

# Gold oder Keramik – Eine aktuelle Abwägung unter Berücksichtigung des digitalen Workflows anhand von 3 Patientenfällen

Michael Hohaus



## Indizes

Keramikrestorationen, Goldgusstechnik, CAD/CAM-Technik, gefräste Goldrestorationen, digitaler Workflow, analoger Workflow

## Zusammenfassung

Die digitale Technik ist in der Lage, komplexe Behandlungsfälle mit diversen angebotenen Materialien zu lösen. Sie bietet neben vergleichbarer Präzision vereinfachte und zeitsparende Abläufe in Praxis und Labor, dazu einen verbesserten Patientenkomfort. Die Integration in den Praxisablauf bedarf einer hohen Motivation und eines großen zeitlichen Aufwands für das gesamte Team. Die adhäsive Technik bietet die Möglichkeit einer minimal- oder noninvasiven Restauration ohne weiteren Zahnstrukturverlust für die Retention. Bei der Erneuerung defekter Restaurationen spielen der morphologische Aufbau der verlorenen Zahnschicht und der Schutz der restlichen, fragilen Strukturen eine entscheidende Rolle. Die materialspezifischen Eigenschaften, Mindestschichtstärken und Belastungen müssen beim Kavitätsdesign beachtet werden. Die Empfehlung über die Verwendung von Material – ob Gold, Keramik oder Komposit – und Technik – direkt oder indirekt – sollte sich an den Bedürfnissen und Notwendigkeiten des Patienten und dem Verlust an Zahnhartsubstanz orientieren. Eine Entscheidung darüber trifft der informierte Patient gemeinsam mit seinem Behandler.

Manuskriptingang: 31.01.2022, Manuskriptannahme: 14.03.2022

## Einleitung

Die adhäsive Technik hat die restaurative Zahnheilkunde ein erstes Mal revolutioniert, nun ist der digitale Workflow auf dem Weg, die nächste weitreichende Veränderung in der indirekten restaurativen Zahnheilkunde einzuleiten.

Die digitale Zahnheilkunde wird den analogen Arbeitsweg in vielen Bereichen nach und nach oder sogar sehr schnell ersetzen bzw. ergänzen. Zeitersparnis, Arbeitserleichterung, weniger Arbeitsschritte, vergleichbare oder bessere Präzision und Kostenreduktion in Praxis und Labor verbunden mit mehr Patientenkomfort sind die wesentlichen Triebfedern<sup>4,15</sup>. Die Integration einer neuen Technik bedeutet für das gesamte Team am Anfang einen großen Aufwand und bedarf einer hohen Motivation, nicht nur in

der Entscheidungsfindung, welches System das Richtige ist, sondern auch dabei, die internen Abläufe anzupassen. Ein kontinuierliches Training aller Beteiligten ist notwendig.

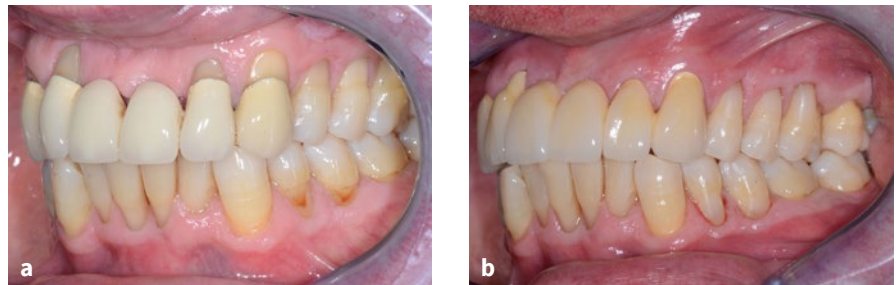
Die Entscheidungsfindung mit dem Patienten, mit welcher Technik – direkt oder indirekt – und mit welchem Material – z. B. diverse Komposite, Keramiken und auch Metalle – der Zahn versorgt werden soll, ist im Rahmen des Konzepts „Shared decision making“ eine weitreichende und häufig zeitaufwendige Abwägung vieler Faktoren<sup>27</sup>. Diese, die Entscheidungsfindung beeinflussende Faktoren können sein:

- Kostenaufwand,
- Strukturverlust des Zahns,
- Retention,
- Zugang,



**Abb. 1a bis c** Goldhämmerfüllung 03/1992, gelegt unter Kofferdam zum Austausch einer vorhandenen Amalgamfüllung (a); Goldhämmerfüllung bei der Kontrolle mit intakten gingivalen Strukturen (b); in situ 12/2022, nach ca. 30 Jahren unveränderter Randschluss und gingivale Struktur (c).

**Abb. 2a und b** Gingivale Rezessionen mit deutlichem Verlust von Zahnhartsubstanz (a); zirkonkeramische Restaurationen zum Ersatz der alten Verblend-Metall-Keramik (VMK)-Versorgungen an den Zähnen 13 bis 23 und additiver Kompositaufbau mithilfe adhäsiver noninvasiver Technik an den Zähnen 24 bis 26 und 34 sowie 35 (b).



- Befestigung,
- biologische/allergologische Kriterien,
- funktionelle Befunde,
- Restbezahnung,
- Compliance des Patienten und nicht zuletzt
- Möglichkeiten und Ausstattung des Behandlers<sup>22,29,30</sup>.

Die wesentlichen Entscheidungskriterien aus Sicht des Patienten sind vielfach die Langlebigkeit und Vorhersehbarkeit – neben den Kosten und der Ästhetik.

Heute gilt die Empfehlung einer defektbezogenen Restauration des Zahns. Bei kleinen Defekten und Erstversorgungen kariöser Läsionen bieten die minimalinvasiven Techniken mit Komposit viele Vorteile, gerade im Erhalt der gesunden Zahnstrukturen, und gute Überlebensraten<sup>29</sup>. Bei der Neuversorgung bereits vorhandener Restaurationen kann es allerdings durch den schon vorhandenen Strukturverlust zu anderen Entscheidungen kommen.

Die Goldhämmerfüllung ist aus allen Katalogen, nicht nur aus der GOZ, nahezu vollständig gestrichen, wobei diese eine exzellente Überlebensrate zeigt. Sie entspricht nicht in allen Bereichen heutigen ästhetischen Kriterien, allerdings unterliegt sie im Gegensatz zum Komposit nicht den Veränderungen von Alterung, Verfärbung und Randundichtigkeiten, die mit der Zeit die Ästhetik negativ beeinflussen.

Auf den Abbildungen 1a bis c wird eine 30-jährige Überlebensrate gezeigt, die gingivalen Strukturen sind gesund, die Füllung zu 100 % intakt.

Die Goldhämmerfüllung ist technik-, zeit- und kostenintensiv und durch die Notwendigkeit der retentiven Verankerung als Primärversorgung nur noch sehr selten indiziert, da mit der Adhäsivtechnik ohne weiteren Strukturverlust restauriert werden kann, wie dies in den Abbildungen 2a und b auch bei großen Zahnhalsdefekten gezeigt wird.

