

Die 21. Europäische Konsensuskonferenz (EuCC) des BDIZ EDI aktualisiert Praxisleitfaden zum digitalen Workflow

Digitale Implantologie im Wandel

Der digitale Workflow in der Zahnmedizin hat in den vergangenen zwei Jahren einen deutlichen Technologiesprung erlebt. Insbesondere die orale Implantologie ist davon betroffen. KI-gestützte Analyseverfahren, vernetzte Datenplattformen und hochpräzise CAD/CAM-Prozesse prägen heute einen Workflow, der schneller, sicherer und vorhersagbarer ist als je zuvor. Dies ist die Bilanz des 21. Experten Symposium des BDIZ EDI und zugleich der Europäischen Konsensuskonferenz (EuCC), die den Praxisleitfaden des BDIZ EDI aus dem Jahr 2024 aktualisiert hat.



Gleichzeitig stellen die Referenten und das international zusammengesetzte Gremium der EuCC fest, dass ein zentraler Grundsatz unverändert bleibt: Die klinische Verantwortung liegt weiterhin vollständig beim Behandler – auch wenn KI-Systeme immer leistungsfähiger werden.

Moderne Software erkennt anatomische Strukturen zuverlässiger, fusioniert Bilddaten präziser und unterstützt die Implantatpositionierung mit hoher Vorhersagbarkeit. Offene Schnittstellen und cloud-basierte Plattformen ermöglichen einen durchgängigen, medienbruchfreien Work-

flow zwischen Praxis, Labor und Industrie. Neue CAD/CAM-Systeme liefern Bohrschablonen, Provisorien und Suprastrukturen mit gesteigerter Passgenauigkeit und kürzeren Produktionszeiten. Guided Surgery und digitale Prothetik sind heute Standardbestandteile moderner Implantatbehandlung.

Trotz aller technologischen Fortschritte bleibt ein Punkt unverrückbar: KI ist ein Assistenzsystem, kein Entscheidungsträger. Die finale klinische Bewertung, die Indikationsstellung, die chirurgische Umsetzung und die therapeutische Verant-

wortung liegen weiterhin vollständig beim Behandler. KI-gestützte Tools liefern wertvolle Unterstützung, ersetzen aber weder fachliche Expertise noch ärztliche Sorgfaltspflicht.

Fazit

Die digitale Implantologie hat in den vergangenen zwei Jahren einen Reifegrad erreicht, der Präzision, Effizienz und Patientenerlebnis nachhaltig verbessert. Gleichzeitig bleibt die Rolle des Behandlers zentral: Moderne Technologien erweitern die Möglichkeiten, aber sie ersetzen nicht die klinische Verantwortung, Erfahrung und Entscheidungsfähigkeit des Menschen.

Bezug

Der Praxisleitfaden 2026: Der digitale Workflow in der oralen Implantologie wird allen Mitgliedern kostenfrei zugesandt. Er kann in deutscher und englischer Sprache im Onlineshop des BDIZ EDI unter www.bdizedi.org für 6,00 Euro zzgl. Versandkosten erworben werden.





European Association of Dental Implantologists

Bundesverband der implantologisch
tätigen Zahnärzte in Europa e.V.**Praxisleitfaden****2. Update: Der digitale Workflow in der oralen Implantologie****21. Europäische Konsensuskonferenz (EuCC) 2026 in Köln**

14. Februar 2026

Autoren:

Christian Berger
 Prof. Dr. H.-J. Nickenig M.Sc.
 Univ.-Prof. Dr. Dr. Joachim E. Zöller
 Univ.-Prof. Dr. Daniel Edelhoff

Teilnehmer:

Dr. E. Anitua (Spanien)
 Ch. Berger (Deutschland)
 Univ.-Prof. Dr. Dr. F. Beuer (Deutschland)
 Prof. Dr. R. Celic (Kroatien)
 Dr. E. Çerekja (Albanien)
 Dr. E. O'Connell (Großbritannien)
 Univ.-Prof. Dr. D. Edelhoff (Deutschland)
 Dr. Th. Fortin (Frankreich)
 Dr. V. Gowd (Indien)
 Univ.-Prof. Dr. Dr. P. Kämmerer, MA FEBOMFS (Deutschland)
 Dr. F. Kasapi (Nordmazedonien)
 Prof. Dr. K. Krasny (Polen)
 Prof. Dr. P. Kobler (Kroatien)
 Prof. Dr. Dr. Dr. V. Konstantinović (Serbien)
 Univ.-Prof. Dr. K. Nagy (Ungarn)
 Prof. Dr. H.-J. Nickenig (Deutschland)
 Dr. B. Singh (Nepal)
 Prof. Dr. H. Özyuvacı (Türkei)
 Univ.-Prof. Dr. Dr. R. Smeets (Deutschland)
 Prof. Dr. R. Smucler (Tschechische Republik)
 Dr. Dr. M. Tröltzsch (Deutschland)
 Dr. J. W. Vaartjes (Niederlande)
 Dr. G. Werling (Deutschland)
 Prof. Dr. A. Wojtowicz (Polen)

Präambel

Durch die rasanten Weiterentwicklungen im Bereich des digitalen Workflows (insbesondere im Bereich der CAD/CAM-gestützten Suprakonstruktionen) erfolgt ein erneutes Update des EuCC-Praxisleitfadens 2024.

Inhalt

1	Methodik
2	Problemstellung
3	Digitale Diagnostik
4	Digitale Abformung und Bildgebung
5	CAD/CAM-gestützte Transplantationstechniken
6	3D-basierte, geführte Implantatpositionierung
7	Digitale Laborverfahren
8	Künstliche Intelligenz (KI) in der oralen Implantologie
9	Zusammenfassung
10	Literatur



European Association of Dental Implantologists

Bundesverband der implantologisch
tätigen Zahnärzte in Europa e.V.**Praxisleitfaden****2. Update: Der digitale Workflow in der oralen Implantologie****1 Methodik****1.1 Zielsetzung**

Der vorliegende Praxisleitfaden soll dem implantologisch tätigen Zahnarzt/Arzt Empfehlungen die Hand geben, um die Indikationen (und evtl. Indikationseinschränkungen) einer möglichen Verwendung eines digitalen Workflows zutreffend einschätzen zu können.

1.2 Einleitung

Das vorliegende Konsensuspapier deckt die verschiedenen digitalen Verfahren zur Diagnose, chirurgischen Vorbereitung, digitalen Implantatplanung und prothetischen Rehabilitation ab, wie sie in Übereinstimmung mit den Empfehlungen der Europäischen Konsensuskonferenz Implantologie (EuCC, Köln, 14. Februar 2026), typischerweise verwendet werden.

Alle hier konsentierten Aussagen können nur Richtwerte sein. Die individuelle Patientensituation ist stets maßgeblich zu beachten und kann Abweichungen von den in diesem Konsensuspapier getroffenen Feststellungen begründen.

1.3 Hintergrund

Digitale Verfahren zur Verbesserung oder Vereinfachung des implantatprothetischen Workflows werden für verschiedene Behandlungsschritte vorgestellt. Um ein annehmbares Behandlungsergebnis zu gewährleisten, muss für jede Indikation die richtige digitale Vorgehensweise gewählt werden.

1.4 Literaturrecherche

Es wurden die Literaturlieferantenbanken Cochrane Library, EMBASE, DIMDI und Medline für eine systematische Suche nach in letzter Zeit veröffentlichten Daten zum digitalen Workflow und direkt verwandten Themen herangezogen. Die Suchstrategie beinhaltete ausgewählte Suchbegriffe wie *digital, implant, CAD/CAM, grafting, guided surgery, abutment, superstructure, surgical guide, printing, AI*. Die Sichtung der aufgefundenen Literaturstellen erfolgte anhand der Abstracts. Nicht relevante Literaturstellen wurden zu diesem Zeitpunkt identifiziert und ausgeschlossen. Literaturstellen mit einem (möglichen) inhaltlichen Bezug wurden als Volltext beschafft. Zum Thema liegen mehrere Review-Arbeiten, Metaanalysen und randomisierte klinische Studien (Randomised Controlled Trials) und andere prospektive oder retrospektive systematische klinische Studien vor.

