

Aus der

Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Tübingen
Abteilung Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Propädeutik

**Implementation eines rein digitalen Arbeitsablaufes zur
Herstellung von Unterkiefer-Aufbissschienen mittels 3D-
Druck: Eine klinische Pilotstudie mit Novizen im Setting der
Lehre**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Kaucher-Fernández, Pablo Johannes, geb. Krämer Fernández

2023

Dekan: Professor Dr. B. Pichler
1. Berichterstatter: Professor Dr. F. Hüttig
2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. B. Steinhilber

Tag der Disputation 29.03.2023

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
1.1. Digitalisierung in der prothetischen Zahnmedizin	1
1.2. Intraoralscanner	4
1.2.1. Technologie.....	4
1.2.2. Genauigkeit von Intraoralscans bei Ganzkieferscans	9
1.3. 3D-Druck zur Herstellung von Medizinprodukten aus Polymeren	12
1.4. Aufbissschienen.....	17
1.4.1. Indikation von Aufbissschienen.....	17
1.4.2. Analoge Schienenherstellung	18
1.4.3. Digitale Schienenherstellung / CAD-CAM	19
1.5. Zielsetzung der Arbeit	21
1.5.1. Forschungsfragen.....	22
1.5.2. Erfüllung ethischer Rahmenbedingungen	22
2. Material und Methoden	23
2.1. Überblick.....	23
2.2. Studiendesign	23
2.3. Übersicht Hardware und Software.....	25
2.4. Arbeitsablauf und Vermittlung an Studierende	28
2.4.1. Intraoralscan.....	28
2.4.2. 3D-Design (CAD).....	32
2.4.3. 3D-Druck (CAM) und Postprocessing	38
2.4.4. Ausarbeitung	42
2.4.5. Anprobe und Eingliederung	43
2.4.6. Nachkontrolle.....	43

2.5.	Datenerhebung	44
2.5.1.	Fragebogendesign.....	44
2.5.2.	Auswertung der Fragebögen	47
2.6.	Datenauswertung	48
2.6.1.	Statistische Methoden	48
2.6.2.	Umgang mit nicht-konformen Eintragungen	50
3.	Ergebnisse	52
3.1.	Teilnehmerübersicht.....	52
3.2.	Fragebogenrücklauf	52
3.3.	Ausschluss von Datensätzen	55
3.4.	Deskriptive Datenanalyse - Sitzungsauswertung.....	58
3.4.1.	„Intraoralscan“ (S).....	58
3.4.2.	Datenverarbeitung/Schienendesign (D)	71
3.4.3.	Ausarbeitung & Politur (A)	79
3.4.4.	Anprobe und Einsetzen (E).....	87
3.4.5.	Erste Nachkontrolle	101
3.4.6.	Zweite Nachkontrolle	111
3.4.7.	3. Nachkontrolle (3)	119
3.4.8.	Übersicht der Schienendefekte und nicht einsetzbarer Schienen	120
3.5.	Explorative Datenanalyse.....	122
3.5.1.	Prüfung auf Normalverteilung	122
3.5.2.	Unterschiede innerhalb der Semester.....	122
3.5.3.	Untersuchung auf Zusammenhänge zwischen Variablen	132
3.5.4.	Zeitdauer zwischen dem Ausfüllen der Fragebögen Einsetzen – Nachkontrolle	145
4.	Diskussion	148

4.1.	Reflexion der eingesetzten Methoden	148
4.1.1.	Datenerhebung und Fragebogendesign.....	148
4.1.2.	Stellenwert der Instruktion	152
4.1.3.	Einfluss der Studiendauer	154
4.2.	Einordnung der gewonnenen Daten	156
4.2.1.	Fehlende Rückläufer und Missing Data	156
4.2.2.	Plausibilitätskonsequenzen.....	157
4.2.3.	Bewertung des Workflows sowie klinische Bewertung der Aufbisschienen	160
4.3.	Weitere Forschungsfragen	167
4.4.	Fazit.....	168
5.	Zusammenfassung	172
6.	Literaturverzeichnis	174
7.	Erklärung zum Eigenanteil.....	184
8.	Veröffentlichungen im Rahmen der Dissertation	185
9.	Anhang.....	186
9.1.	Anleitung CAD-Design	186
9.2.	Supporteinstellungen 3D Druck.....	208
9.3.	Fragebögen.....	209
9.4.	Einwilligungserklärung und Teilnehmerinformation	222
9.5.	Tabellen	226
10.	Danksagung	231

Glossar/ Abkürzungen

3D	dreidimensional
CAD	Computer aided design
CAM	computer aided manufacturing
CEREC	Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics, CAD/CAM System
CMD	Craniomandibuläre Dysfunktion
DLP	Digital Light Processing
DVT	Digitale Volumetomographie
ID	Identifikationsnummer
IDS	Internationale Dentalschau
IO-Scan	Intraoralscan
IQR	Interquartilsabstand
Max.	Maximum
Min.	Minimum
MW	Mittelwert
OK	Oberkiefer
PLA	Polylaktid
PMMA	Polymethylmethacrylat
SD	Standardabweichung
SoSe	Sommersemester
Std.-Abw.	Standardabweichung
STL	Standard Triangulation/Tessellation Language, Dateiformat
s.u.	siehe unten
UK	Unterkiefer
VAS	Visuelle Analogskala, Länge: 10 cm, ohne Unterteilung, 2 Pole
WS	Wintersemester
Σ	Summe

1. Einleitung

1.1. Digitalisierung in der prothetischen Zahnmedizin

Die Innovationen im Bereich der computergestützten Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz haben in den letzten Jahren das Tätigkeitsfeld der Zahnmedizin in der Patientenbehandlung durch neue Materialien und Behandlungsmethoden nachhaltig verändert [125]. Dies hat zur Folge, dass das Interesse an digitalen Lösungen in der Zahnmedizin sowohl unter den zahnärztlichen Behandlern als auch in den zahntechnischen Laboren in den letzten Jahren stark zugenommen hat. Eine amerikanische Marktanalyse zeigt hierzu anschaulich, dass 2018 bereits 70% der befragten zahntechnischen Labore mit Zahnärzten zusammenarbeiteten, welche ein hohes Interesse an der Digitalisierung innerhalb der Zahntechnik meldeten. Parallel hierzu nahm auch die Zahl mit Intraoralscanner ausgestatteten amerikanischen Zahnarztpraxen im Zeitraum von 2012 (17%) bis 2019 auf 61% zu [89].

Bereits in den 1970er Jahren begann die Entwicklung und der Einsatz digitaler Methoden zur Abformung und Herstellung von Zahnersatz [41]. Die Vorstellung einer, später weit verbreiteten, Einheit aus 3D-Scanner und computergesteuerter Fräse zur Herstellung von Zahnersatz direkt am Patientenstuhl, (*Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics* oder *CEramic REConstruction (CEREC)*), erfolgte bereits 1985 durch W. Mörmann und M. Brandestini [103]. Diese rein digitale Behandlung gilt als die erste, vor Fachpublikum demonstrierte Versorgung eines Patienten mit Zahnersatz, ohne der zusätzlichen Notwendigkeit eines zahntechnischen Labors. Durch stetige Weiterentwicklung von Materialien und Verfahrenstechniken ergibt sich seitdem die Möglichkeit, mittlerweile fast jede zahntechnische Arbeit sowohl digital zu erstellen als auch computergesteuert fertigen zu können. Somit gewinnt das *Computer-aided-Design (CAD)* und *Computer-aided Manufacturing (CAM)* immer mehr an Bedeutung in der zahnmedizinischen Versorgung von Patienten. Neben dem so schon länger eingesetzten, computergesteuerten Herausfräsen von zahntechnischen Werkstücken aus industriell vorgefertigten Materialblöcken, bietet seit geraumer Zeit auch der Einsatz von 3D-Druckern eine neue Alternative

der computergesteuerten Fertigung von Werkstücken in den zahntechnischen Laboren [157].

Die vollständige digitale Herstellung von zahntechnischen Arbeiten, unabhängig der Fertigungstechnologie, lässt sich hierbei generell in drei Abschnitte unterteilen:

Digitalisierung von Zahnstümpfen und Zahnbögen: Die Digitalisierung von Zahnbögen und Zahnstümpfen, als Ausgangsmodell für die spätere Konstruktion, kann indirekt mittels der Herstellung und Digitalisierung konventioneller Gipsmodelle aus Abformungen unter dem Einsatz extraoraler Scannersysteme erfolgen. Alternativ steht hierzu die Möglichkeit der direkten Digitalisierung von Zahnstümpfen und Zahnbögen im Mund des Patienten mittels intraoraler Scannersysteme zur Verfügung (siehe auch Kapitel: 1.2).

Digitale Konstruktion zahntechnischer Werkstücke (CAD): Mittels eines dentalen CAD-Programms kann auf den zuvor digitalisierten Zahnstümpfen (s.o.) die Konstruktion des zahntechnischen Werkstückes erfolgen und als digitaler Datensatz für die darauffolgende Fertigung ausgegeben werden (siehe auch Kapitel: 1.4.3).

Digitale Fertigung des zahntechnischen Werkstückes (CAM): Die Fertigung eines analogen Werkstückes aus einem konstruierten Datensatzes kann mittels eines subtraktiven (z.B. CNC-Fräsmaschinen) oder additiven Verfahrens (z.B. 3D-Druck) erfolgen (siehe auch Kapitel: 1.3).

Um dieser Veränderung mit Einfluss auf das Berufsbild gerecht zu werden, sollten schon während des Studiums der Zahnmedizin neue, digitale Technologien und angepasste Behandlungskonzepte in die Lehre integriert werden [17, 173]. Dies macht langfristig eine Umstrukturierung der zahnmedizinischen Lehre erforderlich. Der Inhalt der Lehre sollte dabei nicht nur den anerkannten Wissensstand abbilden, sondern auch praktische Anteile aus dem aktuellsten Stand der Forschung beinhalten, um die Absolventen somit auch auf die zukünftigen Weiterentwicklung vorzubereiten [165]. Die Integration von digitalen Behandlungsmethoden gehört bereits an vielen Universitäten in

Nordamerika in Lehre und Patientenversorgung zum festen Bestandteil der Ausbildung [116].

Zur Integration der CAD/CAM-Entwicklungen in die studentische Ausbildung könnte sich die digitale Anfertigung von Aufbissschienen, auf Basis eines Intraoralscans, anbieten. Die Anfertigung eines Intraoralscans sowie die Herstellung einer Aufbissschiene ist eine non-invasive Behandlung und eignet sich daher zur gegenseitigen Übung im Lehrbereich. Aufbissschienen kommen, neben dem Schutz der Zahnhartsubstanz auch in der Therapie der Craniomandibulären Dysfunktion zum Einsatz [5, 6, 8, 65, 168]. Einigen Studien zufolge zeigt auch ein nicht geringer Teil der Studierenden an Universitäten Symptome, welche auch im Rahmen einer CMD auftreten. [14, 18, 106]. Eine kosteneffiziente Herstellung von Aufbissschienen ist durch die neu verfügbare Möglichkeit des 3D-Drucks von Aufbissschienen möglich geworden [159].

Die Neugewichtung der Ausbildungsinhalte im Rahmen der 2019 erfolgten Novellierung der zahnärztlichen Approbationsordnung von 1955, legt den Focus der Lehre im Hinblick auf die Zahntechnik auf zahnärztlich relevante Arbeitsschritte. Der Schwerpunkt soll hierbei auf der Prävention und dem Erhalt oraler Strukturen, unter Einbezug neuer Behandlungsmethoden, liegen [25]. Dies führt zu einer Reduzierung der zahntechnischen Lehrinhalte. Die rein digitale Herstellung von Aufbissschienen auf Basis eines Intraoralscans kann rein zahntechnische Arbeitsschritte reduzieren, da Arbeitsschritte wie die Modellherstellung mittels Gipses, händische Montage im Artikulator und große Anteile der Kunststoffverarbeitung entfallen. Hinzu kommen digitale Konstruktion sowie abschließende Handhabung digital gefertigter Werkstücke, welche durch Chairside-Technologien zukünftig auch im zahnärztlichen Tätigkeitsfeld angeordnet sein können [48].

Der Workflow zur Herstellung von Aufbissschienen ist noch nicht in der studentischen Ausbildung etabliert und aktueller Stand der Forschung. Mögliche Fehler und Probleme, die bei der Durchführung einzelner Arbeitsschritte unbemerkt passieren könnten, werden beim Einsetzen einer so angefertigten

Aufbissschiene erkenntlich und ermöglichen ein zeitnahes und direktes Feedback.

1.2. Intraoralscanner

1.2.1. Technologie

Zur Herstellung von passgenauen, patientenindividuellen, indirekten zahntechnischen Arbeiten wird eine präzise Kopie der Zahnbögen und deren Relation zueinander benötigt. Eine ungenaue Abformung führt zu nicht passenden zahntechnischen Werkstücken, welche zu mechanischen und/oder biologischen Komplikationen führen können [107, 118]

Bei der konventionellen Abformung kommen selbsthärtende, elastische Materialien (z.B.: Hydrokolloide, Polyvinylsiloxane oder Polyether) zum Einsatz. Diese werden mithilfe eines Trägerlöffels in die Mundhöhle eingebracht und formen den gesamten Kiefer ab [82]. In den letzten Jahren hat die Herstellung von Zahnersatz mithilfe von CAD/CAM und somit auch die Notwendigkeit digitaler Modelle, stark zugenommen [122]. Erfolgt die Abformung unter Verwendung der oben beschriebenen konventionellen Technik, muss eine Digitalisierung im Labor erfolgen. Hierbei stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung: Entweder kann die Abformung direkt mithilfe eines Desktopscanners digitalisiert werden (Abformungsscan) oder, nach Herstellung eines Gipsmodells kann das fertige Modell digital erfasst werden (Modellscan) [131, 158]. Bei einer Digitalisierung konventioneller Abformungen sind somit mehrere, aufeinander aufbauende Schritte erforderlich, in denen es zu Fehlern mit Qualitätseinbußen kommen kann (Abbildung 1). Diese Fehler und Probleme sind abhängig von der Art des Abformmaterials, der Anmischtechnik, dem Trägermaterial, der Art der Durchführung, der mehrmals notwendigen Abformdesinfektion, des Transports, sowie von Scan und Modellherstellung [24, 30, 35, 92, 93, 154].

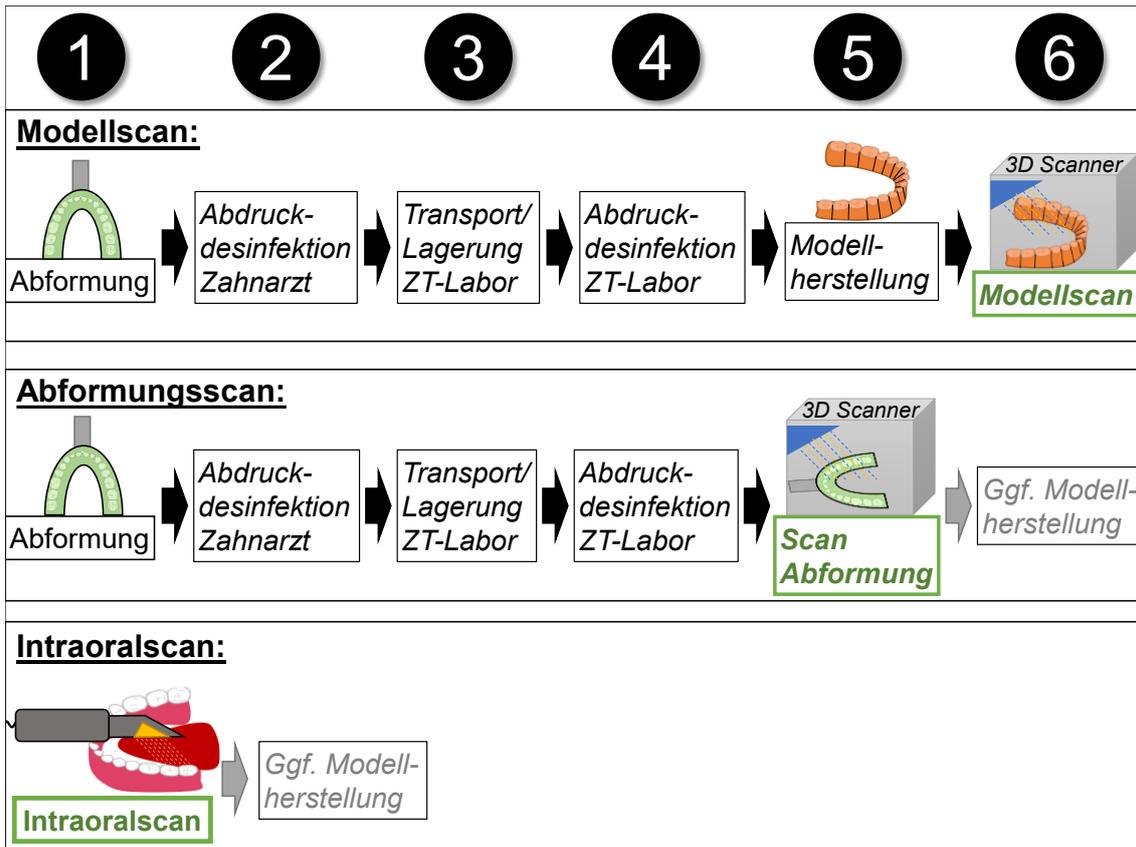


Abbildung 1: Methoden zur Digitalisierung von Zahnbögen

Die schematische Darstellung zeigt die regulären Arbeitsschritte (1-6), die je nach Methodik zur Generierung eines digitalen Datensatzes durchgeführt werden müssen. Während bei der konventionellen Abformung immer die Desinfektion und der Transport der Abformung erfolgen muss, entfallen diese Schritte beim Intraoralscan. Je nach Methodik kann die Abformung direkt gescannt werden (Abformungsscan) oder es wird im Voraus ein Meistermodell erstellt, welches anschließend digital erfasst wird (Modellscan). Während somit der Modellscan mit 6 Arbeitsschritten die meisten notwendigen Schritte enthält, kommt der Abformungsscan mit einem Arbeitsschritt weniger aus (5 Schritte, Modelherstellung ist optional). Der Intraoralscan besteht bei der Erzeugung eines digitalen Datensatzes durch einen deutlich reduzierten Arbeitsaufwand für den Zahntechniker, indem der digitale Datensatz direkt erzeugt wird.

Während somit bei der klassischen Abformung eine Digitalisierung erst nach mehreren Schritten möglich ist, bieten die seit einigen Jahren auf dem Markt befindlichen Intraoralscanner die Möglichkeit, digitale Datensätze direkt am Patienten zu generieren (Abbildung 1). Intraoralscanner sind Medizingeräte, die mittels einer Handkamera die Strukturen der Mundhöhle dreidimensional erfassen und mithilfe eines angeschlossenen Computers und der entsprechenden Software digitale Datensätze erzeugen [16, 127]. Die derzeit erhältlichen Intraoralscanner erstellen überwiegend die dreidimensionale Oberfläche durch Verwendung von aktiven lichtoptischen Verfahren. Hierbei wird durch die Handkamera weißes, rotes oder blaues, strukturiertes Licht auf das Objekt projiziert [91]. Anhand der Reflektionen kann, je nach Gerätetyp, mit

unterschiedlichen Techniken (s.u.) der Abstand zur Oberfläche errechnet werden und mithilfe eines Softwarealgorithmus die dreidimensionale Oberfläche als Punktwolke rekonstruiert werden [67, 90, 127]. Die Berechnung der dreidimensionalen Struktur erfolgt durch das anschließende, softwareseitige Zusammensetzen einzelner Punkte mit bekannter Position im dreidimensionalen Raum. Zur Berechnung dieser Punkte im Raum haben sich folgende technische Verfahren bewährt:

Triangulation: Mithilfe eines Projektors werden Punkte auf die zu erfassende Oberfläche projiziert. Die Position eines projizierten Punktes kann nun mithilfe der Position zwei bekannter Punkte (Kamera und Projektor) und der Winkel aller Punkte zueinander, berechnet werden. [16, 91, 127].

Konfokale Bildgebung: Strukturiertes Licht wird durch eine Linse auf die Oberfläche des zu erfassenden Objekts projiziert. Vom Objekt reflektiertes Licht wird durch dieselbe Linse im Strahlengang erneut gebrochen und durch einen im Strahlengang, zwischen Lichtquelle und Linse, befindlichen Halbspiegel auf einen Fotosensor abgelenkt. Dem Fotosensor ist eine Lochblende vorgeschaltet welcher nur optische Strahlen der scharf abgebildeten Ebene der Linse, die somit vom Fokuspunkt entstammen, hindurchlässt. Reflektionen, welche außerhalb des Fokusbereiches der Linse liegen, werden im Strahlengang ebenfalls durch die Linse gebrochen, aber von der Lochblende abgefangen. Somit gelangen nur Reflektionen, die dem Fokuspunkt der Linse entsprechen, auf den Fotosensor. Durch den fest definierten Fokuspunkt der Linse und dem bekannten Abstand der Linse zum Sensor ist somit auch der Abstand der scharf abgebildeten Objektebene berechenbar. Mit einer Bewegung der Linse im Strahlengang kann nun der Fokusabstand, ohne zusätzlicher notwendiger Bewegung des Scanners, verändert werden. Dies erlaubt die Erfassung unterschiedlicher Ebenen mit bekanntem Abstand zum Sensor. Durch das Zusammensetzen von mehreren aufgenommenen Ebenen, mit bekanntem Abstand zum Sensor, erfolgt die dreidimensionale Rekonstruktion [16, 91, 127].

Three-dimensional in-motion video /AWS Active Wavefront Sampling: Drei Kamerasensoren nehmen von unterschiedlichen Positionen gleichzeitig das Bild

durch dieselbe Linse auf. Die Tiefeninformation wird dabei basierend auf dem Fokuspunkt des Systems generiert. Ein Softwarealgorithmus errechnet dabei die dreidimensionale Oberfläche [115].

Je nach Scansystem ist hierbei teilweise die Anwendung von Scanspray zur Entspiegelung der Oberfläche oder Mattierung und Erzeugung von Referenzpunkten obligat [16, 115, 127]. Das Auftragen von Scanpuder in der Mundhöhle wird häufig als Nachteil betrachtet, da es das Handling erschwert und es zu Einbußen des Patientenkomfort kommt, weshalb der Einsatz puderfreier Systeme zu bevorzugen ist [73, 172]. Je nach Scannertechnologie ist der Einsatz von Scanpuder jedoch nicht zwingend erforderlich. Scanner, die z.B. mithilfe der konfokalen Bildgebung arbeiten, können aufgrund der technischen Bauart auch vergleichbare Ergebnisse ohne dem Einsatz von Scanpuder liefern, da reflektierte Lichtstrahlen, welche die transparentere Schmelzschicht durchdringen und somit für Ungenauigkeiten sorgen würden, durch die Lochblende abgeschirmt werden [174]. Softwareseitige Algorithmen erlauben zusätzlich die Korrektur kleinerer Artefakte oder das Auffüllen kleiner, nicht erfasster Bereiche.

Für den systemübergreifenden Datenaustausch hat sich in der Zahntechnik derzeit vor allem die STL-Schnittstelle (Standard Triangulation/Tessellation Language) aus der Industrie etabliert [71, 76, 127]. Auch wenn dieses Dateiformat keine Farbinformationen enthält, kann mithilfe dieser Schnittstelle aus einer vom Scanner generierten Punktwolke eine dreidimensionale Oberfläche generiert werden [98]. Dies wird durch die Verbindung dreier aneinandergrenzender Punkte einer Punktwolke erzeugt, wodurch viele kleine Facetten in Form von Dreiecken zwischen den Punkten aufgespannt werden. Je dichter die Punkte aneinander liegen und somit je höher die Anzahl der generierten Dreiecke, desto höher ist auch die Auflösung in diesem Bereich. Hierbei handelt es sich jedoch immer nur um eine Annäherung, da Rundungen nur durch gerade Facetten dargestellt werden können [74, 90, 127] (Abbildung 2).

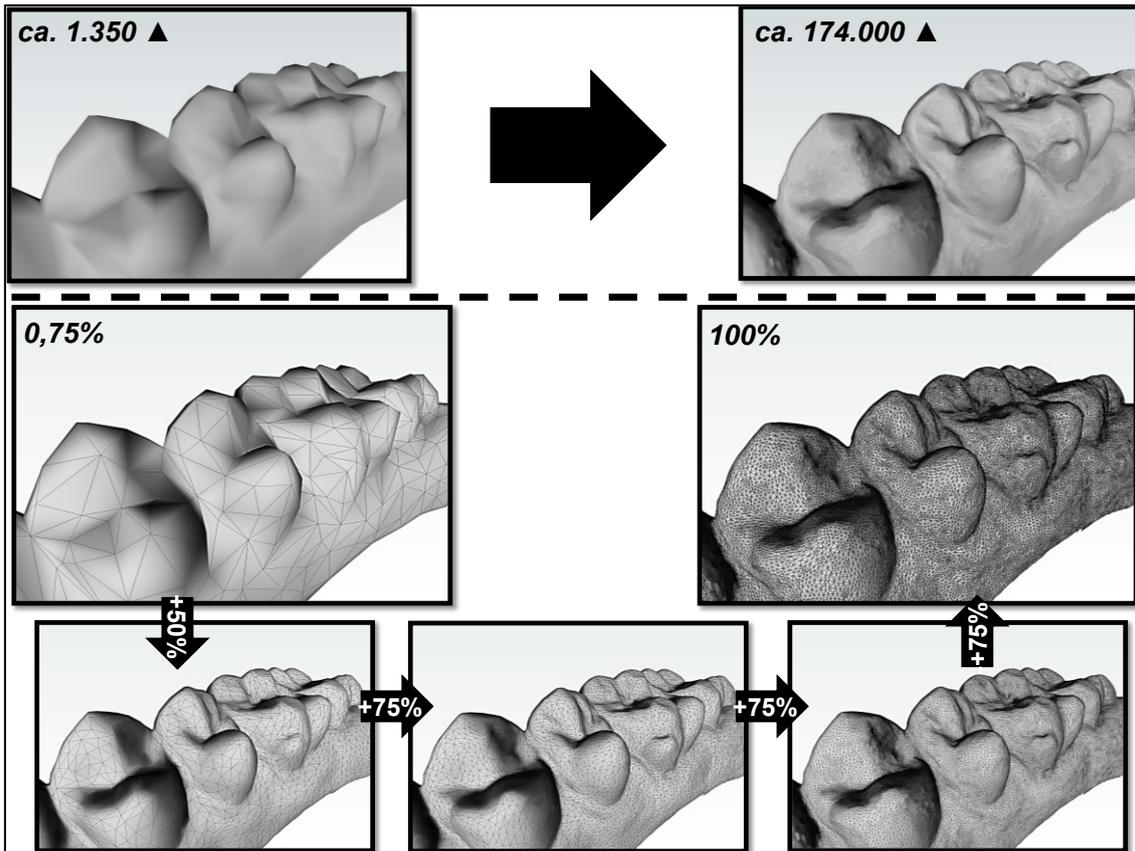


Abbildung 2: Darstellung von Oberflächenstrukturen mithilfe des .stl Formats und Einfluss der Auflösung

Durch Verbindung von 3 aneinandergrenzenden Punkten, innerhalb einer Punktwolke, kommt es zur Generierung einer Oberfläche aus vielen kleinen Dreiecken (▲). Die schrittweise Erhöhung der Facetten von ca. 1.350▲ auf 174.000▲ im gesamten Datensatz, zeigt in der Vergrößerung deutlich, wie die Dreiecksfacetten die dreidimensionale Oberfläche durch Verbindung von 3 Punkten aus der Punktwolke erzeugen. Mit steigender Anzahl der Datenpunkte kommt es somit zur Zunahme der lokalen Auflösung. Somit können auch Rundungen und Wölbungen, durch eine Vielzahl kleiner Facetten, mit ausreichend hoher Genauigkeit wiedergegeben werden.

Durch die Verwendung der intraoralen Abformung, in Kombination mit der direkten Erzeugung digitaler Datenformate, ergeben sich für die Patientenbehandlung, den Zahntechniker und die Praxis zahlreiche Vorteile. Neben der selektiven Wiederholbarkeit der Abformung einzelner Kieferabschnitte, der digitalen Analyse der Einschubrichtung und des Verlaufs der Präparationsgrenzen, besteht auch die Möglichkeit, die elektronischen Daten zügig per Internet zu verschicken. Darüber hinaus können andere digitale Datensätze, wie beispielsweise DVTs oder Situationsmodelle, digital zu einem gemeinsamen Datensatz fusioniert werden. (Abbildung 3).