Nur eine geringe Zahl klinischer Studien erlaubt derzeit einen unmittelbaren Vergleich von direkten und indirekten Restaurationen<sup>19</sup>. Es werden jährliche Verlustraten bei (stress-)belasteten Kavitäten von 3 % bei Amalgam, 2,2 % bei direktem Komposit, 2,9 % bei indirektem Komposit-Inlays, 1,9 % bei keramischen Inlays, 1,7 % bei CAD/CAM-geschalteten keramischen Inlays und 1,4 % bei gegossenen Gold In- und Onlays berichtet. Neuere Studien zeigen tendenziell bessere Überlebensraten speziell bei den indirekten Restaurationen im Vergleich zu den direkten Techniken<sup>20</sup>. Die aktuellste Metaanalyse zeigt für direkte Kompositfüllungen eine Verlustrate von 1,46 % ( $\pm 1,74$  %) bei Kurzzeitstudien und 1,97 % ( $\pm 1,53$ ) bei Langzeitstudien<sup>3</sup>. Es besteht Bedarf an randomisierten, kontrollierten klinischen Studien, die einen unmittelbaren Vergleich zwischen direkt und indirekt hergestellten Restaurationen zulassen<sup>30</sup>.

Bei größeren Strukturverlusten, interdental tiefer Zerstörung mit ausgedehnten approximalen Defekten, Zahnfehlstellungen mit erschwertem Konturaufbau, endodontisch behandelten Zähnen und funktionell starken Belastungen haben die indirekten Restaurationen ihre Vorzüge in Bezug auf Konturierung, Belastbarkeit und Randschluss<sup>18</sup>.

Im Folgenden sollen die Materialien Keramik und Gold, ihre Anforderungen an Präparation und Befestigung, Vor- und Nachteile dargestellt, miteinander verglichen und der digitale Workflow auch für Goldrestaurationen an Patientenfällen dargestellt werden.

## Keramik vs. Gold

Kronen und Teilkronen müssen entsprechend der Befestigungsart präpariert werden. Soll mit herkömmlichen Zementen wie Zinkphosphatzement befestigt werden, bedarf es einer retentiven Präparationsform zur Verankerung. Die adhäsiven Techniken ermöglichen eine nichtretentive Präparation. Die konventionelle Befestigung stellt eine hohe Anforderung an eine retentive Verankerung; der Halt kann durch zusätzliche Retentionselemente, wie sie in der Technik nach Tucker beschrieben werden, verbessert werden<sup>1,37</sup>. Diese können als Kästen, Rillen, Stifte, Hohlkehlen und Mulden angelegt werden. Die Entscheidung richtet sich nach der Höhe und dem Durchmesser des Stumpfes, nach Präparationswinkel und Befestigungsmaterial<sup>1,34</sup>.

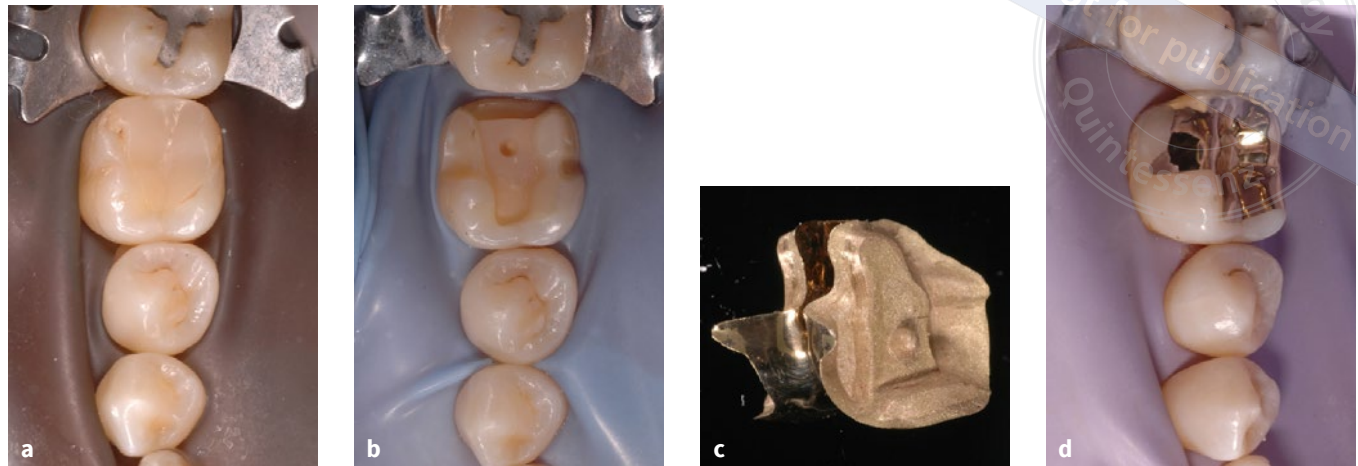
Goldgussrestaurationen sind klinisch bestens bewährt und weisen eine ausgezeichnete Langlebigkeit auf. Es sind jährliche Misserfolgsraten von deutlich unter 1 % erzielbar, die allerdings nicht allein im Material Gold begründet sind. Ebenso ausschlagend sind hierbei zum einen die individuellen Einstellungen des Behandlers zu Präzision und Qualität, sein Streben nach Exzellenz. Zum anderen ist es der Patient, der sich für dieses Material entscheidet. Er hat oftmals eine andere Erwartungshaltung an die Langlebigkeit und verhält sich dadurch anders in seiner Einstellung zur Pflege. Somit sollten Goldrestaurationen bei Patienten in Betracht gezogen werden, die sich mehr mit Langlebigkeit als mit Ästhetik befassen und bei denen die Platzierung einer konservativen Goldgussrestauration nicht zu einer unästhetischen Metalledarstellung führen würde<sup>7</sup>. Die Vorteile von Gold sind:

- Gold oxidiert nicht und verfärbt nicht den Zahn.
- Bruchgefährdete dünne Zahnstrukturen können geschützt werden, indem Sie dünn mit Gold gefasst werden. Selbst dünne Goldränder brechen nicht.

- Goldrestaurationen brechen nicht im dünnen Isthmus oder in anderen Arealen.
- Die Übergänge von Zahn zu Goldrestauration sind bei präziser Herstellungstechnik nahezu untastbar, somit weniger plaqueanhaftend und ein Beitrag für gesunde gingivale Strukturen.
- Approximale Kontakte werden in passender Höhe und Größe angelegt und poliert – zur einfachen Nutzung der Zahnseide.
- Gold kann zu einem höheren Grad poliert werden als andere Materialien.
- Goldrestaurationen können durch modifizierte 7/8-Kronenpräparationen den Zahn armieren und vor Frakturen schützen.
- Die Anatomie des Zahns kann präzise und dauerhaft wiederhergestellt werden.
- Die Abrasionswerte von Goldrestaurationen sind vergleichbar mit den Werten des natürlichen Zahns.
- Präzise passende Goldrestaurationen schützen den Zahn vor marginalem Microleakage und bakterieller Invasion in Abhängigkeit vom verwendeten Befestigungsmaterial.
- Gut passende Goldrestaurationen halten länger als andere Restaurationsmaterialien.
- Die sensorische Akzeptanz von Gold gibt der Zunge ein absolut glattes Gefühl.

