „einseitige“ Forschung)
hoher IK Folge: keine Beteiligung am Abstimmungsprozess, nur schriftliche Stellungnahmen	• Eigentümerinteressen an Arzneimitteln/Medizinprodukten (z. B. Patent, Urheberrecht, Verkaufslizenz), Besitz von Geschäftsanteilen, Aktien mit Beteiligung von Unternehmen der Gesundheitswirtschaft • Eigentümerinteressen an kommerziellen Fortbildungsinstituten mit themenrelevantem Fortbildungsangebot

Tabelle 7: Graduierung der Interessenkonflikte

Die Sichtung und Bewertung der Interessenerklärungen erfolgte für den Koordinator und das Autorenteam durch Vertreter der federführenden Fachgesellschaften DGCZ und DGZMK. Für die Sichtung und Bewertung von Interessenerklärungen der anderen Teilnehmer der Leitliniengruppe wurden PD Dr. Tobias Graf und ZÄ Miriam Ruhstorfer beauftragt. Die Leitliniengruppe stimmte dem Vorgehen zu.

Die Bewertung verlief wie folgt:

- Sichtung der Angaben der Teilnehmer auf Vollständigkeit
- Einschätzung über das Vorliegen relevanter sekundäre Interessen
- Einschätzung des thematischen Bezugs zur Leitlinie insgesamt und/oder in Bezug auf spezifische Fragestellungen, die in der Leitlinie adressiert werden
- Einschätzung der Graduierung der sekundären Interessen (gering/moderat/hoch) unter Berücksichtigung von Kriterien zur Feststellung:
 1. Ausprägung der Interessen und des Ausmaßes des daraus eventuell resultierenden Konflikts:
 - a. Art der Zuwendung, Höhe der Zuwendung, Empfänger
 - b. Zeitraum, Frequenz, Kooperationspartner
 - c. Intensivität
 2. Funktion der betroffenen Person innerhalb der Leitliniengruppe und ihres damit verbundenen Entscheidungs- und Ermessensspielraums

Bei Vorliegen von sekundären Interessen eines Mandatsträgers zu einer Thematik wurde dieser von der Abstimmung von Empfehlungen zu dem jeweiligen Thema ausgeschlossen (Enthaltung wegen IK). Im Plenum erfolgte eine ausführliche Diskussion der Voreinschätzung der Bewerter. Identifizierte mögliche sekundäre Interessen wurden auf ihre Relevanz für das Leitlinienthema geprüft.

In der Leitlinie wird bewusst an keiner Stelle Position zu bestimmten Produkten oder Herstellern im Hinblick auf Intraoralscanner Bezug genommen.

Für weitere Details verweisen wir auf den Leitlinienreport. Eine tabellarische Übersicht über die Interessenerklärungen befindet sich im Anhang des Leitlinienreports. Mögliche sekundäre Interessen und ggf. Konsequenzen sind dargelegt.

15 Verabschiedung der Leitlinie

Nach Abschluss des Konsensusverfahrens wurde das Manuskript den Mandatsträgern der beteiligten Fachgesellschaften vom 10.09.2025 bis zum 19.10.2025 mit der Bitte um Kommentierung/Verabschiedung vorgelegt. Alle Kommentare wurden berücksichtigt und durch Ergänzungen bzw. redaktionelle Überarbeitungen dem Manuskript hinzugefügt.

Abschließend wurde die Leitlinie formal durch die Vorstände aller mitherausgebenden Fachgesellschaften/Organisationen vom 14.11.2025 bis zum 29.01.2026 verabschiedet und autorisiert. Kommentare wurden berücksichtigt und durch Ergänzungen bzw. redaktionelle Überarbeitungen dem Manuskript hinzugefügt.

Die Zustimmung der federführenden Fachgesellschaften erfolgte vom 18.2.2026 bis zum 22.2.2026.

16 Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren

Die Leitlinie ist ab September 2025 für 5 Jahre gültig. Vorgesehen sind regelmäßige Aktualisierungen, bei dringendem Änderungsbedarf werden diese gesondert publiziert. Kommentierungen und Hinweise für den Aktualisierungsprozess aus der Praxis sind ausdrücklich erwünscht und können an den oben genannten Ansprechpartner gerichtet werden.

Ansprechpartner für die Aktualisierung: Prof. Dr. med. dent. Jan-Frederik Güth (Jan.gueth@med.uni-muenchen.de)

17 Verwendete Abkürzungen

Abkürzung	Erläuterung
v.a.	vor allem
bzw.	beziehungsweise
z. B.	Zum Beispiel
etc.	et cetera
ggf.	gegebenenfalls
sog.	sogenannt
IOS	Intraoralscan
STL	Standard Triangle Language
PLY	Polygon File Format
OBJ	Object-Datei
CAD CAM	Computer-aided Design und Computer-aided Manufacturing
DVT	Digitale Volumentomographie
MRT	Magnetresonanztomographie
CT	Computertomographie
PROMS	Patient Reported Outcome Measures
OP	Operation

Tabelle 8: Verwendete Abkürzungen

17.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Aktuelle Vorteile des Intraoralscans	5
Abbildung 2 Aktuelle Limitationen des Intraoralscans.....	6
Abbildung 3 Datensatz nach Intraoralscan dargestellt durch a Punktwolke, b Farblosen Oberflächendatensatz im Standard Tessellation Language (STL), c farbiges Object-Format (OBJ) (eigene Darstellung).	8
Abbildung 4 Darstellung eines Höckers in unterschiedlicher Auflösung im STL-Format: von links nach rechts abnehmende Punkte-/ Dreiecksdichte, die zu einer ungenaueren Oberfläche führt (eigene Darstellung).	8
Abbildung 5: a Möglicher Scanspanne-abhängiger Verzug der Scandaten durch optische Überlagerung von Einzelaufnahmen. b Schematische Darstellung des möglichen dreidimensionalen Verzugs (eigene Darstellung in Anlehnung an Keul et al. ¹²).	12
Abbildung 6 Genauigkeit: Schematische Darstellung der Richtigkeit und Präzision (eigene Darstellung).	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abbildung 7 a: Optimale Positionierung der optischen Aufnahmeeinheit, b: Angulierte Positionierung der optischen Aufnahmeeinheit, dadurch nicht optimierte Ausnutzung des Scanfeldes, c: schwierige Positionierung der optischen Aufnahmeeinheit bei Zahnfehlstellungen oder Lücken (eigene Darstellung in Anlehnung an Keul et al ¹²).	17
Abbildung 8 Einflussfaktoren auf die Qualität der statischen Okklusionszuordnung durch Intraoralscanner	27
Abbildung 9 Technologien zur Datenerfassung als Kombinationsoptionen zum Intraoralscan	46
Abbildung 10 Technologien zur Weiterverarbeitung von Scandaten	46
Abbildung 11 Vorteile des Intraoralscans aus dem Bereich der „PROMS“	48

