

Gegenüberstellung von manuellen und digitalen Workflows im Zahnlabor

dentona **whitepaper**

Zeitvergleich der konventionellen und digitalen Methode

In diesem whitepaper werden die konventionelle und die digitale Herstellungsmethode anhand der anfallenden Arbeitszeiten verglichen. Zu jedem Arbeitsgang werden Zeiten ermittelt, die in einer weiteren Betrachtung eine Grundlage der Prozesswirtschaftlichkeit sind.

Betrachtet werden Applikationen und Arbeitsschritte, bei denen die konventionelle Herstellungsmethode durch die 3D-Drucktechnologie ersetzt werden kann.

Der digitale Herstellungsweg bietet neben dem Faktor Arbeitszeit viele Vorteile. Fast alle Fehler können in diesem Prozess ausgeschlossen werden und eine fehlerhafte Bedienung oder Modellation kann schnell und einfach korrigiert werden. Fehlerhafte Objekte lassen sich einfach reproduzieren, eine erneute Modellation ist nicht erforderlich.

Digitale Datenerfassung

Der digitale Weg beginnt mit der Auftragserstellung und Digitalisierung der Modelldaten in der Auftragsanlage der CAD Software, wenn nicht bereits ein Intraoralscan vorliegt. Dazu wird ein vollautomatischer Scanner ausgewählt. Die Digitalisierung beginnt mit dem einmaligen Erfassen des Modells.

Auf Wunsch können ausgewählte Bereiche nachgescannt werden. Dieser Schritt wiederholt sich mit dem Antagonistenmodell. Für Löffel, Schienen und Modellgüsse sind keine weiteren Schritte notwendig. Im Falle eines Stumpfmodells sind hingegen weitere Schritte notwendig. Hier können beliebig große Spannen in 2 Schritten mit der „Second Die“ Funktion erfasst werden, indem jeder zweite Stumpf herausgenommen wird.

Damit wäre der Scanvorgang abgeschlossen und die Modellation erfolgt im Weiteren.

Arbeitsschritt	Krone	Brücke	Schiene/Modellguss/Löffel	Zeitwerte Modell- digitalisierung (in min)
Auftragserstellung	1	1	1	
Scanvorgang	1,5	2	3	

Konventionelle Modellation von Kronen und Brücken

Bei der konventionellen Herstellung von Kronen und Brücken muss zunächst der Stumpf noch weiter vorbereitet werden. Es wird ein Distanzlack aufgetragen. Dadurch entsteht eine dünne, gleichmäßige Schicht mit einer Dicke von ca. 20µm. Dieser Schritt muss zweimal wiederholt werden, um einen Zementspalt zu erschaffen. Der Zementspalt wird später bei der Eingliederung der fertigen Arbeit mit Zement gefüllt, um die Arbeit dauerhaft mit dem Restgebiss des Patienten zu verkeilen. Es folgt eine Isolation des Stumpfes, um später das aufgetragene Wachs wieder vom Stumpf entfernen zu können.

Im Folgenden wird ein Käppchen auf den Zahnstumpf gezogen. Der Stumpf wird in ein Tauchbecken mit heißem Wachs geführt, um eine gleichmäßige Grundschrift aus Wachs zu erhalten. Sie dient als Mindestdicke für die Krone. Zudem wird an der Präparationsgrenze ein spezielles Wachs benötigt, das eine sehr genaue Randpassung bewirkt. Anschließend wird mit der eigentlichen Modellation begonnen. Hierbei bringt der Zahntechniker mithilfe von Sonden Tropfen für Tropfen Wachs auf das Wachskäppchen auf, um eine anatomische Zahnform, angepasst an das Restgebiss des Patienten, herzustellen. Dazu ist sehr viel Erfahrung und Know-how notwendig. Ohne jahrelange Erfahrung ist dies in einer rentablen Zeit nicht umsetzbar.