Doch kein Material ist in der Lage, allen Ansprüchen und Situationen gerecht zu werden. Somit haben auch Goldrestaurationen ihre Nachteile:

- Die aufzuwendende Zeit, um einen Zahn mit Gold zu restaurieren, ist länger als bei anderen Materialien.
- Gold benötigt eine retentive Verankerung, was bei primären Defekten oftmals zu einer zusätzlichen Präparation von gesunden Zahnstrukturen führen kann.
- Eine Goldrestauration ist üblicherweise teurer als die meisten Alternativen.
- Goldrestaurationen sind technisch anspruchsvoll. Wenn die einzelnen Arbeitsschritte nicht sorgfältig und präzise durchgeführt werden, kann das Ergebnis frustrierender sein als bei anderen Materialien.
- Gold kann in manchen Bereichen im Mund ästhetisch nicht akzeptabel sein. Doch gibt es Präparationsweisen, die das Gold für den alltäglichen Betrachter in vielen Fällen unsichtbar machen, sodass es akzeptabel für viele Bereiche im Mund wird.
- Metalle – und dazu gehören auch die Edelmetalle wie Gold, Platin, Palladium und Titan – können im menschl-



**Abb. 3a bis d** Zahn 46 in situ mit unterminierender Versorgung der distalen Höcker mit distobukkaler Schmelzfraktur (a); retentive Präparation mit zusätzlichem bukkalem und lingualem „Bale“ und zentralem „Pothole“ (b); gegossene Goldrestauration mit scharfen Kanten, definierten Retentionsflächen und -winkeln sowie Stufe mit Abschrägung (c); fertige Restauration aktiv mit Zinkphosphatzement eingesetzt und hochglanzpoliert zur Optimierung des Randschlusses (d).

chen Organismus toxische, allergische und anderweitig entzündungsauslösende Wirkungen induzieren.

In der Technik nach Tucker werden hochgoldhaltige Legierungen verwendet, die eine gute Finierbarkeit, eine hohe Dehnbarkeit bei gleichzeitiger Zähigkeit und Feinkörnigkeit haben. Die in den Abbildungen 3 verwendete Legierung JRVT PF (Fa. Jenseidental, Metzgingen) hat einen Gold-Platin-Anteil von 78 %<sup>1</sup>.

## Keramik

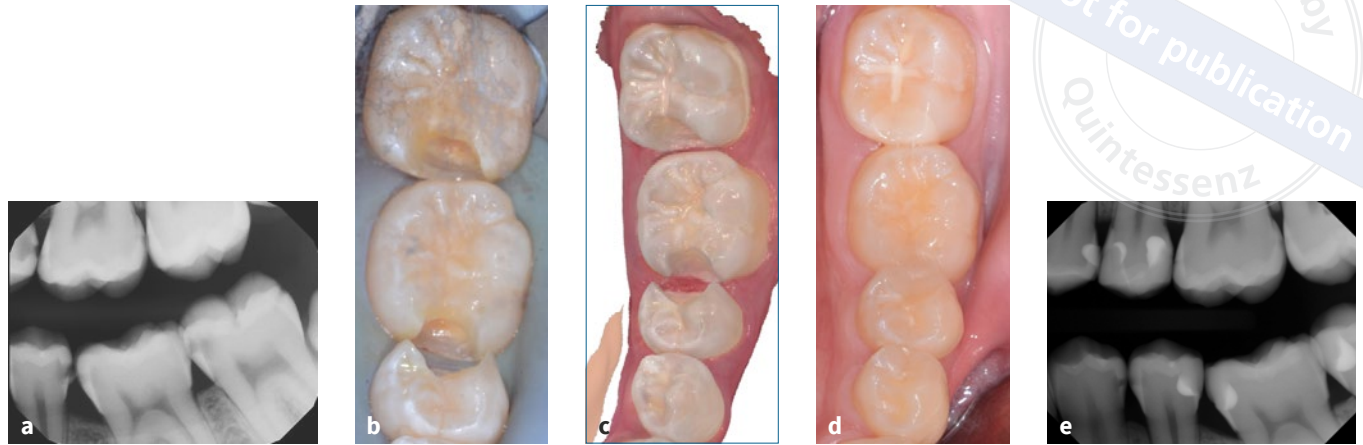
Bei korrekter Anwendung können die Überlebensraten adhäsiver vollkeramischer Teilrestorationen in den ersten 10 Jahren den konventionellen Gussrestorationen ebenbürtig sein<sup>14</sup>. Die Vorteile sind letztendlich in der Ästhetik, einem vermeidbarem Substanzverlust für eine zusätzliche retentive Verankerung und dem Vermeiden von metallischen Materialien in der Mundhöhle zu sehen. Bei der Präparation müssen die Mindestanforderungen für die Materialschichten eingehalten werden<sup>38</sup>.

Die Abbildungen 4a bis e zeigen die Primärrestauration einer approximalen Karies mit IPS e.max CAD-Inlays an den Zähnen 35 bis 37 und einer Kompositfüllung an Zahn 34 distal (vgl. Abb. 4d). Nach Exkavation wird mithilfe einer dentinadhäsiven Kompositunterfüllung die Ausdehnung der Inlay-Kavität möglichst klein gehalten. Aufgrund der breiten bukkolingualen kariösen Ausdehnung sowie der gegenüberliegenden Kavitäten an den Zähnen 36 und 37 wurde die Entscheidung für eine indirekte Versorgung getroffen.

Die zuverlässigere Konturierung der approximalen Kontaktpunkte und Leisten, die besseren physikalischen Eigenschaften und Oberflächen sowie der Wunsch des Patienten waren die weiteren Gründe für die indirekte Versorgungsform an den Zähnen 35 bis 37. Die Daten für die CAD/CAM-Fertigung wurden mit dem Intraoralscanner Trios 3 (Fa. 3Shape, Düsseldorf) erhoben. Die 2-Jahres-Kontrolle einschließlich eines Bissflügel-Röntgenbilds zeigt neben einem sehr guten Randschluss und einer guten Röntgenopazität der Unterfüllung zur Abgrenzung von Sekundärkaries eine erneute approximale kariöse Läsion an Zahn 34 distal. Diese konnte bei der sehr kleinen Kavität mit einer Kompositfüllung mit minimalinvasiv-direkter Technik versorgt werden.

Keramikrestorationen sind kontraindiziert bei Patienten mit klinisch relevanten Unverträglichkeiten gegenüber Inhaltsstoffen von Kompositen bzw. Adhäsiven. Allerdings bestehen noch viele offene Fragen<sup>30</sup>:

- Wie hoch ist das Risiko für das Überleben und den Erfolg vollkeramischer Restaurationen bei Patienten mit wahrscheinlichem Bruxismus wirklich?
- Wie stark beeinflusst die Wandstärke das Überleben und den Erfolg der verschiedenen keramischen Restaurationsmaterialien?
- Wie stark beeinflusst die Präparation das Überleben und den Erfolg der verschiedenen keramischen Restaurationen?
- Wie sehr unterscheiden sich die verschiedenen keramischen Werkstoffe in Bezug auf die Eignung für die verschiedenen Restaurationstypen?



**Abb. 4a bis e** Bissflügel-Röntgenbefund der approximalen Karies an den Zähnen 25, 35 distal und 36, 37 mesial (a); Präparation für Emax-Inlays unter Kofferdam, vor primärer dentinadhäsiver Aufbaufüllung (b); intraoraler Scan der Präparation mit Trios (Fa. 3shape, Düsseldorf; c); 2-Jahres-Kontrolle der Emax-Inlays und Kompositfüllung an Zahn 34 distal (d); Röntgenkontrolle der Emax-Inlays an den Zähnen 25, 35 bis 37 mit erkennbarer Approximalkaries distal an Zahn 34 (e). Die Versorgung ist auf Abb. 4d zu sehen.

