

19. Europäische Konsensuskonferenz (EuCC) aktualisiert Papier des Jahres 2017

Praxisleitfaden 2024: Der digitale Workflow in der oralen Implantologie

Die 19. Europäische Konsensuskonferenz (EuCC) unter Federführung des BDIZ EDI liefert die inzwischen zweite Aktualisierung des Praxisleitfadens zum digitalen Workflow. Der neue zwölfseitige Praxisleitfaden soll implantologisch tätigen Zahnärztinnen und Zahnärzten als Empfehlung dienen, die Indikationen oder Indikationseinschränkungen beim digitalen Workflow zutreffend einschätzen zu können. Aussagen zur künstlichen Intelligenz (KI) sind neu integriert.

Die internationale 19-köpfige Expertenrunde der Europäischen Konsensuskonferenz, moderiert von Prof. Dr. Jörg Neugebauer, beleuchtete in ihrer Vorgehensweise Schritt für Schritt die verschiedenen Phasen komplexer implantatprothetischer Behandlungen, die mit Unterstützung der Digitaltechnik ausgeführt werden können. Sie stellte dabei die verschiedenen digitalen Verfahren zur Diagnose, chirurgischen Vorbereitung, digitalen Implantatplanung und prothetischen Rehabilitation auf den Prüfstand. Im Einzelnen behandelt wurden:

- die digitale Diagnostik,
- digitale Abformung und Bildgebung,
- CAD/CAM-gestützte Transplantationstechniken,
- digital gesteuerte Implantatpositionierung,
- digitale Laborverfahren und
- künstliche Intelligenz (KI) in der Oralen Implantologie.

Die Schlussfolgerungen der EuCC: 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.



Bezug

Der zwölfseitige Praxisleitfaden 2024 kann als Broschüre mit umfangreichem Literaturverzeichnis in deutscher bzw. englischer Sprache zum Preis von 4,50 Euro (inkl. MwSt., zzgl. Versandkosten) im Online-Shop des BDIZ EDI bestellt werden. Mitglieder erhalten den Leitfaden kostenfrei mit dem nächsten Rundschreiben.



European Association of Dental Implantologists

Bundesverband der implantologisch
tätigen Zahnärzte in Europa e.V.

Praxisleitfaden

2024

Update: Der digitale Workflow in der Oralen Implantologie

19. Europäische Konsensuskonferenz (EuCC) 2024 in Köln

29. Januar 2024, 18:30–20:30 Uhr (online)

Autoren: Prof. Dr. Jörg Neugebauer
Prof. Dr. Hans-Joachim Nickenig M.Sc.
Prof. Dr. Dr. Joachim E. Zöller

Vorsitzender: Prof. Dr. J. Neugebauer (Deutschland)
Teilnehmer: Ch. Berger (Deutschland)
Dr. E. Çerekja (Albanien)
Prof. Dr. D. Edelhoff (Deutschland)
Dr. Vikas Gowd (Indien)
Dr. F. Kasapi (Nordmazedonien)
Prof. Dr. P. Kobler (Kroatien)
Prof. Dr. Dr. V. Konstantinović (Serbien)
Dr. V. Knorr (Deutschland)
Prof. Dr. K. Krasny (Polen)
Dr. S. Liepe (Deutschland)
Dr. W. Neumann (Deutschland)
Prof. Dr. H.J. Nickenig (Deutschland)
Prof. Dr. H. Özyuvacı (Türkei)
Dr. B. Singh (Nepal)
W. Tomkiewicz (Polen)
Dr. Dr. M. Tröltzsch (Deutschland)
Dr. J. W. Vaartjes (Niederlande)
Prof. Dr. A. Wojtowicz (Polen)

Inhalt

| | | |
|----|---|---------|
| 1 | Methodik | Seite 2 |
| 2 | Problemstellung | Seite 3 |
| 3 | Digitale Diagnostik | Seite 3 |
| 4 | Digitale Abformung und Bildgebung | Seite 3 |
| 5 | CAD/CAM-gestützte Augmentationstechniken | Seite 4 |
| 6 | Digital gesteuerte Implantatpositionierung | Seite 4 |
| 7 | Digitale Laborverfahren | Seite 5 |
| 8 | Künstliche Intelligenz (KI) in der oralen Implantologie | Seite 6 |
| 9 | Zusammenfassung | Seite 7 |
| 10 | Literatur | Seite 7 |



European Association of Dental Implantologists

Bundesverband der implantologisch
tätigen Zahnärzte in Europa e.V.