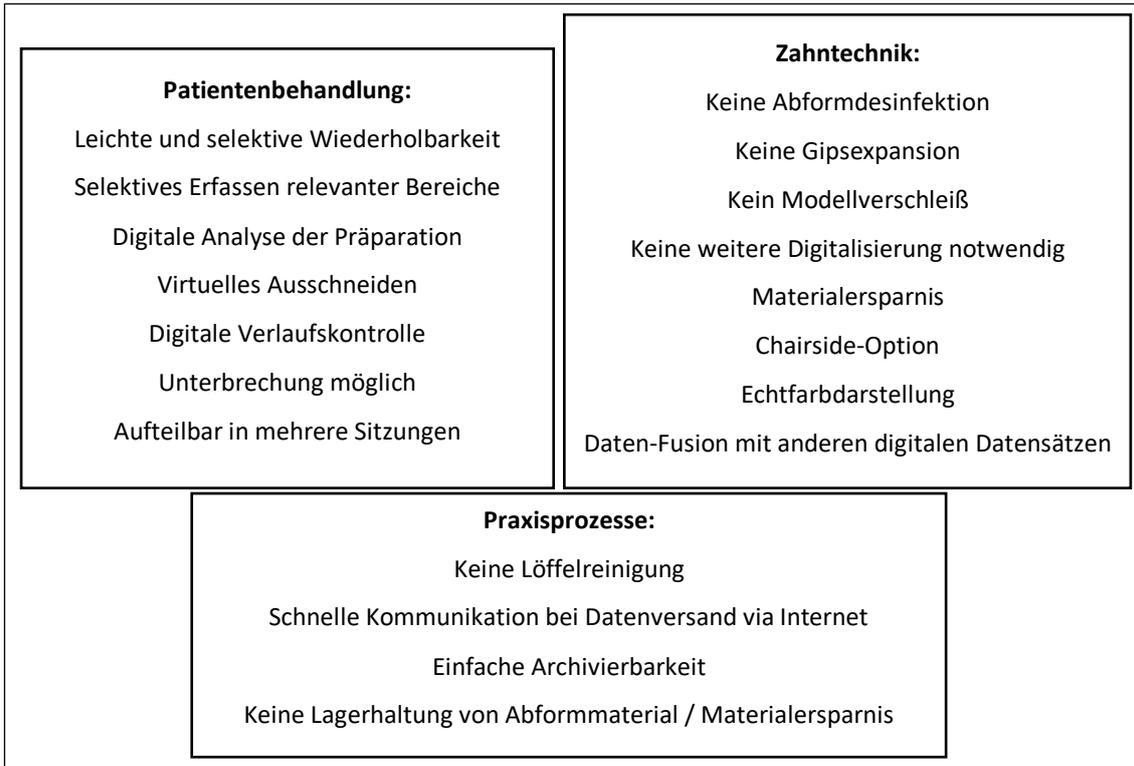


Abbildung 3: Vorteile der digitalen intraoralen Abformung, modifiziert nach [102, 172].

Die digitale Abformung bietet für die Patientenbehandlung, Praxisprozesse und den Zahntechniker zahlreiche Vorteile. Sowohl in der Patientenbehandlung, durch die Möglichkeit der selektiven Wiederholbarkeit der Abformung und Nutzung digitaler Werkzeuge, als auch in Zahntechnik durch Wegfall zusätzlicher Arbeitsschritte, kommt es zu Vorteilen. In den Praxisprozessen kommt es unter anderem durch verminderte Lagerhaltung von Abformmaterialien, den verringerten Materialverbrauch und den Wegfall des postalischen Versands physischer Arbeitsunterlagen zu Vorteilen gegenüber der konventionellen Abformung.

1.2.2. Genauigkeit von Intraoralscans bei Ganzkieferscans

Ein wesentlicher Schwerpunkt der derzeitigen Forschung ist die Untersuchung der Genauigkeit von Ganzkieferscans, welche mithilfe von Intraoralscannern erfasst werden [44, 54, 56]. Die Genauigkeit von Abformungen generell wird durch zwei unterschiedliche Faktoren wiedergegeben: Richtigkeit und Präzision. Die Richtigkeit (*Trueness*) beschreibt dabei die Abweichung der Abformung von der realen Geometrie, während die Präzision (*Precision*) die Abweichung zwischen wiederholten Abformungen/Scans vom selben Objekt beschreibt (ISO:5725-1) [38]. Für einen Ganzkieferscan ist es somit wichtig, dass sowohl der einzelne Scan einen digitalen Datensatz mit möglichst exakter Wiedergabe der realen Anatomie erzeugt (Richtigkeit) als auch dieses richtige Ergebnis bei

mehrmaliger Wiederholung desselben Kiefers wie auch anderer Kiefer durch verschiedene Anwender erreicht wird (Präzision).

Die Abformung mithilfe von Silikonen und Polyethern wird häufig als Goldstandard angesehen [72]. Im Gegensatz zur konventionellen Abformung erfolgt die digitale Abformung des Kiefers nicht einzzeitig, sondern durch das stetige Zusammenfügen kleiner generierter 3D-Oberflächen. Da der Scankopf nur eine begrenzte Größe aufweist, können nur kleine Ausschnitte des Kiefers als 3D-Struktur erzeugt werden. Um einen vollständigen Kiefer zu erfassen werden die neu erfassten dreidimensionalen Strukturen mithilfe eines Softwareabgleichs auf bereits identische Strukturen im Datensatz überprüft und mit diesen übereinandergelegt [80]. Somit kann der Scan eines Einzelkiefers aus mehreren tausenden Bildern zusammengesetzt werden. Hierbei zeigt die Studienlage, dass die lokal begrenzte Auflösung generell genauere Ergebnisse liefert und der konventionellen Abformung mit anschließender Digitalisierung gleichwertig, teilweise auch überlegen ist [1, 95, 102, 111, 141]. Durch das Zusammensetzen von einzelnen 3D-Bildern kann es jedoch zu einem Verzug in der Rekonstruktion des gesamten Zahnbogens kommen [4]. Fest installierte Desktopscanner mit definiertem Objektstand im Scannerraum kompensieren dieses Problem häufig damit, dass der Aufnahmeweg der Kamera bekannt ist und somit auf diese Weise eine Rückrechnung erfolgen kann, was die Genauigkeit erhöht [66]. Bei der Anwendung von Intraoralscannern ist dies jedoch nicht möglich, da der Aufnahmeweg durch die Hand des Behandlers vorgegeben wird und somit für das System nicht für Nachberechnungen genutzt werden kann. Daher kann lediglich softwareseitig eine Optimierung erfolgen. In der Zahnmedizin hat sich dadurch der intraorale Scan für kleinerer Bereiche im Zahnbogen, wie zur Herstellung von Einzelzahn- oder kurzspanniger Restaurationen, bereits etabliert. Die Präzision der digitalen Abformung ist der der herkömmlichen Präzisionsabformung auf Basis von Präzisionsabformmaterialien in diesem Falle gleichwertig [13, 22, 145, 169]. Die Abweichung bei Ganzkieferscans wird in den einzelnen Studien sehr unterschiedlich bewertet, da es keine normierten Testverfahren gibt. Während bei in vitro Versuchen die Möglichkeit besteht, beispielsweise mit hochgenauen industriellen Scannersystemen die

Studienmodelle für einen Referenzdatensatz zu digitalisieren, besteht bei in vivo Studien diese Möglichkeit nicht. Hier können nur unterschiedliche Abformverfahren, oder mehrere Abformungen eines Verfahrens, miteinander verglichen werden. Somit ist es bei in vitro Verfahren nur möglich, die Präzision zu ermitteln, nicht jedoch die Richtigkeit [38, 45]. In der Mundhöhle können zudem Faktoren, wie z.B. unterschiedliche Restaurationsmaterialien, ein Speichelfilm oder Unterkieferdeviationen bei Mundöffnung, die Qualität eines Intraoralscans beeinflussen [84]. Eine in vitro Studie von Ender und Mehl zeigte bei Ganzkieferscans eine Abweichung zwischen $42,9 \pm 20,4 \mu\text{m}$ und $82,8 \pm 39,3 \mu\text{m}$ bei den getesteten Intraoralscannern, während Alginate eine Abweichung von $162,2 \pm 71,3 \mu\text{m}$ in dieser Studie aufwies [45]. Ein genaues Maß für eine klinisch akzeptable Abweichung im gesamten Zahnbogen ist somit schwer zu definieren. Muallah et al. stellten hierzu die These auf, dass die Abweichung im gesamten Kiefer so gering sein sollte, dass eine Eigenbeweglichkeit der Zähne im Parodontalspalt erhalten bleibt, ohne die Blutzirkulation zu unterbrechen. Somit kommen Muallah et al. zu einer akzeptablen Abweichung von maximal $250 \mu\text{m}$ für einen gesamten Kiefer [105]. Die intraoralen Scannersysteme kommen somit hierfür in Betracht. Die klinische Überprüfung der Scangenaugigkeit von Ganzkieferscans stellt somit noch eine Thematik der aktuellen Forschung dar. Neben dem Vermessen von digitalen Datensätzen, stellt die Eingliederung von zahntechnischen Werkstücken und die klinische Evaluation von deren Passung eine weitere Möglichkeit dar. Während die lokale Richtigkeit klinisch anhand der Beurteilung der Passung von Kronen an der Präparationsgrenze überprüft werden kann, stellt die Beurteilung der Genauigkeit von Ganzkieferscans eine erhöhte Schwierigkeit dar [9, 21, 50, 61, 163]. Die Eingliederung und Evaluation von zahntechnischen Restaurationen, die den gesamten Kiefer umspannen, könnte hierbei einen Anhalt auf die Richtigkeit von intraoral gescannten Ganzkieferabformungen geben. Aufbisschienen könnten sich hierzu, aufgrund des nicht invasiven Vorgehens und Umfassung der gesamten Zahnhartsubstanz eines Kiefers, für die in vivo Evaluation der Richtigkeit von digitalen Ganzkieferabformungen mithilfe von Intraoralscannern, anbieten.

Neben der Genauigkeit des Ganzkieferscans spielt auch die Registrierung der Kieferrelation eine entscheidende Rolle, da eine falsche Ausrichtung der Kiefer zueinander in ein schlecht passendes zahntechnisches Werkstück mündet. Die Kieferrelationsbestimmung erfolgt bei der digitalen intraoralen Abformung durch einen Scan der Vestibulärflächen, bei geschlossener Zahnreihe, was durch softwareseitige Algorithmen eine korrekte Zuordnung der gescannten Kiefer zueinander erlaubt [171].

1.3. 3D-Druck zur Herstellung von Medizinprodukten aus Polymeren

Unabhängig von der Entwicklung und Markteinführung der ersten Intraoralscanner, meldete Charles W. Hull 1984 ein Patent mit dem Titel „*Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography*“ zur schnellen Erstellung von digital entworfenen dreidimensionalen Objekten an. Bei der sogenannten Stereolithographie (*gr. stereos = körperlich; Lithographie: gr. lithos = Stein, gr. graphein = schreiben*) kommen flüssige Kunststoffe, die unter Lichtexposition zügig aushärten (photopolymerisierende Kunststoffe) und computergesteuerte Lichtquellen zum Einsatz. Ziel der Forschungsarbeit war die schnelle und wirtschaftliche Anfertigung dreidimensionaler Prototypen für die Industrie. Die damit verbundene Entwicklung stellte eine der Grundlagen der 35 Jahre später vielfach verwendeten Verfahren im 3D-Druck, einer additiven Fertigungsmöglichkeit, dar [70]. Der Vorteil der additiven gegenüber der subtraktiven Fertigung liegt einerseits in der Möglichkeit, sehr komplexe Strukturen, ohne großen nachträglichen handwerklichen Aufwand kostengünstig zu fertigen, andererseits entstehen bei dieser Technik sehr wenige bis keine Abfallprodukte. Nicht polymerisiertes Rohmaterial kann für weitere Bauteile verwendet werden [47, 117]. Dies kann in Zukunft, auch mit zunehmendem Blick auf Nachhaltigkeit und umweltgerechte Fertigung, eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen [75].

Grundprinzip des 3D-Drucks, folglich der additiven Fertigung, ist der schichtweise Aufbau eines Objekts aus 3D-Daten durch Hinzugabe eines Materials [39]. Hierfür wird das digitale, dreidimensionale Objekt rechnerisch in einzelne

Schichten aufgeteilt. Diese Schichten können eine Dicke von bis zu wenigen Mikrometern aufweisen. Beim Fertigungsprozess werden diese Schichten durch Hinzugabe bzw. Verfestigung eines Materials aufeinander rekonstruiert, bis das vollständige dreidimensionale Objekt entstanden ist [36]. Voraussetzung zur Herstellung eines Objekts mithilfe eines 3D-Druckers ist ein fehlerfreier digitaler Datensatz sowie eine sog. *Slicing*-Software. Die *Slicing*-Software übernimmt die Vorbereitung und Umrechnung des Datensatzes in einzelne Schichten und erstellt daraus die notwendige Datei für den ausgewählten Drucker, die wiederum die Maschinenkommandos enthält. Die Datensätze werden hierzu häufig im .stl-Datenformat an die *Slicing*-Software übergeben. In der *Slicing*-Software wird der Datensatz zuerst im virtuellen Bauraum des 3D-Druckers platziert. Die Platzierung im Bauraum spielt bei der additiven Fertigung eine wesentliche Rolle, da diese einen Einfluss auf die Anzahl und Ausrichtung der einzelnen Schichten und somit auch auf die Dimensionsgenauigkeit, Baugeschwindigkeit und mechanischen Eigenschaften haben kann [155]. Durch die Platzierung des Objekts im dreidimensionalen Raum entstehen je nach Orientierung auch unterschiedliche Überhänge, die ohne eine zusätzliche Stützstruktur nicht gefertigt werden können. Durch teils automatisierte, teils individuelle Platzierung von Stützstrukturen wird das Objekt so stabilisiert, dass ein Zusammenbruch, Verzug oder Ungleichgewicht während der Fertigung vermieden wird [81, 170]. Die Anzahl und die Platzierung der Stützstrukturen beeinflussen dabei wesentlich den zusätzlichen Materialverbrauch sowie den Aufwand der späteren Ausarbeitung, da Stützstrukturen nach der Fertigung wieder entfernt werden müssen.

In der Zahnmedizin haben sich zur digitalen Herstellung von Aufbissschienen bisher Techniken mit fotopolymerisierenden Kunststoffen hervorgehoben. Die Techniken unterscheiden sich hierbei in *Material Jetting* (engl.: Ausstoßen) und der *Vat-Polymerisation* (engl.: Wannen-Polymerisation). Während beim *Material Jetting* über hunderte feine Düsen gezielt Tropfen aus lichthärtendem Material aufeinander platzieren bzw. ausstoßen und unter ungerichteter Lichtzufuhr polymerisieren, erfolgt bei der *Vat-Polymerisation* die gezielte Belichtung einzelner Bereiche in einer mit flüssigem Kunststoff gefüllten Wanne [151]. Beim

Material Jetting ist es somit möglich, mehrere Materialien gemeinsam zu verdrucken, während bei der *Vat-Polymerisation* nur ein Material zum Einsatz kommen kann [46]. Durch den einfacheren Aufbau sind *Vat-Polymerisation*-Drucker im Vergleich zu *Material Jetting*-Drucker wesentlich günstiger.

Grundbestandteile der *Vat-Polymerisation*-3D-Drucker sind eine Lichtquelle zur selektiven Aushärtung von fotopolymerisierendem Kunststoff, eine Materialwanne, in der der fotopolymerisierende flüssige Kunststoff während des Bauprozesses vorgehalten wird, sowie eine Bauplattform, auf welcher das Objekt entsteht. Die Anordnung der Komponenten wird in zwei Verfahren unterteilt, der *Bottom-Up*-Technik sowie der *Top-Down*-Technik [134]. In der *Bottom-Up*-Technik hebt sich die Bauplattform aus der Wanne heraus. Es erfolgt die Belichtung von unten durch einen durchsichtigen Wanneboden. Hierbei wird nach jeder Schicht der polymerisierte Kunststoff vom Wanneboden abgezogen. Die Bauplattform mit dem wachsenden Objekt wird für die darauffolgende Schicht wieder in die Wanne getaucht. Es wird ein dünner Spalt in der gewählten Schichtdicke zwischen der letzten polymerisierten Schicht und dem Wanneboden belassen, der mit dem in der Wanne vorhandenen flüssigen Kunststoff ausgefüllt wird. Der Kunststoff polymerisiert somit bei Belichtung an den Wanneboden und das entstehende Bauteil. Beim Abziehen des entstehenden Bauteils vom Wanneboden wirken Abzugskräfte auf das Bauteil [151]. Vorteil hierbei ist, dass die Menge an fotopolymerisierendem Kunststoff in der Druckwanne nur gering vorgehalten werden muss und die Einstellung der Schichtdicke durch den Abstand des entstehenden Objekts zum ebenen Wanneboden geregelt wird. Die Bauhöhe ist lediglich vom möglichen Fahrweg der Bauplattform in die Höhe abhängig. In der *Top-Down*-Technik senkt sich die Bauplattform hingegen nach jeder Schicht weiter in die Flüssigkeit hinein. Hierbei erfolgt die Belichtung von oben auf die Oberfläche des flüssigen Kunststoffes. Eine lichtgängige Grenzschicht, an jener der Kunststoff anpolymerisiert, ist dabei nicht zwingend erforderlich. Der Kunststoff kann direkt auf das entstehende Objekt polymerisiert werden. Somit können die Abzugskräfte eliminiert werden. Eine Schwierigkeit ist die Erzeugung einheitlicher Schichtdicken, da die Schichtdicke durch die Höhe des flüssigen Kunststoffes über dem sich

aufbauenden Objekt, abhängig ist. Diese ist wiederum von der Oberflächenspannung des flüssigen Kunststoffes und der Füllstandhöhe der Materialwanne abhängig [134]. Weiterhin ist es hierbei notwendig, eine erhebliche Menge an Kunststoff in der Materialwanne vorzuhalten. Die mögliche Bauteilhöhe ist von der Tiefe der Materialwanne abhängig. Viele der kleineren 3D-Drucker, die nicht in großen, spezialisierten Betrieben zur Massenfertigung eingesetzt werden, nutzen die *Bottom-Up* Technik.

Bei der gezielten Belichtungstechnik der Wannen kommen 3 unterschiedliche Verfahren zum Einsatz:

Stereolithografie (SLA): Das von Charles W. Hull 1984 patentierte Verfahren im 3D-Druck beschreibt unter anderem die Verwendung eines beweglichen, computergesteuerten UV-Laserpunktes. Über eine Spiegelfläche wird der Lichtpunkt auf die Grenzfläche eines unter UV-Licht aushärtenden, flüssigen Kunststoffes in einer Wanne projiziert [70]. Durch die Belichtung erhärtet eine dünne Schicht des flüssigen Kunststoffes in diesem Bereich und bildet eine formstabile Schicht. Durch die Kippung des Spiegels erfolgt die Bewegung des Lichtpunktes über die Grenzfläche. Somit kann die gesamte Oberfläche abgefahren werden und selektiv die Aushärtung des Kunststoffes erfolgen. Unbelichtete Bereiche bleiben flüssig. Die minimale Auflösung des Objekts ist von der Punktgröße des Laserstrahls abhängig.

Digital Light Processing (DLP): Beim Digital Light-Processing kommt statt eines punktförmigen Laserstrahls ein DLP-Projektor zum Einsatz. Hiermit kann die gesamte Fläche einzeitig belichtet werden [119]. DLP-Projektoren nutzen dazu Miniaturspiegel, die entweder das Licht auf die Projektorfläche oder ins „Nichts“ leiten und somit einen sehr hohen Kontrast, sowie eine hohe Beleuchtungsstärke erlauben [49]. Die minimale Auflösung ist hierbei die Größe eines Pixels, die von der Auflösung des DLP-Projektors abhängig ist.

LCD-Technik: Bei der LCD-Technik kommen eine homogene Lichtquelle und ein *Liquid-Crystal-Display* zur Verwendung. Der Druckprozess findet nahezu auf der Oberfläche des LCD-Displays statt. Die homogene Lichtquelle unterhalb des

Displays sendet konstant Licht aus. Durch die elektrische Ansteuerung des LCD-Displays kann die Anordnung der Kristallstruktur verändert werden, was eine pixelgenaue Steuerung der Lichtdurchgängigkeit erlaubt. Nachteilig wird hierbei betrachtet, dass teilweise Streulicht durch das Display in den Bauraum gelangt, was zu Ungenauigkeiten führen kann [119].

Nach dem 3D-Druck erfolgt die manuelle Nachbearbeitung. Diese beinhaltet, bei Verfahren mit lichtpolymerisierenden Kunststoffen, die Reinigung in einem Ultraschallbad mit Isopropanol, oder einem vergleichbaren Lösungsmittel, zur Entfernung der überschüssigen, noch anhaftenden Materialreste. Erst mit der abschließenden Nachbelichtung liegt ein Werkstück vor, welches für die Endausarbeitung (Politur) geeignet ist. Der gesamte Ablauf ist in Abbildung 4 dargestellt.

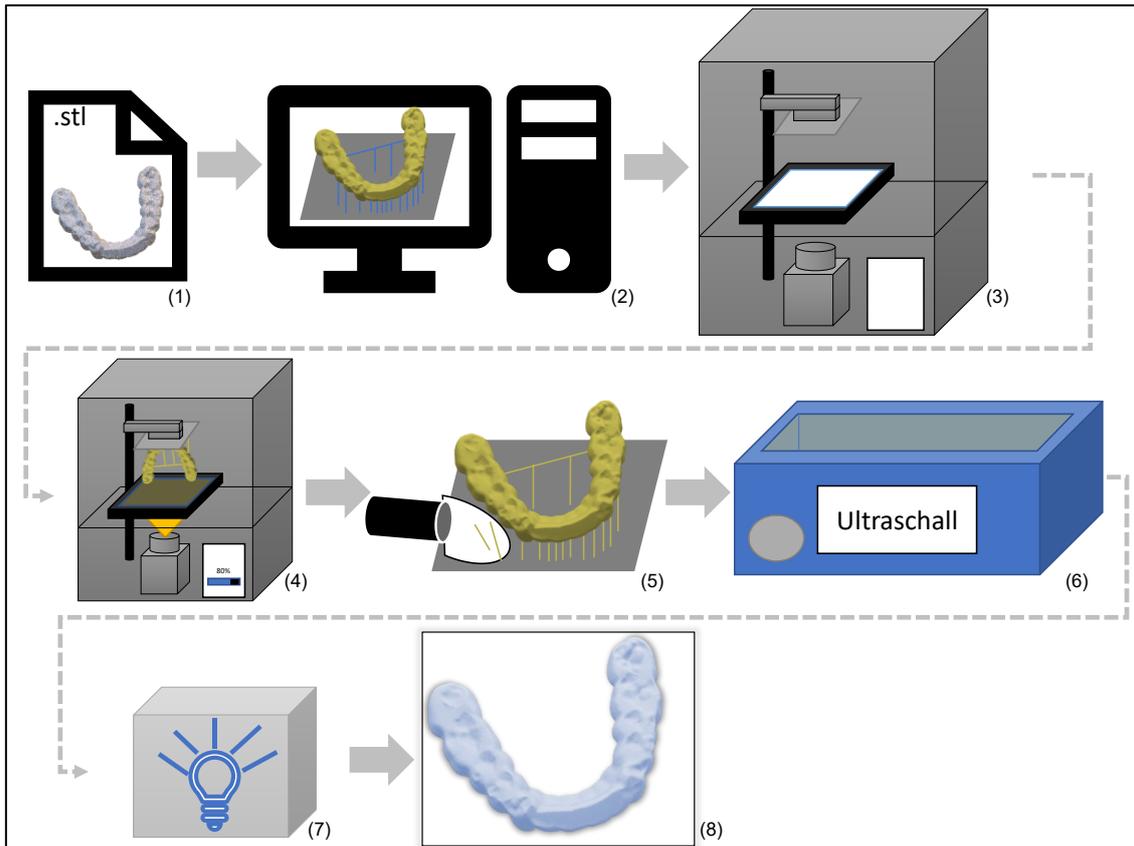


Abbildung 4: Prozesse im 3D-Druck vom Datensatz zum Bauteil, modifiziert nach Kumke M. [83]

Die schematische Darstellung zeigt den Ablauf des Workflows zur Umsetzung einer digitalen Schienenkonstruktion vom .stl-Format bis zum fertigen Werkstück 1-6. Die .stl Datei (1) beinhaltet die fertige digitale Konstruktion aus dem CAD-Programm und wird an die CAM-Software des 3D-Druckers zur Erstellung der Supportstrukturen und des Slicings gesendet (2). Nachdem der 3D-Drucker vorbereitet ist (3) kann die Schiene gedruckt werden (4). Nach dem Ablösen des Bauteils von der Druckplattform (5) erfolgt das Post-Processing (6-7). Die Schiene wird in einem Ultraschallbad (6) mit einem Lösungsmittel (Isopropanol) gereinigt. Nach der abschließenden Belichtung (7) ist das Werkstück für die Endausarbeitung (8) bereit.

1.4. Aufbissschienen

1.4.1. Indikation von Aufbissschienen

Die Funktionstherapie bei Störungen des Craniomandibulären Systems erfolgt anhand medizinischer und zahnmedizinischer Interventionen [2, 96]. Neben einer medikamentösen und manuellen Therapie gehören zahngetragene Aufbissschienen seit einigen Jahrzehnten zur zahnärztlichen Standardtherapie schmerzhafter Muskelverspannungen im Rahmen einer Craniomandibulären Dysfunktion (CMD) [5, 10, 120]. Im Studium der Zahnheilkunde gehört somit die Diagnostik und Therapie dieser funktionellen Störungen in seinen unterschiedlichen Kompetenzebenen zur universitären Lehre [112]. Neben dem

Einsatz in der reversiblen und non-invasiven zahnärztlichen Therapie der CMD eignen sich Aufbissschienen auch zur Prophylaxe und Schutz natürlicher Zahnhartsubstanz und Zahnersatzes bei Bruxismus (gr.: brygmos = Knirschen) [28]. Schienen sind herausnehmbare Apparaturen aus hartem oder weichem Kunststoff, die meistens nur zeitweise, beispielsweise nachts, getragen werden [160]. Ziel der Schienentherapie ist eine Entkopplung der natürlichen Zahnkontakte. Durch Anpassung der Aufbissfläche kann sowohl die Lage der Kieferbasen als auch die Kontaktflächen der Zähne zueinander modifiziert werden [153]. Hierdurch wird das muskuläre Zusammenspiel verändert, was Schmerzen im Bereich der Kaumuskulatur und der Kiefergelenke reduzieren kann [6, 8, 85]. Die häufig zur Therapie eingesetzte Stabilisierungsschiene mit ausgeglichener Aufbissfläche, sogenannte äquilibrierte Schiene, kann sowohl im Unterkiefer, als auch im Oberkiefer, eingesetzt werden [121]. Bei Zubiss auf der Schiene sollten sich die Kondylen des Unterkiefers in ihrer physiologischen Position befinden. Hierzu werden die Kontaktpunkte auf der Schiene in statischer und dynamischer Okklusion idealisiert gestaltet. Die Bissregistrierung erfolgt ohne Zahnkontakte, in muskulärer habitueller Position beim aufrecht sitzenden Patienten. Bei der Okklusion mit eingesetzter Aufbissschiene sind die statischen Kontaktpunkte gleichmäßig und punktförmig über den gesamten Zahnbogen verteilt. Protrusive oder retrusive Störkontakte werden vermieden und die Laterotrusion harmonisiert [60]. Die äquilibrierten Aufbissschienen werden patientenindividuell aus Kunststoffen, konventionell meist aus Polymethylmethacrylat (PMMA) gefertigt, was somit eine Anfertigung im zahntechnischen Labor bedingt [28, 137].