1.5 Verfahren zur Erstellung der Leitlinien der Konsensuskonferenz

Als Grundlage diente das Update 2024 des EuCC-Praxisleitfadens. Dieses wurde nach Aktualisierung – insbesondere des Punktes „7. Digitale Laborverfahren“ – von den Mitgliedern der EuCC geprüft und diskutiert. Interdisziplinäre Abteilung für Orale Chirurgie und Implantologie und Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Köln. Dieser Erstentwurf wurde sodann von den versammelten Mitgliedern der EuCC geprüft und diskutiert, und zwar entsprechend des folgenden Ablaufplans:

- Durchsicht des Erstentwurfs
- Registrierung von Alternativvorschlägen
- Abstimmung der Empfehlungen und Empfehlungsgrade
- Diskussion der nicht konsensfähigen Punkte
- Endgültige Abstimmung



European Association of Dental Implantologists

Bundesverband der implantologisch
tätigen Zahnärzte in Europa e.V.**Praxisleitfaden****2. Update: Der digitale Workflow in der oralen Implantologie****2 Problemstellung**

Verschiedene Phasen komplexer implantatprothetischer Behandlungen können mit Unterstützung der Digitaltechnik ausgeführt werden. In ausgewählten Fällen zielt man heute sogar darauf ab, durch einen vollständig digitalen Workflow die Behandlungseffizienz und die Behandlungsergebnisse zu verbessern [34, 35]. Hierfür gibt es verschiedene Ansätze, aber deren Innovationszyklen und die spezifischen Ergebnisse sollten im Interesse einer komplikationsfreien Anwendung in der täglichen Praxis unbedingt berücksichtigt werden.

3 Digitale Diagnostik**3.1 Einleitung**

Die implantologische Standarddiagnostik stützt sich nach wie vor auf referenzierte Panorama-Röntgenaufnahmen (Kugelmessaufnahmen), die aber in Bezug auf die Messgenauigkeit und die Möglichkeit, das zur Verfügung stehende Knochenangebot zu ermitteln, gewissen Einschränkungen unterliegen [26, 81]. Morphologische Studien zeigen, dass die 3D-Diagnostik im Vergleich eine exakte Vermessung des Knochenlagers in allen Kieferregionen ermöglicht. 3D-Diagnostik stellt zudem die Voraussetzung zur Umsetzung der prothetischen Zielsetzung mittels chirurgisch geführter (navigierter) Verfahren dar [61, 62].

3.2 Digitale Volumentomografie (DVT)

Der Einsatz von 3D-Daten auf Basis der Kegelstrahl-Computertomografie, also der digitalen Volumentomografie (DVT), liefert umfassendere Informationen und hilft dadurch, Probleme und Komplikationen zu vermeiden und eine detailliertere, verlässliche Diagnose zu stellen [21]. Zusätzlich zu den klassischen Indikationen der Kontrolle von Transplantationsverfahren oder der Beurteilung der individuellen Kiefermorphologie sind heute Verfahren wie z.B. die Sofortimplantation, die Sofortbelastung sowie Techniken zur exakten Umsetzung der prothetischen Zielsetzung hinzuzuzählen [63]. Aktuelle Geräte mit Niedrigdosisprotokoll ermöglichen eine Implantatplanung mit reduzierter Strahlendosis, ohne die Genauigkeit der geführten Implantation zu beeinträchtigen [71].

4 Digitale Abformung und Bildgebung

Auch andere als röntgentechnisch gewonnene digitale Daten leisten einen Beitrag zur Diagnosestellung in der zahnärztlichen Prothetik auf funktioneller und ästhetischer Grundlage.

4.1 Definition

Digitale Abformungen erfolgen als Chairside-Scans und liefern die Daten für Bohrschablonen, Meistermodelle und Implantataufbauten und Gingivaformer.

4.2 Aktuelle Beobachtungen

Digitale Abformungen und CAD/CAM-Verfahren sparen Zeit und sorgen für stabile und vorhersagbare Ergebnisse [103]. In Bezug auf die klinischen Ergebnisse gibt es keinen Unterschied zwischen der konventionellen und der digitalen Abformung, auch nicht in Fällen, in denen ein ganzer Kiefer abgeformt wird [25, 50]. Die Genauigkeit des Scannens des gesamten Kieferbogens mit dem Intraoralscanner unterscheidet sich je nach klinischem Szenario, wie z.B. den Scan-Strategien [49, 99].