18 Literatur

1. DIN 13995 (NADENT: NA 014-00-05-06 AK) Dentistry-Terminology of the process chain for CAD/CAM-systems (Deutsches Institut Für Normung E.V.) (2010).
2. Abduo J, Elseyoufi M. Accuracy of Intraoral Scanners: A Systematic Review of Influencing Factors. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. Aug 30 2018;26(3):101–121. doi:10.1922/EJPRD_01752Abduo21
3. Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpelä A, Mäkyinen A. Recent advances in dental optics - Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Opt Laser Eng*. Mar 2014;54:203–221. doi:10.1016/j.optlaseng.2013.07.017
4. Richert R, Goujat A, Venet L, et al. Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. *J Healthc Eng*. 2017;2017:8427595. doi:10.1155/2017/8427595
5. Cuenin K, Chen J, Tai SK, Lee D, Gerges G, Oh H. Caries detection and characterization in pediatric patients using iTero 5D near-infrared technology. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. Jan 2024;165(1):54–63. doi:10.1016/j.ajodo.2023.06.026
6. Casalegno F, Newton T, Daher R, et al. Caries Detection with Near-Infrared Transillumination Using Deep Learning. *J Dent Res*. Oct 2019;98(11):1227–1233. doi:10.1177/0022034519871884
7. Lennon AM, Brune L, Techert S, Buchalla W. Fluorescence Spectroscopy Shows Porphyrins Produced by Cultured Oral Bacteria Differ Depending on Composition of Growth Media. *Caries Res*. 2023;57(1):74–86. doi:10.1159/000528731
8. Cao J, Fang Y, Liao Y, et al. Clinical validation of near-infrared imaging for early detection of proximal caries in primary molars. *J Dent*. Nov 2023;138:104658. doi:10.1016/j.jdent.2023.104658
9. Kanar O, Tagtekin D, Korkut B. Accuracy of an intraoral scanner with near-infrared imaging feature in detection of interproximal caries of permanent teeth: An in vivo validation. *J Esthet Restor Dent*. Jun 2024;36(6):845–857. doi:10.1111/jerd.13198
10. Schulz-Weidner N, Gruber M, Wostmann B, Uebereck CF, Kramer N, Schlenz MA. Occlusal Caries Detection with Intraoral Scanners in Pediatric Dentistry: A Comparative Clinical Study. *J Clin Med*. Feb 6 2024;13(4)doi:10.3390/jcm13040925
11. Mehl A, Reich S, Beuer F, Guth JF. Accuracy, trueness, and precision - a guideline for the evaluation of these basic values in digital dentistry. *Int J Comput Dent*. Dec 21 2021;24(4):341–352.
12. Keul C, Güth J-F. Digitale Abformung. *Der Freie Zahnarzt*. 2019/04/01 2019;63(4):88–92. doi:10.1007/s12614-019-7821-4
13. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results—part 1: general principles and definitions (ISO 5725-1:1994) (1994).
14. Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent*. Feb 2013;109(2):121–8. doi:10.1016/S0022-3913(13)60028-1
15. Schmidt A, Klusmann L, Wostmann B, Schlenz MA. Accuracy of Digital and Conventional Full-Arch Impressions in Patients: An Update. *J Clin Med*. Mar 4 2020;9(3)doi:10.3390/jcm9030688
16. Revilla-Leon M, Kois DE, Kois JC. A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans. Part 1: Operator factors. *J Esthet Restor Dent*. Jan 2023;35(1):230–240. doi:10.1111/jerd.12985
17. Kurz M, Attin T, Mehl A. Influence of material surface on the scanning error of a powder-free 3D measuring system. *Clin Oral Investig*. Nov 2015;19(8):2035–43. doi:10.1007/s00784-015-1440-5
18. Schlögl K, Güth J-F, Graf T, Keul C. Accuracy of full arch scans performed with nine different scanning patterns— an in vitro study. *Clinical Oral Investigations*. 01/27 2025;29:1–9. doi:10.1007/s00784-025-06154-2
19. Revilla-Leon M, Aragonese R, Arroyo Valverde EM, Gomez-Polo M, Kois JC. Classification of Scanning Errors of Digital Scans Recorded by Using Intraoral Scanners. *J Esthet Restor Dent*. Jan 19 2025;doi:10.1111/jerd.13419