1.4.2. Analoge Schienenherstellung

Am Anfang des klassischen Arbeitswegs zur Herstellung äquilibrierter Aufbissschienen steht die Übertragung der Patientensituation an das zahntechnische Labor. Als Abformmaterial der Kiefer eignen sich sowohl Alginate als auch Polyvinylsiloxane (Silikone) [130]. Die Beziehung des Oberkiefers zum Kiefergelenk kann mithilfe eines Gesichtsbogens übertragen werden (sog. arbiträre Übertragung oder Gesichtsbogenübertragung) [5]. Die Relation des

Unterkiefer zum Oberkiefer wird mithilfe eines Bissregistrats in muskulärer habitueller Position beim aufrecht sitzenden Patienten übertragen. Mithilfe der Abformungen erfolgt die Herstellung von Gipsmodellen der Kiefer/ Zahnreihen. Diese werden mittels der Gesichtsbogenübertragung patientenindividuell, oder mittelwertig, falls die Gesichtsbogenübertragung nicht vorliegt, im Artikulator "montiert". Nach dem Ausblocken von Unterschnitten (bedingt durch die Zahnanatomie und Zahnstellung) kann die Herstellung der Schiene erfolgen. Als Material für die Gestaltung der Aufbissfläche hat sich neben Polymethylmethacrylat (PMMA) im Pulver-Flüssigkeitsverfahren, auch die Verwendung von knetbaren, lichthärtenden Kunststoffen als geeignet erwiesen [31, 152].

Auf den Gipsmodellen kann die Modellation direkt mittels eines plastischen Kunststoffes erfolgen, oder indirekt durch vorherige Wachsmodellation mit anschließender Überführung dieser in Kunststoff. Bei der direkten Modellation kann das PMMA oder der lichthärtende Kunststoff im noch plastischen Zustand direkt auf den Gips aufgebracht werden. Wahlweise kann eine Folie aus Polylactid, Polyethylen, oder PMMA, die im thermoplastischen Tiefziehverfahren über den Zahnkranz gezogen wird, als Basis für den Aufbau dienen [12]. Die Aushärtung des PMMAs erfolgt gemeinsam mit dem Gipsmodell im Drucktopf, bei lichthärtenden Materialien im Lichtofen. Bei der folgenden Ausarbeitung müssen Kunststofffahnen entfernt, die Okklusion an den Gegenkiefer angepasst, oder, je nach Verfahren, noch Führungsflächen aufgebaut werden, bevor eine abschließende Politur erfolgt [104].

1.4.3. Digitale Schienenherstellung / CAD-CAM

Seit geraumer Zeit steht neben der konventionellen Herstellung von Aufbisschienen mittels Kalt-, Auto-, und Lichtpolymerisaten auch die Möglichkeit eines digitalen Designs und einer computergestützten Fertigung zur Verfügung. Dadurch können die in Kapitel 1.4.2 beschriebenen, zeitaufwendigen Zwischenschritte überbrückt werden und reliable Therapieergebnisse erzielt werden [113]. Die Übertragung der Patientensituation in die CAD-Software kann mithilfe digitalisierter konventioneller Abformungen erfolgen (s. Kapitel 1.2.1

Technologie) oder direkt durch Übertragung eines Intraoralscans (s. Kapitel 1.2 Intraoralscanner) [133, 139]. Eine digitale Abformung mittels Intraoralscan scheint gegenüber der konventionellen Abformung die bevorzugte Therapiemethode von Patienten darzustellen [20, 73]. Das digitale Schienendesign imitiert dabei im Wesentlichen die analogen Arbeitsschritte am Computer und erstellt abschließend eine Datei für die computergesteuerte Fertigung. Die Verfügbarkeit eines physischen Kiefermodells scheint dabei nicht zwingend erforderlich zu sein, da auch in der computergestützten Fertigung digitale Artikulatoren zur Simulation der Kieferbewegungen zum Einsatz kommen können und somit nachträgliche Anpassungen oder Änderungen nicht zwangsläufig notwendig sind [11, 94].

Durch die Kombination eines Intraoralscanners mit einer CAD-Software ist es somit möglich, Aufbissschienen in einem volldigitalen Workflow herzustellen [133]. Aufgrund mangelnder Materialien stand anfangs vorerst die subtraktive Fertigung mithilfe computergesteuerter Fräsen im Vordergrund [43]. Vorteil der subtraktiven Fertigung besteht in der Verwendung bereits bewährter Materialien, die unter industriellen Bedingungen hergestellt werden. Dies beeinflusst positiv die Materialeigenschaften, Passgenauigkeit sowie den Restanteil an freien Monomeren, da ein händisches Anmischen entfällt und die Polymerisation bereits abgeschlossen ist [19, 43, 55].

Neben dem Fräsen gewinnt in den letzten Jahren der 3D-Druck in der Zahnmedizin immer mehr an Bedeutung. Hierbei ist es unter anderem möglich, mehrere Schienen in hoher Präzision bei geringem Materialverbrauch herzustellen [166]. Seit der Internationalen Dentalschau (IDS) 2015 gibt es für den Dentalmarkt vermehrt Materialien mit der Freigabe zur Herstellung von Aufbissschienen im 3D-Druck, die die Zulassung zur intraoralen Anwendung erhalten haben [42]. Aufgrund der noch fraglichen Langzeitstabilität kamen gedruckte Aufbissschienen bevorzugt in der Anwendung von Implantat-Borschablonen und im chirurgischen Bereich der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie zum Einsatz [33, 58, 142]. Schienen, die im CAD/CAM-Verfahren hergestellt und 3D gedruckt wurden zeigten in Studien, gegenüber Schienen aus konventionell

verarbeiteten Kunststoffen, ein höheres Abrasionsverhalten und bessere Polierbarkeit [69]. Diese ersten Erkenntnisse weisen auch auf die Möglichkeit einer langfristigeren Anwendung von 3D-gedruckten Aufbissschienen hin.

Da es sich bei der Anfertigung und Eingliederung einer Aufbissschiene um einen nicht-belastenden und nicht-invasiven sowie jederzeit reversiblen Eingriff handelt, eignen sich diese seit jeher auch für eine anwendungsorientierte Lehre. Im Vergleich zu den invasiven Maßnahmen wie etwa die Therapie zur Herstellung von Kronen und Brücken und den damit angeschlossenen komplexen Prozessen im zahntechnischen Labor, stellen Schienen aus Kunststoff ein vergleichbar einfaches zahntechnisches Objekt dar [34]. Hier bietet sich also die Möglichkeit die Anfertigung in einen digitalen Arbeitsprozess selbst durchzuführen und das Ergebnis subjektiv selbst wahrnehmen und beurteilen zu können.

1.5. Zielsetzung der Arbeit

Ziel dieser wissenschaftlichen Studie ist die Untersuchung einer Integration neuer digitaler Technologien im klinischen Studienabschnitt der Zahnmedizin am Beispiel der Herstellung von adjustierten Aufbissschienen mittels Intraoralscan, CAD und 3D-Druck (sog.: „voll-digitaler Workflow“).

Wesentlich möchte die Arbeit herausstellen, ob der derzeit zur Verfügung stehende voll-digitale Workflow zur Herstellung der Aufbissschienen auch praxistauglich ist. Dabei wird immanent überprüft, wie sich diese digitalen Arbeitsschritte ohne Verwendung physischer Modelle miteinander vereinen lassen. Die Erprobung dieses Workflows, mit auf diesem Gebiet noch unerfahrenen Anwendern (den Studierenden), eröffnet eine möglichst objektive Untersuchung zur Fehleranfälligkeit und Akzeptanz der konsekutiv abhängigen Prozesskette; bestehend aus: Intraoralscan zur Erfassung der Kiefer, das digitale Schienendesign (CAD-Software), die computergestützte Anfertigung (3D-Druck), die Ausarbeitung des Medizinprodukts ohne physisches Referenzmodell sowie das Einsetzen der Aufbissschiene in einen Probanden. Zum Zeitpunkt des Beginns dieser Studie wie auch zum Zeitpunkt der Verfassung dieser Schrift liegen noch keine Erkenntnisse zur Bewältigung und Bewertung dieser einzelnen Schritte dieser Prozesskette vor.

Zusammenfassend beschreibt diese Dissertationsschrift die Praxistauglichkeit eines rein digitalen Workflows zur Herstellung von Unterkieferaufbissschienen mittels Intraoralscan, digitalem Schienendesign, additiven 3D-Druck und modelllosem Ausarbeiten auf Basis einer Prozessanalyse aus bewertenden Rückmeldungen der Kandidaten der Zahnmedizin.

Die Erkenntnisse sollen eine Einschätzung zulassen, inwiefern digitale Prozessketten in der Lehre anwendbar sind. Eine zusätzliche Beurteilung der klinischen Passung so angefertigter Aufbissschienen lässt Aussagen zur Richtigkeit von Ganzkieferabformung durch unerfahrene Behandler zu.

1.5.1. Forschungsfragen

Die Untersuchung möchte daher folgende Forschungsfragen beantworten:

1. Wie beurteilen „unerfahrene“ Studierende (Novizen) intraorales Scannen als „aktive“ Behandler und als „passive“ Probanden?
2. Wie beurteilen Novizen den Umgang mit 3D-Daten und die digitale Konstruktion?
3. Wie ordnen Studierende die manuelle Bearbeitung von digital hergestellten Aufbissschienen in ihrem Erfahrungshorizont ein?
4. Wie viele der von Novizen im digitalen Workflow hergestellten Aufbissschienen haben eine klinisch suffiziente Passung?
5. Finden sich mögliche Zusammenhänge zwischen unabhängigen Vorerfahrungen mit 3D Anwendungen von Novizen mit der Beurteilung des digitalen Workflows und deren klinischen Outcomes?

1.5.2. Erfüllung ethischer Rahmenbedingungen

Vor der Durchführung der Erhebung wurde diese der Ethik-Kommission an der Medizinischen Fakultät der Eberhard-Karls-Universität und am Universitätsklinikum Tübingen zur Beratung, wie im nächsten Abschnitt als Prüfplan beschrieben, vorgelegt. Das Ethik-Votum erhielt die Projekt-Nummer: 047/2018/BO2 und wurde ohne Auflagen genehmigt.

2. Material und Methoden

2.1. Überblick

Die erhobenen Daten resultieren aus der Beantwortung von Fragebögen durch die Studierenden. Die Befragung erfolgt mit bis zu sieben, speziell hierfür entworfenen Fragebögen (siehe: Kapitel 2.5 Datenerhebung). Die Studienkohorte besteht aus Studierenden, die sich zum Zeitpunkt der Befragung im 8. bzw. für die Nachsorge im 9. Fachsemester des Studiengangs Zahnmedizin an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen befinden und den klinischen Kursus der Zahnersatzkunde I & II besuchen. Die Teilnahme ist freiwillig und anonymisiert möglich.

Insgesamt finden vier Erhebungsläufe statt. Die Studierenden werden im Voraus über die Studie schriftlich (Teilnehmerinformation) und mündlich aufgeklärt. Die Erhebung der generierten Daten sowie deren Auswertung erfolgt nur nach freiwilliger Unterzeichnung der Einwilligungserklärung zur Verarbeitung der innerhalb der Studie erhobenen Datensätze. Es kann jederzeit ohne Angaben von Gründen von der Einwilligungserklärung zurückgetreten werden.

2.2. Studiendesign

Zu Beginn erhalten die Studierenden eine theoretische Einweisung und Anleitung zur Herstellung des Intraoralscans, sowie dem digitalen Design der Aufbissschiene (s. 2.4 Arbeitsablauf und Vermittlung an Studierende). Das Ausarbeiten, Eingliedern und Einschleifen von Aufbissschienen gehört bereits, durch die Lehre der konventionellen analogen Methode, zum regulären Lehrplan und wird im Rahmen der Studie nicht explizit ausgeweitet.

Die praktische Durchführung des Intraoralscans sowie das Einsetzen der fertigen Schienen erfolgen in eigenständig gebildeten Studierenden-Tandemgruppen aus 2 bis 3 Studierenden. In den Tandemgruppen erfolgt eine Unterteilung in aktive und passive Tandempartner. Der aktive Tandempartner nimmt dabei die Rolle des durchführenden Teilnehmers ein (vergleichbar mit der Arzt-Rolle), während am passiven Tandempartner die zu evaluierenden Schritte durchgeführt werden

(vergleichbar mit der Patienten-Rolle). Jeder Studierende nimmt somit die Rolle des aktiven wie auch die des passiven Teilnehmers ein.

Das Schienendesign und die Ausarbeitung der Druckobjekte erfolgen in Eigenarbeit. Der 3D-Druck (Slicing, Druck, Postprocessing) der Schienen-Datensätze erfolgt durch geschultes und erfahrenes Fachpersonal.

Werden die so angefertigte Aufbissschiene von einem Teilnehmer nach dem Einsetzen weiterhin getragen, besteht die Möglichkeit, während der Tragezeit im Folgesemester (Kursus der Zahnersatzkunde II), bis zu drei Nachkontrollen in den Tandemgruppen zu evaluieren (Abbildung 5).

Die Datenerhebung erfolgt in jedem Semester direkt nach Abschluss der einzelnen Arbeitsschritte anhand von bis zu sieben Fragebögen (Kapitel 2.5.1). Vier der Fragebögen beschreiben den eigentlichen Arbeitsprozess von der Herstellung bis zum Einsetzen, die übrigen drei Fragebögen dienen zur Evaluation der Kontrolluntersuchungen. Zu jedem durchzuführenden Arbeitsschritt wird ein individueller Fragebogen entworfen und den Teilnehmern ausgehändigt (2.5 Datenerhebung). Arbeitsschritte, an denen zwei Teilnehmer beteiligt sind (Fragebogen S, E, 1, 2, 3) sind in einen Anteil für den aktiven und einen für den passiven Tandempartner aufgeteilt.

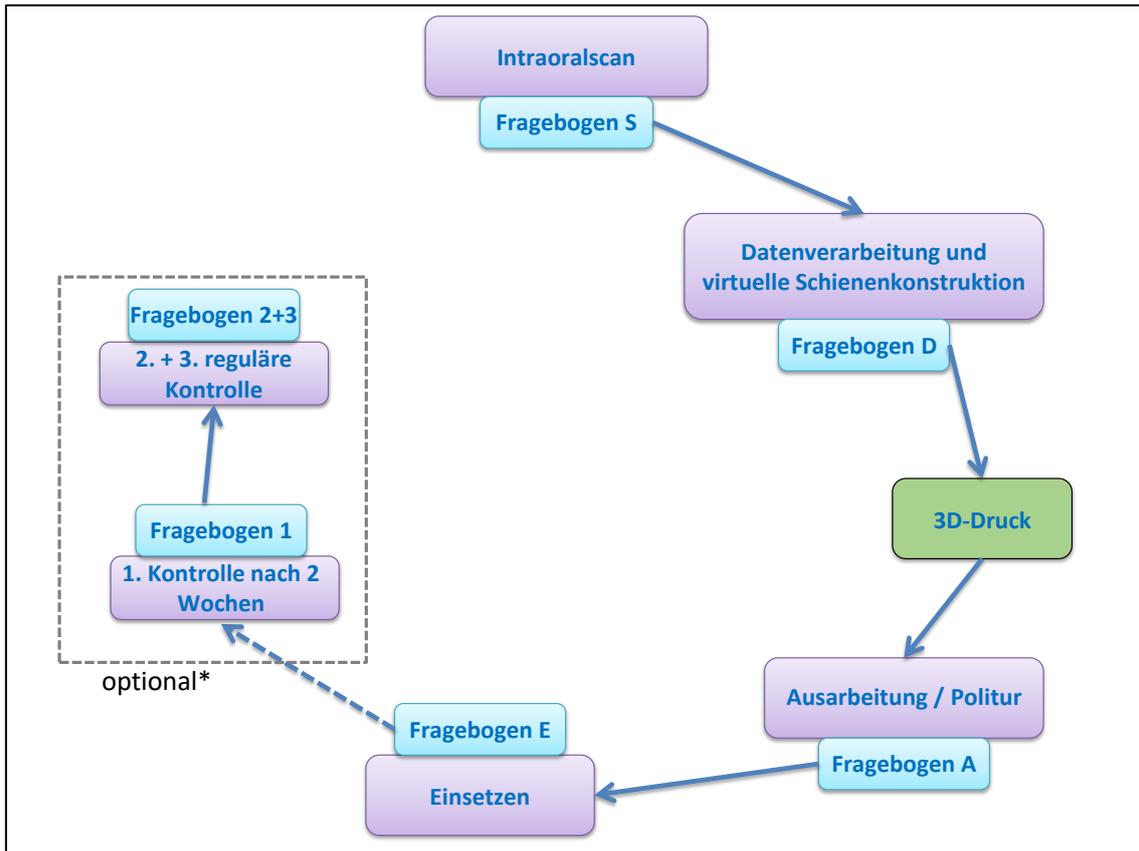


Abbildung 5: Studienablauf mit zugehörigen Fragebögen.

Die Studie besteht aus 4 Fragebögen zur Herstellung der Aufbissschiene, angefangen beim Intraoralscan, über das Schienendesign, Ausarbeiten und bis hin zum Einsetzen der Aufbissschiene. (*) Die 3 Fragebögen der Nachkontrollen sind optional und sollen ausgefüllt werden, wenn die Schiene durch den Studienteilnehmer nach dem Einsetzen noch weiterhin getragen wird (Idealerweise: 2 Woche nach Einsetzen, zum Ende des 8. Fachsemesters, innerhalb des 9. Fachsemesters). Der 3D Druck der Aufbissschiene erfolgt durch Fachpersonal und wird somit nicht durch die Teilnehmer evaluiert.

2.3. Übersicht Hardware und Software

Im Folgenden wird auf die genaue Beschreibung der Gerätschaften, Software, und Materialien, welche in der Studie zur Herstellung der digitalen Aufbissschienen verwendet wurden, eingegangen. Die Beschreibung der Unterrichtung und Lehrmittel für die Studienteilnehmer erfolgen in Kapitel 2.4.

Für diese Studie wird zur Durchführung der digitalen intraoralen Abformung in Tandemgruppen ein puderfreier Intraoralscanner auf Basis der konfokalen Bildgebung der Firma *3Shape* (Trios3 Color; 3Shape; Kopenhagen) ausgewählt. Die digitale Konstruktion der Schienen erfolgt mithilfe der CAD-Software *ExoCad* (DentalCAD; ExoCad GmbH; Darmstadt). Für die additive Fertigung wird auf einen Drucker mit DLP-Technologie zurückgegriffen (Solflex; W2P Engineering

GmbH; Wien). Als Schienendruckmaterial kommen die aktuellen 3D-Druck Kunststoffe der Firma VOCO (V-Print Ortho und V-Print Splint; VOCO GmbH; Cuxhaven) zum Einsatz, die als Medizinprodukt für den intraoralen Einsatz in der Indikation Aufbissschiene zugelassenen sind.

Im Zuge der auf zwei Jahre angelegten Studie werden Hard-, Software- und Materialupdates fällig und durchgeführt. So war letztlich nach dem ersten Durchgang (WS 2017/2018) ein einmaliger Wechsel des 3D Druckers vom Modell *Solflex 650* (W2P Engineering GmbH; Wien) auf das Modell *Solflex 170 PLUS* (W2P Engineering GmbH; Wien) notwendig. Die im Verlauf benutzen Geräte und Materialien finden sich in Tabelle 1 und Tabelle 2.

Tabelle 1: Eingesetzte Hardware

Übersicht der eingesetzten Hardware mit Spezifizierung. Der 3D Drucker *Solflex 650* (W2P Engineering GmbH, Wien) wurde nach dem WS 2017/2018 gegen das Modell *Solflex 170 Plus* ausgetauscht.

<i>Anwendung</i>	<i>Produkt</i>	<i>Hersteller</i>	<i>Spec.</i>	<i>Anm.</i>
Intraoralscanner	Trios 3 Color Pod Version	3Shape (DNK - Kopenhagen)	TRIOS 2015-1 Konfokale Bildgebung RAM: 4 GB	Laptop: Dell Alienware 15 R2
CAD Arbeitsplatz	Z600 Workstation	HP Inc. (USA - Kalifornien)	Prozessor: E5620 2.4GHZ Grafikkarte: ATI FirePro V3800	Windows 7
3D-Drucker	Solflex 650	W2P (AUT - Wien)	DLP FlexVat	WS 17/18
3D-Drucker	Solflex 170 Plus	W2P (AUT - Wien)	DLP FlexVat	SS18, WS 18/19, SS19
Ultraschallreiniger	ULSONIX PROCLEAN 10.0M ECO	Expondo GmbH (DE- Berlin)	10 Liter, 180 Watt, 40 kHz	Einsatz von Kunststoffwannen
Nachbelichtung	Otoflash G171	NK-Optiks (DE - Baierbrunn)	N ₂ -Anschluss	Aufnahmeschale: 280N2

Ein Wechsel des Schienenmaterials erfolgte nach Abschluss des 1. Semesters (WS 2017/2018) von *V-Print Ortho* zu *V-Print Splint* (VOCO GmbH; Cuxhaven).

Tabelle 2: Eingesetzte Druckmaterialien

Übersicht der eingesetzten 3D-Drucker Materialien mit Spezifizierung. Ein Wechsel des 3D-Druck Materials erfolgte nach dem WS17/18 von *V-Print Ortho* zu *V-Print Splint*.

Material	Lot	Hersteller	Basis	Drucker	Semester
<i>V-Print Ortho</i>	1744426	VOCO GmbH (DE -Cuxhaven)	Dimethacrylat	Solflex 650 DLP - 385nm	WS17/18
<i>V-Print Splint</i>	1820095 1846211 1843562	VOCO GmbH (DE -Cuxhaven)	Dimethacrylat	Solflex 170 Plus DLP - 385nm	SS18, WS18/19, SS19

Die Software wurde im Lauf der Studie stetig auf dem aktuellen Stand gehalten, unter der Voraussetzung, dass der wesentliche Workflow erhalten werden kann. Die Scanner-Software (Trios SCAN 2015-1, 3Shape, Kopenhagen) erhielt im Laufe der Studie automatisierte Updates ohne Veränderung der Funktion und Oberfläche (1.4.7.3 -> 1.4.7.5). Updates der CAD-Software (DentalCAD 2016.10 -> 2.2 Valetta -> 2.3 Matera; ExoCad GmbH; Darmstadt) erfolgten nach dem Abschluss des 1. Semesters (WS 2017/2018) sowie nach Abschluss des 3. Semesterlaufes (WS 2018/2019). Als CAM- und Slicingsoftware kommt das Programm *Netfabb* (Netfabb Standard 2018.0, Autodesk, Kalifornien) zum Einsatz (Tabelle 3).

Tabelle 3: Eingesetzte Software

Die eingesetzte Software wurde im Verlauf der Studie auf dem aktuellen Stand gehalten, unter Beachtung der Beibehaltung des Workflows. Die Trios Scan Software erhielt automatisierte Updates. Der Datenexport erfolgte im .stl Format. Die CAD-Software ExoCad DentalCad wurde nach dem WS 2017/2018 von der Version 2016.10 auf die Version Valetta 2.2 geupdatet. Die ExoCad DentalCad Version Matera 2.3 wurde zu Beginn des SoSe 2019 eingespielt.

Software	Hersteller	Anwendung	Softwareversion	Anm.
<i>Trios Scan</i>	3Shape (DNK -Kopenhagen)	Software des Intraoralscanners	TRIOS 2015-1 (1.4.7.3-5)	STL- Export
			2016.10	WS 17/18
<i>ExoCad DentalCAD</i>	ExoCad GmbH (DE -Darmstadt)	CAD-Design Software	Valetta 2.2	SS18 WS 18/19
			Matera 2.3	SS19
<i>Netfabb</i>	Autodesk (USA -Kalifornien)	CAM-Software	Standard 2018.0	-

2.4. Arbeitsablauf und Vermittlung an Studierende

2.4.1. Intraoralscan

Die digitale intraorale Abformung erfolgte mittels des 3Shape Intraoralscanners in 2er bzw. 3er Tandemgruppen. Der Intraoralscanner wurde in der Phase der Anfertigung der Intraoralscans wöchentlich nach Herstellerangaben 3D-kalibriert. Jeder Studienteilnehmer legte einen eigenen Patientenfall in der Scansoftware an. Der Intraoralscan wurde mit der Indikation „Situationsmodell“ gekennzeichnet und in der softwareseitig vorgeschlagenen Reihenfolge durchgeführt: 1.Unterkiefer, 2.Oberkiefer 3. Bissregistrator rechts 4. Bissregistrator links. Während des Bisscans sollte eine vorab hergestellte Wachsplatte (Beauty-Pink Extra Hard Pink 3mm Wachs, Fa. Integra Miltex), mit der für die Schiene gewünschten Bissperrung in gewünschter Kieferrelation eingelegt werden, sodass die Zahnreihen nicht in Okklusion standen. Der Datensatz wurde anschließend als .stl Datensatz exportiert und auf einem Netzwerklaufwerk abgespeichert.

Unterweisung Digitale intraorale Abformung mit Bissregistrator

Die Einführung der Studierenden in die digitale intraorale Abformung erfolgte in jedem Semester im großen Plenum (13 bis 26 Teilnehmer). Im Rahmen einer Vorlesung erfolgte die Einführung in die Funktionsweise von Intraoralscannern, produktspezifisch daraufhin die Einweisung in die Handhabung des zur Anwendung kommenden Scanners. Besonderes Augenmerk wurde auf das Aufzeigen des vom Hersteller empfohlenen Scanpfades gelegt. Nach theoretischer Einweisung erfolgte eine Live-Demonstration aller notwendigen Schritte, mit Übertragung des Computerbildschirms auf den Hörsaalbeamer und Kommentierung des parallel gezeigten Vorgehens. Die Dauer der Vorlesung mit Live-Demonstration und anschließenden Fragen betrug eine Unterrichtsstunde (45 Minuten).

Die Teilnehmer bildeten Tandemgruppen wie oben beschrieben. Nach Abschluss des Intraoralscans rotierten die Teilnehmer in den Rollen durch, sodass jedem Teilnehmer die Rolle des aktiven wie passiven Teilnehmers zufiel.

Vor Beginn des Scanvorgangs wurden die Teilnehmer angeleitet, sicherzustellen, dass der Spiegelaufsatzes durch den Scanner ausreichend erwärmt war, um ein Beschlagen des Spiegels in der Mundhöhle zu verhindern. Die zu scannenden Zahnflächen waren zu trocknen, Speichelansammlungen auf den Kauflächen zu vermeiden, um den Scan somit unter relativer Trockenlegung durchzuführen. Die Bilderanzahl pro Kiefer sollte nach Möglichkeit 1500 Bilder nicht überschreiten. Der Scanpfad war entsprechend der Herstellerangaben einzuhalten (s.u.). Der Abstand des Spiegelaufsatzes zum Kiefer sollte möglichst geringgehalten (0 bis maximal 5 mm) werden. Ein Auflegen des Aufsatzes direkt auf der Zahnfläche war möglich.

Begonnen werden sollte der Intraoralscan, entsprechend der Herstelleranweisung, mit Auflegen des Scankopfes auf einer Kaufläche im Unterkiefer Molarenbereich. Nach der Aufnahme von ca. 5 Bildern war der Scanner okklusal in Richtung Front zu führen. Im Frontzahnggebiet ist aufgrund der Inzisalkanten durch ein Kippen des Scanners der gesamte Frontzahnbereich von lingual, inzisal und vestibulär zu erfassen. Auf der Gegenseite war der Scan wiederum unter Abhalten der Wange okklusal fortzusetzen. Anschließend erfolgt der Scan der gesamten Lingualflächen, gefolgt vom Scan der Vestibulärflächen. Auf eine Überlappung der Scanbereiche mit den bereits erfassten Flächen ist dabei zu achten (Abbildung 6).