Das digitale Scannen erwies sich für implantatgetragene Restaurationen als zeitsparend und einfach, z.B. aufgrund der Verwendung von Scanbodies [52]. Es wurden keine signifikanten Unterschiede im röntgenologisch gemessenem marginalen Knochenverlust zwischen Behandlungen mit digitalen Scans und solchen mit konventionellen Abformungen festgestellt [79].



European Association of Dental Implantologists

Bundesverband der implantologisch
tätigen Zahnärzte in Europa e.V.**Praxisleitfaden****2. Update: Der digitale Workflow in der oralen Implantologie**

Neue Technologien wie die Spektrophotogrammetrie könnten den Arbeitsablauf bei vollständig zahnlosen Patienten oder Patienten mit mehreren Implantaten erheblich verbessern [73].

Die Methode der Best-Fit-Algorithmusregistrierung erzielte im bezahnten Kieferbereichen bessere Richtigkeit und Präzision als die manuelle Punkt-zu-Punkt-Registrierung. Dabei wird die Genauigkeit der Registrierung zwischen digitalisierten okklusalen Oberflächenscans und digitalen Abgüssen sowohl von der Registrierungsmethode als auch von der Lage und Ausdehnung der edentulösen Bereiche beeinflusst [66].

4.3 Vermeidung von Komplikationen

- Das präzise Scannen eines ganzen Kieferbogens erfordert spezielle Scanstrategien.
- Die digitale Übertragung der Okklusionssituation und der Artikulation hat sich aber noch nicht für den klinischen Routineeinsatz etabliert.
- Es wurden signifikante Genauigkeitsunterschiede zwischen Intraoralscannern festgestellt, was eine individuelle Auswahl für die verschiedenen Behandlungsprotokolle erfordert [99].

5 CAD/CAM-gestützte Transplantationstechniken**5.1 Einleitung**

Zur Reduzierung der Entnahmemorbidität wurden in der Vergangenheit verschiedene Arten von allogenen oder xenogenen Blocktransplantaten vorgestellt [46]. Die erzielten Ergebnisse und die vorhandene Evidenz werden kontrovers diskutiert [7, 10]. Alternativ werden Titangitter verwendet, um das Transplantat zu stabilisieren, aber dies erfordert eine intensive intraoperative Anpassung an den Defekt. Individuelle, durch Kopierfräsen hergestellte Implantate und segmentierte DVT-Daten wurden schon früher vorgestellt, haben sich aber noch nicht für den klinischen Routineeinsatz etabliert [42, 78, 86].

5.2 Individuelle Knochenblöcke und Implantate

Um Ergebnisse zu verbessern und Arbeitsabläufe zu vereinfachen, wird der Einsatz von CAD/CAM-Technik und DVT zur individuellen Herstellung von Knochenblöcken, Titangittern und Implantaten empfohlen [12, 13, 47, 88].

Um das Ergebnis zu verbessern, werden derzeit verschiedene Techniken für 3D-gedruckte Gerüste mit der Option der Verwendung von Stammzellen oder BMP wissenschaftlich untersucht [12].

5.3 Aktuelle Beobachtungen

Berichte über entsprechende klinische Ergebnisse sind immer noch umstritten [24, 41].

Die Expositionsrate bei CAD/CAM-Titangittern ist geringer als bei der konventionellen Formgebung, aber es wurden immer noch hohe Raten von 31 % beobachtet [30, 106].

5.4 Vermeidung von Komplikationen

Für alle dargestellten Techniken ist ein spezielles Weichgewebemanagement erforderlich.

6 3D-basierte, geführte Implantatpositionierung**6.1 Einleitung**

Es gibt verschiedene Systeme für die geführte Chirurgie, die mit Führungsschablonen und Echtzeit-Navigation arbeiten [20, 58]. Die Genauigkeit der chirurgischen Schablonen unterscheidet sich nicht wesentlich von der dynamisch geführten Chirurgie [3, 53, 103]. Die Studien zur geführten Chirurgie zeigen, dass bei Einhalten des Protokolls, unter klinischen Bedingungen, mit einer Exaktheit von etwa 1 mm Positionsabweichung und ca. 5 Grad Winkelabweichung im Vergleich zur berechneten Idealpositionierung zu rechnen ist. Ergebnisse der Freihand-Implantatinserion sind demgegenüber nicht exakt vorhersagbar



European Association of Dental Implantologists

Bundesverband der implantologisch
tätigen Zahnärzte in Europa e.V.**Praxisleitfaden****2. Update: Der digitale Workflow in der oralen Implantologie**

37, 59, 60, 94]. Mindestabstände zu benachbarten Strukturen (z. B. N. alveolaris inferior, Nachbarzähne, Kieferhöhle) müssen eingehalten werden.