Praxisleitfaden 2024

Update: Der digitale Workflow in der oralen Implantologie

1 Methodik

1.1 Zielsetzung

Der vorliegende Praxisleitfaden soll dem implantologisch tätigen Zahnarzt/Arzt Empfehlungen an 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, 10. Februar 2024), 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 jüngster 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

Ein Erstentwurf als Diskussionsgrundlage für die EuCC wurde erarbeitet von Prof. Dr. Jörg Neugebauer, Steinbeis-Hochschule Magdeburg, und Prof. Dr. Hans-Joachim Nickenig, M.Sc., 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 dem folgenden Ablaufplan:

- 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****2024****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[27, 28]. 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 Routinediagnostik stützt sich nach wie vor auf Panorama-Röntgenaufnahmen, die aber in Bezug auf die Messgenauigkeit und die Möglichkeit, das zur Verfügung stehende Knochenangebot (vor allem im oberen Seitenzahnbereich) zu ermitteln, gewissen Einschränkungen unterliegen[21, 62]. Aufgrund der Invasivität ionisierender Strahlung sollte über die Anwendung der 3D-Diagnostik individuell entschieden werden[36].

3.2 Digitale Volumetomografie (DVT)

Der adjuvante Einsatz von 3D-Daten auf Basis der Kegelstrahl-Computertomografie, also der digitalen Volumetomografie (DVT), liefert umfassendere Informationen und hilft dadurch, Probleme zu vermeiden und eine detailliertere Diagnose zu stellen[16]. Verschiedene Indikationen für die Sofortimplantation, die Kontrolle von Augmentationsverfahren und die anatomische Beurteilung sind nachgewiesen[52]. Technische Parameter des Scans wie die Voxelgröße hängen vom verwendeten Gerät ab und bewirken Abweichungen auf subklinischem Niveau, die die nachfolgenden Prozessschritte beeinflussen könnten[69]. Modernste Geräte mit Niedrigdosisprotokoll ermöglichen eine Implantatplanung mit reduzierter Strahlendosis, ohne die Genauigkeit der geführten Implantation zu beeinträchtigen[53].

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 Implantat-Suprakonstruktionen.

4.2 Aktuelle Beobachtungen

Digitale Abformungen und CAD/CAM-Verfahren sparen Zeit und sorgen für stabile und vorhersagbare Ergebnisse[78]. 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[20, 41]. Die Genauigkeit des Scannens des gesamten Kieferbogens mit dem Intraoralscanner unterscheidet sich je nach klinischem Szenario, wie z. B. den Scan-Strategien[40, 75]. Das digitale Scannen erwies sich für implantatgetragene Restaurationen als zeitsparender und bequemer als die konventionelle Abformung[43]. Es wurden keine signifikanten Unterschiede im röntgenologisch gemessenen marginalen Knochenverlust zwischen Behandlungen mit digitalen Scans und solchen mit konventionellen Abformungen festgestellt[60]. Neue Technologien wie die Spektrophotogrammetrie könnten den Arbeitsablauf bei vollständig zahnlosen Patienten oder Patienten mit mehreren Implantaten erheblich verbessern[55].



European Association of Dental Implantologists

Bundesverband der implantologisch
tätigen Zahnärzte in Europa e.V.

Praxisleitfaden

Update: Der digitale Workflow in der oralen Implantologie

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[75].

5 CAD/CAM-gestützte Transplantationstechniken

5.1 Einleitung

Zur Reduzierung der Entnahmemorbidität wurden in der Vergangenheit verschiedene Arten von allogenen oder xenogenen Blocktransplantaten vorgestellt[32]. Die erzielten Ergebnisse und die vorhandene Evidenz werden kontrovers diskutiert[7, 9]. Alternativ werden Titangitter verwendet, um das Transplantat zu stabilisieren, aber dies erfordert eine intensive intraoperative Anpassung an den Defekt. Individuelle, durch Kopierfräsen oder segmentierte DVT-Daten hergestellte Implantate wurden schon früher vorgestellt, haben sich aber noch nicht für den klinischen Routineeinsatz etabliert[34, 59, 64].

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, 38, 66].

Um das Ergebnis zu verbessern, werden derzeit verschiedene Techniken für 3D-gedruckte Gerüste mit der Option der Verwendung von Stammzellen oder BMP wissenschaftlich untersucht[10].