Mögliche Fehler:

- Präparationsrand wird beim Abheben vom Stumpf beschädigt
- Silberlack wird nicht gleichmäßig aufgetragen
- Beschädigung des Präparationsrandes bei der Modellation
- Zerschneiden der Wachsmodellation beim Abheben

Arbeitsschritt	Käppchen	Vollgusskrone	3-gliedrige Brücke
Auftragen Silberlack	1	1	2
Isolation	1	1	1
Käppchen ziehen	1	1	1
Modellation	8	20	60

Zeitwerte Modellation konventionell (in min)

Digitale Erstellung von Kronen und Brücken

Im ersten Prozessschritt erfolgt eine Festlegung der Einschubrichtung. Diese ist besonders wichtig, um mehrgliedrige Brücken bei divergierenden Stümpfen problemlos am Patienten einzugliedern. Anschließend wird die Präparationslinie festgelegt, so dass die Software einen Anhaltspunkt erhält, wie lang die Modellation errechnet werden soll. Wenn diese Vorarbeit erledigt ist, beginnt die eigentliche Modellation.

In einer entsprechenden Datenbank sind unterschiedliche Zahntypen hinterlegt, so dass eine typgerechte Modellation für den Patienten erfolgen kann. Die Software bietet darüber hinaus diverse Tools an, die vorbestimmte Zahnform zu verändern. Dies ist noch immer nötig, da die Software oftmals keine optimale Zahnform errechnen kann, oder diese kleine Fehler oder Ungenauigkeiten aufweist. Da jederzeit die Möglichkeit besteht, den Gegenkiefer ein- und aus-zublenden, können Kontaktpunkte genau gestaltet werden, sowohl in ihrer Lage als auch in ihrer Ausdehnung. Damit wäre die Modellation abgeschlossen und die erzeugten Daten können an die Fertigungseinheit übermittelt werden.

Standardparameter, wie zum Beispiel der Zementspalt oder Mindestdicken sind softwareseitig bereits in den Einstellungen definiert. Diese müssen nur einmal für jeden Kunden angelegt werden. Bei der Erzeugung des Datensatzes werden die gespeicherten Parameter automatisch berücksichtigt.

Arbeitsschritt	Käppchen	Vollgusskrone	3-gliedrige Brücke
Modellation	2	9	20

*Zeitwerte Modellation
Krone digital (in min)*

Konventionelle Modellation von Schienen

Um Schienen konventionell herstellen zu können, muss zunächst das Arbeitsmodell doublert werden. Es muss also eine Kopie entstehen. Bei der Herstellung der Schiene wird das Arbeitsmodell mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit beschädigt, so dass es für eine Fertigstellung nicht mehr geeignet ist. Im Anschluss daran ist die Vermessung des Modells erforderlich. Nur so kann sichergestellt werden, dass die Abzugskräfte später für den Patienten nicht zu hoch sind und die Schiene problemlos aus dem Mund entnommen werden kann. Dafür müssen die Unterschnitte angezeichnet und ausgeblockt werden. Unterschnitte sind die Bereiche unter dem prothetischen Zahnäquator. Anschließend wird die Schiene in Wachs modelliert.

Nun muss davon ein Wall gemacht werden. Dadurch entsteht nach Entfernen des Wachses zwischen dem Modell und dem Wall eine Hohlform, die mit Kunststoff gefüllt wird. Hier entsteht die eigentliche Schiene. Zuletzt muss diese Schiene aufgepasst, ausgearbeitet und poliert werden.

Die Herstellung von Schienen, kann im Dentallabor mit verschiedenen Verfahren erfolgen. Es können thermoplastische oder lighthärtende Materialien verwendet werden. Auch Kunststoffe, die kaltpolymerisieren oder im Heißpressverfahren verarbeitet werden. Für diesen Vergleich wird das oben beschriebene Kaltpolymerisationsverfahren verwendet, da es das zeit- und kostengünstigste Herstellungsverfahren mit guter Qualität ist.