6.2 Abstützung von Führungsschablonen

Die Abstützung bzw. intraoperative Lagerung der Führungsschablonen kann unterschiedlich erfolgen. Neben der dentalen oder schleimhautgestützten Abstützung wird auch über Knochenabstützung oder Stabilisierungen über Hilfsimplantate oder Ankerstifte berichtet. Die klinischen Ergebnisse sind nahezu gleich günstig **[20, 60, 91]**.

6.3 Optimierung der prothetischen Zielsetzung

Das Matchen bzw. Registrieren von digitalen prothetischen Planungsdaten (z.B. Wax-up/Mock-up) oder dreidimensionalen Fotografien ist indiziert und führt über den 3D-basierten Workflow und 3D-Druck zu Führungsschablonen, die die exakte prothetische Zielsetzung beinhalten.

6.4 Unterstützung minimalinvasiver Verfahren

Aufgrund der digital erfassten, optimierten Planungsdaten in Kombination mit der Umsetzungsgenauigkeit einer geführten Chirurgie kann die Weichgewebemobilisierung zur Augmentation oder Implantation in vielen Fällen reduziert werden. Als Beispiele sind modifizierte Verfahren zur externen Sinusbodenelevation oder dem Bone-Splitting zu nennen, bei denen die Weichgewebe des Restknochens belassen werden können **[64, 65]**.

Neue Technologien mit Augmented Reality-gestützter Navigation könnten eine bessere Genauigkeit bieten als herkömmliche Navigation und Freihandverfahren **[101, 102]**.

7 Digitale Laborverfahren**7.1 3D-Druck****7.1.1 Einleitung**

Für die Herstellung von Führungsschablonen, 3D-basierten Metallgerüsten, Healing-Abutments oder sekundären Keramik- oder Polymeraufbauten stehen verschiedene Druckverfahren zur Verfügung **[69]**.

7.2. CAD/CAM-gestützte Aufbauten und Suprakonstruktionen**7.2.1 Definition**

Es gibt mehrere CAD/CAM-Fertigungsverfahren, z.B. das Fräsen, das 3D-Drucken oder das Laserschmelzverfahren (SLM) **[38, 43]**. Sie erfordern sämtlich einen validierten Workflow **[90]**.

Untersuchungen zur Präzision von verschraubten CAD/CAM-Aufbauten zeigten eine höhere Präzision als bei herkömmlichen oder kopiergefrästen Aufbauten, wobei keine relevanten Unterschiede zwischen den verwendeten Materialien festgestellt wurden **[1, 22, 23, 39]**.

So liegen die Randpassungen von Zwischenkronen und von implantatgetragenen Gerüsten, die additiv oder subtraktiv hergestellt wurden, im klinisch akzeptablen Bereich **[22, 56, 95]**. Gleichwohl konnte eine Studie mittels Mikro-Computertomografie zeigen, dass Kronenrestaurierungen, die mit verschiedenen 3D-Druckern hergestellt wurden, erhebliche Unterschiede in der Passform aufwiesen **[11, 27]**.

Ein neu formuliertes 3D-Druckharz zeigte allerdings eine geringere volumetrische Schrumpfung, eine hohe Genauigkeit und ausreichend mechanische Eigenschaften im Vergleich zu den kommerziell erhältlichen Harzmaterialien **[45]**.



European Association of Dental Implantologists

Bundesverband der implantologisch
tätigen Zahnärzte in Europa e.V.**Praxisleitfaden****2. Update: Der digitale Workflow in der oralen Implantologie**

Dabei zeigte sich auch, dass die Art der Oberflächenbehandlung bei allen CAD/CAM-Fertigungsverfahren eine Auswirkung auf die Rauheit, Transluzenz und Färbung hatte [8, 14, 62, 84, 85, 100].