5.3 Aktuelle Beobachtungen

Berichte über entsprechende klinische Ergebnisse sind immer noch umstritten[19, 33].

Die Expositionsrate bei CAD/CAM-Titangittern ist geringer als bei der konventionellen Formgebung, aber es wurden immer noch hohe Raten von 31 % beobachtet[24, 81].

5.4 Vermeidung von Komplikationen

- Für 3D-gedruckte Titangitter ist ein spezielles Weichgewebemanagement erforderlich.

6 Digital gesteuerte Implantatpositionierung

6.1 Einleitung

Es gibt verschiedene Systeme für die geführte Chirurgie, die mit Bohrschablonen und Echtzeit-Navigation arbeiten[15, 48]. Die Genauigkeit der chirurgischen Schablonen unterscheidet sich nicht wesentlich von der dynamisch geführten Chirurgie[3, 44]. Außerdem kann die computergestützte Chirurgie eine genaue Implantatplatzierung fördern und postoperative Beschwerden verringern[78]. Mit Bohrschablonen lassen sich vergleichsweise besser reproduzierbare und genauere Ergebnisse erzielen als mit einer freihändigen Insertion[29, 49, 50, 70].

6.2 Aktuelle Beobachtungen

Die Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Implantatpositionen können bis zu etwa 1 mm krestal und etwa 2 mm apikal betragen, bei einer möglichen Winkelabweichung von etwa 5 Grad[15, 68]. Diese Ergebnisse wurden in randomisierten klinischen Studien bestätigt[74].

- Bohrschablonen für den zahnlosen Kiefer, die ausschließlich weichgewebegestützt sind, sind nicht minderwertig[73].



European Association of Dental Implantologists

Bundesverband der implantologisch
tätigen Zahnärzte in Europa e.V.

Praxisleitfaden

Update: Der digitale Workflow in der oralen Implantologie

- Knochengestützte Bohrschablonen weisen eine geringere Genauigkeit auf[15].
- Es wurde kein Unterschied zwischen geführter Chirurgie und Freihandchirurgie in Bezug auf Veränderungen des marginalen Knochenniveaus festgestellt[76, 79].

Die Lappentechnik und lappenlose Verfahren ergaben ähnliche Implantatüberlebensraten, aber erstere lieferte ein etwas besseres marginales Knochenniveau als lappenlose Verfahren[72].

Weitere Belege für klinisch relevante Ergebnisse in Bezug auf Wirksamkeit (Überleben und Erfolg des Implantats, prothetisch und biologisch korrekte Positionierung), Langzeitprognose und Kosten liegen derzeit kaum vor[63].

Lappenlose Verfahren zeigen weniger bukkale Knochenresorption bei Sofortimplantaten[42, 54].

Neue Technologien mit Augmented Reality-gestützter Navigation könnten eine bessere Genauigkeit bieten als herkömmliche Navigation und Freihandverfahren[76, 79].

6.3 Vermeidung von Komplikationen

- Es gibt größere Abweichungen bei längeren Implantaten und kürzeren Führungshülsen[67].
- Herkömmliche Schablonen oder Schablonen auf der Grundlage optischer Scans sind genauer als Schablonen auf der Grundlage von DVT-Daten[61].
- Im vollständig zahnlosen Kiefer erhöht eine Fixierung mit Mini-Implantaten oder Ankerschrauben die Genauigkeit[15].
- Masterhülsen-Systeme scheinen eine höhere Präzision zu bieten als Schlüsselsysteme[23].
- Die Patientenauswahl für bestimmte geführte Eingriffe erfordert gleichzeitig Erfahrung mit herkömmlichen Vorgehen, damit im Bedarfsfall hierauf zurückgegriffen werden kann.
- Minimalinvasive Therapien, wie die lappenlose Chirurgie, fordern für ein optimales Ergebnis eine spezielle Ausbildung[46, 73].
- Je nach individueller Behandler- oder Patientensituation können größere Abweichungen auftreten[11, 23, 57].
- Die Lernkurve für die geführte Chirurgie sollte zunächst einfachere Fälle umfassen.

7 Digitale Laborverfahren

7.1 Digitaldruck

7.1.1 Einleitung

Für die Herstellung von Bohrschablonen, Implantatanalogen, Metallgerüsten oder sekundären Keramik- oder Polymer-Suprakonstruktionen stehen verschiedene Druckverfahren zur Verfügung[56].