20. Angelone F, Ponsiglione AM, Ricciardi C, Cesarelli G, Sansone M, Amato F. Diagnostic Applications of Intraoral Scanners: A Systematic Review. *J Imaging*. Jul 3 2023;9(7)doi:10.3390/jimaging9070134
21. Aragon ML, Pontes LF, Bichara LM, Flores-Mir C, Normando D. Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: a systematic review. *Eur J Orthod*. Aug 2016;38(4):429–34. doi:10.1093/ejo/cjw033
22. Kong L, Li Y, Liu Z. Digital versus conventional full-arch impressions in linear and 3D accuracy: a systematic review and meta-analysis of in vivo studies. *Clin Oral Investig*. Sep 2022;26(9):5625–5642. doi:10.1007/s00784-022-04607-6
23. Flugge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. Sep 2013;144(3):471–8. doi:10.1016/j.ajodo.2013.04.017
24. Zhang F, Suh KJ, Lee KM. Validity of Intraoral Scans Compared with Plaster Models: An In-Vivo Comparison of Dental Measurements and 3D Surface Analysis. *PLoS One*. 2016;11(6):e0157713. doi:10.1371/journal.pone.0157713
25. Dietrich CA, Ender A, Baumgartner S, Mehl A. A validation study of reconstructed rapid prototyping models produced by two technologies. *Angle Orthod*. Sep 2017;87(5):782–787. doi:10.2319/01091-727.1
26. Mehl A. Digital technologies for functional diagnosis and treatment.
27. Piedra-Cascon W, Fountain J, Att W, Revilla-Leon M. 2D and 3D patient's representation of simulated restorative esthetic outcomes using different computer-aided design software programs. *J Esthet Restor Dent*. Jan 2021;33(1):143–151. doi:10.1111/jerd.12703
28. Burzynski JA, Firestone AR, Beck FM, Fields HW, Jr., Deguchi T. Comparison of digital intraoral scanners and alginate impressions: Time and patient satisfaction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. Apr 2018;153(4):534–541. doi:10.1016/j.ajodo.2017.08.017
29. Graf T, Keul C, Wismeijer D, Guth JF. Time and costs related to computer-assisted versus non-computer-assisted implant planning and surgery. A systematic review. *Clin Oral Implants Res*. Oct 2021;32 Suppl 21(Suppl 21):303–317. doi:10.1111/clr.13862
30. Tahmaseb A, Wu V, Wismeijer D, Coucke W, Evans C. The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*. Oct 2018;29 Suppl 16:416–435. doi:10.1111/clr.13346
31. Xiang B, Yu J, Lu J, Yan Z. Comparisons between Digital-Guided and Nondigital Protocol in Implant Planning, Placement, and Restorations: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Evid Based Dent Pract*. Dec 2023;23(4):101919. doi:10.1016/j.jebdp.2023.101919
32. Kernen F, Kramer J, Wanner L, Wismeijer D, Nelson K, Flugge T. A review of virtual planning software for guided implant surgery - data import and visualization, drill guide design and manufacturing. *BMC Oral Health*. Sep 10 2020;20(1):251. doi:10.1186/s12903-020-01208-1
33. Flugge T, Kramer J, Nelson K, Nahles S, Kernen F. Digital implantology-a review of virtual planning software for guided implant surgery. Part II: Prosthetic set-up and virtual implant planning. *BMC Oral Health*. Jan 30 2022;22(1):23. doi:10.1186/s12903-022-02057-w
34. Kiatkroekkrai P, Takolpuckdee C, Subbalekha K, Mattheos N, Pimkhaokham A. Accuracy of implant position when placed using static computer-assisted implant surgical guides manufactured with two different optical scanning techniques: a randomized clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Surg*. Mar 2020;49(3):377–383. doi:10.1016/j.ijom.2019.08.019
35. Tallarico M, Xhanari E, Kim YJ, et al. Accuracy of computer-assisted template-based implant placement using conventional impression and scan model or intraoral digital impression: A randomised controlled trial with 1 year of follow-up. *Int J Oral Implantol (Berl)*. 2019;12(2):197–206.
36. Derksen W, Wismeijer D, Flugge T, Hassan B, Tahmaseb A. The accuracy of computer-guided implant surgery with tooth-supported, digitally designed drill guides based on CBCT and intraoral

- scanning. A prospective cohort study. *Clin Oral Implants Res.* Oct 2019;30(10):1005–1015. doi:10.1111/clr.13514
37. Flugge TV, Nelson K, Schmelzeisen R, Metzger MC. Three-dimensional plotting and printing of an implant drilling guide: simplifying guided implant surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* Aug 2013;71(8):1340–6. doi:10.1016/j.joms.2013.04.010
38. Probst FA, Schweiger J, Stumbaum MJ, Karampinos D, Burian E, Probst M. Magnetic resonance imaging based computer-guided dental implant surgery-A clinical pilot study. *Clin Implant Dent Relat Res.* Oct 2020;22(5):612–621. doi:10.1111/cid.12939
39. DGI, DGZMK. Indikationen zur implantologischen 3D-Röntgendiagnostik und navigationsgestützten Implantologie, Langfassung, Version 2.0, 2021, AWMF-Registriernummer: 083-011. 2021. Accessed 14.05.2025.
40. Mehl A, Koch R, Zaruba M, Ender A. 3D monitoring and quality control using intraoral optical camera systems. *Int J Comput Dent.* 2013;16(1):23–36.
41. Garcia VD, Freire Y, Fernandez SD, Murillo BT, Sanchez MG. Application of the Intraoral Scanner in the Diagnosis of Dental Wear: An In Vivo Study of Tooth Wear Analysis. *Int J Environ Res Public Health.* Apr 8 2022;19(8)doi:10.3390/ijerph19084481
42. Travassos da Rosa Moreira Bastos R, Teixeira da Silva P, Normando D. Reliability of qualitative occlusal tooth wear evaluation using an intraoral scanner: A pilot study. *PLoS One.* 2021;16(3):e0249119. doi:10.1371/journal.pone.0249119
43. Jung K, Giese-Kraft K, Schlenz MA, Wostmann B, Ganss C. Digital plaque monitoring: An evaluation of different intraoral scanners. *J Dent.* Jun 2024;145:104978. doi:10.1016/j.jdent.2024.104978
44. Kuralt M, Gaspersic R, Fidler A. Methods and parameters for digital evaluation of gingival recession: A critical review. *J Dent.* Mar 2022;118:103793. doi:10.1016/j.jdent.2021.103793
45. Vinayahalingam S, Kempers S, Schoep J, et al. Intra-oral scan segmentation using deep learning. *BMC Oral Health.* Sep 5 2023;23(1):643. doi:10.1186/s12903-023-03362-8
46. Rekik A, Ben-Hamadou A, Smaoui O, Bouzguenda F, Pujades S, Boyer E. TSegLab: Multi-stage 3D dental scan segmentation and labeling. *Comput Biol Med.* Feb 2025;185:109535. doi:10.1016/j.compbimed.2024.109535
47. Wu TH, Lian C, Lee S, et al. Two-Stage Mesh Deep Learning for Automated Tooth Segmentation and Landmark Localization on 3D Intraoral Scans. *IEEE Trans Med Imaging.* Nov 2022;41(11):3158–3166. doi:10.1109/TMI.2022.3180343
48. Kuhnisch J, Aps JK, Splieth C, et al. ORCA-EFCD consensus report on clinical recommendation for caries diagnosis. Paper I: caries lesion detection and depth assessment. *Clin Oral Investig.* Mar 22 2024;28(4):227. doi:10.1007/s00784-024-05597-3
49. Schlenz MA, Schupp B, Schmidt A, et al. New Caries Diagnostic Tools in Intraoral Scanners: A Comparative In Vitro Study to Established Methods in Permanent and Primary Teeth. *Sensors (Basel).* Mar 10 2022;22(6)doi:10.3390/s22062156
50. Tabatabaian F, Beyabanaki E, Alirezaei P, Epakchi S. Visual and digital tooth shade selection methods, related effective factors and conditions, and their accuracy and precision: A literature review. *J Esthet Restor Dent.* Dec 2021;33(8):1084–1104. doi:10.1111/jerd.12816
51. Rutkunas V, Dirse J, Bilius V. Accuracy of an intraoral digital scanner in tooth color determination. *J Prosthet Dent.* Feb 2020;123(2):322–329. doi:10.1016/j.prosdent.2018.12.020
52. Ebeid K, Sabet A, El Sergany O, Della Bona A. Accuracy and repeatability of different intraoral instruments on shade determination compared to visual shade selection. *J Esthet Restor Dent.* Sep 2022;34(6):988–993. doi:10.1111/jerd.12884
53. Abu-Hossin S, Onbasi Y, Berger L, et al. Comparison of digital and visual tooth shade selection. *Clin Exp Dent Res.* Apr 2023;9(2):368–374. doi:10.1002/cre2.721
54. Liberato WF, Barreto IC, Costa PP, de Almeida CC, Pimentel W, Tiossi R. A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: A clinical study. *J Prosthet Dent.* Feb 2019;121(2):271–275. doi:10.1016/j.prosdent.2018.05.004