## Kleben vs. zementieren

Vollkeramische Restaurationen müssen adhäsiv befestigt werden, Goldrestaurationen können bei Bedarf, z. B. bei nicht ausreichender Retention, adhäsiv befestigt werden. Im Regelfall werden die Goldrestaurationen konventionell z. B. mit Zinkphosphatzement aktiv zementiert. Die Entscheidung der Befestigungsart bei Goldrestaurationen kann anhand des Retentionsgrads der Restauration und mit Blick darauf getroffen werden, ob Komposite und Adhäsivsysteme in der Mundhöhle biologisch zu akzeptieren sind<sup>25</sup>. Bei tiefen approximalen Kavitäten besteht ein Problem darin, einen adäquaten Randschluss zu erzielen. Aus eigener Erfahrung stellt die Gestaltung der Präparationsform mit einer gleichmäßigen Stufe für eine keramische Restauration höhere Ansprüche an den Behandler, als die Stufe mit Abschrägung (Bevel) für Gold. Das Erzielen absoluter Trockenheit bei der adhäsiven Befestigung, das Entfernen des überschüssigen Befestigungsmaterials und die Kontrolle bei tiefen subgingivalen Kavitäten benötigt oftmals zusätzliche Techniken wie die chirurgische Kronenverlängerung und/oder die Kastenelevation. Sie können zu mehr Sicherheit und zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften der keramischen Versorgung führen<sup>11</sup> und die Entscheidung über die Restaurationsart beeinflussen.

## Digitaler vs. analoger Workflow

In vielen Praxen hat der digitale Workflow bereits Einzug gehalten. Mit den heute zur Verfügung stehenden Systeme-

men ist zumindest für Quadrantenversorgungen eine vergleichbare oder sogar bessere Qualität zu erzielen<sup>6,15,23,32,33</sup>. Neben den Vorteilen des Zeitgewinns in der Praxis und der Einsparung von vielen Arbeitsschritten im Labor ist gerade der Komfort für den Patienten ein entscheidender Vorteil. Der digitale Workflow ist auch bei Goldrestaurationen anwendbar<sup>16</sup>.

Im gesamten Arbeitsablauf ist zurzeit das 3-D-gedruckte Modell die qualitativ schwächste Komponente<sup>9</sup>. Da die Restauration am Computer anhand der intraoral gewonnenen Daten designt und nicht – wie im analogen Ablauf – auf dem Arbeitsmodell gefertigt wird, kann dieses Modell als Trägermodell für An- und Aufpassungen, z. B. bei approximalen und okklusalen Korrekturen, betrachtet werden. Damit kompromittiert die etwas geringere Präzision und Zeichnungsschärfe im Vergleich zu einem konventionellen Gipsmodell nicht das Endergebnis. Bisher kann nur in wenigen Fällen bei Einzelzahnrestaurationen auf ein Modell gänzlich verzichtet werden.

Die Frästechnik erlaubt es, hochpräzise Goldrestaurationen und Nichtedelmetalle aus einer industriell gefertigten und nicht im Labor gegossenen Legierung zu erstellen. Der Vorteil ist das homogene Metallgefüge, das die Korrosionsrisiken reduziert. Diese homogene Gefügestruktur ist bei der Gusstechnik nur durch präzises Einhalten der Temperaturführung während des Gusses zu erzielen. Auch das „Laser melting“-Verfahren kann diese homogene Metallstruktur bieten, aber zurzeit noch nicht in der Präzision überzeugen<sup>17</sup>.

## Fall 1 – Digitaler Workflow mit CAD/CAM-gefertigten keramischen IPS e.max-Restaurationen

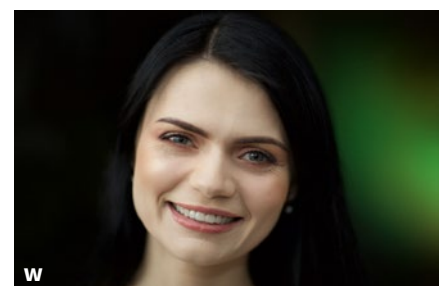
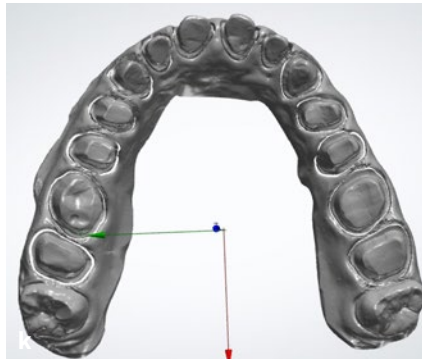
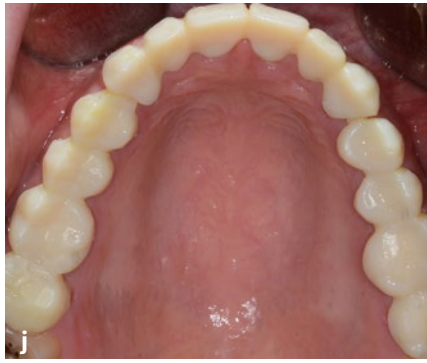
Der Fall 1 (Abb. 5a bis w) aus den Jahren 2015 bis 2017 stellt den digitalen Workflow einer komplexen Gesamtrehabilitation bei multiplen kariösen Defekten sowie starken Erosionen und Hypersensibilität mit erheblichem Zahnschmelzverlust bei einer 23-jährigen Patientin dar. Die Restaurationen wurden mit CAD/CAM-gefrästen IPS e.max-Restaurationen durchgeführt, die eine vergleichbare Qualität und bessere Belastbarkeit als IPS e.max Press bieten<sup>23,35</sup>.

Nach initialer Kariestherapie und Aufbauten wurde mithilfe eines analogen Set-ups (Abb. 5d) und Mock-ups (Abb. 5h) das zu erzielende ästhetische Ergebnis visualisiert und nach Präparation mithilfe digital erstellter therapeuti-

scher Behandlungsrestaurationen funktionell getestet (Abb. 5j). Die präparierten Zähne wurden mit dem Intraoralscanner iTero (Fa. Align Technology, Köln) digital aufgenommen, die Herstellung der e.max-Kronen erfolgte mit der Software Cares (Fa. Straumann, Freiburg i. Br.; Abb. 5k und l). Die Trägermodelle wurden unter Einsatz der Frästechnik (Fa. Straumann) erstellt (Abb. 5m bis o). Die Bisslage wurde digital registriert, indem das temporäre Frontzahnsegment in situ belassen wurde. Zur Überprüfung und Feinjustierung wurde zusätzlich mittels SAM Gesichtsbogen und Zentrikregistrat (Fa. SAM Präzisionstechnik, Gauting) analog übertragen. Nachdem die endgültigen Oberkieferrestaurationen eingebracht und die Unterkiefermolaren definitiv versorgt waren, wurde das Unterkiefersegment von Zahn 35 nach Zahn 45 mit IPS e.max CAD-Teilkronen und Veneers versorgt (Abb. 5p bis r).