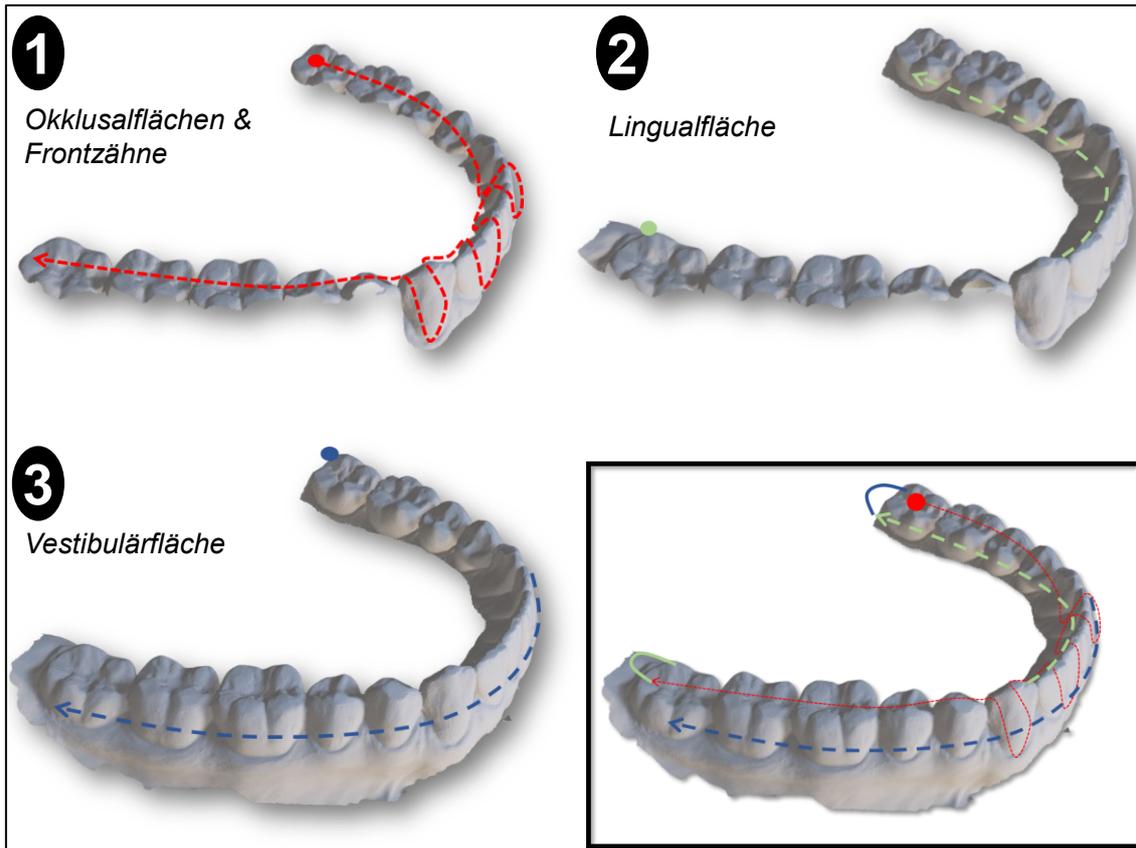


Abbildung 6: Scanpfad Unterkiefer

Der Scanpfad für den Intraoralscan im Unterkiefer gliedert sich in 3 Schritte. 1) Scan der Okklusalflächen mit vollständigem Scan der Unterkieferfront durch schwenken des Scankopfes über die Inzisalkante. 2) Scan der Oral/Lingualfläche 3) Scan der Vestibulärfläche. Im Oberkiefer ist die Reihenfolge des 2. Und 3. Schrittes vertauscht. Hier erfolgt nach dem Scan der Okklusalfläche 1) der Scan der Vestibulärfläche 3), gefolgt vom abschließenden Scan der oralen Fläche 2). Rahmen: Kompletter Scanpfad des Unterkiefers.

Bei Abbruch der Aufnahme durch Verlust des Scanpfades sollte auf eine möglichst charakteristische, bereits erfasste Fläche (z.B. Kaufläche im Molarengebiet) zurückgegangen werden. Dort kann die Position des Scannerkopfes durch Fortführen des Scans an einer bereits erfassten Fläche, softwareseitig wieder zugeordnet und somit der Intraoralscan weiter fortgeführt werden.

Nach Abschluss des Ganzkieferscans erfolgte die Beurteilung des Scans durch den Teilnehmer. Wurde dieser als ausreichend angesehen, konnte eigenständig der nächste Kieferscan gewählt und durchgeführt werden. Ein Beschneiden der Scans in der Software war möglich, aber nicht zwingend notwendig. Sollten Bereiche fehlen, waren diese nachträglich zu erfassen, indem der Scanner an eine bereits erfasste Position (z.B. Kaufläche im Molarengebiet – s.o.)

zurückgeführt wurde. Der Scan des Oberkiefers erfolgte nahezu analog zum Unterkiefer, wobei nach dem Scan der Okklusalfächen zuerst die Vestibulärflächen und anschließend die Palatinalflächen erfasst werden sollten. Der Gaumen konnte nach Abschluss des Scans der Zahnflächen ebenfalls erfasst werden. Es war darauf zu achten, dass keine Weichteile in Kontakt mit der gescannten Zahnoberfläche standen. Traten größere Artefakte auf, war der Scan eines einzelnen Kiefers vollständig zu löschen und neu durchzuführen.

Zur Beurteilung des erfolgreichen Scanfortschritts während des Scanvorgangs bestanden zwei Möglichkeiten: Einerseits konnte das sich aufbauende 3D-Modell live auf dem Monitor verfolgt werden, andererseits bestand die Möglichkeit sich anhand der Tonausgabe („Klicken“) der Scansoftware zu orientieren. Solange der Scanner anhand überlappender Areale das aktuell erfasste Bild korrekt zuordnen konnte, war der Scan fortzuführen und pro aufgenommenem Bild wurde ein Klickgeräusch ausgegeben. Konnte anhand fehlender Überlappungen die Aufnahme nicht mehr zugeordnet werden, verstummte das Klickgeräusch und der Aufbau des 3D Modells wurde pausiert. Der Anwender bekommt somit ein akustisches und optisches Feedback über den erfolgreich verlaufenden Scan.

Das Bissregistrat war vor Beginn des Intraoralscans mittels Beauty-Pink Extra Hard Pink 3mm Wachs (Fa. Miltex GmbH - Rietheim-Weilheim Deutschland) anzufertigen. Die Wachsplatte sollte im warmen Wasser (52°C) erwärmt und anschließend übereinander gefaltet werden, sodass eine ca. 6mm dicke Wachsplatte vorlag. Die noch warme Platte sollte mit einer Schere grob an die Form des Oberkiefers angepasst werden. Der zu scannende Teilnehmer wurde in eine aufrecht sitzende Position gebracht und die Wachsplatte an den Oberkiefer angedrückt, sodass sich leichte Impressionen der Höckerspitzen in der Wachsplatte abzeichneten. Mit einer Schere sollte nun die Platte bis zu den vestibulären Höckerspitzen gekürzt werden. Die Platte endete am distalsten Punkt der Zahnreihe und begann mesial des Kontaktpunktes am ersten Prämolaren, sodass ein rhombenförmiges Bissregistrat entstand. Das so vorbereitete Bissregistrat wurde erneut erwärmt und auf den Impressionen repositioniert. Nun schloss der Teilnehmer den Kiefer unter leichter Führung der

Kinnspitze durch den aktiven Teilnehmer mittels Zeigefinger und Daumen, bis zur gewünschten Position. Der Interokklusalabstand sowie die Kieferrelation sollten der anzufertigenden Schiene entsprechen. Nach dem Erkalten des Registrates wurde der Biss durch ein ungeführtes Öffnen und Schließen des Kiefers kontrolliert. Ein korrektes Einstellen der Kieferposition kann eine spätere Manipulation der vertikalen Kieferrelation im virtuellen Artikulator verringern oder ganz vermeiden.

Der Bissscan erfolgte mit eingelegtem Bissregistrat, unter Erfassung der Vestibulärflächen der Molaren sowie Prämolaren, getrennt in beiden Kieferhälften. Erfolgte die Ausrichtung des Bisses nicht automatisch, konnte durch händisches Zuordnen von identischen Punkten auf Kieferscan und Bissscan eine Ausrichtung initiiert werden. Führte dies nicht zum Erfolg, musste der Wachsbiss in seiner vestibulären Ausdehnung kontrolliert, gegebenenfalls angepasst und der Bissscan wiederholt werden. Vor dem Datenexport als .stl Datei erfolgte eine Autoadjustierung der Kieferrelation durch die Software (Aktivierung der Funktion: *Auto-Adjustment* in der „TRIOS Scan“ Software).

Die Zeit des Intraoralscans (Oberkiefer – Unterkiefer – Bissscan), ohne der zu Beginn benötigten Zeit zur Herstellung des Bissregistrats, wurde von den Teilnehmern mithilfe einer Stoppuhr gemessen und im Fragebogen dokumentiert.

2.4.2. 3D-Design (CAD)

Das Schienendesign wurde mit der CAD-Software *ExoCad DentalCad* (ExoCad GmbH, Darmstadt) durchgeführt. Durch die Teilnehmer war eine durchgehende, frontal geschlossene Aufbisschiene im Unterkiefer herzustellen. Die Okklusalfäche war bereits in der CAD Software adjustiert zu gestalten. Für den Unterkiefer wurde somit im CAD die Indikation Aufbisschiene gewählt, der Oberkiefer als Antagonist definiert. Zur Gestaltung der adjustierten Aufbissfläche wurde der digitale Artikulator der CAD-Software (Artikulator A, entspricht Artex CR, Amann Girschbach GmbH, Pforzheim, Deutschland) verwendet. Der selbst erzeugte Datensatz diente zur Herstellung der Aufbisschiene für den

Tandempartner. Anhand der Erfahrungswerte der vorhergehenden Semester wurden im Laufe der Studie die Passungsparameter der Schienen leicht angepasst, um einen besseren initialen Sitz der Schienen zu ermöglichen (Tabelle 4).

Tabelle 4: Passungsparameter der CAD-Software je Semester.

Durch Vergrößerung des Abstands konnte der Spalt zwischen Modell und Schiene vergrößert oder verringert werden. Das Zulassen von Unterschnitten erlaubt eine Ausdehnung der Schiene in Unterschnitte der Zahnflächen, entsprechend der gewählten Einschubrichtung. Entsprechend der Rückmeldung der Semester erfolgte eine Anpassung zur Optimierung der Passungsverhältnisse.

Semester	Abstand	Winkel	Unterschnitte zulassen bis:
WS 17/18	0,03 mm	0,1°	0,1 mm
SS18	0,03 mm	0,1°	0,1 mm
WS 18/19	0,08 mm	0,1°	0,2 mm
SS19	0,06 mm	0,1°	0,1 mm

Unterweisung Digitales Schienendesign

Das Schienendesign war durch die Teilnehmer selbständig durchzuführen. Hierzu erhielten die Studierenden vorab eine Einweisung in Kleingruppen (3-10 Personen). Inhalt der Schulung war, neben der Erklärung der Bedienung der Software, das vollständige Designen einer Aufbisschiene, entsprechend einer eigens dafür verfassten Anleitung (9.1 Anleitung CAD-Design, [79]). Während des Schienendesigns erfolgte eine ausführliche Kommentierung des Vorgehens. Der Zeitbedarf betrug hierfür eine Unterrichtsstunde (45 Minuten) pro Gruppe. Die Anleitung stand den Teilnehmer in ausgedruckter Form mit Schritt für Schritt Erklärung, sowie als Video in ungekürzter Darstellung des gesamten, unkommentierten Arbeitsprozesses, zur Verfügung (siehe 9.1, [79]). Die gesamte Zeit des eigenständigen Schienendesigns wurde von den Studierenden mithilfe einer Stoppuhr gemessen.

In der Datenbank der CAD-Software wurde für jeden Studienteilnehmer ein neuer Fall angelegt. Als „Kunde“ (Auftraggeber) wurde ein voreingestellter Wert (Studentenkurs) gewählt. Als „Name“ wurde der reale Name des Tandempartner, welcher die Schiene erhalten soll, eingetragen, der „Techniker“ auf dem Standardwert (Default) belassen. Im Anmerkungsfeld wurde hinterlegt, welcher Studierende das Schienendesign durchgeführt hat. Anschließend erfolgte die

Definition der Arbeit, indem alle Zähne des Oberkiefers als Antagonist und alle Zähne des Unterkiefers als Aufbisssschiene deklariert wurden. Die Mindestdicke der Aufbisssschiene wurde auf 0,5mm belassen. Die Art der Abformung wurde als „2 Gipsmodelle in Artikulator A“ angegeben (Abbildung 7).

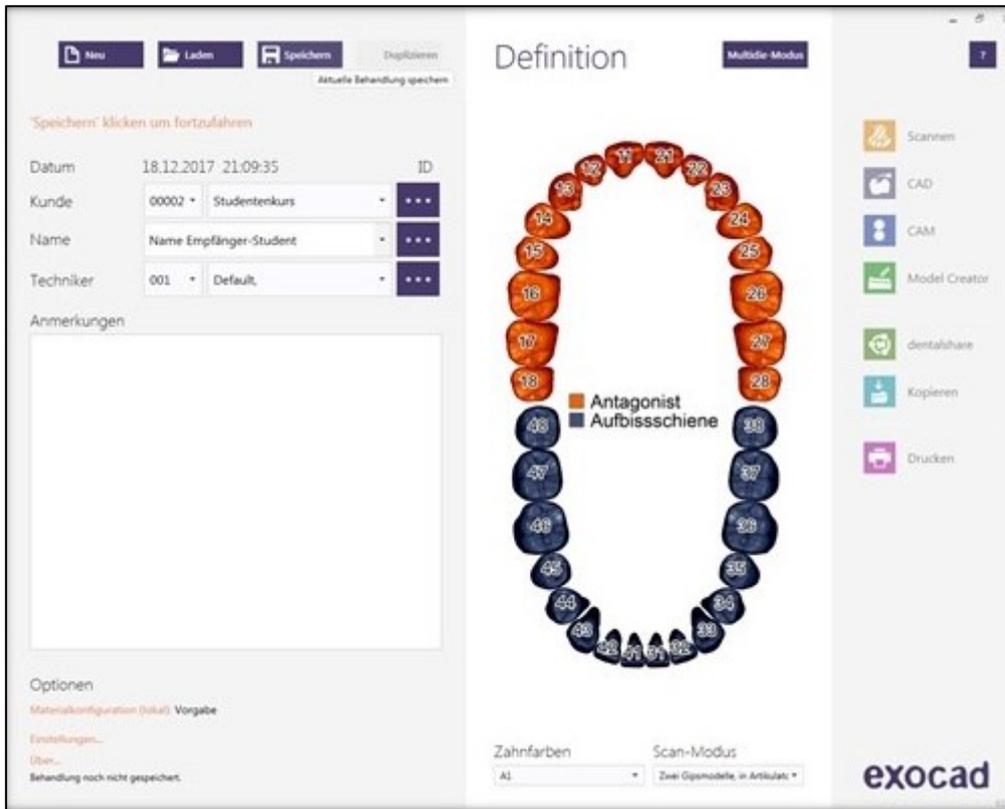


Abbildung 7: Auftragsdatenblatt für das Schienendesign in ExoCad

Die Zähne des Oberkiefers wurden als Antagonist deklariert, der Unterkiefer als Aufbisssschiene. Als Kunde wurde der vorgegebene Wert „Studentenkurs“ ausgewählt. Als Name wurde der Name des Studierenden eingetragen, der die Schiene erhalten wird. Der Scan-Modus wurde als „Zwei Gipsmodelle in Artikulator A“ festgelegt.

Nach dem Start der CAD-Software wurden die Intraoralscans des Ober- sowie Unterkiefers als .stl Datensatz vom Netzwerklaufwerk durch den Studierenden in die Software geladen. Das Schienendesign erfolgte nun anhand der im Wizard vorgegebenen Arbeitsschritte und der zur Verfügung gestellten Schritt für Schritt Anleitung.

Durch die entsprechende Einstellung der CAD Software wurde als erster Schritt die virtuelle Erstellung eines Modells aus dem 3D-Datensatz initiiert, um die Scans, falls notwendig, zu beschneiden (s. 9.1). Hierzu wurde als Modellart „Plateless model with extra dies“ ausgewählt und das Modell grob zwischen den

Sockelebenen platziert. Anschließend waren überflüssige Schleimhautareale zu markieren und zu entfernen, um einer späteren Interferenz der Modelle im virtuellen Artikulator entgegenzuwirken. Als Anhaltspunkt sollte hierzu die Schleimhaut bis mindestens zum tiefsten Punkt der Umschlagfalte entfernt werden, sowie distal des letzten Zahnes nahezu die gesamten Schleimhautareale im Bereich von Tuber und Trigonum retromolare. Nach Korrektur der Scandaten erfolgte das Festlegen der Einschubrichtung. Hierzu waren die Unterschnitte im Seitenzahnbereich gleichmäßig auf den 3. und 4. Quadranten zu verteilen und die Vestibulärflächen der Unterkieferfront gerade so sichtbar einzustellen. Die automatisierte Ausblockung, deren Werte über die Semester hin leicht variierten (Tabelle 4), wurde weiterhin händisch angepasst, indem die Okklusalfächen im Seitenzahngebiet zwischen den Höckerspitzen freigelegt und nur die Fissuren ausgefüllt wurden. Des Weiteren waren vorhandene Retainer oder Engstände auszublocken und vestibulär der Eckzähne im Zervikalbereich zusätzlich etwas Material aufzutragen. Anschließend erfolgte das mittelwertige Positionieren der Datensätze im Artikulator (Typ A mit anatomischen Führungsteller (30-40° laterotrusiv – 40° protrusiv), indem auf dem Unterkiefer 3 Punkte (Inzisalpunkt, distobukkale Höckerspitze Molaren) gesetzt wurden. Das automatisierte Vorgehen beim Artikulieren mittels des Setzens von nur 3 Punkten, war erst mit der Version *ExoCad DentalCad Valetta 2.2* fehlerfrei durchführbar. In der vorherigen Version *ExoCad DentalCad 2016.10* musste eine händische Korrektur durch manuelles Verschieben des Kiefers erfolgen. Es folgte die Kontrolle der Bissperrung. Falls notwendig konnte mithilfe der Schnittfunktion der Abstand der Kiefer zueinander kontrolliert und durch Veränderung des Wertes „*Bisshebung*“ angepasst (vergrößert oder verkleinert) werden. Ziel war eine Bissperrung von etwa 1mm im Molarenbereich, unter Berücksichtigung der resultierenden Sperrung in der Front. Im nächsten Schritt erfolgte das Anlegen der Begrenzungslinie der Schiene, wobei die Unterkieferfront 32-42 von vestibulär nur inzisal zu fassen war. Zur Adjustierung der Aufbissfläche erfolgte zunächst der Aufbau der Eckzahnbereiche und Kontrolle der Seitenzahnbereiche. Die Seitenzahnbereiche waren bei Bedarf so anzupassen, dass diese vollständig mit der Schiene in Kontakt standen. Auf ein

automatisiertes Einebnen der Kaufläche wurde verzichtet, da es hierbei in Vorversuchen häufig zu Fehlern kam. Anschließend erfolgte ein automatisiertes Anpassen der Okklusion an die dynamische Bewegung des Gegenkiefers (Abstand: 0mm), sodass interferierende Bereiche entfernt wurden. Nach automatisierter Anpassung des Designs an die dynamische Okklusion erfolgte das händische Einebnen der Kaufläche, wobei vor allem lingual liegende Areale abgeflacht werden mussten. Ziel dieses Arbeitsschrittes war ein möglichst ebener Seitenzahnbereich, wobei die Gestaltung so vorzunehmen war, dass sich die kaulasttragenden Stampfhöcker des Antagonisten punktförmig in kleinen Gruben befanden. Anschließend erfolgte die Adjustierung der statischen Okklusion, indem alle angezeichneten Kontaktpunkte, außerhalb der Stampfhöcker, abgetragen wurden und die Kontaktpunkte der Stampfhöcker leicht aufgebaut wurden. Somit sollten sich im Seitenzahnbereich (Molaren und Prämolaren) die Kontaktpunkte punktförmig auf einer Linie befinden (Abbildung 8). Die Eckzähne sollten ebenfalls statische Kontaktpunkte aufweisen, um ein frühzeitiges Diskludieren bei Laterotrusionsbewegungen zu initiieren. Durch Anpassen der Modellation auf -0,05mm in statischer Okklusion konnten alle Kontaktpunkte in Höhe und Stärke angepasst werden.

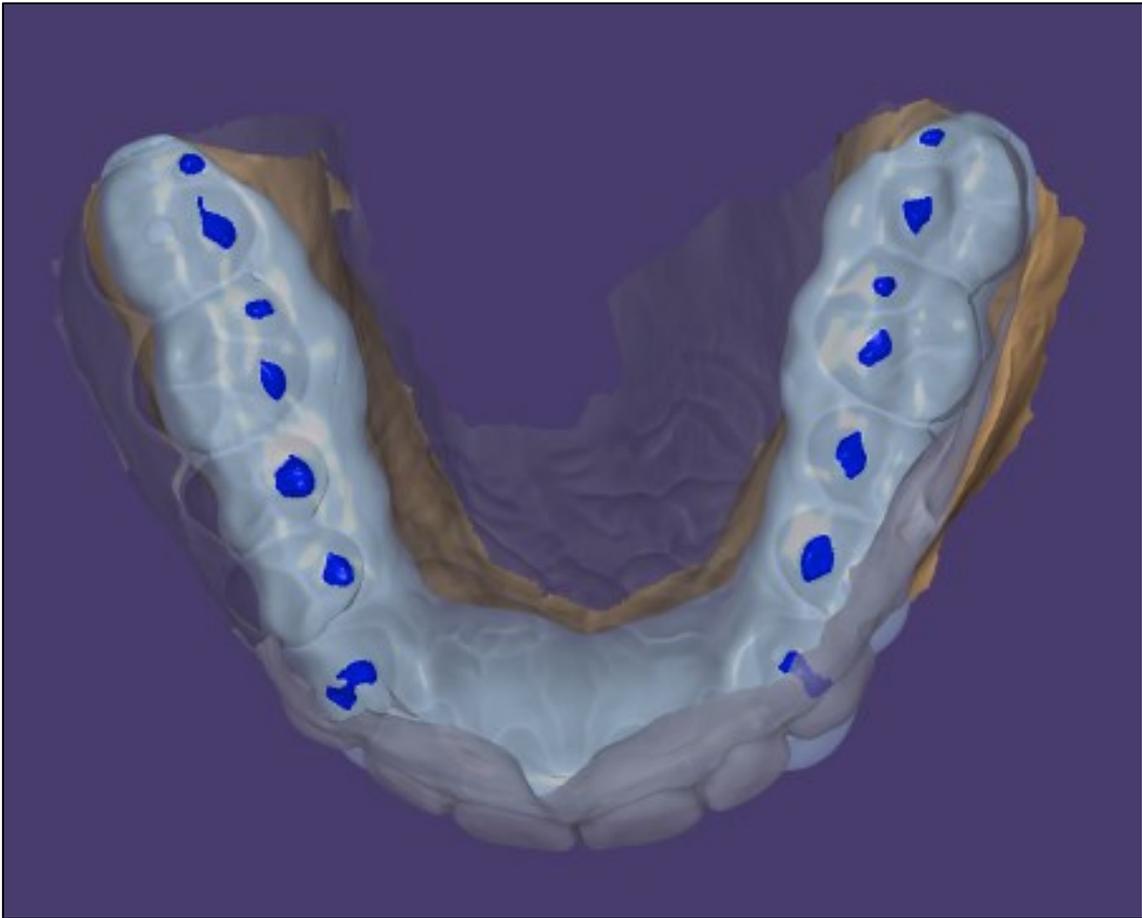


Abbildung 8: Gestaltung der statischen Okklusion im CAD

Die Kontaktpunkte der Kaulasttragenden Höcker (Stampfhöcker) befinden sich in einer Linie in Gruben auf der Aufbissschiene. Die Eckzähne stehen ebenfalls in statischem Kontakt, um später ein frühzeitiges Diskludieren der Seitenzähne bei Laterotrusionsbewegung einzuleiten. Die blaue Farbe zeigt die gleichmäßige Kontaktstärke an, welche anhand eines Farbverlaufes dargestellt wird. Durch ein automatisches Anpassen wurde eine gleichmäßige Kontaktpunktstärke festgelegt.

Die dynamischen Kontaktbahnen wurden durch schrittweises Bewegen der Kiefer mithilfe des virtuellen Artikulators während des Designs angezeigt. Lediglich die Eckzähne sowie die vestibulären Höckerspitzen der Prämolaren sollten Laterotrusionsbahnen aufweisen. Alle Mediotrusionskontakte sollten entfernt werden. War dies aufgrund der Unterschreitung der Mindestschichtstärke nicht möglich, konnten die Laterotrusionskontakte am Eckzahn und Prämolaren etwas verstärkt (Farbumschlag von blau -> grün -> gelb -> rot) werden. Hierzu musste die Darstellung der Kontaktstärke von „*Statik*“ auf „*Dynamikkontakte*“ geändert werden, um die gesamte Kontaktbahn beurteilen zu können.

Nach Abschluss des Designs war die Konstruktion zu überprüfen und der Datensatz als .stl Datei auf dem Netzwerklaufwerk abzuspeichern. Falls Fragen während des Designvorgangs auftraten, stand ein zahntechnischer und zahnärztlicher Ansprechpartner zur Verfügung.

2.4.3. 3D-Druck (CAM) und Postprocessing

Die additive Fertigung erfolgte durch Fachpersonal. Zur Vorbereitung der .stl Daten für die additive Fertigung kam die Software Netfabb (Netfabb Standard 2018.0, Autodesk) zum Einsatz. Hierzu wurde im ersten Schritt der Drucker in der Software ausgewählt. Anschließend erfolgte der Import der zuvor konstruierten Schienen im .stl Datenformat. Die Ausrichtung der Schienen und die Erzeugung der Supportstrukturen erfolgten anhand von Erfahrungswerten und Empfehlungen des Material- sowie Druckerherstellers und variierte zwischen den Semestern (Abbildung 9; Abbildung 10; Abbildung 11). Nach der Ausrichtung wurde der Name des Studierenden, für welchen die Schiene designt wurde, als additiver Schriftsatz auf der Schiene aufgebracht und die Schiene um 3mm von der Bauplattform angehoben. Die zur additiven Anfertigung notwendigen Supportstrukturen wurden abschließend automatisiert berechnet und individuell angepasst. Die genauen Werte der Stützstrukturen sind im Anhang (Abbildung 70) dargestellt.

Im Wintersemester 2018/2019 wurden die Schienen senkrecht zur Frontalfläche der Schiene ausgerichtet. Sie erhielten zahlreiche, eng aneinander stehende Supportstrukturen, die sich teilweise auch innerhalb der Schiene befanden (Abbildung 9).

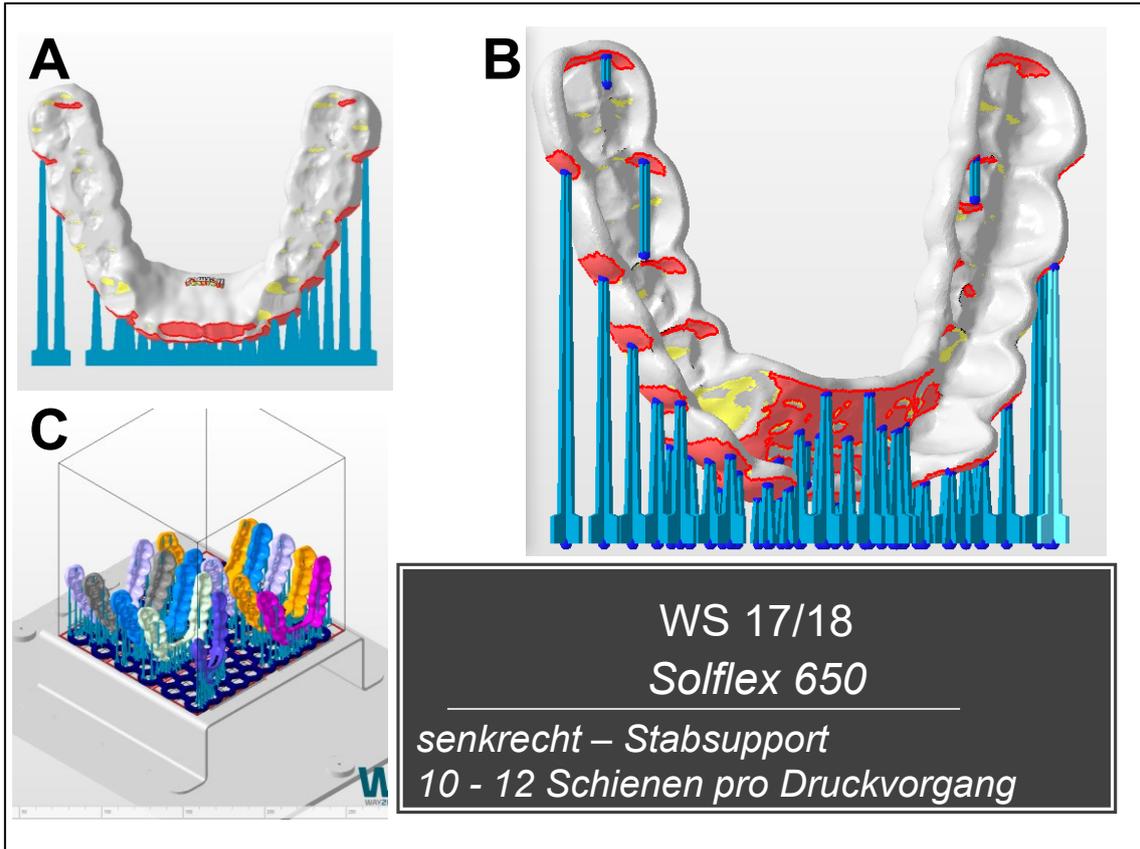


Abbildung 9: Schienenausrichtung und Support WS 17/18

Im Wintersemester 2018/2018 kam der DLP-Drucker Solflex 650 (W2P Engineering GmbH, Wien, Österreich) zum Einsatz. Die Schienen wurden senkrecht platziert (A&B) und mit zahlreichem Stabsupport (blau) versehen (A&B). Teilweise musste der Support auch innerhalb der Schiene platziert werden (B). Aufgrund der großen Baufläche konnten 10-12 Schienen pro Durchgang gefertigt werden (C).