Mögliche Fehler:

- Beschädigung des Modells (Zweitmodell erforderlich)
- Passungsgenauigkeit aufgrund der Polymerisationsschrumpfung des Kunststoffes

Arbeitsschritt	Zeitwert (in min)
Vermessen	8
Ausblocken	7
Modellation	20
Fertigstellung	60

*Zeitwerte Schienen-
herstellung konventionell
(in min)*

Digitale Erstellung der Schiene

Auch bei der Aufbisschiene (wie bei der Kronen- und Brückenmodellation) muss die Einschubrichtung zur Ermittlung des prothetischen Äquators bestimmt werden. Danach wird die Begrenzungslinie der Schiene definiert und mit den vorab eingestellten Parametern generiert.

Anschließend können der Aufbiss und eine Eckzahnführung modelliert werden, die anhand des virtuellen Artikulators überprüfbar ist. Somit wäre sehr schnell und einfach eine Schiene digital modellierbar. Nach dem Printvorgang muss diese nur noch mit minimalem Aufwand auf das Arbeitsmodell aufgepasst und zur Fertigstellung lackiert werden. Ein Doublieren des Arbeitsmodelles entfällt.

Arbeitsschritt	Zeitwert (in min)
Modellation	15
Fertigstellung	10

*Zeitwerte Modellation
Schiene digital (in min)*

Konventionelle Erstellung eines individuellen Abformlöffels

Individuelle Abformlöffel sind in der Zahntechnik notwendig, um genaue Abformungen des Patientenkiefers durchzuführen. Zuerst wird ein Alginatabdruck des Patienten genommen, um die Situation grob abzuformen. Jedoch kann sich das Alginat leicht verformen und die Abformung der Muskeln und Bändchen gelingt damit nur bedingt. Somit ist es erforderlich, einen individuellen Löffel anzufertigen, der nur wenig Platz für die Abformmasse besitzt und damit erlaubt, Muskeln und Bändchen frei abzuformen. Infolgedessen entsteht ein Modell, welches alle beweglichen Partien des Kiefers abzeichnet und verhindert, dass die spätere Arbeit durch Mundbewegungen hinausgehoben wird. Weiter ermöglicht das Modell eine genaue Abformung der Funktionsränder, so dass sich eine totale Prothese an den Kiefer festsaugen kann und dadurch im Mund hält.

Dafür kann bei zahnlosen Kiefern eine thermoplastische Kunststoffplatte mit einem Platzhalter tiefgezogen werden. Bei teilweise bezahnten Kiefern muss zuerst ein Platzhalter mit einer Wachsplatte auf das Modell angepasst werden und der Löffel wird dann aus einem lichthärtenden Material von Hand geformt.

Mögliche Fehler:

- Beschädigung des Modells
- Ungleiche Platzhalter sind suboptimal für die spätere Abformung
- Bearbeitung des lichthärtenden Kunststoffes löst häufig Allergien aus
- Bei tiefgezogenen Löffeln Gefahr von Ausrutschern mit der Fräse

Arbeitsschritt	Zeitwert (in min)
Ausblocken	10
Fertigstellung	20

*Zeitwerte Löffel-
herstellung konventionell
(in min)*

Digitale Modellation eines individuellen Löffels

Die Modellation eines individuellen Löffels ist digital sehr einfach umzusetzen. Es sind alle Platzhalter für die Abdruckmasse in den Parametern hinterlegt, so dass ein Ausblocken entfällt. Man muss lediglich die äußere Begrenzungslinie des Löffels angeben und dieser wird automatisch erstellt.

Dabei macht es keinen Unterschied, ob ein bezahnter oder unbezahnter Kiefer vorliegt. Ein individueller Löffel muss nach dem Print auch nicht mehr weiterverarbeitet werden und kann direkt für den Patienten verwendet werden. Es können auf Tastendruck Retentionen, Retentionslöcher oder auch Griffe, die individuell für den Behandler hinterlegt sind, zugeführt werden. Dies senkt ebenfalls die Arbeitszeit und auch Herstellungskosten, da diese Hilfsteile digital vorliegen und nicht als zusätzliches Material gekauft werden müssen.