**Abb. 5a bis w** Situation der starken bukkalen Erosionen (a und c), starken labialen Erosionen (b), kariösen Defekte im Unterkiefer (d), des stark komprimierten ästhetischen Erscheinungsbilds (e) sowie defekten Versorgungen, kariösen Defekte, palatinalen und okklusalen Erosionen im Oberkiefer (f). Set-up in Wachs (g), Mock-up zur ästhetischen Überprüfung der Lachlinie (h), Mock-up des Oberkiefers und bukkale Kompositrestaurationen im Unterkiefer (i), temporäre Behandlungsrestaurationen im Oberkiefer (j), Intraoralscan der Präparation des Oberkiefers mit der Software Cares (Fa. Straumann, Freiburg i. Br.; k), IPS e.max CAD-Restaurationen auf dem gefrästen Trägermodell (l), Präparation für die Unterkiefersteilkronen (m), gefrästes Trägermodell des Unterkiefers (n), IPS e.max CAD-Teilkronen für den Unterkiefer (o), IPS e.max CAD-Restaurationen im Unterkiefer (2-Monats-Kontrolle; p), IPS e.max CAD-Restaurationen im Oberkiefer (2-Monats-Kontrolle; q). Lateralansicht (2-Monats-Kontrolle; r), Frontalansicht (2-Monats-Kontrolle; s), Lateralansicht (2-Monats-Kontrolle; t), laterales (u) und frontales Lachen (v), En-face-Foto (w).



Die Abbildungen 5s bis w zeigen die Restaurationen 2 Monaten nach den Einsetzen und die ästhetisch ansprechende Gesamtrehabilitation. Der Workflow konnte bis

auf das analoge Set-up, das noch mit Wachs durchgeführt wurde, digital realisiert werden.

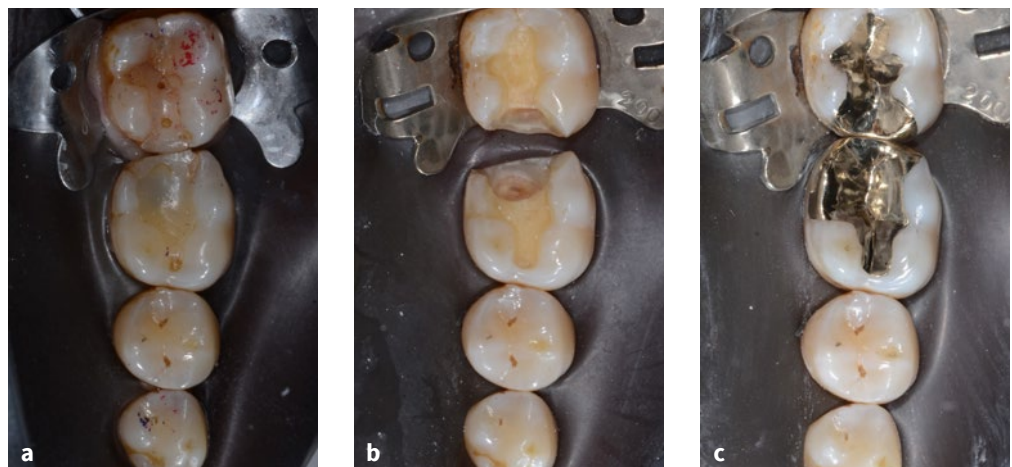
## Fall 2 – Analoger Workflow mit gegossenen Goldrestaurationen

Der 40-jährige, männliche Patient hatte eine lange Leidensgeschichte, verursacht durch immer wieder auftretende Sekundärkaries an Kompositrestaurationen. Nach 5 Wurzelbehandlungen (Abb. 6) und darauffolgenden Extraktionen wurden diese Zähne schrittweise mit Implantaten alio loco ersetzt. Zudem fanden sich starke Abrasionen durch Bruxismus. Die kranio-mandibuläre Dysfunktion (CMD) wurde mit einer Michigan-Schiene über die gesamte Behandlungszeit hinweg therapiert.

Der Patient definierte vor Behandlungsbeginn seinen Wunsch, nur mit Goldrestaurationen versorgt zu werden, da er über Jahrzehnte hinweg viele schlechte Erfah-

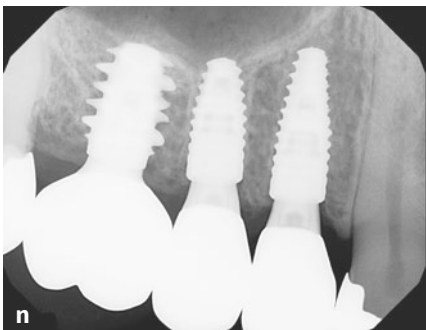
rungen mit Kompositmaterialien gemacht hatte. Das Material sollte eine Legierung mit einem möglichst hohen Anteil von Gold und Platin sein, um zum einen eine hohe Korrosionsbeständigkeit und zum anderen eine hohe Stabilität zu haben. Die verwendete Legierung Argenco 883 KF (Fa. Argen, Düsseldorf) besteht zu 88,3 % aus Gold und zu 8 % aus Platin<sup>22</sup>. Aus dem oben benannten Grund sollten die Goldrestaurationen mit Zinkphosphatzement eingesetzt werden. Die Abbildungen 7a bis c zeigen die Versorgung der Zähne 36 und 37 im Detail. Durch den Austausch der vorhandenen defekten Kompositfüllungen mussten keine weiteren erhaltungswürdigen Zahnstrukturen lediglich zur retentiven Verankerung der Goldrestauration geopfert werden. Der Patient wünschte ausdrücklich keine Kronen an den Zähnen 12 bis 21 und

**Abb. 6** Orthopantomogramm (OPG) vor Behandlungsbeginn, multiple Sekundärkaries und endodontisch behandelte Zähne vor Extraktion.



**Abb. 7a bis q** In-situ-Kompositfüllungen an den Zähnen 36 und 37 mit Sekundärkaries (a), retentive Präparation für Goldgussrestaurationen an 36 und 37 (b), mit Zinkphosphatzement eingesetzte und finierte Goldgussrestaurationen an 36 und 37 (c), Zwischenstand der okklusalen Restauration zur Sicherung der Bisslage im Oberkiefer, vor Freilegung der Implantate 15, 14, 22 und 25, defekte Kompositfüllungen und Abrasionen in der Oberkieferfront (d), Goldgussrestaurationen im Unterkiefer (e), Präparation der Zähne 12, 11 und 21 für Goldgussrestaurationen (f), palatinale Ansicht der eingesetzten Restaurationen (g), labiale Ansicht mit Kantenschutz (h), Abschlussbild Oberkieferrestaurationen (i), Abschlussbild Unterkieferrestaurationen (j), Restaurationen rechte laterale Ansicht (k), Restaurationen frontale Ansicht (l), Restaurationen linke laterale Ansicht (m), Röntgenkontrolle der Zähne 17 bis 13 (n), Röntgenkontrolle der Zähne 12 bis 22 (o) Röntgenkontrolle der Zähne 25 bis 27 (p).





keine Verblendungen an den Goldkronen (Abb. 7d bis m). Gesunde, reizlose gingivale Strukturen sind die Folge des präzisen Randschlusses und des hygienefähigen