55. Hampe-Kautz V, Salehi A, Senger B, Etienne O. A comparative in vivo study of new shade matching procedures. *Int J Comput Dent*. 2020;23(4):317–323.
56. Akl MA, Mansour DE, Zheng F. The Role of Intraoral Scanners in the Shade Matching Process: A Systematic Review. *J Prosthodont*. Mar 2023;32(3):196–203. doi:10.1111/jopr.13576
57. Morsy N, El Kateb M. In vivo precision of digital static interocclusal registration for full arch and quadrant arch scans: a randomized controlled clinical trial. *BMC Oral Health*. Dec 1 2022;22(1):559. doi:10.1186/s12903-022-02612-5
58. Iwauchi Y, Tanaka S, Kamimura-Sugimura E, Baba K. Clinical evaluation of the precision of interocclusal registration by using digital and conventional techniques. *J Prosthet Dent*. Oct 2022;128(4):611–617. doi:10.1016/j.prosdent.2021.01.021
59. Jaschouz S, Mehl A. Reproducibility of habitual intercuspatation in vivo. *J Dent*. Feb 2014;42(2):210–8. doi:10.1016/j.jdent.2013.09.010
60. Chinam N, Bekkali M, Kallas M, Li J. Virtual occlusal records acquired by using intraoral scanners: A review of factors that influence maxillo-mandibular relationship accuracy. *J Prosthodont*. Dec 2023;32(S2):192–207. doi:10.1111/jopr.13787
61. Revilla-Leon M, Kois DE, Zeitler JM, Att W, Kois JC. An overview of the digital occlusion technologies: Intraoral scanners, jaw tracking systems, and computerized occlusal analysis devices. *J Esthet Restor Dent*. Jul 2023;35(5):735–744. doi:10.1111/jerd.13044
62. Revilla-Leon M, Barmak AB, Tohme H, Yilmaz B, Kois JC, Gomez-Polo M. Factors that influence the accuracy of maxillomandibular relationship at maximum intercuspatation acquired by using intraoral scanners: A systematic review. *J Dent*. Nov 2023;138:104718. doi:10.1016/j.jdent.2023.104718
63. Kordass B, Ruge S, Imhoff B, et al. Digital occlusion and occlusion analysis - a positioning Digitale. *Int J Comput Dent*. Mar 27 2025;0(0):0. doi:10.3290/j.ijcd.b6090944
64. Kordaß B Fau - Ruge S, Ruge S Fau - Imhoff B, Imhoff B Fau - Güth J-F, et al. - Digitale Okklusion und Okklusionsanalyse – Begriffsbestimmungen und Anforderungen FAU - Kordaß, Bernd.
65. DGFD, DGZMK. Instrumentelle zahnärztliche Funktionsanalyse und Kieferrelationsbestimmung, Langfassung, Version 2.0, 2022, AWMF-Registriernummer: 083-017. 2022. Accessed 14.05.2025.
66. Kihara H, Hatakeyama W, Komine F, et al. Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. *J Prosthodont Res*. Apr 2020;64(2):109–113. doi:10.1016/j.jpor.2019.07.010
67. Albanchez-Gonzalez MI, Brinkmann JC, Pelaez-Rico J, Lopez-Suarez C, Rodriguez-Alonso V, Suarez-Garcia MJ. Accuracy of Digital Dental Implants Impression Taking with Intraoral Scanners Compared with Conventional Impression Techniques: A Systematic Review of In Vitro Studies. *Int J Environ Res Public Health*. Feb 11 2022;19(4)doi:10.3390/ijerph19042026
68. Revilla-Leon M, Kois DE, Kois JC. A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans: Part 2-Patient factors. *J Esthet Restor Dent*. Jan 2023;35(1):241–249. doi:10.1111/jerd.12993
69. Alkadi L. A Comprehensive Review of Factors That Influence the Accuracy of Intraoral Scanners. *Diagnostics (Basel)*. Oct 24 2023;13(21)doi:10.3390/diagnostics13213291
70. Okamoto M, Tanabe N, Fukazawa S, Oyamada Y, Kondo H. Accuracy of optical interocclusal registration using an intraoral scanner. *J Prosthodont Res*. Oct 13 2023;67(4):619–625. doi:10.2186/jpr.JPR_D_22_00213
71. Müller N, Pröschel P. Kronenrand und parodontale Reaktion - Ergebnisse einer histopathologischen Studie an 368 Sektionspräparaten *Dtsch Zahnärztl Z*. 1994;49:30–36.
72. Silness J. Periodontal conditions in patients treated with dental bridges. 3. The relationship between the location of the crown margin and the periodontal condition. *J Periodontal Res*. 1970;5(3):225–9. doi:10.1111/j.1600-0765.1970.tb00721.x
73. Chiu A, Chen YW, Hayashi J, Sadr A. Accuracy of CAD/CAM Digital Impressions with Different Intraoral Scanner Parameters. *Sensors (Basel)*. Feb 20 2020;20(4)doi:10.3390/s20041157