Arbeitsschritt	Zeitwert (in min)
Modellation	5

Zeitwerte individueller Löffel digital (in min)

Konventionelle Modellation von Modellguss

Die Herstellung eines Modellgusses erfordert mehrere Schritte und ist daher in der Vorbereitung sehr aufwändig. Zuerst muss das Arbeitsmodell vermessen werden, um die Unterschnitte des prothetischen Äquators zu ermitteln. So kann die optimale Klammerlage definiert werden.

Klammern halten die Prothese am Restzahngebiss. Diese dürfen jedoch nicht zu weit im unter sich gehenden Bereich liegen, um das Parodontium nicht zu beschädigen und eine einfache Eingliederung zu ermöglichen. Andere Unterschnitte müssen ausgeblockt werden.

Anschließend muss das Modell doubliert werden, um ein Einbettmassenmodell zu erstellen. Eine Doublierung ist eine Kopie des Modells und erfolgt mit einem Zweikomponenten Silikon. Das Einbettmassenmodell ist erforderlich, da der Modellguss gegossen wird, somit ein feuerfestes Modell benötigt wird. Dies dient zugleich als Arbeitsgrundlage für die Modellation.

Auf diesem Modell kann nun der eigentliche Modellguss in Wachs modelliert werden. Für diesen Arbeitsgang gibt es Fertigteile in Wachs, die verwendet werden. Da sie sehr filigran sind, können diese leicht verdrückt werden. Somit wären bestimmte Durchmesser der Fertigteile verändert, die zu einem mangelhaften Modellguss führen. Zuletzt muss die fertige Modellation für den Guss mit einem Gusskanal versehen werden. Danach kann dieser überbettet werden, es wird also wieder Einbettmasse darüber gegossen. So entsteht nach dem Ausbrennen eine Hohlform, in die das Metall gegossen werden kann.

Mögliche Fehler:

- Beschädigung des Modells
- Bestimmung der Klammerlage schwer möglich
- Verformen der Wachsfertigteile
- Ungenauigkeiten durch die Doublierung
- Möglichkeit von Fehlgüssen (erneute Modellation erforderlich)

Arbeitsschritt	Zeitwert (in min)
Ausblocken	10
Doublieren	5
Erstellung Einbettmassemodell	5
Modellation Modellguss	30
Vorbereitung gießen	5

*Zeitwerte Modellguss
konventionell (in min)*

Digitale Modellation von Modellguss

Auch bei dem digital designten Modellguss entfällt, wie im Fall der Schienenerstellung, ein Doublieren der Arbeitsmodelle.

In der CAD Software wird zunächst auch hier die Einschubrichtung bestimmt. Anhand einer Farbskala erkennt man nun die Unterschnitte und kann sehr präzise die Klammerlage definieren. Somit verkürzt sich die Zeit für das Aufpassen des Modellgusses im Vergleich zum konventionellen Vorgang. Alle anderen Bereiche werden automatisch ausgeblockt, so dass eine hohe Zeitersparnis erreicht wird.

Das Designen des Modellgusses orientiert sich am konventionellen Verfahren. Das Programm verfügt in einer Datenbank über ähnliche Fertigteile, die digital generiert werden und für den Modellguss verwendet werden können. Auch können Gusskanäle direkt anmodelliert werden, wodurch die spätere Vorbereitung für den Gießvorgang auf ein Minimum reduziert wird.

Arbeitsschritt	Zeitwert (in min)
Modellation Modellguss	20
Vorbereitung gießen	3

*Zeitwerte Modellguss
digital (in min)*

Alignerschiene

Bei der Herstellung von Alignern (Schienen zum Regulieren der Zahnstellung) wird die Ausgangssituation der Zahnstellung durch einen Intraoralscan oder durch die Abdrucknahme des Kieferorthopäden festgehalten. Konventionell findet dieses Verfahren kaum eine Anwendung, da diese Arbeit mit einem enormen Aufwand und somit auch Kosten verbunden ist. Erst durch die digitale Technik wird diese Art der Zahnverschiebung massentauglich.