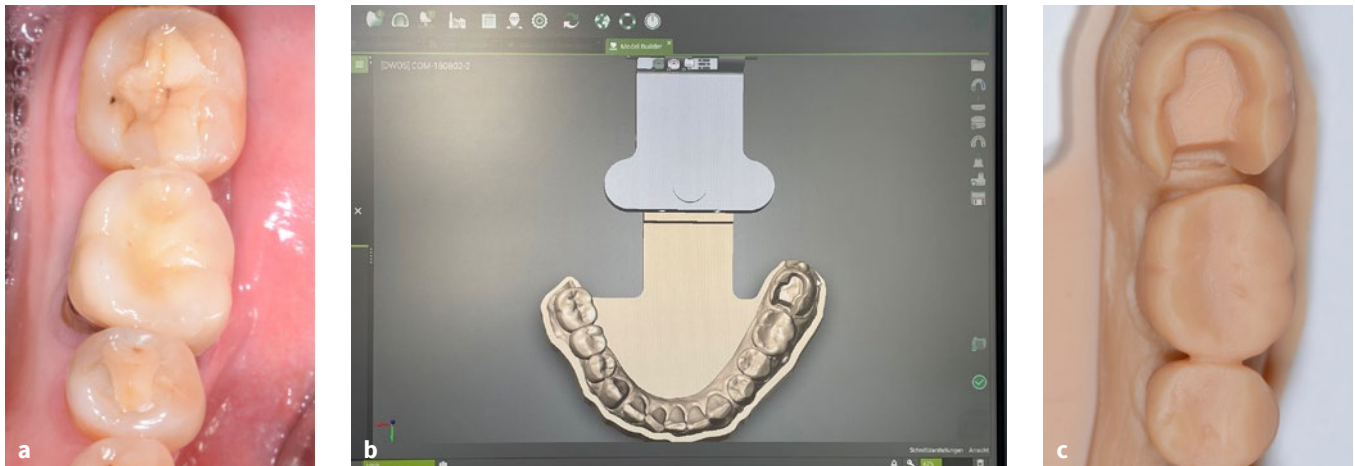
Konturaufbaus, den die Röntgenkontrolle der Implantatrestaurationen und der benachbarten Zähne zeigt (Abb. 7n bis p).

Dem kritischen Betrachter der Fotodokumentation wird auffallen, dass Zahn 23 einen Führungsaufbau der Abrasion erhielt, um ihn funktionell zu integrieren. Der Patient stimmte nur diesem adhäsiv befestigten, non-invasiven Aufbau zu, da durch eine retentiv präparierte Goldrestauration viel gesunde Zahnstruktur hätte geopfert werden müssen. Der Patient erhielt zum Abschluss der Behandlung eine Michigan-Schiene zum Schutz vor wahrscheinlichem Bruxismus.

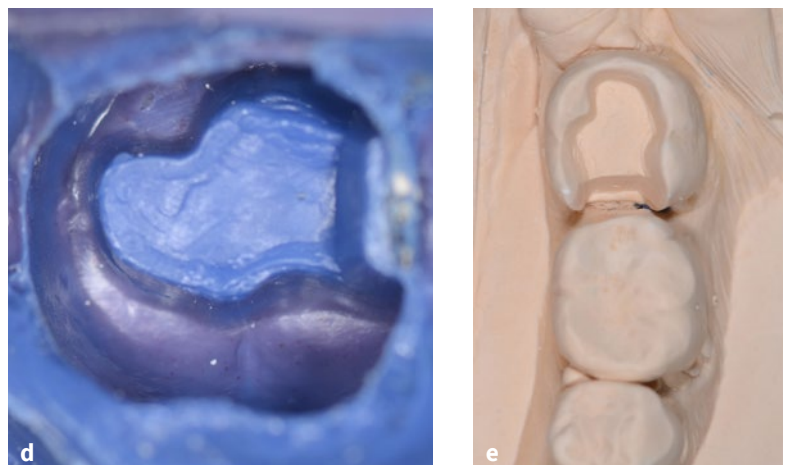
### Fall 3 – Digitaler Workflow mit gefrästen Goldrestorationen

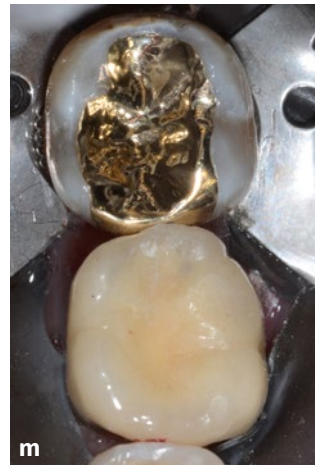
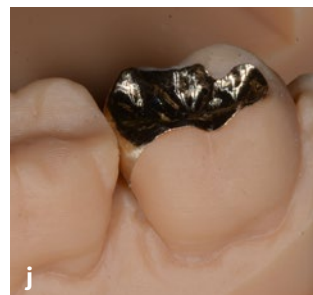
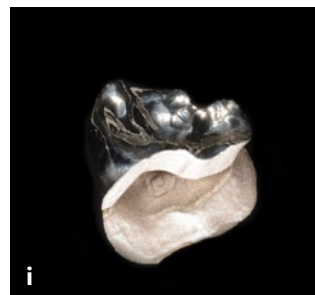
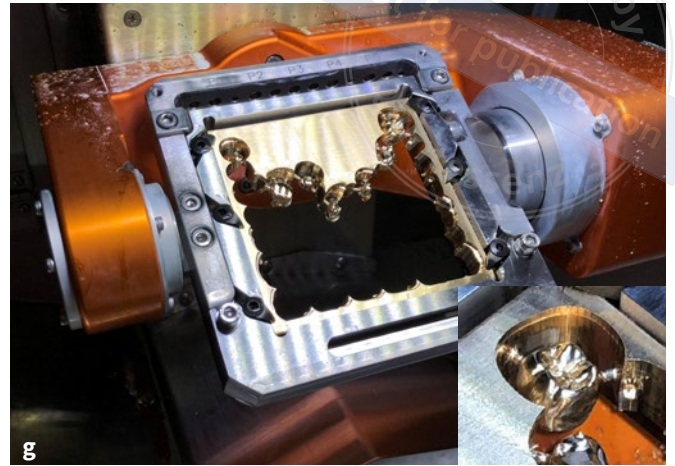
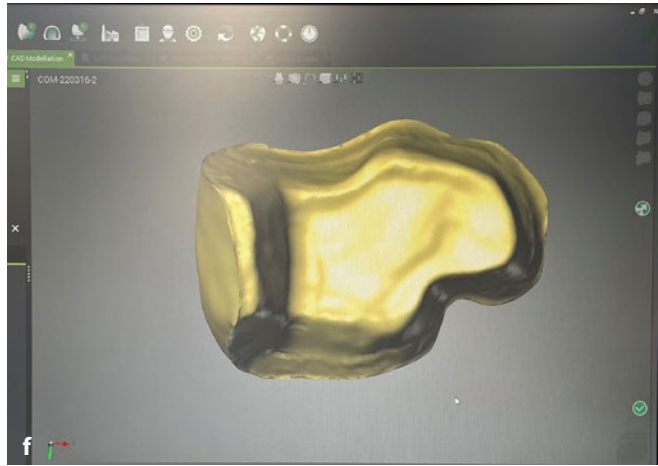
In diesem Fall musste eine 20 Jahre alte keramische Versorgung an Zahn 37 nach Fraktur der Keramik erneuert werden (Abb. 8a bis p). Die präparierte Kavität wurde mit dem Intraoralscanner Trios 3 digital aufgenommen. Die Modelle wurden mit Cares Modelbuilder (Fa. Straumann) designt (Abb. 8a) und mithilfe des 3-D-Drucks bei der