74. Manisha J, Srivastava G, Das SS, Tabarak N, Choudhury GK. Accuracy of single-unit ceramic crown fabrication after digital versus conventional impressions: A systematic review and meta-analysis. *J Indian Prosthodont Soc.* Apr–Jun 2023;23(2):105–111. doi:10.4103/jips.jips_534_22
75. Tabesh M, Nejatidanesh F, Savabi G, Davoudi A, Savabi O. Marginal Accuracy of Lithium Disilicate Full-Coverage Single Crowns Made by Direct and Indirect Digital or Conventional Workflows: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Prosthodont.* Dec 2022;31(9):744–753. doi:10.1111/jopr.13515
76. Tabesh M, Nejatidanesh F, Savabi G, Davoudi A, Savabi O, Mirmohammadi H. Marginal adaptation of zirconia complete-coverage fixed dental restorations made from digital scans or conventional impressions: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent.* Apr 2021;125(4):603–610. doi:10.1016/j.prosdent.2020.01.035
77. Hasanzade M, Aminikhah M, Afrashtehfar KI, Alikhasi M. Marginal and internal adaptation of single crowns and fixed dental prostheses by using digital and conventional workflows: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent.* Sep 2021;126(3):360–368. doi:10.1016/j.prosdent.2020.07.007
78. Hasanzade M, Shirani M, Afrashtehfar KI, Naseri P, Alikhasi M. In Vivo and In Vitro Comparison of Internal and Marginal Fit of Digital and Conventional Impressions for Full-Coverage Fixed Restorations: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Evid Based Dent Pract.* Sep 2019;19(3):236–254. doi:10.1016/j.jebdp.2019.04.003
79. Ender A, Zimmermann M, Mehl A. Accuracy of complete- and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. *Int J Comput Dent.* 2019;22(1):11–19.
80. Passos L, Meiga S, Brigagao V, Street A. Impact of different scanning strategies on the accuracy of two current intraoral scanning systems in complete-arch impressions: an in vitro study. *Int J Comput Dent.* 2019;22(4):307–319.
81. Gavounelis NA, Gogola CC, Halazonetis DJ. The Effect of Scanning Strategy on Intraoral Scanner's Accuracy. *Dent J (Basel).* Jul 4 2022;10(7)doi:10.3390/dj10070123
82. Jennes ME, Soetebeer M, Beuer F. In vivo full-arch accuracy of intraoral scanners: a narrative review. *Int J Comput Dent.* Mar 24 2022;25(1):9–16.
83. Rutkunas V, Gedrimiene A, Mischitz I, Mijiritsky E, Huber S. EPA Consensus Project Paper: Accuracy of Photogrammetry Devices, Intraoral Scanners, and Conventional Techniques for the Full-Arch Implant Impressions: A Systematic Review. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* Jun 13 2023;doi:10.1922/EJPRD_2481Rutkunas12
84. Floriani F, Lopes GC, Cabrera A, et al. Linear Accuracy of Intraoral Scanners for Full-Arch Impressions of Implant-Supported Prostheses: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Eur J Dent.* Oct 2023;17(4):964–973. doi:10.1055/s-0042-1758798
85. Papaspyridakos P, Vazouras K, Chen YW, et al. Digital vs Conventional Implant Impressions: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Prosthodont.* Oct 2020;29(8):660–678. doi:10.1111/jopr.13211
86. Ma J, Zhang B, Song H, Wu D, Song T. Accuracy of digital implant impressions obtained using intraoral scanners: a systematic review and meta-analysis of in vivo studies. *Int J Implant Dent.* Dec 6 2023;9(1):48. doi:10.1186/s40729-023-00517-8
87. Schmidt A, Wostmann B, Schlenz MA. Accuracy of digital implant impressions in clinical studies: A systematic review. *Clin Oral Implants Res.* Jun 2022;33(6):573–585. doi:10.1111/clr.13951
88. Cai ZZ, Li X, Wu XY, Lai HC, Shi JY. Does intra-oral scan improve the impression accuracy of full-arch implant-supported prostheses: A systematic review and meta-analysis. *Clin Implant Dent Relat Res.* Oct 2024;26(5):847–861. doi:10.1111/cid.13321
89. Rutkunas V, Auskalnis L, Pletkus J. Intraoral scanners in implant prosthodontics. A narrative review. *J Dent.* Sep 2024;148:105152. doi:10.1016/j.jdent.2024.105152
90. Michelinakis G, Apostolakis D, Kamposiora P, Papavasiliou G, Ozcan M. The direct digital workflow in fixed implant prosthodontics: a narrative review. *BMC Oral Health.* Jan 21 2021;21(1):37. doi:10.1186/s12903-021-01398-2