Im Folgesemester blieb die Ausrichtung der Schienen unverändert, bis auf eine dezente Angulation zur Okklusalfäche, um die Anzahl der Supportstrukturen verringern zu können, sodass sich auch im Inneren der Schienen keine Supportstrukturen mehr befanden (Abbildung 10).

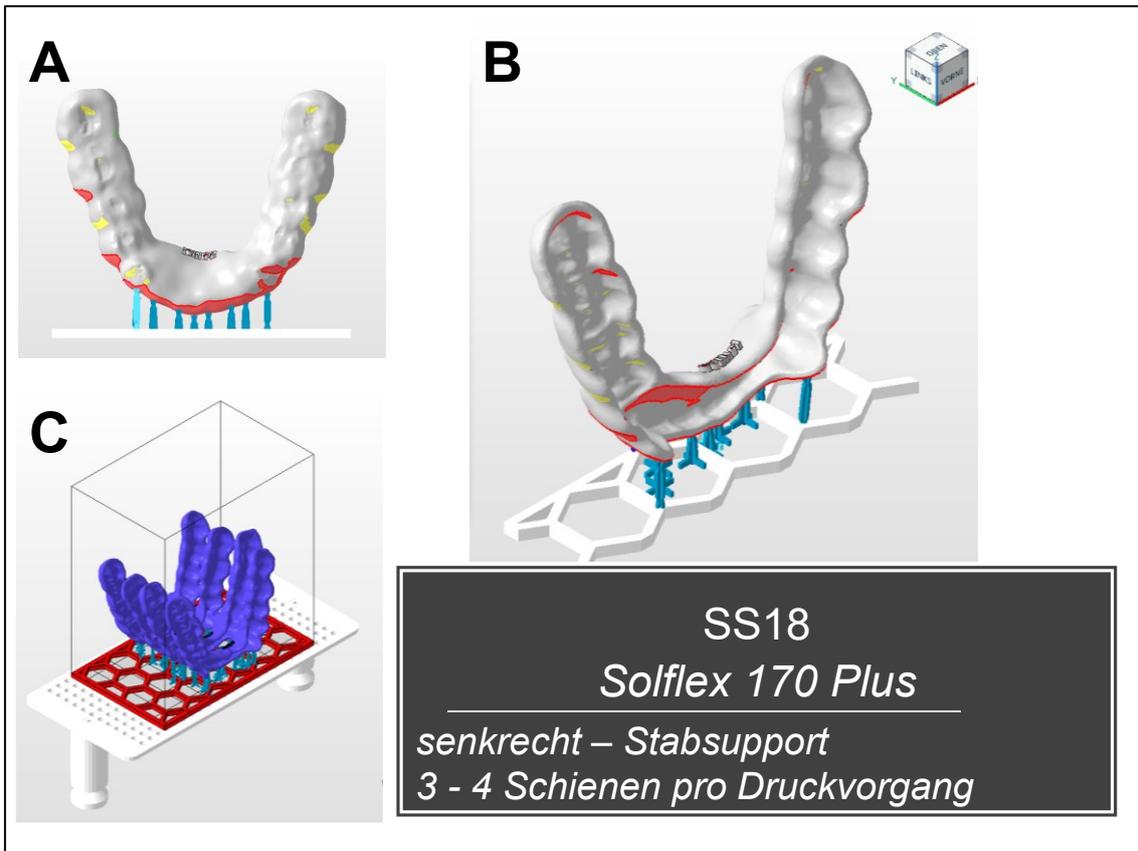


Abbildung 10: Schienenausrichtung und Support SoSe 18

Im Sommersemester 2018 kam der DLP-Drucker Solflex 170 (W2P Engineering GmbH, Wien, Österreich) zum Einsatz. Die Schienen konnten mit weniger Supportstrukturen (blau) versehen werden (A&B). Aufgrund der kleineren Baufläche konnten durch die senkrechte Ausrichtung 3-4 Schienen (Violett) pro Druckvorgang gefertigt werden (C).

Beim Durchlauf des 3. Semesters änderte sich die herstellerseitige Empfehlung zur Ausrichtung auf der Bauplattform. Die Schienen wurden daraufhin um 20-30° auf die Okklusalfäche gekippt und rotiert, sodass der Eckzahnbereich den tiefsten Punkt bildete. Zusätzlich wurde im Molarenbereich eine Querstrebe angebracht (Abbildung 11). Diese Ausrichtung wurde auch für den 4. Durchlauf beibehalten.

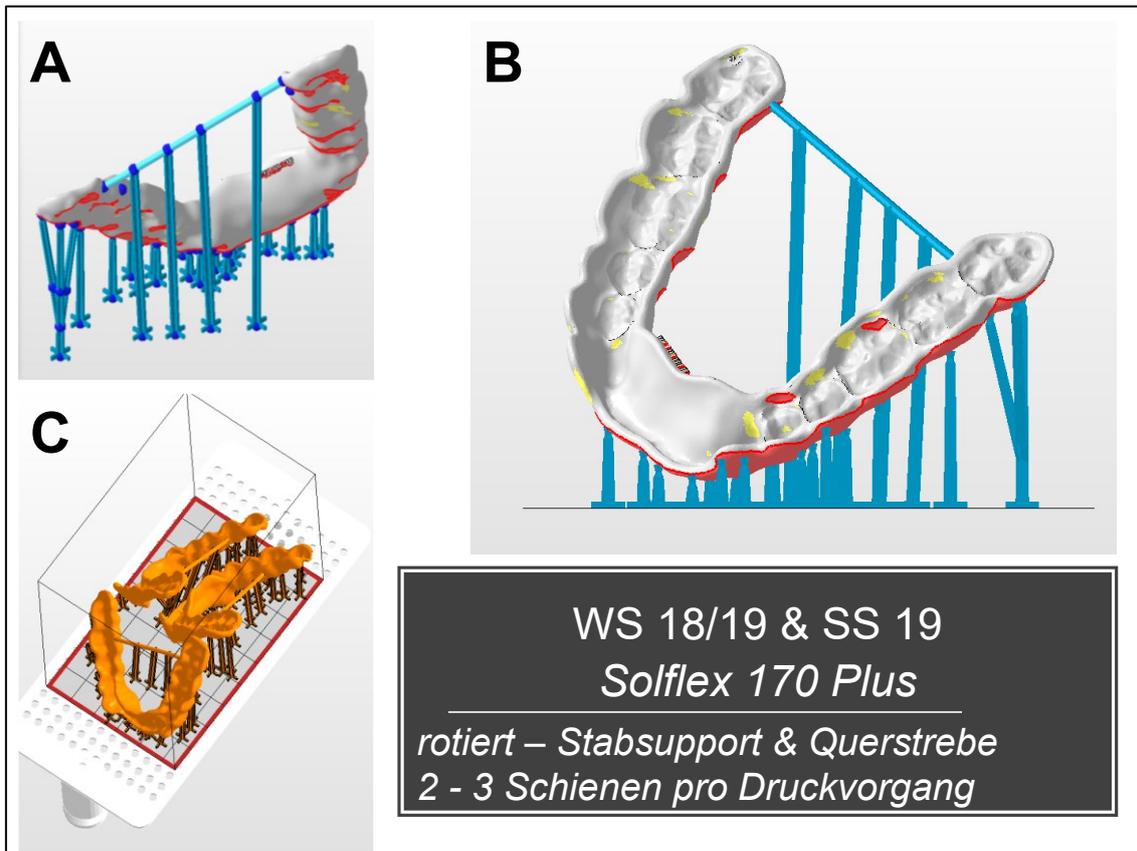


Abbildung 11: Schienenausrichtung und Support WS 18/19 & SoSe 19

Im Wintersemester 2018/2019 und Sommersemester 2019 kam der DLP-Drucker Solflex 170 (W2P Engineering GmbH, Wien, Österreich) zum Einsatz. Die Schienen wurden um etwa 30° auf die Okklusalfäche sowie auf die Eckzahnregion rotiert (A&B). Des Weiteren wurde eine Querstrebe angebracht (A). Aufgrund der Rotation konnten auf der Bauplatzfläche 2-3 Schienen pro Druckvorgang gefertigt werden (C).

Anschließend erfolgte das Slicing des Bauraums in einer Schichtdicke von 50µm zur Erzeugung der Druckdatei (PNG-Export). Die fertige Druckdatei wurde an den Drucker per Netzwerk übermittelt und der Druck durchgeführt. Als Material kamen V-Print ortho (WS 17/18) und V-Print splint (SoSe 2018 bis SoSe 2019) in FlexVat-Wannen zum Einsatz (Tabelle 2, Seite 27).

Postprocessing

Nach erfolgreichem 3D-Druck erfolgte das Postprocessing. Dies umfasste die Vorreinigung der Bauteile für 3 Minuten in einem Ultraschallbad (Tabelle 1). Hierzu wurden die Werkstücke in mehrfach verwendbare Reinigungsbäder aus Isopropanol (99%) gegeben, die in 2,6 Liter Eimern aus lebensmittelechtem Polypropylen (AUER Packaging GmbH), gelagert wurden. Diese Eimer wurden zu einem Drittel mit Isopropanol gefüllt. Die abschließende Hauptreinigung erfolgte für weitere 2 Minuten durch Ultraschall in einem Behältnis mit sauberen Isopropanol. Zwischen den Reinigungsschritten erfolgte eine Trocknung der Bauteile mit Druckluft. War das Vorreinigungsbad mit Druckharz gesättigt (Isopropanolgehalt etwa <97%) wurden die Flüssigkeiten ausgetauscht. Hierbei wurde das Vorreinigungsbad vollständig entsorgt, das Isopropanol des Hauptreinigungsbaus für die Vorreinigung verwendet und für die Hauptreinigung frisches Isopropanol (99%) aufgefüllt. Vor der Nachbelichtung wurden die Bauteile wiederum gründlich mit ölfreier Druckluft getrocknet und für 15 Minuten lichtgeschützt bei Zimmertemperatur gelagert. Die Nachbelichtung erfolgte im Blitzlichtgerät (Otoflash G171, NK-Optik, Baierbrunn) mit 2 x 2000 Blitzen (Einsatzwanne: 280N2). Bei der Platzierung im Belichtungsgerät wurde darauf geachtet, Schattenbildung durch Überlagerungen der Bauteile zu vermeiden. Zwischen den Belichtungen wurde eine Pause von 2 Minuten bei geöffnetem Deckel eingehalten, um die Bauteile abzukühlen und einer dadurch eventuell eintretenden Formveränderung entgegenzuwirken.

2.4.4. Ausarbeitung

Nach Abschluss der additiven Fertigung, inklusive Postprocessing, wurden die Aufbissschienen an die Teilnehmer ausgehändigt. Zur Entfernung der Supportstrukturen wurde den Teilnehmer empfohlen, diese mit einer feinen Trennscheibe zu entfernen und verbleibende Ansätze anschließend mit Fräsern zu verschleifen. Von einem Abbrechen der Supportstrukturen wurde abgeraten. Daraufhin führten die Teilnehmer eigenständig im studentischen zahntechnischen Labor die Ausarbeitung und Hochglanzpolitur der Aufbissschienen, entsprechend den gewohnten Arbeitsschritten zur

Verarbeitung von zahntechnischen Kunststoffarbeiten, durch. Ein Eingliedern und Aufpassen am Tandempartner sollte zu diesem Zeitpunkt noch nicht erfolgen.

2.4.5. Anprobe und Eingliederung

Das Einsetzen der Aufbissschienen erfolgte an den zahnmedizinischen Behandlungseinheiten in den studentischen Behandlungsräumen. Hierbei sollte in den zuvor gebildeten Tandemgruppen die fertig ausgearbeitete Aufbissschiene am passiven Tandempartner eingegliedert werden und durch den aktiven Tandempartner die Passung sowie der Halt, vor weiteren Anpassungsschritten, evaluiert werden. Nach gegebenenfalls notwendiger Anpassung der Schienen in Halt und Sitz, war die Anzahl der initialen Kontaktpunkte auf dem Fragebogen zu vermerken. Hierzu sollten mittels Okklusionsfolie (HANEL Okklusions-Folie einseitig 12µm schwarz, Coltène/Whaledent AG, Schweiz) alle statischen Kontaktpunkte angezeichnet und gezählt werden. Ebenso sollten alle Zähne mit Kontakt zur Aufbissschiene separat markiert und dokumentiert werden. Anschließend war die Schiene durch den aktiven Tandempartner äquilibriert einzuschleifen. Hierbei sollte mithilfe einer Stoppuhr die Zeit des Einschleifens erfasst werden. Ziel sollte eine äquilibrierte Okklusion im Seitenzahnbereich sein. Ein Zahnarzt stand bei Fragen und zur abschließenden Kontrolle zur Verfügung. Der passive Tandempartner bewerte im Anschluss daran das Tragegefühl der Schiene.

2.4.6. Nachkontrolle

Wurde die Aufbissschiene durch den passiven Tandempartner zur Prophylaxe freiwillig getragen, konnten drei Nachkontrollen evaluiert werden. Der Zeitpunkt sollte 2 Wochen nach Eingliederung, zu Semesterabschluss sowie im Verlauf des 9. Fachsemesters, liegen. Bei der Nachkontrolle prüfte der aktive Tandempartner die Schiene hinsichtlich: Sitz, Rissen, Abnutzung, Okklusalem Kontaktniveau sowie die Mundschleimhaut auf mögliche Veränderungen (Irritationen, Keratosen). Der passive Tandempartner, der die Schiene zur Prophylaxe

getragen hatte, konnte den Tragekomfort, die Reinigbarkeit und mögliche Komplikationen im Fragebogen rückmelden.

2.5. Datenerhebung

2.5.1. Fragebogendesign

Anonymisierung der Daten

Zur Anonymisierung der erhobenen Daten wurde im Voraus eine Pseudonymisierung durchgeführt. Hierzu erhielt jeder Teilnehmer eine fortlaufende Nummer ausgehändigt, die auf jedem der Fragebögen anzugeben war. Jede Nummer wurde nur einmalig vergeben und wurde für den gesamten Studienablauf beibehalten. Dadurch war es möglich, die Antworten eines Teilnehmers auf unterschiedlichen Fragebögen miteinander zu vergleichen und auf Zusammenhänge zu untersuchen. Aufgrund der ungleichmäßigen Verteilung der Geschlechter innerhalb der zu beobachtenden Semester (Durchschnitt: $\frac{1}{3}$ männlich, $\frac{2}{3}$ weiblich) und der teilweise geringen Semestergrößen (Minimum: 13, Maximum: 26) wurde zusätzlich zur Gewährleistung der Anonymisierung auf die Erhebung personenspezifischer Daten wie Geschlecht und Alter verzichtet.

Das Pseudonym des aktiven und passiven Tandempartners sollte auf jedem Fragebogen gemeinsam vermerkt werden, um somit ein Vergleich der Fragen auch zwischen aktiven und passiven Teilnehmern zu ermöglichen. Der zeitliche Verlauf zwischen den Sitzungen wurde durch die Angabe des Datums bei Ausfüllen des Fragebogens (direkt nach Durchführung des jeweiligen Arbeitsschrittes) ermöglicht.

Fragetypen

Zur Erstellung des Fragebogens kamen geschlossene und offene Fragen zum Einsatz.

Zur Erhebung von Eindrücken und Empfindungen wurde grundsätzlich auf Visuelle Analog Skalen (VAS) zurückgegriffen. Hierzu wurde auf den Fragebögen zur Beantwortung einer Frage zwei gegenpolige Aussagen gegenübergestellt und mit einer horizontalen, unterbrechungsfreien Linie von 100 mm, ohne

Segmentierung, verbunden. Die Beantwortung erfolgte durch Setzen eines Kreuzes oder Striches auf der Linie (Abbildung 12).



Abbildung 12: Darstellung einer Visuellen Analog Skala (VAS)

Zur Erhebung von Eindrücken und Empfindungen wurden visuelle Analogskalen (VAS) mit einer 100mm langen, ununterbrochenen Skala eingesetzt. Die Teilnehmer beantworteten die Frage durch Setzen einer Markierung (X oder Strich) auf der Skala. Je nachdem ob die Markierung weiter links oder rechts gesetzt wird, wird der einen oder anderen Aussage mehr zugesprochen.

Des Weiteren wurde zum Vergleich und zur Bewertung unterschiedlicher Ausprägungen Single Choice Fragen mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten oder Abstufungen eingesetzt, wobei der Teilnehmer jeweils einer Aussage zustimmen sollte. Teilweise gab es hierbei dichotome (Ja/Nein) und Rating - Fragen (z.B.: klinisch akzeptabel / zu locker / zu fest). Multiple Choice Fragen wurden zur Abfrage von Ereignissen oder Empfindungen anhand eines definierten Antwortkataloges eingesetzt. Hierbei konnten die Teilnehmer auch mehreren Aussagen zustimmen. Numerische Daten wurden erfasst, um unter anderem Zeiten oder Angabe der Anzahl von Durchläufen zu erfassen.

Die Möglichkeit der Freitextantwort wurde hinzugefügt, um individuelle Erfahrungen oder die Angabe kontextualisierender Informationen zu ermöglichen.

Bei Design und Kontrolle der Schiene wurden schematische Abbildungen eingesetzt, um gezielt Bereiche auf der Schiene vom Teilnehmer vermerken zu lassen.

Erstellung der Fragen in den Fragebögen

Die Ergebnisse einer vorausgegangenen Literaturrecherche zu digitalen Workflows in der studentischen Lehre [20, 40, 59, 63, 99, 140] ergaben, dass keine standardisierten Fragebögen zur Erfassung der Bewertung und Wahrnehmung von digitalen Workflows oder gegenseitigen Anwendung von Intraoralscannern, vorhanden waren. Für jeden Arbeitsschritt erfolgte daher die Erstellung eines individuellen Fragenkatalogs. Inhaltliches Ziel der Abfrage war

einerseits die Erfragung der Wahrnehmung als auch die Identifizierung von möglichen Problemen, Hindernissen, Schwierigkeiten und Zusammenhängen im digitalen Workflow. Mit den Ergebnissen der Literaturrecherche erfolgte ein Brainstorming im kollegialen Rahmen (Zahnärzten und Zahntechnikern der Universitätsklinik für Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde Tübingen sowie Werkstoffwissenschaftler der Firma VOCO GmbH) über markante Parameter im Workflow. Daraufhin erfolgte die Erstellung eines Pilotfragebogens. Dieser wurde mit nicht an der Studie teilnehmenden Studierenden (N=3) und an der Lehre beteiligten Kolleginnen (N=5) auf Verständnis und Ausfüllbarkeit evaluiert. Daraus ergab sich das definitive Fragebogenlayout (s. Anlage 9.3 Fragebögen, [79]). Die Reihenfolge der Fragen soll soweit möglich der inhaltlichen und logischen Reihenfolge des Studienablaufs entsprechen. Nach Eingang der ersten regulären Fragebögen sowie nach dem ersten Semesterdurchlauf erfolgte eine Evaluierung des Ausfüllverhaltens mit inhaltlichen Ergänzungen des Fragebogens für die folgenden Semester.

1. Fragebogen: Intraoralscan (S)

Der 1. Fragebogen „Intraoralscan“ beinhaltet jeweils einen Abschnitt für den aktiven sowie einen den passiven Tandempartner und sollte direkt nach dem Intraoralscan beantwortet werden.

Der Fragebogen für den aktiven Tandempartner, fragte mit insgesamt 10 Fragen nach der Qualität der Vorbereitung und der Erlebnisse bei der Durchführung des Intraoralscans. Der passive Tandempartner beantwortete mit 5 Fragen die eigene Wahrnehmung. Eine weitere Frage bezog sich darauf, ob bereits eine alte Aufbissschiene vorhanden war (s. Anhang: 9.3 Fragebögen).

2. Fragebogen: Datenverarbeitung (D)

Der zweite Fragebogen befragte nur den aktiven Tandempartner und sollte direkt nach dem digitalen Schienendesign ausgefüllt werden. Hier wurden mit 11 Fragen die Erfahrungen während der Konstruktion abgefragt. Die Frage 2.11, die die Vorerfahrung mit CAD-Designern abfragte, wurde erst nach dem Wintersemester 2017/2018 zum Sommersemester 2018 hinzugefügt und bei den anschließenden Durchläufen beibehalten. (s. Anhang: 9.3 Fragebögen).

3. Fragebogen: Ausarbeitung und Politur (A)

Der dritte Fragebogen war ebenfalls ein Fragebogen für den aktiven Tandempartner und sollte direkt nach dem Abschluss der Ausarbeitung der Schiene beantwortet werden. Hier wurde mit 7 Fragen die Ausarbeitung der Schiene abgefragt. Die Frage 3.08 bis 3.11, welche die Instrumente zur Ausarbeitung sowie den Zustand der Schiene nach der Ausarbeitung abfragten, wurden erst nach dem Wintersemester 2017/2018 zum Sommersemester 2018 hinzugefügt und bei den anschließenden Durchläufen beibehalten. (s. Anhang: 9.3 Fragebögen)

4. Fragebogen: Anprobe und Einsetzen (E)

Im vierten Fragebogen, welcher nach dem Einsetzen der Aufbissschiene ausgefüllt werden sollte, wurden der aktive und der passive Tandempartner befragt. Der aktive Tandempartner wurde mit 6 Fragen zur klinischen Passung und dem Arbeitsablauf zur Herstellung der Aufbissschiene befragt. Der passive Tandempartner wurde mit 6 Fragen zum Tragegefühl der Aufbissschiene befragt. (s. Anhang: 9.3 Fragebögen)

5. bis 7. Fragebogen: 1. Nachkontrolle (1) – 3. Nachkontrolle (3)

Die Fragebögen 5 bis 7 unterscheiden sich bezüglich der Fragen nicht voneinander und waren in einen Anteil für den aktiven und einen für den passiven Tandempartner aufgeteilt. Fragebogen 5 sollte zur 1. Nachkontrolle, etwa 2 Wochen nach dem Einsetzen, Fragebogen 6 zur 2. Nachkontrolle zu Semesterende, und Fragebogen 7 im Verlauf des Folgesemesters ausgefüllt werden, wenn die Aufbissschiene getragen wurde. Der aktive Tandempartner wurde jeweils mit 5 Fragen zum Zustand eingesetzten Aufbissschiene befragt. Der passive Tandempartner wurde jeweils mit 10 Fragen zu Trageweise und Tragekomfort befragt. (s. Anhang: 9.3 Fragebögen)

2.5.2. Auswertung der Fragebögen

Die Auswertung der VAS erfolgte durch Ausmessen des Abstandes der Markierung zum Nullpunkt, welcher durch die linke Begrenzung der Skala definiert wurde. Die Messung erfolgte dabei mittels eines digitalen

Messschiebers (Louisware, Digital Caliper 150mm) mit einer Genauigkeit von 0,1mm. Bei Werten kleiner gleich 0,4mm wurde abgerundet, bei größer gleich 0,5mm wurde auf die nächstgrößere ganzzahlige Millimeterangabe aufgerundet.

Die Angaben der Multiple-Choice und Single-Choice Fragen wurden durch eine „Angekreuzt / Nicht angekreuzt“ Matrix in die Datentabelle übernommen. Wurde für die gesamte Frage keine Antwort gegeben, wurde kein Wert eingetragen. Freitextfragen wurden wörtlich übernommen und, wo sinnvoll möglich, zusätzlich anhand des Inhalts mit einer Gruppierung versehen. Die Einzeichnungen der Ausdehnung der Schiene sowie die Anzahl der Kontaktpunkte wurden anhand der Angaben in ein FDI-Zahnschema übernommen.

2.6. Datenauswertung

Die Daten wurden in eine vorbereitete Datentabelle in der Statistik-Software JMP 14.2.0 (SAS Institute Inc., Cary, USA) eingegeben. Für jeden Fragebogen (N=13) wurde zunächst eine eigenständige Datentabelle angelegt. Jede Frage erhielt dabei eine Spalte. Jeder individuelle Fragebogen (Rückläufer) ist durch eine Zeile repräsentiert.

2.6.1. Statistische Methoden

Die deskriptive Auswertung der Fragebögen unterteilte sich in eine Untersuchung des Fragebogenrücklaufs sowie eine Auswertung der Antworten innerhalb der einzelnen Fragebögen. Die Auswertung der Antworten erfolgte einerseits deskriptiv für alle Fragen, sowie bei ausgewählten Fragen auch als explorative Datenanalyse durch Untersuchung von Zusammenhängen unterschiedlicher Variablen. Die Datenanalyse der stetigen Daten beinhaltete die Bestimmung des Mittelwerts, der Standardabweichung (SD), des Medians, des Interquartilabstands (IQR) sowie die Darstellung der Minimal- und Maximalwerte. Die Daten wurden grafisch mithilfe eines Box-Whisker-Plot dargestellt und mithilfe von Tabellen zusammenfasst (Abbildung 13). Für die verbale Bewertung der Ergebnisse wurde eine fünfstufige Einteilung vorgenommen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Verbalisierung der Ergebnisbeschreibung durch fünfstufige Einteilung

Werte wie die Standardabweichungen oder Interquartilsabstände werden in der Verbalisierung im Bereich 0-10 als „sehr gering“ beschrieben, Werte zwischen 60-90 vergleichsweise als „hoch“ angegeben.