Fa. Dreve (Unna) erstellt (Abb. 8b). Zur Kontrolle der Präzision wurde zusätzlich ein Abdruck mit Impregum und Permadyne (Abb. 8c) genommen und ein konventionelles Gipsmodell mit Fujirock (Fa. GC, Bad Homburg) erstellt (Abb. 8d). Das Inlay wurde mit der Software Cares designt (Abb. 8e) und der Datensatz in das Argen-Fräszentrum versendet. Als einzige gelbe, hochgoldhaltige Legierung zum Fräsen steht Argenco Bio 2 zur Verfügung (Abb. 8f). Abbildung 8g zeigt das angelieferte Inlay, ohne jegliche Bearbeitung, Abbildung 8h zeigt das fertig ausgearbeitete und auf der Innenfläche gestrahlte Inlay. Es sind nur noch sehr wenige Arbeitsschritte notwendig: Reduzieren der Haltepinne, Aufpassen, Anpassen der Kontaktpunkte approximal und okklusal sowie Hochglanzpolitur. Der notwendige Zeiteinsatz beim Ausarbeiten der gefrästen Restauration ist im Vergleich zur Gusstechnik deutlich geringer. Die gefräste Restauration wurde auf der Innenfläche mit 50 µm Aluminiumoxyd gestrahlt und mit einem Metall-Primer beschichtet. Die Schmelzränder wurden selektiv geätzt, als



**Abb. 8a bis o** 20 Jahre altes, frakturiertes keramisches Inlay an Zahn 37 in situ (a), Darstellung des Intraoralscans der Präparation an Zahn 37 im Cares Modelbuilder (Fa. Straumann; b), gedrucktes Modell der Fa. Dreve (Unna; c), Permadyne/Impregum-Abdruck zur Kontrolle (d), Gipsmodell zur Kontrolle (e), designtes Inlay in der Cares-Software (f), Fräsmaschine mit Goldblank Argenco Bio 2 (Fa. Argen, Düsseldorf; g), angelieferte gefräste Goldrestauration mit Kennung (h), Goldrestauration nach Politur und Sandstrahlen (i), Überprüfung der Passung auf dem gedruckten Modell (j), Überprüfung der Passung auf dem Gipsmodell (k), Präparation für die Goldrestauration (l), adhäsiv eingesetzte gefräste Goldrestauration (m), Detailansicht der Passung (n), gefräste Goldrestauration nach Funktionskontrolle (o).





Bonding für den Zahn kam Scotchbond Universal (Fa. 3M, Neuss) zum Einsatz. Eingesetzt und dual gehärtet wurde die Restauration mit RelyX unicem 2 (Fa. 3M), wodurch eine deutlich höhere Retention gegenüber dem Zementieren mit Zinkphosphatzement erzielt werden kann<sup>25</sup>. Die Abbildungen 8i bis o zeigen die Präparation und die Präzision der eingesetzten Goldrestauration. Die Präzision der gefrästen Goldrestauration ist mit einer gegossenen Restauration vergleichbar oder dieser sogar überlegen, ein abgeschrägtes Design des Rands ist im Vergleich zu einer Stufe vorteilhaft<sup>16</sup>.

## Fazit

Heute stehen dem Behandler diverse Materialien und Techniken zur Verfügung: Gold, keramische oder Kompositrestauration, direkte oder indirekte Technik, analog oder digital. Die Entscheidungskriterien, die Behandler und Patient abzuwägen haben, sind vielfältig. Ausschlaggebend sind die mechanischen, biologischen und ästhetischen Eigenschaften des Materials und die Möglichkeit einer adäquaten, dauerhaften und stabilen Randgestaltung. Bei größerem Substanzverlust sind indirekte Gold- oder Keramikrestorationen die erste Wahl. In Bezug auf die Biokompatibilität sind beide Materialien hervorragend geeignet, die adhäsive Technik ermöglicht ein zahnschutzschonendes Vorgehen, da auf eine zusätzliche Retentionsform verzichtet werden kann. Beide Materialien können sehr gute Langzeitergebnisse vorweisen, allerdings zeigen Goldrestorationen immer noch eine tendenziell bessere Überlebensrate. Werte von 93,9 % nach einer Beobachtungszeit von  $18,8 \pm 5,7$  Jahren bei konventionell zementierten Teilkronen können erzielt werden<sup>25</sup>. Ob die Adhäsivtechnik mit seinen besseren Haftwerten allein auch in der Lage ist, einen Zahn dauerhaft zu stabilisieren, ist noch nicht endgültig bewiesen. Daher bietet hier die Teilkrone eine höhere, dauerhafte Sicherheit.

Durch eine entsprechende Präparationstechnik können Goldrestorationen in vielen Bereichen ästhetisch akzeptabel gestaltet werden. Der notwendige Verzicht auf Komposite und adhäsive Materialien bei tiefen approximalen Zerstörungen mit erschwerter Kontrolle der Feuchtigkeit und erhöhter Frakturgefahr einer keramischen Restauration können weitere Gründe für Goldrestorationen sein. Der digitale Workflow stellt eine neue Option auch bei der Anfertigung von Goldrestorationen dar. Damit sind die Prinzipien der digitalen Restauration, die für Keramikversorgungen schon seit längerer Zeit bekannt und etabliert sind, auch bei der Goldrestauration anwendbar. Die gefräste Goldrestauration bietet eine vergleichbare Präzision bei mehr Patientenkomfort und einer Reduzierung der benötigten Zeit und Arbeitsschritte sowohl in der Praxis als auch im

Labor. Bisher stehen zur Herstellung einer gefrästen Goldrestauration nur sehr wenige hochgoldhaltige, palladiumfreie Legierungen zur Verfügung. Sollen andere Legierungen verwendet werden – wie z. B. im gezeigten Fall 1, bei dem der Patient besonderen Wert auf einen maximalen Gold-Platin-Anteil in der Legierung legte – oder soll eine besonders duktile Legierung zum Einsatz kommen, um die „aktive Zementiertechnik“ nach Tucker anzuwenden, so muss auf die konventionelle, analoge Technik zurückgegriffen werden. Weitere Herstellungsverfahren, insbesondere die additive „Laser melting“-Technik, können in Zukunft weitere Optionen eröffnen<sup>17,36</sup>.

Die Goldrestauration bietet eine Behandlungsoption, die dem Patienten vonseiten des Behandlers offeriert werden sollte, damit dieser nach Aufklärung seine Entscheidung informiert treffen kann. Die Goldrestauration – ob analog gegossen oder digital gefräst – definiert auch heute noch in Bezug auf die Langlebigkeit eine extrem hochwertige Versorgung. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Patient die in der Literatur nachgewiesene Langlebigkeit der Versorgung einer ästhetischen Restauration vorzieht, für die die bisherigen Beobachtungszeiträume noch deutlich geringer sind. Insofern kann man durchaus noch von einem „Goldstandard“ sprechen<sup>7,8,14,19,21</sup>.

Der Aufwand, das breite Therapieangebot aufrechtzuerhalten, bedarf der kontinuierlichen Schulung der sensiblen Techniken und eines regelmäßigen Trainings; material- und ablaufspezifische Fähigkeiten müssen bedacht und präzise umgesetzt werden. Das Therapieangebot für den Patienten leitet sich oftmals nur aus dem ab, was der Behandler selbst beherrscht.

## Dank

Für die Anfertigung der zahntechnischen Arbeiten, freundlichen Genehmigungen zum Abbildungsabdruck und den fachlichen Austausch wird gedankt Zahn-technikerin Isabella Neumann-Bersch, Düsseldorf, Dental Labor Teeuwen, Neuss, und Dr. Lutz Laurisch, Korschenbroich.