91. Bandiaky ON, Le Bars P, Gaudin A, et al. Comparative assessment of complete-coverage, fixed tooth-supported prostheses fabricated from digital scans or conventional impressions: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*. Jan 2022;127(1):71–79. doi:10.1016/j.prosdent.2020.09.017
92. Gehrke P, Rashidpour M, Sader R, Weigl P. A systematic review of factors impacting intraoral scanning accuracy in implant dentistry with emphasis on scan bodies. *Int J Implant Dent*. May 1 2024;10(1):20. doi:10.1186/s40729-024-00543-0
93. Haghi HR, Ghanbarzadeh J, Kiamanesh E. A randomized clinical trial comparing the clinical fit and chairside adjustment time for implant-supported crowns fabricated by fully digital and partially digital techniques. *J Prosthet Dent*. May 2024;131(5):865–870. doi:10.1016/j.prosdent.2022.02.024
94. Lee SJ, Jamjoom FZ, Le T, Radics A, Gallucci GO. A clinical study comparing digital scanning and conventional impression making for implant-supported prostheses: A crossover clinical trial. *J Prosthet Dent*. Jul 2022;128(1):42–48. doi:10.1016/j.prosdent.2020.12.043
95. Hanozin B, Li Manni L, Lecloux G, Bacevic M, Lambert F. Digital vs. conventional workflow for one-abutment one-time immediate restoration in the esthetic zone: a randomized controlled trial. *Int J Implant Dent*. Feb 7 2022;8(1):7. doi:10.1186/s40729-022-00406-6
96. Graf T, Guth JF, Diegritz C, Liebermann A, Schweiger J, Schubert O. Efficiency of occlusal and interproximal adjustments in CAD-CAM manufactured single implant crowns - cast-free vs 3D printed cast-based. *J Adv Prosthodont*. Dec 2021;13(6):351–360. doi:10.4047/jap.2021.13.6.351
97. Carneiro Pereira AL, Souza Curinga MR, Melo Segundo HV, da Fonte Porto Carreiro A. Factors that influence the accuracy of intraoral scanning of total edentulous arches rehabilitated with multiple implants: A systematic review. *J Prosthet Dent*. Jun 2023;129(6):855–862. doi:10.1016/j.prosdent.2021.09.001
98. Revilla-Leon M, Lanis A, Yilmaz B, Kois JC, Gallucci GO. Intraoral digital implant scans: Parameters to improve accuracy. *J Prosthodont*. Dec 2023;32(S2):150–164. doi:10.1111/jopr.13749
99. Keul C, Guth JF. Influence of intraoral conditions on the accuracy of full-arch scans by Cerec Primescan AC: an in vitro and in vivo comparison. *Int J Comput Dent*. Mar 24 2022;25(1):17–25.
100. Keul C, Guth JF. Accuracy of full-arch digital impressions: an in vitro and in vivo comparison. *Clin Oral Investig*. Feb 2020;24(2):735–745. doi:10.1007/s00784-019-02965-2
101. Elashry WY, Elsheikh MM, Elsheikh AM. Evaluation of the accuracy of conventional and digital implant impression techniques in bilateral distal extension cases: a randomized clinical trial. *BMC Oral Health*. Jul 5 2024;24(1):764. doi:10.1186/s12903-024-04495-0
102. Sanda M, Miyoshi K, Baba K. Trueness and precision of digital implant impressions by intraoral scanners: a literature review. *Int J Implant Dent*. Jul 27 2021;7(1):97. doi:10.1186/s40729-021-00352-9
103. Karasan D, Sailer I, Lee H, Demir F, Zarauz C, Akca K. Occlusal adjustment of 3-unit tooth-supported fixed dental prostheses fabricated with complete-digital and -analog workflows: A crossover clinical trial. *J Dent*. Jan 2023;128:104365. doi:10.1016/j.jdent.2022.104365
104. Flugge T, van der Meer WJ, Gonzalez BG, Vach K, Wismeijer D, Wang P. The accuracy of different dental impression techniques for implant-supported dental prostheses: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*. Oct 2018;29 Suppl 16:374–392. doi:10.1111/clr.13273
105. Pospiech P. Pospiech P, ed. *Die prophylaktisch orientierte Versorgung mit Teilprothesen*. Georg Thieme Verlag KG; 2002. <http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/book/10.1055/b-002-6258>
106. Fueki K, Inamochi Y, Wada J, et al. A systematic review of digital removable partial dentures. Part I: Clinical evidence, digital impression, and maxillomandibular relationship record. *J Prosthodont Res*. Jan 11 2022;66(1):40–52. doi:10.2186/jpr.JPR_D_20_00116
107. Carneiro Pereira AL, Bezerra de Medeiros AK, de Sousa Santos K, Oliveira de Almeida E, Seabra Barbosa GA, da Fonte Porto Carreiro A. Accuracy of CAD-CAM systems for removable partial denture framework fabrication: A systematic review. *J Prosthet Dent*. Feb 2021;125(2):241–248. doi:10.1016/j.prosdent.2020.01.003

108. Srivastava G, Padhiary SK, Mohanty N, Molinero-Mourelle P, Chebib N. Accuracy of Intraoral Scanner for Recording Completely Edentulous Arches-A Systematic Review. *Dent J (Basel)*. Oct 18 2023;11(10)doi:10.3390/dj11100241
109. Wang Y, Li Y, Liang S, et al. The Accuracy of Intraoral Scan in Obtaining Digital Impressions of Edentulous Arches: A Systematic Review. *J Evid Based Dent Pract*. Mar 2024;24(1):101933. doi:10.1016/j.jebdp.2023.101933
110. Thu KM, Molinero-Mourelle P, Yeung AWK, Abou-Ayash S, Lam WYH. Which clinical and laboratory procedures should be used to fabricate digital complete dentures? A systematic review. *J Prosthet Dent*. Nov 2024;132(5):922–938. doi:10.1016/j.prosdent.2023.07.027
111. Knechtle N, Wiedemeier D, Mehl A, Ender A. Accuracy of digital complete-arch, multi-implant scans made in the edentulous jaw with gingival movement simulation: An in vitro study. *J Prosthet Dent*. Sep 2022;128(3):468–478. doi:10.1016/j.prosdent.2020.12.037
112. Joensahakij N, Serichetaphongse P, Chengprapakorn W. The accuracy of conventional versus digital (intraoral scanner or photogrammetry) impression techniques in full-arch implant-supported prostheses: a systematic review. *Evid Based Dent*. Dec 2024;25(4):216–217. doi:10.1038/s41432-024-01045-z
113. Kontis P, Guth JF, Schubert O, Keul C. Accuracy of intraoral scans of edentulous jaws with different generations of intraoral scanners compared to laboratory scans. *J Adv Prosthodont*. Oct 2021;13(5):316–326. doi:10.4047/jap.2021.13.5.316
114. Rasaie V, Abduo J. Current techniques for digital complete denture fabrication. *Int J Comput Dent*. Jul 19 2022;25(2):181–199.
115. Graf T, Schweiger J, Goob J, Stimmelmayer M, Lente I, Schubert O. Dimensional reliability in CAD/CAM production of complete denture bases: A comparative study of milling and various 3D printing technologies. *Dent Mater J*. Sep 28 2024;43(5):629–636. doi:10.4012/dmj.2023-215
116. DGFD, DGZMK. Okklusionsschienen zur Behandlung craniomandibulärer Dysfunktionen und zur präprothetischen Therapie“, 2024, Version 1.0, AWMF-Registriernummer: 083-051. 2024. Accessed 14.05.2025.
117. DGZS, DGZMK. Die Unterkieferprotrusionsschiene (UPS): Anwendung in der zahnärztlichen Schlafmedizin beim Erwachsenen“, Langfassung 2021, Version 1.0, AWMF-Registriernummer: 083-045. 2021. Accessed 14.05.2025.
118. Lepidi L, Galli M, Mastrangelo F, et al. Virtual Articulators and Virtual Mounting Procedures: Where Do We Stand? *J Prosthodont*. Jan 2021;30(1):24–35. doi:10.1111/jopr.13240
119. Rauch A, Schmutzler A, Butz M, Weber B, Hahnel S, Schierz O. Digital workflow in oral splint manufacturing. *Int J Comput Dent*. Oct 15 2024;27(3):293–304. doi:10.3290/j.ijcd.b4174223
120. Dedem P, Turp JC. Digital Michigan splint - from intraoral scanning to plasterless manufacturing. *Int J Comput Dent*. 2016;19(1):63–76.
121. Blasi A, Henarejos-Domingo V, Palacios-Banuelos R, Aparicio C, Roig M. Comparison accuracy of digital and analog method using milled occlusal splints. *J Esthet Restor Dent*. Oct 2023;35(7):1103–1112. doi:10.1111/jerd.13039
122. Salmi M, Paloheimo KS, Tuomi J, Ingman T, Makitie A. A digital process for additive manufacturing of occlusal splints: a clinical pilot study. *J R Soc Interface*. Jul 6 2013;10(84):20130203. doi:10.1098/rsif.2013.0203
123. Berntsen C, Kleven M, Heian M, Hjortsjo C. Clinical comparison of conventional and additive manufactured stabilization splints. *Acta Biomater Odontol Scand*. 2018;4(1):81–89. doi:10.1080/23337931.2018.1497491
124. Bosoni C, Nieri M, Franceschi D, Souki BQ, Franchi L, Giuntini V. Comparison between digital and conventional impression techniques in children on preference, time and comfort: A crossover randomized controlled trial. *Orthod Craniofac Res*. Nov 2023;26(4):585–590. doi:10.1111/ocr.12648
125. Thawri SR, Paul P, Reche A, Rathi HP. 3D Technology Used for Precision in Orthodontics. *Cureus*. Oct 2023;15(10):e47170. doi:10.7759/cureus.47170