Belege für die mechanischen Eigenschaften dreidimensionaler (3D) gedruckter und computergestützter Konstruktions- sowie computergestützter Fertigungsmaterialien (CAD/CAM) sind begrenzt [107]. Eine in-vitro-Studie konnte zeigen, dass die Herstellungsmethode die mechanischen Eigenschaften beeinflussen kann. So wiesen die 3D-gedruckten Materialien geringere mechanische Eigenschaften auf als gefräste Materialien, obwohl das Thermocycling alle Materialien negativ beeinflusste [75]. Andererseits konnte auch gezeigt werden, dass das 3D-gedruckte Harz-Kronenmaterial weniger antagonistischen Zahnschmelz-Verschleiß als Lithiumdisilikat auslöste [17].

Es gibt Anzeichen dafür, dass Harzverbundblöcke die Biofilmbildung reduzieren können [36].

In jüngster Zeit wurde auch über Fortschritte im Metall-3D-Druck berichtet, der aber noch keine klinische Relevanz besitzt [82].

7.2.2 Aktuelle Beobachtungen

Die verfügbaren Daten suggerieren vielversprechende Ergebnisse für die CAD/CAM-gefertigten implantatgetragenen Restaurationen. So zeigte eine 6-monatige Nachbeobachtungsstudie von implantatgestützten monolithischen Rehabilitationen mit festen Prothesen nach dem All-on-4-Konzept und einem vollständigen digitalen Workflow-Protokoll, dass dies bereits eine praktikable Option darstellt [19, 68]. Die aktuelle Evidenz ist jedoch aufgrund der Qualität der verfügbaren Studien und Fehlen klinischer Langzeitdaten (fünf Jahre oder mehr) nur begrenzt [32, 69].

7.2.3 Vermeidung von Komplikationen

- Bei der Verwendung von CAD/CAM ist es empfehlenswert, einem validierten Workflow zu folgen.
- Wenn ein Schritt im Workflow geändert wird, ist es empfehlenswert, den kompletten Workflow erneut zu validieren.
- Aufgrund der Flexibilität des Unterkiefers sollten für die Rekonstruktion des gesamten Kiefers edelmetallfreie Gerüste verwendet werden. Für die keramische Verblendung sollte eine hochelastische Legierung verwendet werden.

8 Künstliche Intelligenz (KI) in der oralen Implantologie**8.1 Einleitung**

Eine wachsende Zahl von Studien setzt Deep Learning in der oralen Implantologie ein, vor allem bei der digitalen radiologischen Bildgebung [6]. KI-Modelle, die Panorama- und periapikale Röntgenaufnahmen verwenden, können Implantatsysteme genau identifizieren und kategorisieren oder Veränderungen des marginalen Knochenniveaus erkennen [5, 18]. Segmentierungsverfahren für anatomische Strukturen werden durch KI-Unterstützung verbessert [2].

8.2 Aktuelle Beobachtungen

Neue Algorithmen können kritische Strukturen wie den Kanal des N. alveolaris inferior und den verfügbaren Knochen für die KI-Implantatplanung bestimmen [6]. Ein Zusatznutzen gegenüber konventionellen Ansätzen ist nicht bewiesen [54].

8.3 Komplikationen vermeiden

Die klinische Verantwortung liegt letztendlich beim Oralchirurgen. Alle KI-gestützten Prozesse müssen überwacht und gegebenenfalls korrigiert werden.



European Association of Dental Implantologists

Bundesverband der implantologisch
tätigen Zahnärzte in Europa e.V.

Praxisleitfaden

2. Update: Der digitale Workflow in der oralen Implantologie

9 Zusammenfassung

Die digitalen Technologien verbessern sich in der Implantologie mit guten klinischen Ergebnissen und Verbesserungen bei den patientenbezogenen Ergebnissen (PROMs). Die spezifischen Parameter für die einzelnen Arbeitsabläufe müssen vom Behandler berücksichtigt werden.

Köln, 14. Februar 2026

Christian Berger
Präsident

Prof. Dr. H.J. Nickenig
Uniklinik Köln – Orale Chirurgie
und Implantologie

Univ.-Prof. Dr. Dr. Joachim E. Zöller
Vizepräsident

Literatur