7.1.2 Aktuelle Beobachtungen

Damit gedruckte Implantatmodelle eine klinisch akzeptable Genauigkeit aufweisen, müssen verschiedene technische Parameter berücksichtigt werden[26]. Je nach Druckertechnologie kann sich die Genauigkeit bei Lagerung unter Lichteinfall ändern[80].

7.2 CAD/CAM-Aufbauten

7.2.1 Definition

Patientenindividuelle CAD/CAM-Aufbauten können direkt in der Praxis aus vorgefertigten Rohlingen oder in Fräszentren nach dem Original oder einer Kopie der Implantatschnittstelle hergestellt werden[30]. Daten zur relativen Präzision und Qualität der beiden Vorgehensweisen liegen nicht vor[37]. Vorgefräste Schnittstellen weisen eine höhere Genauigkeit auf als individuelle[4].



European Association of Dental Implantologists

Bundesverband der implantologisch
tätigen Zahnärzte in Europa e.V.

Praxisleitfaden

Update: Der digitale Workflow in der oralen Implantologie

7.2.2 Aktuelle Beobachtungen

Individuelle CAD/CAM-Aufbauten bieten viele Möglichkeiten der optimalen Gestaltung in Bezug auf biomechanische und Materialparameter. Individuelle CAD/CAM-Aufbauten garantieren nicht, dass keine subgingivalen Zementüberschüsse auftreten, doch wurde gezeigt, dass sich die Überschüsse bei der Kronenzementierung verringern[77].

Individuelle CAD/CAM-Aufbauten zeigten in einer multizentrischen prospektiven klinischen Studie nach einer zweijährigen Beobachtungszeit Vorteile in Hinsicht auf die Weichgewebestabilität[39]. Kontrovers diskutierte Daten zeigten keine Verbesserung des klinischen Erfolgs und keine gesteigerte Patientenzufriedenheit im Vergleich zu konfektionierten Zirkonoxidabutments[58, 65].

Besonderes Augenmerk sollte auf die Präzision der Implantats-Abutment-Schnittstelle gerichtet werden. Erste Untersuchungen in-vitro haben in Bezug auf die Passform auf dem Implantat keine Unterschiede zwischen konfektionierten und einteiligen CAD/CAM-Aufbauten aufgezeigt[8].

7.2.3 Vermeidung von Komplikationen

- Es muss noch immer darauf geachtet werden, nach der intraoralen Zementierung einer Krone alle Zementrückstände sorgfältig zu entfernen.
- Die Verwendung von kunststoffbasierten Adhäsiven in Kombination mit dem Sandstrahlen von Titanaufbauten und Zirkonoxidkappchen ergab eine stabile Retention von zweiteiligen CAD/CAM-Aufbauten[22].
- Verschraubte Aufbauten könnten vom biologischen Standpunkt aus gesehen günstiger sein, doch besteht die Gefahr von mechanischen Komplikationen.

7.3 CAD/CAM-gestützte Suprakonstruktionen

7.3.1 Definition

Es gibt mehrere CAD/CAM-Fertigungsverfahren, zum Beispiel das Fräsen oder das Laserschmelzverfahren (SLM)[30, 35]. Sie erfordern sämtlich einen validierten Workflow. Untersuchung 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, 17, 18, 31].

Die Randpassung implantatgetragener Gerüste, die additiv oder subtraktiv hergestellt wurden, liegt im klinisch akzeptablen Bereich[47, 71].

7.3.2 Aktuelle Beobachtungen

Die verfügbaren Daten suggerieren vielversprechende Ergebnisse für die CAD/CAM-gefertigten implantatgetragene Restaurationen. Die aktuelle Evidenz ist jedoch aufgrund der Qualität der verfügbaren Studien und Fehlen klinischer Langzeitdaten (fünf Jahre oder mehr) nur begrenzt[25, 51].

7.3.3 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.



European Association of Dental Implantologists

Bundesverband der implantologisch
tätigen Zahnärzte in Europa e.V.

Praxisleitfaden

Update: Der digitale Workflow in der oralen Implantologie

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 Knochniveaus erkennen[5, 14]. 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[45].

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, 10. Februar 2024

Prof. Dr. Dr. Joachim E. Zöller
Vizepräsident

Prof. Dr. Jörg Neugebauer
Vorsitzender des EuCC

10 Literatur