126. Şen S, Puchert K, Töckelt Ö. Möglichkeiten der modernen Kieferorthopädie: Einsatzmöglichkeiten und Wirkungsweisen von CAD/CAM-Apparaturen anhand von vier Fallbeispielen. Possibilities of Modern Orthodontics: Possible Applications and Modes of Action of CAD/CAM Appliances based on Four Case Studies. *Informationen aus Orthodontie & Kieferorthopädie*. 2024/03/07 2024;56(01):23–31. doi:10.1055/a-2168-8908
127. Christopoulou I, Kaklamanos EG, Makrygiannakis MA, Bitsanis I, Perlea P, Tsolakis AI. Intraoral Scanners in Orthodontics: A Critical Review. *Int J Environ Res Public Health*. Jan 27 2022;19(3)doi:10.3390/ijerph19031407
128. Jedlinski M, Mazur M, Grocholewicz K, Janiszewska-Olszowska J. 3D Scanners in Orthodontics-Current Knowledge and Future Perspectives-A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. Jan 27 2021;18(3)doi:10.3390/ijerph18031121
129. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Diagnostic accuracy and measurement sensitivity of digital models for orthodontic purposes: A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. Feb 2016;149(2):161–70. doi:10.1016/j.ajodo.2015.06.029
130. Lee RJ, Weissheimer A, Pham J, et al. Three-dimensional monitoring of root movement during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. Jan 2015;147(1):132–42. doi:10.1016/j.ajodo.2014.10.010
131. Bock NC, Klaus K, Liebel MM, Ruf S, Wostmann B, Schlenz MA. What to Prefer in Patients with Multibracket Appliances? Digital vs. Conventional Full-Arch Impressions-A Reference Aid-Based In Vivo Study. *J Clin Med*. Apr 23 2023;12(9)doi:10.3390/jcm12093071
132. Schlenz MA, Klaus K, Schmidt A, et al. The transfer accuracy of digital and conventional full-arch impressions influenced by fixed orthodontic appliances: a reference aid-based in vitro study. *Clin Oral Investig*. Jan 2023;27(1):273–283. doi:10.1007/s00784-022-04721-5
133. Krey KF, Darkazanly N, Kuhnert R, Ruge S. 3D-printed orthodontic brackets - proof of concept. *Int J Comput Dent*. 2016;19(4):351–362.
134. Al Mortadi NA, Khasawneh L, Alzoubi KH. Manufacturing of PEEK orthodontic baseplate and 3D-printed alloy components from an intraoral scan. *Medicine (Baltimore)*. Apr 26 2024;103(17):e38004. doi:10.1097/MD.00000000000038004
135. Ratzmann A, Wessling M, Krey KF. Design, numerical simulation, and in vitro examination of a CAD/CAM-fabricated active orthodontic treatment element. *Int J Comput Dent*. May 26 2023;26(2):125–136. doi:10.3290/j.ijcd.b3759633
136. Al Mortadi N, Jones Q, Eggbeer D, Lewis J, Williams RJ. Fabrication of a resin appliance with alloy components using digital technology without an analog impression. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. Nov 2015;148(5):862–7. doi:10.1016/j.ajodo.2015.06.014
137. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. *Aust Dent J*. Mar 2017;62 Suppl 1:58–62. doi:10.1111/adj.12480
138. Sabbagh H, Khazaei Y, Baumert U, Hoffmann L, Wichelhaus A, Janjic Rankovic M. Bracket Transfer Accuracy with the Indirect Bonding Technique-A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med*. May 4 2022;11(9)doi:10.3390/jcm11092568
139. Czolgosz I, Cattaneo PM, Cornelis MA. Computer-aided indirect bonding versus traditional direct bonding of orthodontic brackets: bonding time, immediate bonding failures, and cost-minimization. A randomized controlled trial. *Eur J Orthod*. Apr 3 2021;43(2):144–151. doi:10.1093/ejo/cjaa045
140. Hoekstra-van Hout PMJ, Hoekstra JWM, Bruggink R, Bronkhorst EM, Ongkosuwito EM. Direct versus fully digital indirect bracket bonding: a split-mouth randomized clinical trial on accuracy. *Clin Oral Investig*. Sep 28 2024;28(10):557. doi:10.1007/s00784-024-05950-6
141. Bachour PC, Klabunde R, Grunheid T. Transfer accuracy of 3D-printed trays for indirect bonding of orthodontic brackets. *Angle Orthod*. May 1 2022;92(3):372–379. doi:10.2319/073021-596.1
142. Sabbagh H, Hoffmann L, Wichelhaus A, Kessler A. Influence of the design of 3D-printed indirect bonding trays and experience of the clinician on the accuracy of bracket placement. *J Orofac*