Wert	0-10	10-30	30-60	60-90	90-100
Rating	sehr gering	gering	mäßig	hoch	sehr hoch

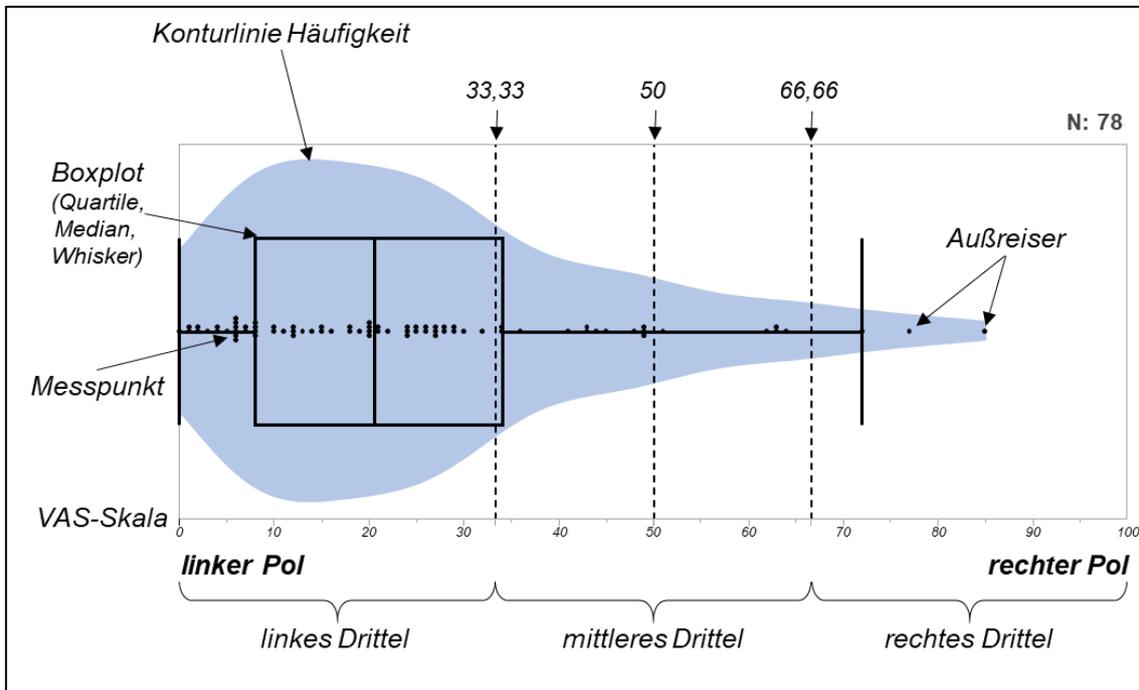


Abbildung 13: Grafische Darstellung der Auswertung der VAS- Fragen.

Die Abbildung zeigt die grafische Darstellung der Auswertung von visuellen Analogskalen. Die Skala ist mit den entsprechenden, gegenüberstehenden Polen, dargestellt. Die erfassten Werte wurden als Messpunkte eingetragen. Die Häufigkeit der Messpunkte wird mittels einer Konturlinie zusätzlich hervorgehoben. Ein Boxplot zeigt die Whisker, Median sowie die Quartile und Ausreiser. Eine Unterteilung kann in ein linkes, mittleres und rechtes Drittel auf der Skala bei den Werten 33,33 und 66,66 erfolgen. Die Anzahl der Messpunkte wird unter (N) angegeben.

Zusätzlich wurde teilweise eine Gruppierung der Antworten auf der VAS Fragen durchgeführt. Hierzu erfolgte eine Einteilung der Skala in 3 Segmente, sodass eine Gruppierung in ein linkes, mittleres und rechtes Drittel ermöglicht wurde (Tabelle 50). Die Grenze zwischen den Segmenten erfolgte bei der 100er Skala bei 33,33 sowie bei 66,66. Die graphische Auswertung der ordinal skalierten Variablen wurde unter anderem mithilfe von Säulendiagrammen durchgeführt. Die Auswertung der nominalen Daten erfolgte durch Bestimmung der Häufigkeiten, als graphische Darstellung in Häufigkeitstabellen sowie in Balken- und Kreisdiagrammen. Sonstige Daten wie Freitextangaben wurden sinngemäß in Tabellenform wiedergegeben. Kacheldiagramme wurden zur graphischen

Darstellung von Unterschieden zwischen Semestern angewendet. Die metrischen Daten wurden anhand des Shapiro-Wilk-W-Test auf eine Normalverteilung überprüft [143]. Im Falle eines Vergleichs nur normal verteilter Daten erfolgte die statistische Auswertung anhand einer Analysis of Variance (ANOVA) und einem anschließenden Tukey-Kramer HSD Test, um statistische Unterschiede und Gruppen zwischen den Mittelwerten festzustellen ($\alpha = 0,05$). Zeigte ein oder mehrere der untersuchten Datensätze keine Normalverteilung, wurde der nichtparametrische Wilcoxon-Test, bzw. bei mehr als zwei Gruppen der Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Der Nichtparametrische Vergleich aller Paare erfolgte mittels der Steel-Dwass Methode. Zur Untersuchung kategorialer Daten auf Zusammenhänge erfolgte das Zusammenstellen von Kreuztabellen und eine Chi-Quadrat Kontingenzanalyse. Zur Untersuchung linearer Zusammenhänge wurde eine Varianzanalyse mit linearer Regression durchgeführt. Für das alpha Niveau (α) wurde ein P-Wert von $\leq 0,05$ als signifikant gewertet. Die Datenanalyse wurde mit der Statistiksoftware JMP 15.2.0 (SAS Institute Inc., Cary, USA) durchgeführt.

2.6.2. Umgang mit nicht-konformen Eintragungen

Fragebögen, deren Antworten sich widersprachen oder grob unstimmtig waren (z.B.: Fragebogen der Nachsorge (1-3) ausgefüllt, obwohl laut Angaben in diesem und vorherigen Fragebogen Schiene nicht getragen wurde) wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Dazu wurde eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt. Dazu zählte, dass Datensätze zusätzlich auf doppelte oder fehlerhafte Pseudonymisierung (aktive ID für aktive Fragebögen, passive ID für passive Fragebögen) untersucht wurden. Es wurden für die explorative Datenanalyse nur Fragebögen verwendet, die sich anhand einer ID eindeutig zuordnen ließen. War eine ID mehrmals vergeben und nachträglich nicht korrigierbar (z.B. durch Zuordnung des passiven Tandempartners oder anhand des Datums) oder auf dem Fragebogen nicht vermerkt, wurden diese Fragebögen nur für die deskriptive Analyse der Fragensauswertung hinzugezogen. Die Korrektur der IDs verlief nachfolgendem Schema: Untersucht wurde lediglich die ID des zugehörigen Fragebogens (aktiver Fragebogen –

aktive ID; passiver Fragebogen – passive ID). War eine ID zweimal vergeben, wurden die Datensätze auf das Datum hin untersucht. Wurde zweimal dasselbe oder kein Datum angegeben, wurden beide Datensätze ausgeschlossen. Wurde ein unterschiedliches Datum angegeben, wurde der zuerst ausgefüllte Fragebogen gewählt. Wurde bei nur einem Datensatz ein Datum angegeben, wurde dieser ausgewählt.

3. Ergebnisse

Teilergebnisse dieser Arbeit wurden vorab im Dentistry Journal (MDPI) „Implementation of a Full Digital Workflow by 3D Printing Intraoral Splints Used in Dental Education: An Exploratory Observational Study with Respect to Students' Experiences“. Dentistry Journal, 2023. 11(1) p. 5. (Kraemer-Fernandez P, Spintzyk S, Wahl E, Huettig F, Klink A,) publiziert [79].

3.1. Teilnehmerübersicht

Es nahmen in vier klinischen Semestern insgesamt 85 Studierende an dem Workshop und der Fragebogenbeantwortung teil (s. Tabelle 6). Insgesamt wurden 1080 Fragebögen an die Studierenden ausgegeben. Fragebogen 1-4 befassten sich mit der Handhabung des Intraoralscanners (1), Datenverarbeitung und Konstruktion (2), Ausarbeitung der Schiene (3) und dem Einsetzen (4). Die optionalen Fragebögen 5-7 erfassten die Nachkontrollen der getragenen Schienen (siehe Kapitel: 2.5.1).

Tabelle 6: Übersicht der Teilnehmer

Anzahl der Studierenden im Kursus der Zahnersatzkunde I im Wintersemester 2017/2018 bis einschließlich Sommersemester 2019

<i>Semester</i>	<i>Studierendenanzahl im 8. Fachsemester</i>
<i>Wintersemester 2017/2018</i>	25
<i>Sommersemester 2018</i>	21
<i>Wintersemester 2018/2019</i>	13
<i>Sommersemester 2019</i>	26

3.2. Fragebogenrücklauf

Von den 570 ausgegebenen Fragebögen zum Intraoralscan, Design, Ausarbeiten und Einsetzen (Fragebogen 1 bis 4) wurden 479 (81%) der Fragebögen ausgefüllt und wieder eingereicht. Von den optionalen Fragebögen zur Nachkontrolle (Fragebogen 5-7) wurden 95 Fragebögen (17%) ausgefüllt und wieder eingereicht (Tabelle 7). Insgesamt lagen somit 574 Datensätze zur weiteren Auswertung vor.

Ergebnisse

Tabelle 7: Übersicht der befragten Teilnehmer je Semester mit Rücklaufquote aller Fragebögen.

Anzahl der Studierenden mit der Rücklaufquote der Fragebögen und Summe (Σ) aller abgegebenen Fragebögen. Der Fragebogen „3 Ausarbeitung und Politur 2. Teil“ Stand im WS 17/18 noch nicht zur Verfügung (n.V.*).

<i>Fragebogen</i>	<i>WS 17/18</i>	<i>SS 18</i>	<i>WS 18/19</i>	<i>SS 19</i>	Σ	<i>Rücklauf (%)</i>
Anzahl aller Studierenden:	25	21	13	26	85	±100%
1 Intraoralscan (S) – aktiver T.	25	19	11	24	79/85	92,9
1 Intraoralscan (S) – passiver T.	25	19	11	24	79/85	92,9
2 Datenverarbeitung (D) – aktiver T.	21	19	10	22	72/85	84,7
3 Ausarbeitung und Politur (A) – aktiver T.	22	18	10	18	68/85	80
3 Ausarbeitung und Politur (A) Teil 2 – aktiver T.	n.V.*	19	10	18	47/60	78,3
4 Anprobe und Einsetzen (E) – aktiver T.	22	18	10	17	67/85	78,8
4 Anprobe und Einsetzen (E) – passiver T.	22	17	11	17	67/85	78,8
5 1. Nachkontrolle (1) – aktiver T.	2	13	4	3	22/85	25,9
5 1. Nachkontrolle (1) – passiver T.	2	12	4	3	21/85	24,7
6 2. Nachkontrolle (2) – aktiver T.	0	10	5	7	22/85	28,8
6 2. Nachkontrolle (2) – passiver T.	0	8	5	7	20/85	23,5
7 3. Nachkontrolle (3) – aktiver T.	0	2	3	0	5/85	5,9
7 3. Nachkontrolle (3) – passiver T.	0	2	3	0	5/85	5,9

Die Rücklaufquote nahm innerhalb aller Semesterverläufe tendenziell mit Fortschritt des Ablaufs ab (Abbildung 14). Zur letzten Nachkontrolle (7. Fragebogen) wurden 5 von 85 „aktiver T.“ und 5 von 85 „passiver T.“ Fragebögen abgegeben.

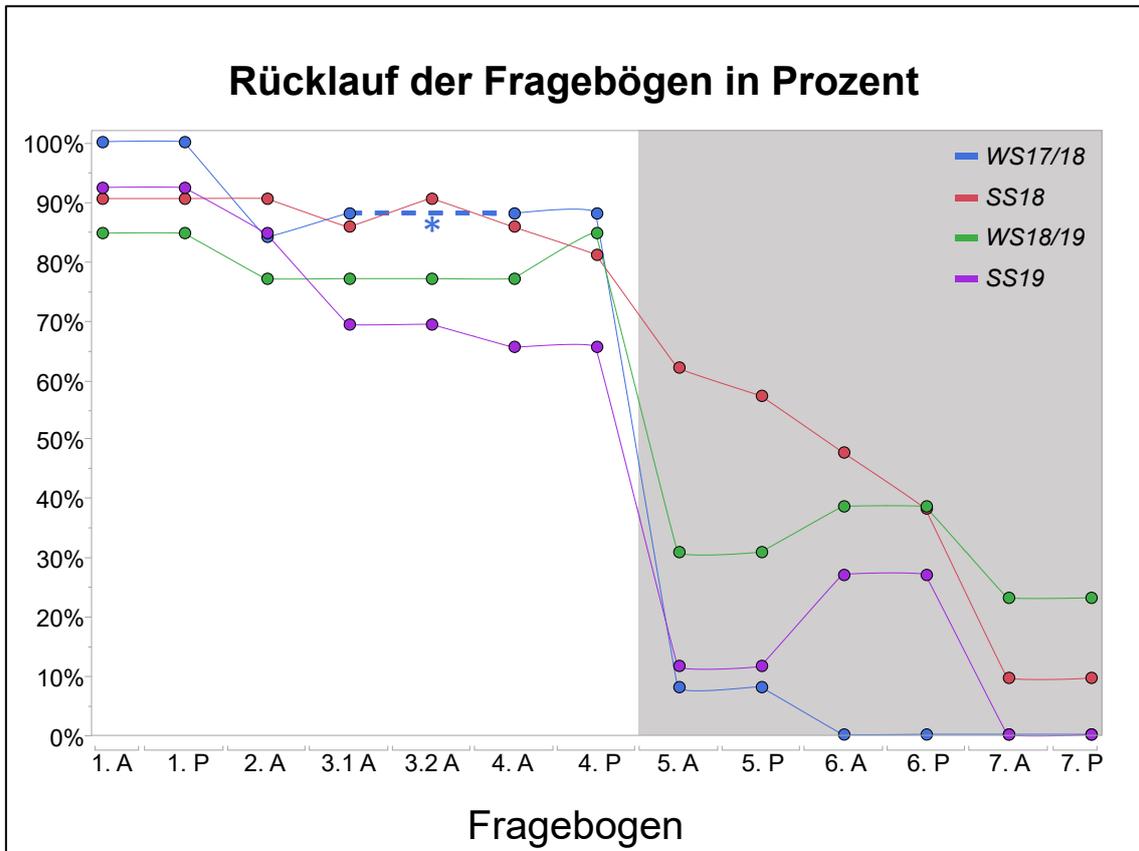


Abbildung 14: Rücklauf aller Fragebögen in Prozent.

Darstellung der Rücklaufquote aller Fragebögen, ohne Ausschlüsse, in Prozent. 100% der Teilnehmer entspricht der Anzahl aller Teilnehmer eines Semesters mit unterschriebener Einwilligungserklärung. Y-Achse: Häufigkeit des Rücklaufs in % je Semester. X-Achse: Fragebogen Nummer, je aufgeteilt nach aktiver Tandempartner und passiver Tandempartner. (-*)Der Fragebogen Ausarbeitung & Politur Teil 2 stand dem WS 2017/2018 (blau) nicht zur Verfügung. Grau hinterlegt werden die optionalen Fragebögen, zur Nachkontrolle nach der Eingliederung, dargestellt.

3.3. Ausschluss von Datensätzen

Für alle statistischen Auswertungen wurden insgesamt 20 Fragebögen aufgrund grober Unstimmigkeiten oder Widersprüche (Kapitel 2.6.2) von der Auswertung vollständig ausgenommen (Tabelle 8).

Tabelle 8: Von der Auswertung ausgeschlossene Datensätze

Anzahl und Begründung vollständig von der Auswertung ausgeschlossener Datensätze je Fragebogen. Nicht genannte Fragebögen enthielten keinen auszuschließenden Datensatz.

<i>Fragebogen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Begründung</i>
5 – 1. Nachkontrolle aktiv	3	Schienen wurde laut mehreren Angaben nicht getragen – Daten daher unstimmgig
5 – 1. Nachkontrolle passiv	1	Schienen wurde laut mehreren Angaben nicht getragen – Daten daher unstimmgig
6 – 2. Nachkontrolle aktiv	7	Schienen wurden seit der letzten Nachkontrolle nicht nochmals getragen (6x) bzw. grober Unstimmigkeiten im Ausfüllen der Fragebögen (1x)
6 – 2. Nachkontrolle passiv	5	Schienen wurden seit der letzten Nachkontrolle nicht nochmals getragen (4x) bzw. grobe Unstimmigkeiten im Ausfüllen der Fragebögen (1x)
7 – 3. Nachkontrolle aktiv	2	Schienen wurden seit der letzten Nachkontrolle nicht nochmals getragen (1x) bzw. grober Unstimmigkeiten im Ausfüllen der Fragebögen (1x)
7 – 3. Nachkontrolle passiv	2	Schienen wurden seit der letzten Nachkontrolle nicht nochmals getragen (1x) bzw. grober Unstimmigkeiten im Ausfüllen der Fragebögen (1x)
Summe	20	

Somit konnten insgesamt 554 Fragebögen für die deskriptive Sitzungsauswertung (Kapitel 3.4) analysiert werden.

Für die explorative Datenanalyse (Kapitel 3.5) wurden die Datensätze zusätzlich auf doppelte oder fehlerhafte Pseudonymisierung untersucht. Bei 23 Fragebögen wurde kein Pseudonym eingetragen, 44 Fragebögen trugen ein innerhalb desselben Fragebogens mehrmals angegebenes Pseudonym (Abbildung 15).

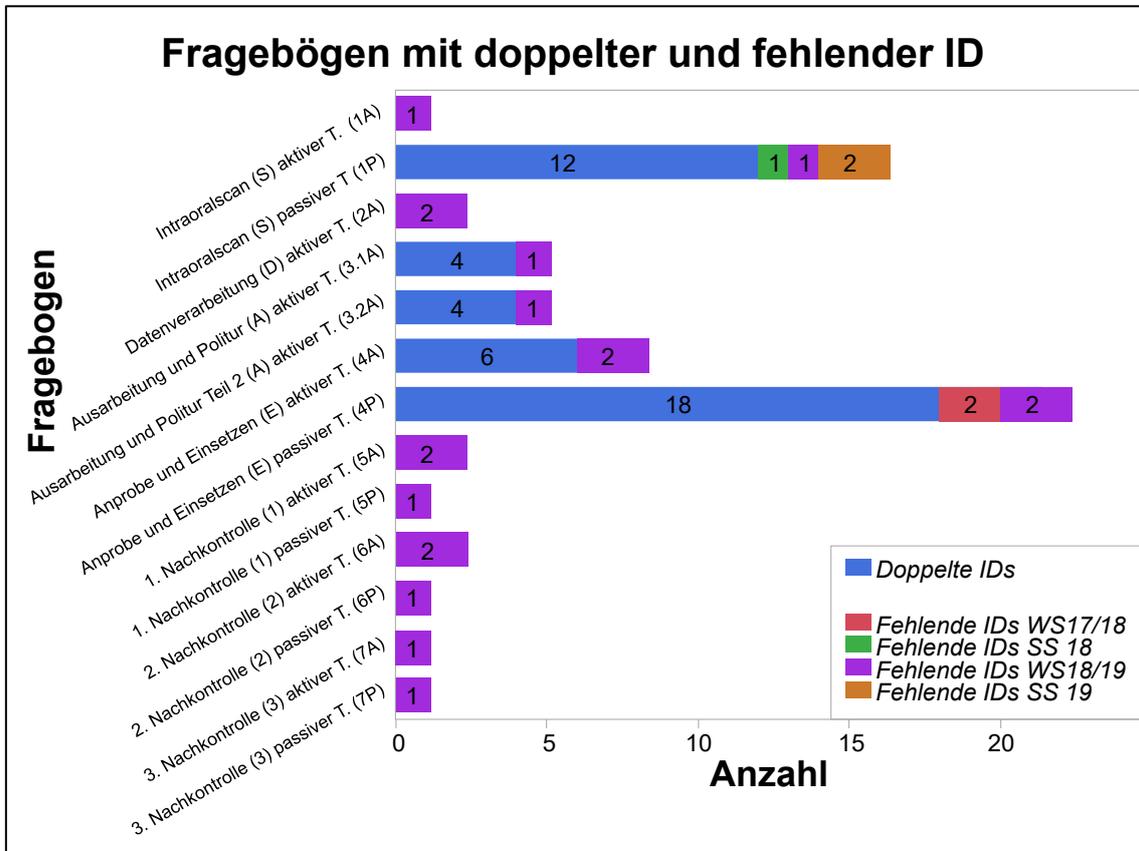


Abbildung 15: Anzahl der doppelten IDs und fehlender IDs

Dargestellt ist die Anzahl doppelter und fehlender IDs auf allen eingereichten Fragebögen. Y-Achse: Angabe des Fragebogens, getrennt nach aktivem und passivem Tandempartner. X-Achse: Gesamtanzahl der Fragebögen mit fehlender (Farbe je Semester) oder doppelter (blau) angegebener ID.

Nach Bereinigung (Kapitel 2.6.2) waren 51 Datensätze (9% aller auswertbaren Fragebögen) nicht eindeutig einem einzigen Pseudonym zuzuordnen (Tabelle 9). Aufgrund des unklaren Datenverlaufs wurden diese Datensätze für die explorative Datenanalyse ausgeschlossen. Die meisten Ausschlüsse traten in den Fragebögen der passiven Tandempartner im Fragebogen „Intraoralscan (S)“ (13x) und „Anprobe und Einsetzen (E)“ (14x) auf. Für die explorative Datenanalyse standen somit 503 auswertbare Fragebögen zur Verfügung (Tabelle 10).

Tabelle 9: Anzahl für die explorative Datenanalyse ausgeschlossene, nicht eindeutig einer ID zugehörigen Datensätze.

Überprüfung der IDs: aktive ID bei aktiven Fragebögen, passive ID bei passiven Fragebögen. Wurde keine ID¹ angegeben, wurde dieser Fragebogen ausgeschlossen. War zweimal dieselbe ID aufgeführt, wurde das Datum überprüft und der Datensatz mit dem späterem Datum ausgeschlossen², war das Datum identisch oder kein Datum bei beiden Datensätzen eingetragen, wurden beide Datensätze ausgeschlossen³. Zusätzliche Angabe der Summe (Σ) aller ausgeschlossenen Fragebogen

Fragebogen	keine ID ¹	Doppelte ID: <u>einen</u> Datensatz erhalten ²	Doppelte ID: <u>keinen</u> Datensatz erhalten ³	Σ
1A	1			1
1P	4	3	6	13
2A	2			2
3.1A	1	1	2	4
3.2A	1	2		3
4A	2	2	2	6
4P	4	8	2	14
5A	2			2
5P	1			1
6A	2			2
6P	1			1
7A	1			1
7P	1			1
Summe	23	16	12	51

Tabelle 10: Zusammenfassung auswertbarer Fragebögen

Anzahl der für die Auswertung ausgeschlossenen Datensätze nach Kapitel 2.6.2 und Angabe der Anzahl (Σ) der für die Auswertung verwendbaren Fragebögen. 20 Fragebögen wurden von der Auswertung vollständig ausgeschlossen. Für die explorative Datenanalyse wurden weitere 51 Fragebögen ausgeschlossen.

Fragebogen	Rücklauf aller Fragebögen	vollständiger Ausschluss	Σ : deskriptive Statistik (Kapitel 3.2)	zusätzlicher Ausschluss aufgrund ID-Angabe	Σ : explorative Datenanalyse (Kapitel 3.3)
1A	79	0	79	-1	78
1P	79	0	79	-13	66
2A	72	0	72	-2	70
3.1A	68	0	68	-4	64
3.2A	47	0	47	-3	44
4A	67	0	67	-6	61
4P	67	0	67	-14	53
5A	22	-3	19	-2	17
5P	21	-1	20	-1	19
6A	22	-7	15	-2	13
6P	20	-5	15	-1	14
7A	5	-2	3	-1	2
7P	5	-2	3	-1	2
Summe	574	-20	554	-51	503

3.4. Deskriptive Datenanalyse - Sitzungsauswertung

3.4.1. „Intraoralscan“ (S)

Die Handhabung des Intraoralscanners (Item 1.01) wurde von den Teilnehmern auf der VAS (einfach – schwierig) als vorwiegend einfach angegeben. Der Mittelwert (24,7) lag mit einer geringen Standardabweichung (SD: $\pm 19,7$) im linken Skalen-Drittel (73% VAS ≤ 33). Drei Teilnehmer (4%) gaben mit einem VAS-Wert >66 die Handhabung des Intraoralscanners als schwierig an.

Die Einweisung in die Handhabung und Durchführung des Intraoralscanners in Form einer Vorlesung mit Demonstration (Item 1.06) wurde von den Teilnehmern auf einer VAS (hilfreich – überflüssig) mit einem Mittelwert von 11,9 (SD: $\pm 12,2$) und Maximalwert von 43 als überwiegend „hilfreich“ bewertet (Abbildung 21).

Auf die Frage, ob sich die Teilnehmer nach der Vorlesung mit Demonstration für das Scannen ausreichend vorbereitet fühlten (Item 1.05) stimmten 77% der Teilnehmer dieser Aussage auf der VAS (trifft voll und ganz zu - trifft nicht zu) mit einem VAS ≤ 33 zu (Abbildung 21). Zwei Teilnehmer widersprachen der Aussage mit einem VAS-Wert >66 , bei einem Mittelwert von 20,4 (SD: $\pm 18,6$).

Die Bewertung des zeitlichen Umfangs des Intraoralscans (Item 1.02) auf der VAS (zügig-langwierig) zeigt mit einem Mittelwert von 33,7 (SD: $\pm 23,4$) und einen Interquartilsabstand (IQR) von 37 in der Auswertung eine eher zügige Einschätzung des Intraoralscans durch die Teilnehmer mit einer mäßigen Streuung. 57% der Teilnehmer beurteilten den zeitlichen Umfang mit einem VAS-Wert ≤ 33 als eher „zügig“. 9% der Teilnehmer bewerteten mit einem VAS-Wert >66 den Umfang als eher „langwierig“. (Abbildung 21).

Die durchschnittliche Zeit des Intraoralscans (Item 1.02) (OK, UK, Biss) wurde von 79 Studierenden im Durchschnitt mit 17 Minuten 12 Sekunden angegeben (Tabelle 11). Die Scanzzeiten variierten zwischen 3 Minuten und 45 Minuten und zeigten somit, gemeinsam mit der empfundenen Scandauer (VAS), eine mäßige Streuung (IQR: 11 Minuten 18 Sekunden). Innerhalb von 21 Minuten erreichten drei Viertel der Teilnehmer die Durchführung des Intraoralscans (Abbildung 16).

Tabelle 11: Scanzzeit (Item 1.02)
 Angabe in Minuten:Sekunden (min:s)

<i>N</i>	<i>Maximum</i>	<i>Minimum</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>SD</i>	<i>Median</i>	<i>IQR</i>
79	45:00	03:04	17:11	09:29	15:00	11:18

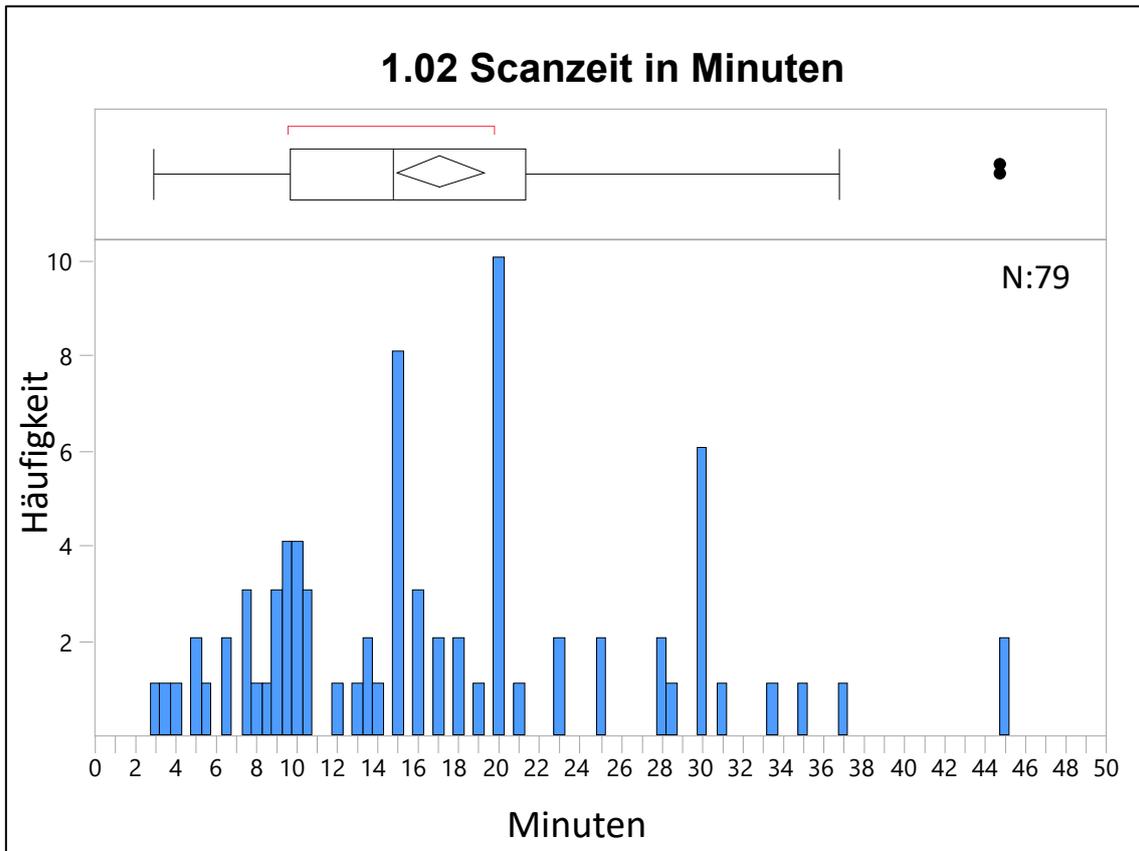


Abbildung 16: Scanzzeit in Minuten für die Durchführung des Intraoralscans für den Oberkiefer, Unterkiefer und Biss.