*Massentauglich dank
digitaler Technik*

Falls ein herkömmlicher Abdruck genommen wird, müssen zunächst Modelle aus Gips oder Kunststoff angefertigt werden. Diese werden überprüft und zum Scannen vorbereitet. Der nächste Schritt besteht aus dem digitalen Vermessen der Modelle mit einer speziellen Orthosoftware. Die Software errechnet die Idealstellung der Zähne, die vom Bediener kontrolliert und verändert werden kann. Daraus errechnet sich die Anzahl der Modelle oder Schienen, die für die betreffende Regulierung notwendig sind.

Die Herstellung der Alignerschiene kann auf zwei verschiedenen Wegen erfolgen:

- Es werden Modelle nach den ermittelten Daten gedruckt. Auf diesen Modellen wird mit der herkömmlichen Tiefziehetechnik eine Alignerschiene angefertigt.
- Es werden direkt Schienen mit einem Kunststoff gedruckt. Für dieses Verfahren sind aber im Augenblick noch keine geeigneten Kunststoffe verfügbar, da sie sehr flexibel sein müssen.

Bei beiden Verfahren ist es wichtig, dass jeder einzelne Schritt der Regulierung wiederholbar ist. Der/die Kieferorthopäde/in ist verpflichtet, die einzelnen Modelle für einen längeren Zeitraum aufzuheben. So können schnell bei einer Behandlung zwischen 30 bis 40 Modelle anfallen, die archiviert werden müssen. Das kann zu einem Platzproblem führen.

Mit den digitalen Daten der Modelle ist es jederzeit möglich, das gewünschte Modell als 3D Modell am PC zu überprüfen oder es nochmals zu drucken. Das gleiche gilt für Alignerschiene, die als Datensatz und somit auch als physisches Modell zu Verfügung stehen.

*Keine Platzprobleme
durch Archivierung von
Modellen*

> Auf Seite 8 und 9 haben wir die Zeitwerte zu Applikationen und Arbeitsschritten noch einmal gegenübergestellt.

Vergleich der Zeitwerte

dentona **whitepaper**

Konventionelle Modellation von Kronen und Brücken

Arbeitsschritt	Käppchen	Vollgusskrone	3-gliedrige Brücke
Auftragen Silberlack	1	1	2
Isolation	1	1	1
Käppchen ziehen	1	1	1
Modellation	8	20	60
Summe	11	23	64

*Zeitwerte Modellation
konventionell (in min)*

Digitale Erstellung von Kronen und Brücken

Arbeitsschritt	Käppchen	Vollgusskrone	3-gliedrige Brücke
Modellation	2	9	20

*Zeitwerte Modellation
digital (in min)*

Konventionelle Modellation von Schienen

Arbeitsschritt	Zeitwert (in min)
Vermessen	8
Ausblocken	7
Modellation	20
Fertigstellung	60
Summe	95

*Zeitwerte Schienen-
herstellung konventionell
(in min)*

Digitale Erstellung der Schiene

Arbeitsschritt	Zeitwert (in min)
Modellation	15
Fertigstellung	10
Summe	25

*Zeitwerte Modellation
Schiene digital (in min)*

Konventionelle Erstellung eines individuellen Abformlöffels

Arbeitsschritt	Zeitwert (in min)
Ausblocken	10
Fertigstellung	20
Summe	30

Zeitwerte Löffelherstellung konventionell (in min)

Digitale Modellation eines individuellen Löffels

Arbeitsschritt	Zeitwert (in min)
Modellation	5

Zeitwerte individueller Löffel digital (in min)

Konventionelle Modellation von Modellguss

Arbeitsschritt	Zeitwert (in min)
Ausblocken	10
Doublieren	5
Erstellung Einbettmassemodell	5
Modellation Modellguss	30
Vorbereitung gießen	5
Summe	55

Zeitwerte Modellguss konventionell (in min)

Digitale Modellation von Modellguss

Arbeitsschritt	Zeitwert (in min)
Modellation Modellguss	20
Vorbereitung gießen	3
Summe	23

Zeitwerte Modellguss digital (in min)