## Literatur

1. Academy of Richard V. Tucker Study Clubs. Internet: <https://arvts.org/>. Abruf: 15.03.2022.
2. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital versus conventional impressions in fixed prosthodontics: A review. *J Prosthodont* 2018;27(1):35–41.
3. Beck F, Lettner S, Graf A et al. Survival of direct resin restorations in posterior teeth within a 19-year period (1996-2015): A meta-analysis of prospective studies. *Dent Mater* 2015; 31(8):958–985.
4. Bernauer SA, Müller J, Zitzmann NU, Joda T. Influence of preparation design, marginal gingiva location, and tooth morphology on the accuracy of digital impressions for full-crown restorations: An in vitro investigation, *J Clin Med* 2020;9:3984.
5. 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* 2021;113; S0022–3913(21):00485–6.
6. Cho SH, Schaefer O, Thompson GA, Guentsch A. Comparison of accuracy and reproducibility of casts made by digital and conventional methods. *J Prosthet Dent* 2015;113(4):310–315.
7. Donovan T, Simonsen RJ, Guertin G, Tucker RV. Retrospective clinical evaluation of 1,314 cast gold restorations in service from 1 to 52 years. *J Esthet Restor Dent* 2004;16(3): 194–204.
8. Erpenstein H, Kerschbaum T, Halrin T. Long-term survival of cast-gold inlays in a specialized dental practice. *Clin Oral Investig* 2001;5:162–166.
9. Etemad-Shahidi Y, Qallandar OB, Evenden J, Alifui-Segbaya F, Ahmed KE. Accuracy of 3-dimensionally printed full-arch dental models: A systematic review. *J Clin Med* 2020;9(10):3357.
10. Fan J, Xu Y, Si L, Li X, Fu B, Hannig M. Long-term clinical performance of composite resin or ceramic inlays, onlays, and overlays: A systematic review and meta-analysis. *Oper Dent* 2021;46(1):25–44.
11. Frese C, Muscholl C, Kastenelevation – Welche Konzepte haben sich bewährt? *Quintessenz* 2022;73(2):126–134.
12. Guess PC, Schultheis S, Wolkewitz M, Zhang Y, Strub JR. Influence of preparation design and ceramic thicknesses on fracture resistance and failure modes of premolar partial coverage restorations. *J Prosthet Dent* 2013;110(4):264–273.
13. Güth JF, Edelhoff D, Schweiger J, Keul C. A new method for the evaluation of the accuracy of full-arch digital impressions in vitro. *Clin Oral Investig* 2016;20(7):1487–1494.
14. Hickel R, Manhart J. Longevity of restorations in posterior teeth and reasons for failure. *J Adhes Dent* 2001; 3:45–64.
15. Jeong-Hyeon Lee, Keunbada Son, Kyu-Bok Lee. Marginal and internal fit of ceramic restorations fabricated using digital scanning and conventional impressions: A clinical study. *J Clin Med* 2020;9:4035.
16. Johnson R, Verrett R, Haney S, Mansueto M, Challa S. Marginal gap of milled versus cast gold restorations. *J Prosthodont* 2017;26(1): 56–63.
17. Kessler A, Hickel R, Reymus M. 3D printing in dentistry – State of the art. *Oper Dent* 2020;45(1):30–40.
18. Luthardt R, Kern M, Pospiech P, Reich S, Tinschert J. Klinische Indikation von Kronen und Teilkronen – der geschädigte Zahn. Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde (DGZPW). *DZZ* 2009; 64(1):51–52.
19. Manhart J, Chen H, Hamm G, Hickel R. Buonocore Memorial Lecture. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. *Oper Dent* 2004;29(5):481–508.
20. Marques S, Ribeiro P, Falcão C et al. Digital impressions in implant dentistry: A literature review. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18 (3):1020.
21. Mjör IA, Medina JE. Reasons for placement, replacement, and age of gold restorations in selected practices. *Oper Dent* 1993;18:82–87.
22. Möller H. Dental gold alloys and contact allergy. *Contact Dermatitis* 2002;47(2):63–66.
23. Morimoto S, Rebello de Sampaio FB, Braga MM, Sesma N, Özcan M. Survival rate of resin and ceramic inlays, onlays, and overlays: A systematic review and meta-analysis. *J Dent Res* 2016;95(9):985–994.
24. Papaspyridakos P, Chen CJ, Gallucci GO, Doukoudakis A, Weber HP, Chronopoulos V. Accuracy of implant impressions for partially and completely edentulous patients: A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29(4):836–845.
25. Pinzón LM, Frey GN, Winkler MM et al. Retention of gold alloy crowns cemented with traditional and resin cements. *Int J Prosthodont* 2009;22(4): 351–353.
26. Rehm P, Derks H, Lesaar W et al. Restoration of 1325 teeth with partial-coverage crowns manufactured from high noble metal alloys: A retrospective case series 18.8 years after prosthetic delivery. *Clin Oral Investig* 2022;26(1): 849–861.
27. Reissmann DR, Bellows JC, Kasper J. Patient preferred and perceived control in dental care decision making. *JDR Clin Trans Res*. 2019;4(2): 151–159.
28. Ring ME. *Dentistry: An illustrated history*. St. Louis: Mosby, 1985:48,113, 119–123,206,305.
29. S1-Handlungsempfehlung „Kompositrestaurationen im Seitenzahnbereich“. AWMF-Reg.-Nr. 083-028. Stand: Okt. 2016. Internet: [https://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/083-028\\_S1\\_Kompositrestaurationen\\_Seitenzahnbereich\\_2016-12.pdf](https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/083-028_S1_Kompositrestaurationen_Seitenzahnbereich_2016-12.pdf). Abruf: 15.03.2022.
30. S3-Leitlinie „Vollkeramische Kronen und Brücken“. AWMF-Reg.-Nr. 083-012. Stand Jan. 2021. Internet: [https://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/083-012m\\_S3\\_Vollkeramische\\_Kronen\\_Brueccken\\_2021-06.pdf](https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/083-012m_S3_Vollkeramische_Kronen_Brueccken_2021-06.pdf). Abruf: 15.03.2022.
31. Schweiger J, Edelhoff D, Güth JF. 3D printing in digital prosthetic dentistry: An overview of recent developments in additive manufacturing. *J Clin Med* 2021;10(9):2010.
32. Schweiger J, Edelhoff D, Güth JF. Update digitale Zahnheilkunde 2020 –

- Aktuelle Möglichkeiten und Limitationen. Bay Zahn Bl 2020;57:42–52.
33. Seelbach P, Brueckel C, Wöstmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. Clin Oral Investig 2013;17(7): 1759–1764.
34. Small BW. Intracoronar cast gold restorations. Gen Dent 2010;58(2): 91–93.
35. Soares-Rusu I, Villavicencio-Espinoza CA, de Oliveira NA et al. Clinical evaluation of lithium disilicate veneers manufactured by cad/cam compared with heat-pressed methods: Randomized controlled clinical trial. Oper Dent 2021;46(1):4–14.
36. Sulaiman T. Materials in digital dentistry – A review. J Esthet Restor Dent 2020;32(2):171–181.
37. Summitt JB, Robbins JW, Schwartz RS. Fundamentals of operative dentistry: A contemporary approach. Chicago: Quintessence Pub, 2001:526–529.
38. Thainimit I, Totiam P, Wayakanon K. Fracture resistance of remaining buccal cusps in maxillary premolar ceramic onlay restorations. Oper Dent 2019;45(4):0.

**Michael Hohaus**

Dr. med. dent.  
Luegallee 18  
40545 Düsseldorf

**Michael Hohaus****Korrespondenzadresse:**

Dr. Michael Hohaus, E-Mail: [praxis@drhohaus.de](mailto:praxis@drhohaus.de)