(N=79) Säulendiagramm der Scandauer für den Oberkiefer, Unterkiefer und Biss mittels des 3Shape Intraoralscanners in Minuten (gruppiert in 1-Minuten Schritten) in Projektion auf die X-Achse: Angabe der Scandauer in Minuten. Box-Whisker-Plot mit Ausreißern. Roter Rahmen: dichtesten 50% [129]. Y-Achse: Antworthäufigkeit.

Zur Vermeidung großer Datensätze wurde durch die Scansoftware beim Erreichen einer bestimmten Anzahl an Aufnahmen (>1500 Bilder) pro Kieferscan, auf eine begrenzte Speicherkapazität aufmerksam gemacht. Mit der von der Scannersoftware zur Verfügung gestellte Scanzzeit und Bilderanzahl zur Erfassung eines Kiefers (Item 1.08) gab eine hohe Anzahl an Teilnehmer auf der VAS (sehr gut – ungenügend) an „sehr gut“ zurecht gekommen zu sein (77% VAS ≤ 33; MW: 24,1 (SD: ±21,4)). Eine sehr geringe Anzahl an Teilnehmern

gaben an, dass die zur Verfügung gestellte Datenmenge eher „ungenügend“ war (6% VAS > 66; VAS-Min/Max: 0/89) (Abbildung 21, Tabelle 13).

Für den Scan eines Einzelkiefers (Item 1.10) gab über die Hälfte der Teilnehmer an, 3-5x den Scan pausiert zu haben (55%), 40% der Teilnehmer pausierten den Scan den Angaben nach zwischen 0-3x (Abbildung 17; Tabelle 14).

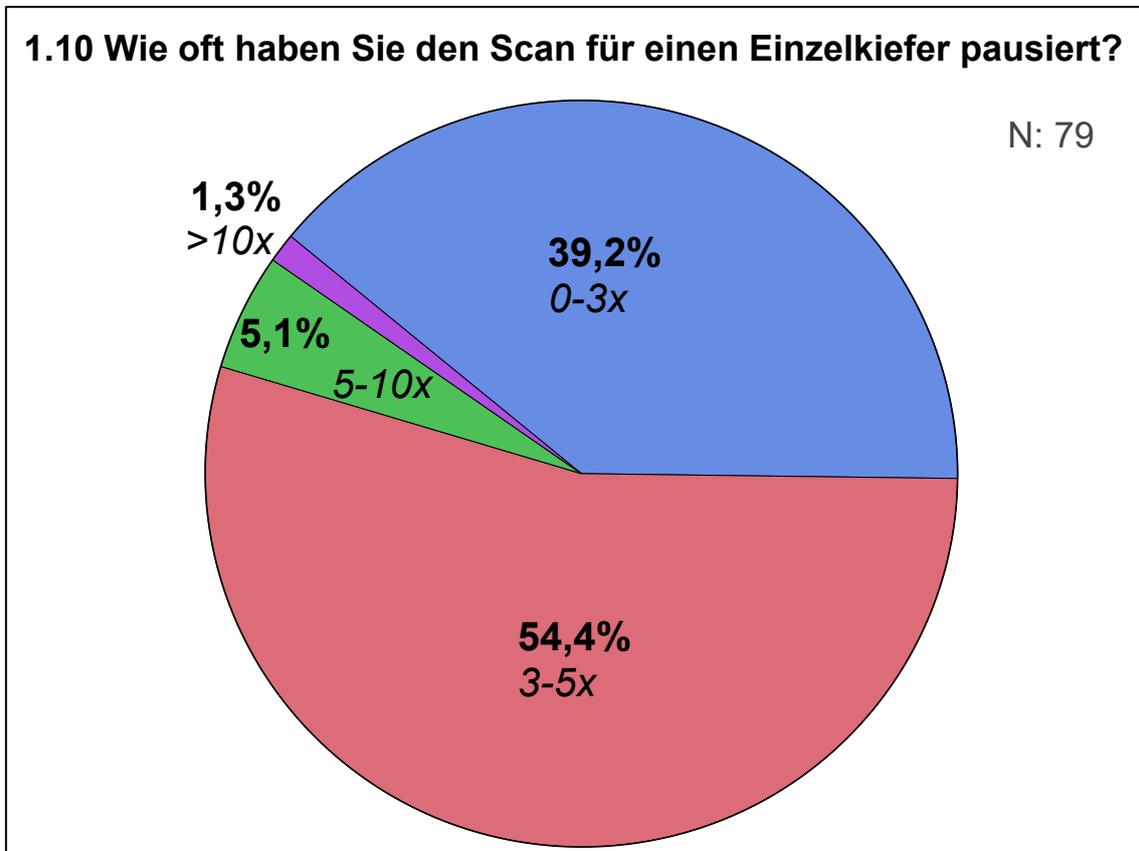


Abbildung 17: Anzahl der Unterbrechungen beim Scan eines Einzelkiefers.

(N=79) Darstellung der Anzahl von Pausierung des Intraoralscans während der Anfertigung eines Einzelkieferenscans: 100% entsprechen 79 Antworten. 54% der Studierenden (n=43) haben den Intraoralscan 3-5x zur Anfertigung eines Einzelkieferscans unterbrechen müssen.

Für die Durchführung des Intraoralscans (Item 1.03) gaben 54 der Teilnehmer (69%) an einen Anlauf benötigt zu haben. Nahezu ein Drittel der Studierenden mussten den Intraoralscan mehrmals beginnen, wovon 5 Studierende (6%) mehr als zwei Anläufe benötigt haben (Maximalwert Anläufe: 5) (Abbildung 18).

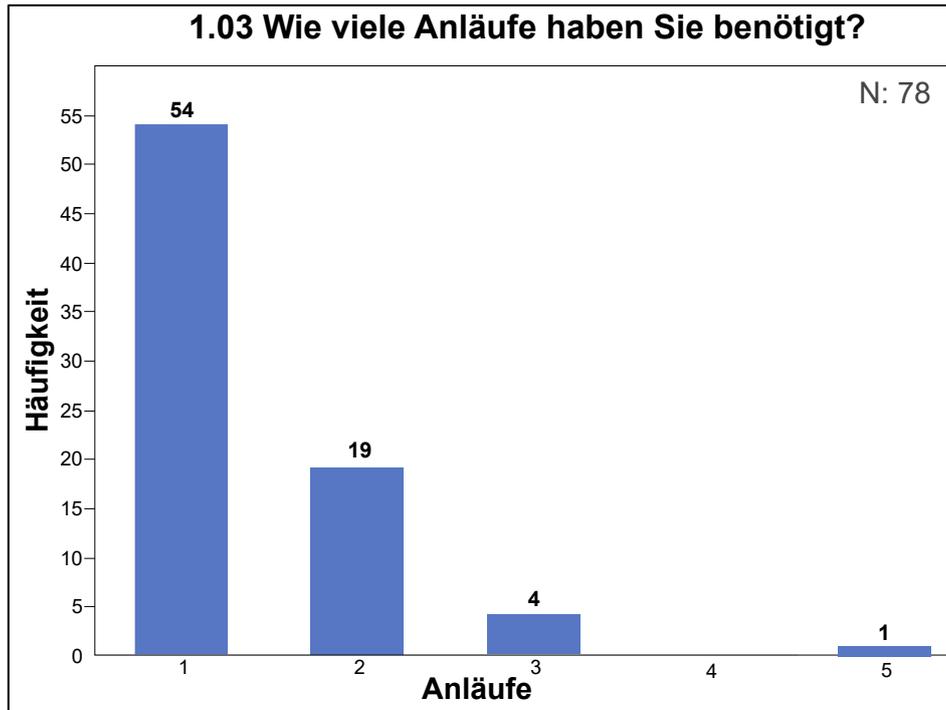


Abbildung 18: Anzahl der Anläufe zur Anfertigung eines Intraoralscans.

(N=78) Säulendiagramm der benötigten Anzahl an Anläufen, die die Studierenden zur Erstellung eines vollständigen Intraoralscans (OK, UK, Biss) angaben, adaptiert auf die X-Achse: Anzahl der benötigten Anläufe. Y-Achse: Antwoorthäufigkeit. 69% der Studierenden (n=54) gaben an nur einen Anlauf zur Durchführung des Intraoralscans an, 1 Student gab 5 benötigte Anläufe an.

Bei der Bedienung des Intraoralscanners (Item 1.09) gab über die Hälfte der Befragten (58%) keine Schwierigkeiten an. Als Probleme wurde im Freitext (Item 1.09) unter anderem der Verlust des Scanpfades, mit der Notwendigkeit des Zurückkehrens zu einer bereits erfassten Position, sowie Schwierigkeiten beim Scannen im Frontzahnbereich und der Erfassung des Bissregistrats benannt (Tabelle 12).

Tabelle 12: Freitextantworten zu Schwierigkeiten beim Umgang mit dem Scanner (Item 1.09)

Wörtlich übernommene Zitate aus der Freitextzeile:

- UK oft neuer Ansatz nötig
- Scan mit Biss -> muss gut zurecht geschnitten werden
- Richtiger Winkel
- OK Front schwierig die optimale Position zu finden
- Mit Übung sicher schneller
- In Molarenbereich für Pat. schmerzhaft, Inzisal an Front Schwierigkeiten
- Erkennung des Bissregistrats erfolgte nicht automatisch
- Biss war schwierig
- Abschluss Scanvorgang nach Biss unklar
- 2-3x pro Kiefer musste der Scanner wieder an eine bekannte okklusale Fläche geführt werden, um weiter zu machen.

Die bei möglicher Mehrfach-Nennung meist genannte Schwierigkeit (23%) war das Erreichen einer großen Datenmenge (Scan über 1500 Bilder) gefolgt von Schwierigkeiten bei der generellen Bedienung des Intraoralscanners (15%) (Abbildung 19)

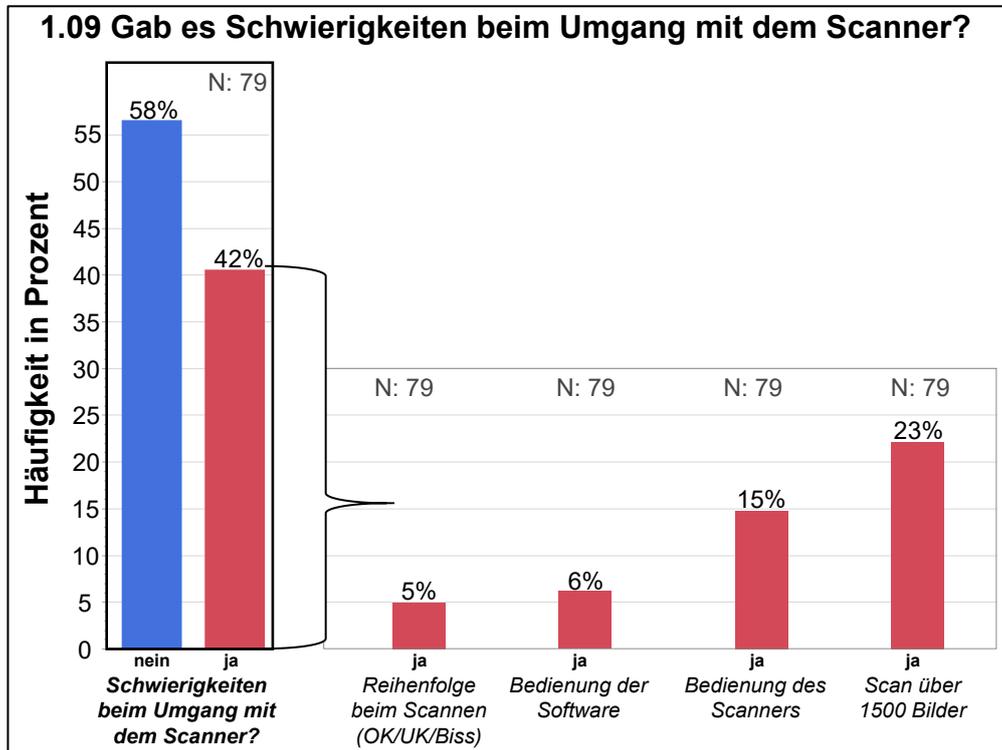


Abbildung 19: Häufigkeit der Schwierigkeiten beim Umgang mit dem Intraoralscanner. (N=79) Säulendiagramm der Antworthäufigkeit der aktiven Tandempartner für Schwierigkeiten beim Umgang mit dem Intraoralscanner und Aufschlüsselung deren Ursachen. X-Achse linker Bereich: Antworthäufigkeit bei Schwierigkeiten beim Umgang mit dem Scanner. X-Achse rechter Bereich: Antworthäufigkeit (Mehrfachnennung möglich) der Ursachen der Schwierigkeiten. Y-Achse: Antworthäufigkeit in Prozent (100% entsprechen 79). 58% der Teilnehmer gaben keine Schwierigkeiten beim Umgang mit dem Intraoralscanner an, 42% der Teilnehmer gaben ein oder mehrere Probleme an. Nahezu ein Viertel (23%) aller Teilnehmer (N=79) gab an, während des Scans über 1500 Bilder zu kommen. 15% aller Teilnehmer gaben Schwierigkeiten beim Umgang mit dem Scanner an.

Auf die Frage welche Abformmethode, bei Vergleich des Intraoralscans mit einer konventionellen Abformung (Item 1.04), bevorzugt werden würde gab etwa die Hälfte der Studierenden (48%) den intraoralen Scan als bevorzugte Methode an, ein Drittel (31,2%) empfand beide Verfahren als gleichwertig während 21% die konventionelle Abformung bevorzugen würden (Abbildung 20).

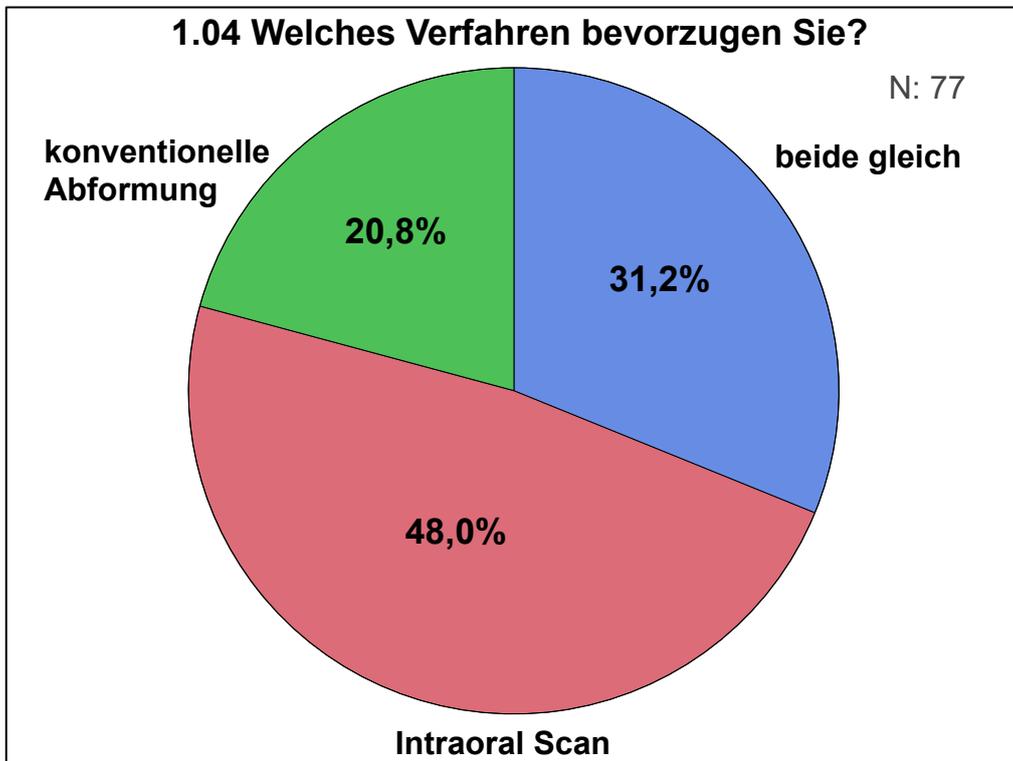


Abbildung 20: Bevorzugte Abformmethode.

(N=77) Kreisdiagramm mit Häufigkeitsverteilung auf die Single-Choice Frage (konventionelle Abformung, Intraoral Scan, beide gleich) auf die bevorzugten Abformmethode des aktiven Tandepartners: 100% entsprechen 77 Antworten. Fast die Hälfte der Studierenden (48%) gaben den Intraoralscan als bevorzugte Abformmethode (n=37), im Vergleich zur konventionellen Abformung an. 31,2% der Studierenden bewerteten beide Abformmethoden gleich.

Die überwiegende Mehrheit der Studierende bewertete die Anwendung des Intraoralscanners im Studierendenkurs im Hinblick auf die zahnärztliche Ausbildung (Item 1.07) auf der VAS (hilfreich – überflüssig) als „hilfreich“ (92% $VAS \leq 33$ MW: 12,1 (SD: $\pm 16,4$)), 2 Teilnehmer mit einem $VAS > 66$ als eher „überflüssig“ (VAS-Min/Max: 0/100) (Abbildung 21).

Ergebnisse

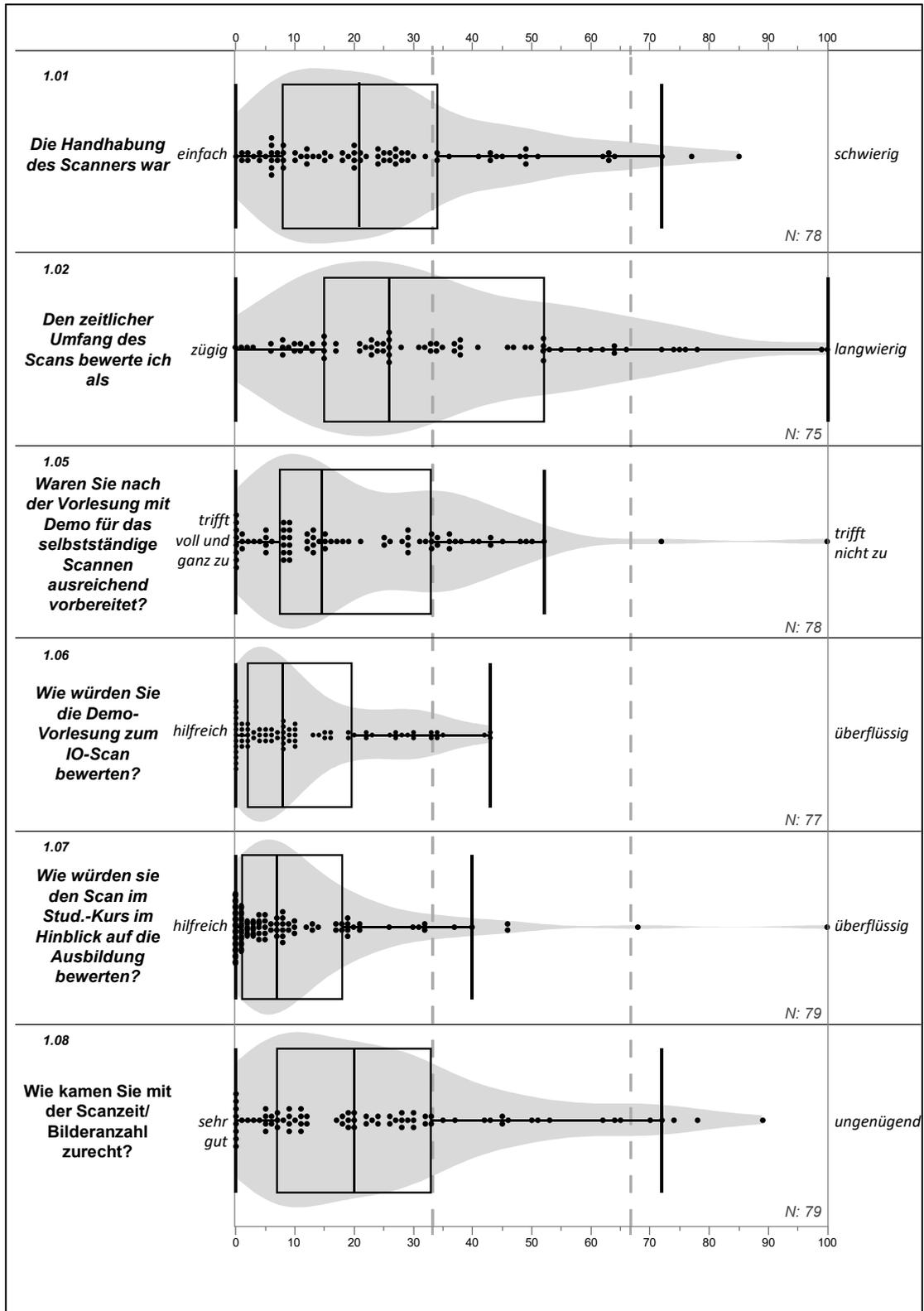


Abbildung 21: VAS-Werte der aktiven Tandempartner des 1. Fragebogens Intraoralscan
 Darstellung der Rückmeldung der Probanden (aktiver Tandempartner) zum Erleben der Durchführung des Intraoralscans am passiven Tandempartner. Die Fragen (Y-Achse) wurden auf der VAS beantwortet und sind anhand Box-Whisker-Plots und Konturlinie der relativen Häufigkeit mit Darstellung aller Messpunkte der VAS (X-Achse mit vertikaler Kennzeichnung des oberen und unteren Drittels) dargestellt. Ausreißer befinden sich außerhalb des Box-Whisker-Plots.

Tabelle 13: VAS-Skalen des 1. Fragebogen der aktiven Tandempartner

Angabe der VAS-Pole, Anzahl der Teilnehmer (N), Mittelwerte, Standardabweichung, Median, Interquartilabstand sowie der Minimal- und Maximalwerte.

<i>Fragen mit VAS-Scala</i>	<i>N</i>	<i>VAS 0</i>	<i>VAS 100</i>	<i>VAS Mittelwert</i>	<i>Std.-Abw.</i>	<i>Median</i>	<i>IQR</i>	<i>VAS Min.</i>	<i>VAS Max.</i>
<i>1.01 Die Handhabung des Scanners war</i>	78	<i>einfach</i>	<i>schwierig</i>	24,7	19,7	20,5	26,0	0	85
<i>1.02 Den zeitlicher Umfang des Scans bewerte ich als</i>	75	<i>zügig</i>	<i>langwierig</i>	33,7	23,4	26,0	37,0	0	100
<i>1.05 Waren Sie nach der Vorlesung mit Demo für das selbstständige Scannen ausreichend vorbereitet?</i>	78	<i>trifft voll und ganz zu</i>	<i>trifft nicht zu</i>	20,4	18,6	14,5	25,5	0	100
<i>1.06 Wie würden Sie die Demo-Vorlesung zum IO-Scan bewerten?</i>	77	<i>hilfreich</i>	<i>überflüssig</i>	11,9	12,2	8,0	17,5	0	43
<i>1.07 Wie würden sie den Scan im Stud.-Kurs im Hinblick auf die Ausbildung bewerten?</i>	79	<i>hilfreich</i>	<i>überflüssig</i>	12,1	16,4	7,0	17,0	0	100
<i>1.08 Wie kamen Sie mit der Scanzeit/ Bilderanzahl zurecht?</i>	79	<i>sehr gut</i>	<i>ungenügend</i>	24,1	21,4	20,0	26,0	0	89

Tabelle 14: Multiple- und Single-Choice Fragen des 1. Fragebogens der aktiven Tandempartner

Angabe der Antwortmöglichkeiten, Anzahl der Antworten und prozentualer Verteilung

<i>Frage</i>	<i>Antwort</i>	<i>Häufigkeiten</i>	<i>Prozent</i>
<i>1.04 Welches Verfahren bevorzugen Sie?</i>	beide gleich	24	31%
	Intraoral Scan	37	48%
	konventionelle Abformung	16	21%
	<i>Summe</i>	77	100%
<i>1.09 Bedienung der Software</i>	nein	74	94%
	ja	5	6%
	<i>Summe</i>	79	100%
<i>1.09 Bedienung des Scanners</i>	nein	67	85%
	ja	12	15%
	<i>Summe</i>	79	100%
<i>1.09 Reihenfolge beim Scannen (OK/UK/Biss)</i>	nein	75	95%
	ja	4	5%
	<i>Summe</i>	79	100%
<i>1.09 Scan über 1500 Bilder</i>	nein	61	77%
	ja	18	23%
	<i>Summe</i>	79	100%
<i>1.10 Wie oft haben sie den Scan für einen Einzelkiefer pausiert?</i>	0-3	31	39%
	3-5	43	54%
	5-10	4	5%
	>10x	1	1%
	<i>Summe</i>	79	100%

Von den passiven Tandempartnern wurde der Intraoralscan (Item 1.11) auf einer VAS (angenehm – unangenehm) im Mittel mit 32,5 (SD: $\pm 19,5$) als überwiegend „angenehm“ angegeben (VAS-Min/Max: 0/79) (Abbildung 22; Tabelle 16). Über die Hälfte (54%) aller Rückmeldungen lagen in einem Bereich ≤ 33 (angenehm). Eine sehr geringe Anzahl an Teilnehmern (4%) hat den Intraoralscan als unangenehm (VAS > 66) wahrgenommen, bei einem Maximalwert von 79 auf der VAS.

Auf die Frage, ob während des Intraoralscans ein Würgereiz empfunden wurde (Item 1.12) gaben auf der VAS (keinen – ausgeprägt) eine sehr geringe Anzahl der Teilnehmer (3%) einen hohen VAS-Wert (>66) an. Der Mittelwert 13,1 zeigt mit einer geringen Schwankung (SD: ± 21), dass ein hoher Anteil der Teilnehmer (86%) keinen bis nur geringen Würgereiz (VAS ≤ 33) verspürten (VAS-Min/Max: 0/77).

Die Wahrnehmung den Mund während des Intraoralscans sehr weit öffnen (Item 1.13) zu müssen (trifft nicht zu – trifft voll und ganz zu) unterlag einer mäßigen Streuung (MW: 42,2 (\pm 29,8) IQR 47; VAS-Min/Max: 0/100).

Der zeitliche Umfang des Intraoralscans (Item 1.14) wurde von den passiven Tandempartnern (zügig – langwierig) ähnlich eingeschätzt, wie von den aktiven Tandempartnern. (MW: 32,4 (\pm 26,8) IQR: 40; VAS-Min/Max: 0/100). Die Mehrheit der befragten (59%) gab auch hier an, den Intraoralscan als zügig (VAS \leq 33) empfunden zu haben, während ein geringer Anteil (14%) den Intraoralscan als langwierig wahrgenommen hat (VAS $>$ 66).

Nach dem Intraoralscan gaben 62% der Teilnehmer an, keine Veränderung (Item 1.16) zu bemerken (Tabelle 17). Die restlichen Befragten gaben als häufigste genannte Veränderung „Trockener Mund“ (23%), gefolgt von „Muskelverspannungen“ (16%) an. Eine Geschmacksveränderung (8,9%) sowie Schmerzen im Mund (5,1%) wurde von einer sehr geringen Anzahl an Befragten angegeben. Jeweils ein Teilnehmer (1,3%) gab an, einen Veränderten Zubiss zu haben bzw. ein Fremdkörpergefühl im Nachhinein wahrzunehmen. Im Freitext wurde unter anderem zusätzlich von jeweils einem Studierenden ein Würgereiz, eine Reizung der Gingiva sowie Schmerzen im Kiefergelenk beschrieben (Tabelle 15).