Orthop. Feb 27 2024;Einfluss des Designs von 3D-gedruckten Brackettransferschienen und der Berufserfahrung auf die Genauigkeit der indirekten Bracketplatzierung. doi:10.1007/s00056-024-00517-2

143. de Waard O, Baan F, Verhamme L, Breuning H, Kuijpers-Jagtman AM, Maal T. A novel method for fusion of intra-oral scans and cone-beam computed tomography scans for orthognathic surgery planning. *J Craniomaxillofac Surg.* Feb 2016;44(2):160–6. doi:10.1016/j.jcms.2015.11.017

144. Ho CT, Lin HH, Lo LJ. Intraoral Scanning and Setting Up the Digital Final Occlusion in Three-Dimensional Planning of Orthognathic Surgery: Its Comparison with the Dental Model Approach. *Plast Reconstr Surg.* May 2019;143(5):1027e–1036e. doi:10.1097/PRS.0000000000005556

145. Sykara M, Ntovas P, Markou N, Madianos P, Vassilopoulos S. Individualized digitally designed surgical template for guided soft tissue surgery in cases with severe gingival enlargement: A clinical application in hereditary gingival fibromatosis. *Int J Comput Dent.* Mar 26 2024;27(1):99–107. doi:10.3290/j.ijcd.b5004083

146. Xu Q, Bai X, Zhou X, Chen M, Li Y, Zhang T. Feasibility study of a novel digital template-guided flapless extraction for maxillary palatal impacted teeth. *Clin Oral Investig.* May 18 2024;28(6):325. doi:10.1007/s00784-024-05710-6

147. Valdec S, Schiefersteiner M, Rucker M, Stadlinger B. Guided biopsy of osseous pathologies in the jaw bone using a 3D-printed, tooth-supported drilling template. *Int J Oral Maxillofac Surg.* Aug 2019;48(8):1028–1031. doi:10.1016/j.ijom.2019.04.007

148. Sennimalai K, Selvaraj M, Siddiqui HP, Monga N, Sameemullah KH. Exploring the potential applications of intraoral scanners in the treatment of cleft lip and palate deformity-A scoping review of literature. *J World Fed Orthod.* Dec 2024;13(6):265–278. doi:10.1016/j.ejwf.2024.06.001

149. Unnikrishnan J, Etemad Shahidi Y, Bakr M, Love R, Idris G. Clinician- and Patient-Centred Outcomes of Digital Impressions in Infants with Cleft Lip and Palate: A Systematic Review. *Children (Basel).* Mar 13 2024;11(3)doi:10.3390/children11030343

150. Dalessandri D, Tonni I, Laffranchi L, et al. Evaluation of a Digital Protocol for Pre-Surgical Orthopedic Treatment of Cleft Lip and Palate in Newborn Patients: A Pilot Study. *Dent J (Basel).* Dec 9 2019;7(4)doi:10.3390/dj7040111

151. Leberfinger AN, Jones CM, Mackay DR, Samson TD, Henry CR, Ravnicek DJ. Computer-Aided Design and Manufacture of Intraoral Splints: A Potential Role in Cleft Care. *J Surg Res.* May 2021;261:173–178. doi:10.1016/j.jss.2020.11.085

152. Gong X, Dang R, Xu T, Yu Q, Zheng J. Full Digital Workflow of Nasoalveolar Molding Treatment in Infants With Cleft Lip and Palate. *J Craniofac Surg.* Mar/Apr 2020;31(2):367–371. doi:10.1097/SCS.0000000000006258

153. de Paris Matos T, Wambier LM, Favoreto MW, et al. Patient-related outcomes of conventional impression making versus intraoral scanning for prosthetic rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent.* Jul 2023;130(1):19–27. doi:10.1016/j.prosdent.2021.08.022

154. Manicone PF, De Angelis P, Rella E, Damis G, D'Addona A. Patient preference and clinical working time between digital scanning and conventional impression making for implant-supported prostheses: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent.* Oct 2022;128(4):589–596. doi:10.1016/j.prosdent.2020.11.042

155. de Oliveira NRC, Pigozzo MN, Sesma N, Lagana DC. Clinical efficiency and patient preference of digital and conventional workflow for single implant crowns using immediate and regular digital impression: A meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* Aug 2020;31(8):669–686. doi:10.1111/clr.13604

156. Mohammed Alassiry A. Clinical aspects of digital three-dimensional intraoral scanning in orthodontics - A systematic review. *Saudi Dent J.* Jul 2023;35(5):437–442. doi:10.1016/j.sdentj.2023.04.004

157. Serrano-Velasco D, Martin-Vacas A, Paz-Cortes MM, Giovannini G, Cintora-Lopez P, Aragonese JM. Intraoral scanners in children: evaluation of the patient perception, reliability and

reproducibility, and chairside time-A systematic review. *Front Pediatr.* 2023;11:1213072. doi:10.3389/fped.2023.1213072

158. Siqueira R, Galli M, Chen Z, et al. Intraoral scanning reduces procedure time and improves patient comfort in fixed prosthodontics and implant dentistry: a systematic review. *Clin Oral Investig.* Dec 2021;25(12):6517–6531. doi:10.1007/s00784-021-04157-3

159. Pullishery F, Huraib W, Alruhaymi AS, et al. Intraoral Scan Accuracy and Time Efficiency in Implant-Supported Fixed Partial Dentures: A Systematic Review. *Cureus.* Oct 2023;15(10):e48027. doi:10.7759/cureus.48027

Erstveröffentlichung: 2025/10/31

Nächste Überprüfung geplant: 2030/10/30

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**

Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online