Tabelle 15: Freitext zum Gefühl nach dem Intraoralscan

Wörtlich übernommene Zitate aus der Freitextzeile:

- *Würgereiz mit Wachsbiss*
- *Super!*
- *Schlucken mit Biss im Mund schwierig*
- *Mundwinkel spannen*
- *Leichte Reizung der Gingiva*
- *Kiefergelenke schmerzten leicht*
- *Dorsal der Molaren wurde der Scanner stark eingedrückt*
- *Biss hat zu lange gedauert*

Auf die Frage, ob die Teilnehmer bereits eine Schiene tragen, gaben 57% der 79 befragten Teilnehmer an, bereits eine Schiene zu tragen (Item 1.15), bzw. in der Vergangenheit eine Schiene getragen zu haben.

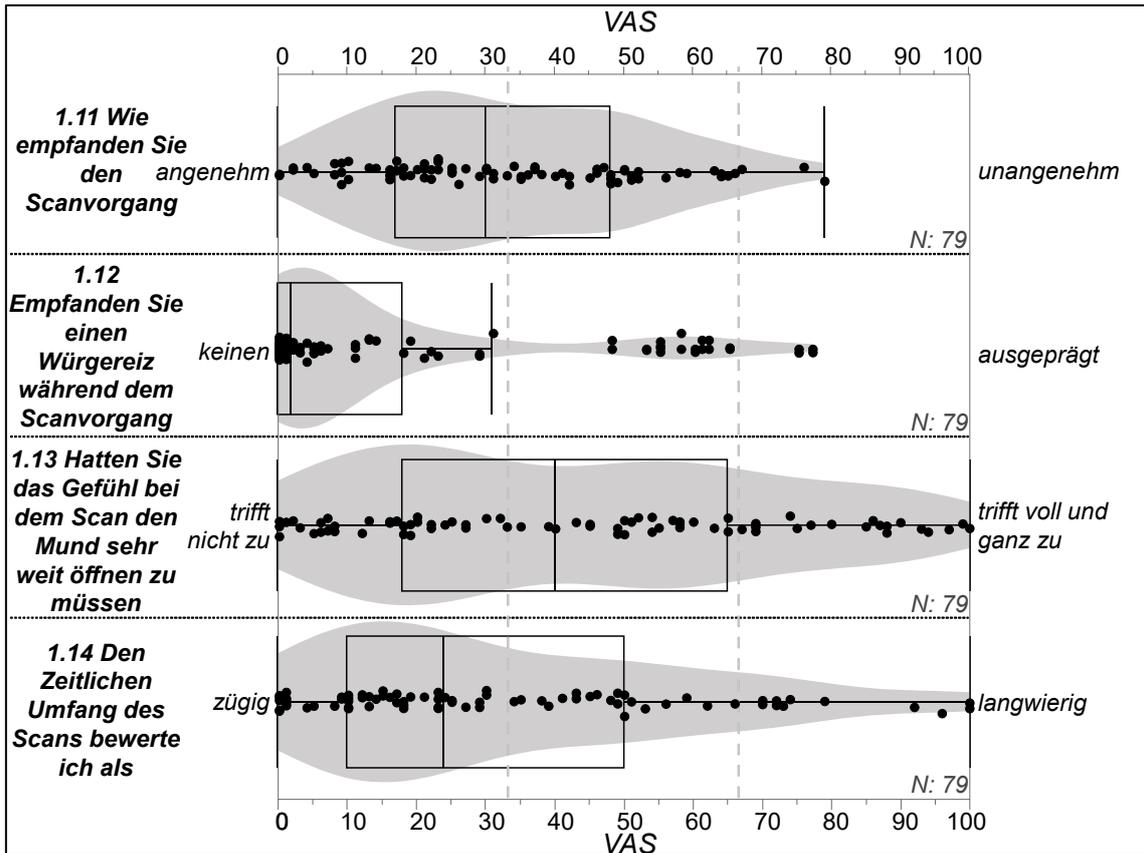


Abbildung 22: VAS-Werte der passiven Tandempartner 1. Fragebogen Intraoralscan (S)
 Darstellung der Rückmeldung der Probanden (passive Tandempartner) zum Erleben des Intraoralscans durch den aktiven Tandempartner. Die Fragen (Y-Achse) wurden auf der VAS beantwortet und sind anhand Box-Whisker-Plots und Konturlinie der relativen Häufigkeit mit Darstellung aller Messpunkte der VAS (X-Achse mit vertikaler Kennzeichnung des oberen und unteren Drittels) dargestellt. Ausreiser befinden sich außerhalb des Box-Whisker-Plots.

Ergebnisse

Tabelle 16: Tabelle der VAS Skalen des 1. Fragebogen der passiven Tandempartner

Angabe der VAS-Pole, Anzahl (N), Mittelwerte, Standardabweichung, Median, Interquartilabstand sowie der Minimal- und Maximalwerte.

<i>Fragen mit VAS-Scala</i>	<i>N</i>	<i>VAS 0</i>	<i>VAS 100</i>	<i>VAS Mittelwert</i>	<i>Std.-Abw</i>	<i>Median</i>	<i>IQ R</i>	<i>VAS Min</i>	<i>VAS Max</i>
1.11 Wie empfanden Sie den Scanvorgang	79	angenehm	unangenehm	32,5	19,5	30	31	0	79
1.12 Empfinden Sie einen Würgereiz während dem Scanvorgang ?	79	keinen	ausgeprägt	13,1	21	2	18	0	77
1.13 Hatten Sie das Gefühl bei dem Scan den Mund sehr weit öffnen zu müssen?	79	trifft nicht zu	trifft voll und ganz zu	42,2	29,8	40	47	0	100
1.14 Den zeitlichen Umfang des Scans bewerte ich als	79	zügig	langwierig	32,4	26,8	24	40	0	100

Ergebnisse

Tabelle 17: Multiple- und Single-Choice Fragen des 1. Fragebogens der passiven Tandempartner

Angabe der Antwortmöglichkeiten, Anzahl der Antworten und Prozentualer Verteilung

<i>Frage</i>	<i>Antwort</i>	<i>Häufigkeit</i>	<i>Prozent</i>
1.15 Tragen Sie bereits eine Schiene / haben Sie in der Vergangenheit eine Schiene getragen?	ja	45	57%
	nein	34	43%
	<i>Summe</i>	79	100%
1.16 Wie fühlten Sie sich nach dem Scan? - unverändert	nein	30	38%
	unverändert - ja	49	62%
	<i>Summe</i>	79	100%
1.16 Muskelverspannung	nein	66	84%
	ja	13	16%
	<i>Summe</i>	79	100%
1.16 Schmerzen im Mund	nein	75	95%
	ja	4	5%
	<i>Summe</i>	79	100%
1.16 Trockener Mund	nein	61	77%
	ja	18	23%
	<i>Summe</i>	79	100%
1.16 Veränderter Zubiss	nein	78	99%
	ja	1	1%
	<i>Summe</i>	79	100%
1.16 Geschmacksveränderung	nein	72	91%
	ja	7	9%
	<i>Summe</i>	79	100%
1.16 Fremdkörpergefühl	nein	78	99%
	ja	1	1%
	<i>Summe</i>	79	100%

3.4.2. Datenverarbeitung/Schienendesign (D)

Durch die Demonstration und die zur Verfügung stehenden Anleitung (Item 2.03) fühlten sich über 2/3 der Befragten ausreichend auf das Schienendesign (trifft voll und ganz zu – trifft nicht zu) vorbereitet (70,8% VAS \leq 33). Eine sehr geringe Anzahl an Teilnehmern (8,3%) gaben an, sich nicht ausreichend vorbereitet gefühlt zu haben (VAS $>$ 66), (MW: 26,3 (\pm 21,8); IQR 29,8; VAS-Min/Max: 0/77) (Abbildung 27). Die digitale Konstruktion der Schiene (Item 2.01) wurde von den Teilnehmern überwiegend (61,1%) als herausfordernd beschrieben (Tabelle 21). Nahezu ein Viertel der befragten (23,6%) gab das Design als selbsterklärend an, während etwa 15% das Design als schwierig (12,5% schwierig, 2,8% sehr schwierig) bezeichneten (Abbildung 23).

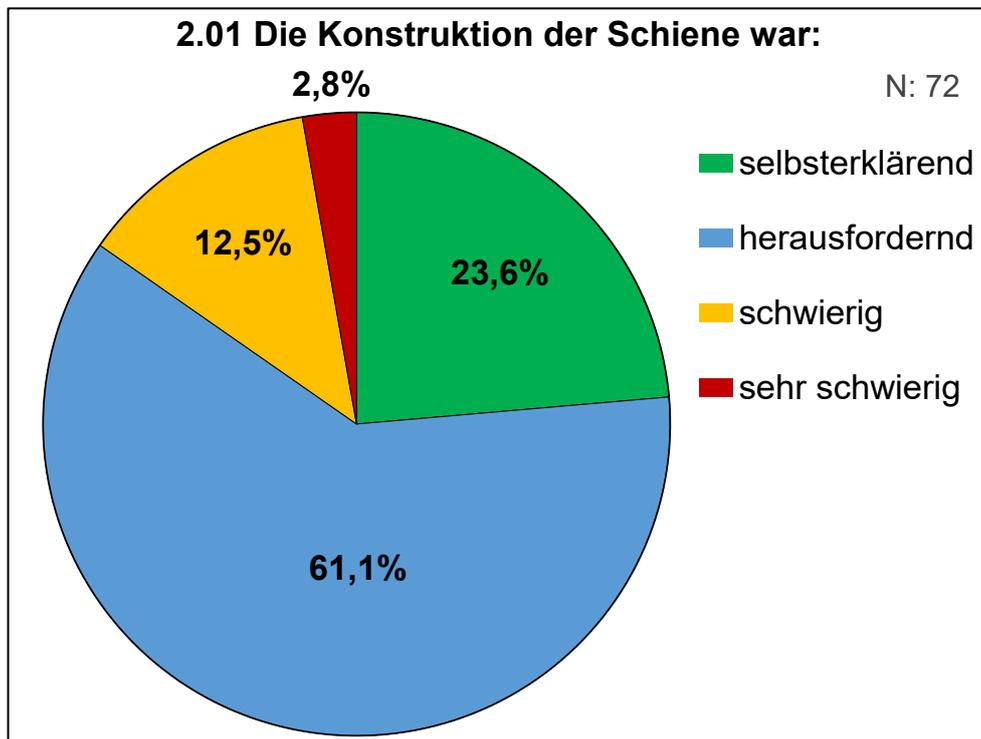


Abbildung 23: Einschätzung des Schwierigkeitsgrades des digitalen Schienendesigns
 (N=72) Kreisdiagramm zur Darstellung der empfundenen Schwierigkeit des Schienendesigns durch den aktiven Tandempartner mittels der CAD-Software exocad :100% entsprechen 72 Antworten:15,3% der Teilnehmer (n=11) gab das Schienendesign als schwierig/sehr schwierig an.

Von den 50 Teilnehmern, welche die Frage beantwortet, ob zuvor schon mal mit einem CAD-Designer gearbeitet wurde (Item 2.11), gaben 12,7% eine bejahende Antwort. Der Großteil der Teilnehmer (57,7%) gab an, bisher noch nicht mit einem

CAD-Designer gearbeitet zu haben. Im Wintersemester 2017/2018 war die Frage im Fragebogen noch nicht beinhaltet (29,6%).

15% der Teilnehmer beschrieben, dass es Bereiche im Intraoralscan gab, die nicht ausreichend erfasst wurden (Item 2.02). Am häufigsten wurde dabei der Bereich der Unterkiefermolaren (7x) genannt, gefolgt von den Schneidekanten in der Front (3x) sowie den Oberkiefermolaren (3x) (Tabelle 18). Die Scans waren jedoch alle ausreichend, sodass kein Nachscannen am Teilnehmer erforderlich war.

Tabelle 18: Angabe der Regionen der nicht ausreichend erfasste Bereiche

Wörtlich übernommene Zitate aus der Freitextzeile:

- 17, 27 distopalatinal
- 47
- 47,46
- 47
- 37,47 aufgrund Schleimhautkaputze
- Hintere Zähne distale Seite
- OK/UK 8er-Region
- 8er
- 43
- Inzisalkante 22/23
- Inzisalkante OK

Bei einem Intraoralscan musste nachträglich die Bissausrichtung, aufgrund von erheblichen Durchdringungen der Kiefer, am Computer erneut in der Scansoftware ausgerichtet werden (Erneute Aktivierung der Funktion: automatische Adjustierung der Okklusion innerhalb der Scansoftware) (Abbildung 24).

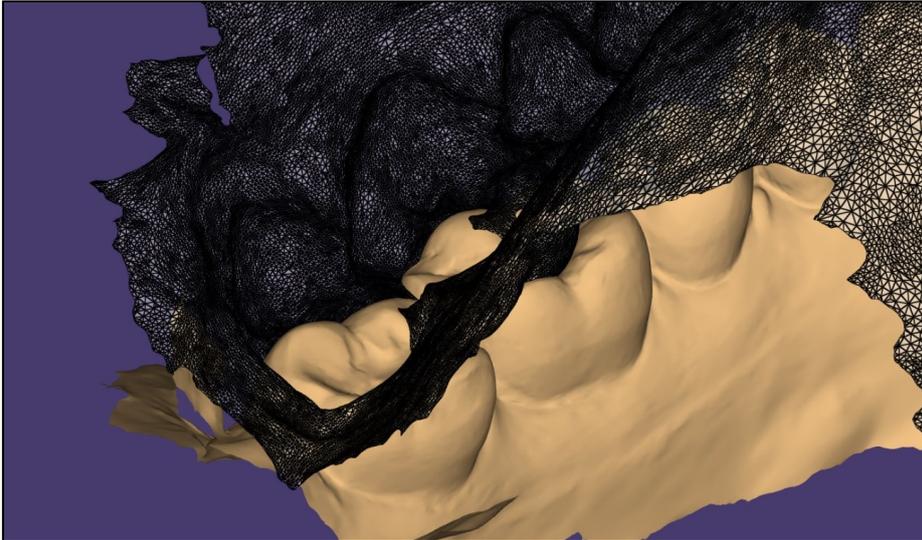


Abbildung 24: Fehlerhafte Bissausrichtung vor der automatischen Adjustierung der Okklusion

Darstellung der fehlerhaften Bissausrichtung des Oberkieferscans (schwarz in Netzansicht) zum Unterkieferscan (beige als geschlossener Körper). Deutliche Darstellung der Durchdringung der Unterkiefermolaren durch den Oberkieferscan hindurch.

Für das digitale Schienendesign gab etwa ein Drittel der Teilnehmer an, dass keine Unterstützung (Item 2.04) notwendig war. 19% der Studierenden gaben an, Hilfe zu benötigen, wovon 4,2% angaben, dass das digitale Schienendesign nur mit Hilfe möglich gewesen sei (Abbildung 25).

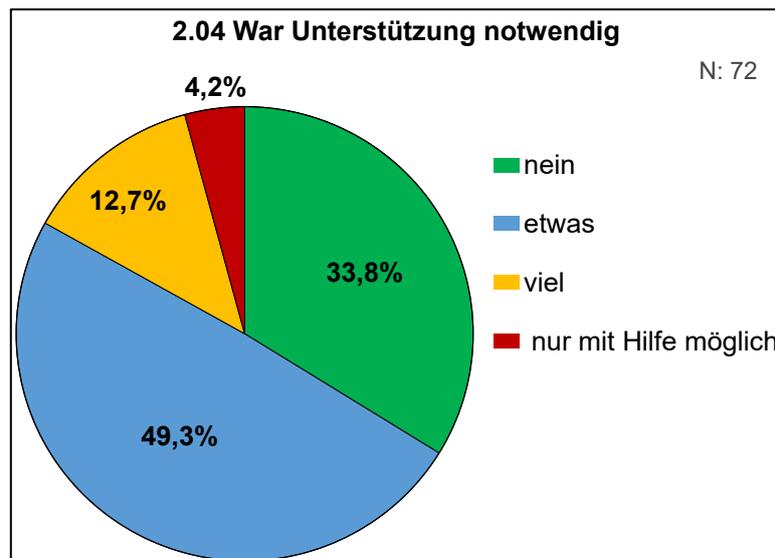


Abbildung 25: Notwendige Unterstützung beim digitalen Schienendesign.

(N=72) Kreisdiagramm zur Darstellung der empfundenen Notwendigkeit von Unterstützung beim Schienendesign durch den aktiven Tandempartner: 100% entsprechen 72 Antworten. Etwa die Hälfte der Teilnehmer (n=35) gab an, dass für das Schienendesign „etwas“ Unterstützung notwendig war.

Auf die Frage, ob sich die Teilnehmer das Schienendesign somit auch allein zutrauen (Item 2.07) (trifft voll und ganz zu – trifft nicht zu), gaben bei einem Mittelwert von 38,7 ($\pm 24,8$) 49% der Teilnehmer mit einem VAS ≤ 33 eine darauf zutreffende Rückmeldung an (Abbildung 27). Eine geringe Anzahl der Teilnehmer (17%) gab mit einem VAS > 66 an, sich das Schienendesign nicht alleine zuzutrauen (Tabelle 20).

Das Schienendesign (Item 2.05) musste von 28% der Teilnehmer mehrmals begonnen werden (25% 2 Anläufe, 3% 3 Anläufe) (N=72). Der zeitliche Umfang (zügig – langwierig) des digitalen Schienendesigns (Item 2.06) wurde von den Studierenden im Mittel auf der VAS mit 57,5 ($\pm 25,1$) angegeben (Abbildung 27, Tabelle 20).

Die hierbei real gemessene Zeit des Schienendesigns am Computer betrug im Durchschnitt 2 Stunden und 11 Minuten (Min/Max: 0h 40min / 7h 00min). 96% der Teilnehmer haben innerhalb eines Laborhalbtages (≤ 4 h) das Schienendesign abgeschlossen (Abbildung 26).

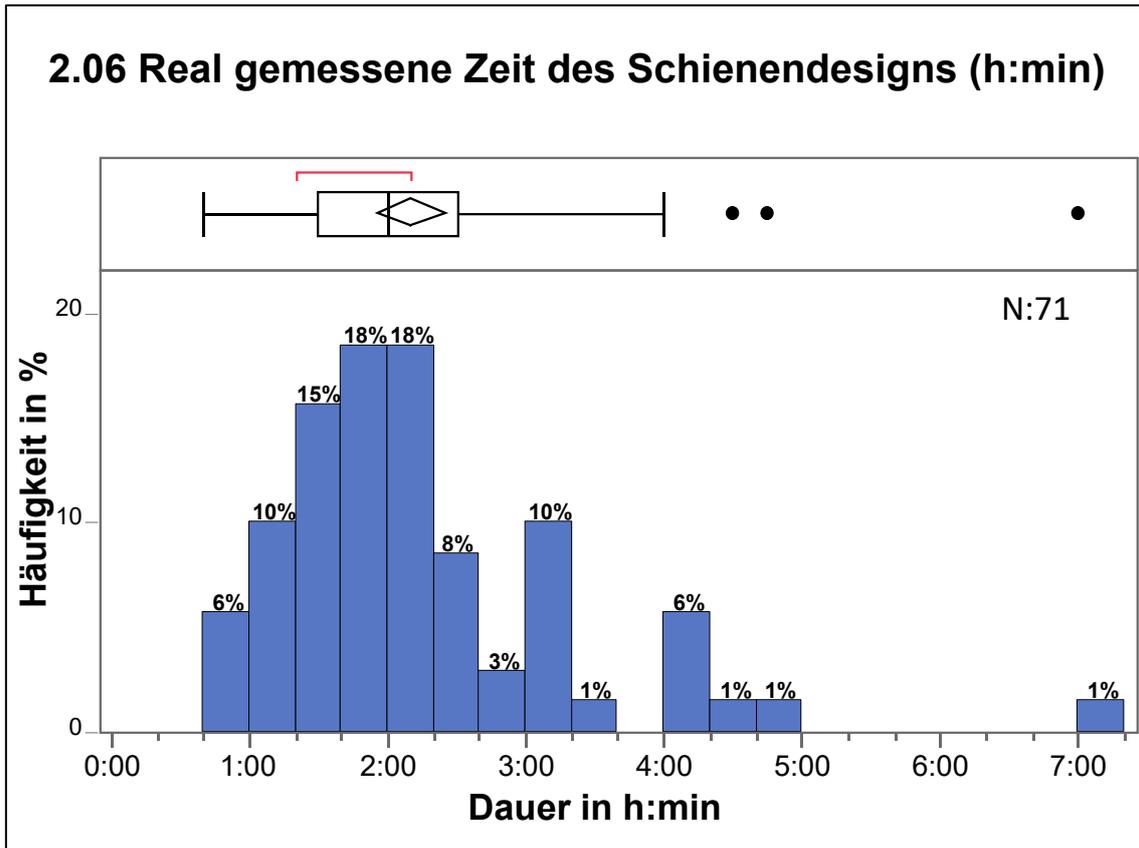


Abbildung 26: Real gemessene Zeit des Schienendesigns

(N=71) Säulendiagramm der real gemessenen Zeit des aktiven Tandempartners für das computer-aided-designs der Aufbissschiene mittels ExoCad (gruppiert in 20-Minutenschritten) projiziert auf die X-Achse: Dauer des Schienendesigns in Stunden:Minuten (h:min). Box-Whisker-Plot mit Ausreisern. Roter Rahmen: dichtesten 50% [129]. Y-Achse: Häufigkeit in Prozent (100% = 71 Antworten). Die Dauer des Schienendesigns variierte zwischen 40 Minuten und 7 Stunden.

Während dem Design gaben 46% der Teilnehmer (N=68) an, dass Probleme aufgetreten seien (Item 2.08). Die Auswertung der Freitexte zeigte, dass es Probleme mit dem PC (4x abgestürzt), der Laufleistung der Software (3x abgestürzt, 1x langsam), der Anleitung (5x), bei der Bedienung der Software (9x), beim Abspeichern (5x), bei den Intraoralscan-Datensätzen (5x), sowie bei der Umsetzung der Designvorgaben (9x) gekommen ist (Tabelle 19).

Tabelle 19: Probleme beim Schienendesign (Freitext)

Linke Spalte: Kategorisierung der Freitextangaben. Rechte Spalte: Wörtlich übernommene Zitate aus dem Freitext.

<i>Kategorie</i>	<i>Freitext</i>
<i>Anleitung</i>	Arbeitsschritt auf S.15 etwas unverständlich für mich gewesen, etwas Hilfe gebraucht
<i>Anleitung</i>	Kleine Hilfestellungen bezüglich der Anwendungen, die nicht eindeutig auf der Anleitung standen, waren nötig
<i>Anleitung</i>	z.T. leichte Verständnisprobleme bezüglich der Anleitung -> konnte im Austausch mit Kom. behoben werden
<i>Anleitung, Design</i>	Beim Bearbeiten der Dynamik -> Statik verändert -> Teufelskreis
<i>Design</i>	Fragen zum Dynamik-Design
<i>Design</i>	komische Gestaltung, um Okklusionsanforderung einzuhalten
<i>Design</i>	Kreuzbiss im SZ-Gebiet. Musste Hilfe holen
<i>Design</i>	Okklusion
<i>Design</i>	wurde beim ersten Mal zu dünn
<i>PC abgestürzt</i>	PC abgestürzt
<i>PC abgestürzt</i>	PC ist abgestürzt
<i>PC abgestürzt, Anleitung</i>	Anleitung erweitern um Schritt zum Fortsetzen nach Unterbrechung -> Zeit: Abgestürzt -> Bluescreen -> neu angefangen
<i>Scandaten</i>	Der Scanbiss hat nicht funktioniert, deshalb hat es länger gedauert
<i>Scandaten</i>	Durchdringung OK u. UK, starke Bisshebung nötig - Wozu der Bite-Scan?
<i>Scandaten</i>	Scandatenverarbeitung war fehlerhaft, musste mit anderem Programm neu/überarbeitet werden, bis Gestaltung normal möglich war - nach 45 Min. 1. Versuch, 2.Mal von Anfang an
<i>Scandaten</i>	UK 43 zeigte ein Artefakt
<i>Software abgestürzt</i>	System ist während der Planung abgestürzt und hatte nicht gespeichert
<i>Software abgestürzt, Design</i>	unerwartete Fehlermeldung, Fehler die man selbst nicht zu lösen wusste. Die Latero zu bearbeiten war wirklich schwer
<i>Software abgestürzt, Scandaten</i>	Die Konstruktion der Schienenausdehnung hat funktioniert, das Anzeigen der Schiene dann nicht -> Stellen die nicht bedeckt sind, aber markiert wurden. Das Programm ist abgestürzt. Die Bissnahme war viel zu tief, es sah so aus, als hätte man ohne Wachs biss gescannt - musste hoch gesperrt werden.
<i>Software Bedienung</i>	Aus Versehen ein Schritt weiter geklickt, erst nach einer Weile und nach Nachfragen zur Ausgangsposition -> kann aber auch an technischem Geschick liegen
<i>Software Bedienung</i>	Bedienungsanleitung sehr hilfreich!! Handhabung gewöhnungsbedürftig
<i>Software Bedienung</i>	Hilfe notwendig, da nicht gewünschte Eindringungstiefe von 0,5-1mm eingestellt werden konnte - es wurde vom Programm im SZB kein Plateau konstruiert. Nur durch freie Modellation zu lösen.
<i>Software Bedienung</i>	Insgesamt eher umständliches Verfahren
<i>Software Bedienung</i>	Kontakte wurden nach Durchdringung abschneiden nicht angezeigt
<i>Software Bedienung</i>	Programm öffnete nicht nach "Wizard-Reihenfolge"
<i>Software Bedienung</i>	Retainer im UK - Das Ausblocken war unübersichtlich und schwierig glatt zu bekommen
<i>Software Bedienung, Design</i>	Okklusion: es bilden sich einzelne Zapfen. Randgestaltung: Trotz eng gesetzter Punkte wird Rand nicht durchgängig - bildet Zacken
<i>Software Bedienung, Design</i>	Störkontakte in der Dynamik, Schienenbegrenzung langwierig

Ergebnisse

Kategorie	Freitext
Software Bedienung, Speichern	Wenn man nach einmaligen speichern weiter machen möchte,
Software langsam	Programm ist langsam, reagiert nicht in Echtzeit auf die designte Oberfläche
Speichern	Beim speichern
Speichern	Fehlermeldung beim Abspeichern der fertigen Schiene
Speichern	Fehlermeldung beim Abspeichern der Schiene
Speichern	Speichern bei Schritt 6./14 gelang 2x nicht

Die Ausdehnung der Schienen (N=71) (Item 2.09) umfasste in 58 Fällen 14 Zähne (37-47). In 9 Fällen reichte die Ausdehnung der Schiene über 16 Zähne (38-48). In 4 Fällen wurden vereinzelt fehlende Zähne (31; 35,45;38;41) angegeben.

Auf die Frage (Item 2.10), ob das digitale oder konventionelle Verfahren zur Herstellung der Aufbisssschiene in der Ausbildung bevorzugt werde (digital – konventionell), gaben die Teilnehmer bei einem Mittelwert von 45,2 ($\pm 32,7$) keine eindeutige Präferenz an. 45% der Antworten lagen im Bereich der VAS ≤ 33 (digitale Konstruktion), 28% der Antworten im Bereich der VAS > 66 und somit mit einer leichten Präferenz beim digitalen Verfahren (Tabelle 20).

Tabelle 20: Tabelle der VAS Skalen des 2. Fragebogen der aktiven Tandempartner

Angabe der VAS-Pole, Anzahl (N), Mittelwerte, Standardabweichung, Median, Interquartilabstand sowie der Minimal- und Maximalwerte.

Fragen mit VAS-Scala	N	VAS 0	VAS 100	VAS Mittelwert	Std.- Abw.	Median	IQR	VAS Min.	VAS Max.
2.03 Waren Sie nach der Vorbereitung (Demonstration/Anleitung) ausreichend vorbereitet	72	trifft voll und ganz zu	trifft nicht zu	26,3	21,8	22	30	0	77
2.06 Den zeitlichen Umfang des Schienendesigns bewerte ich als	69	zügig	langwierig	57,5	25,1	61	38	0	100
2.07 Das Schienendesign traue ich mir allein zu	71	trifft voll und ganz zu	trifft nicht zu	38,7	24,8	34	42	0	88
2.10 Welches Verfahren würden Sie für die Ausbildung bevorzugen	71	digital	konventionell	45,2	32,7	43	56	0	100

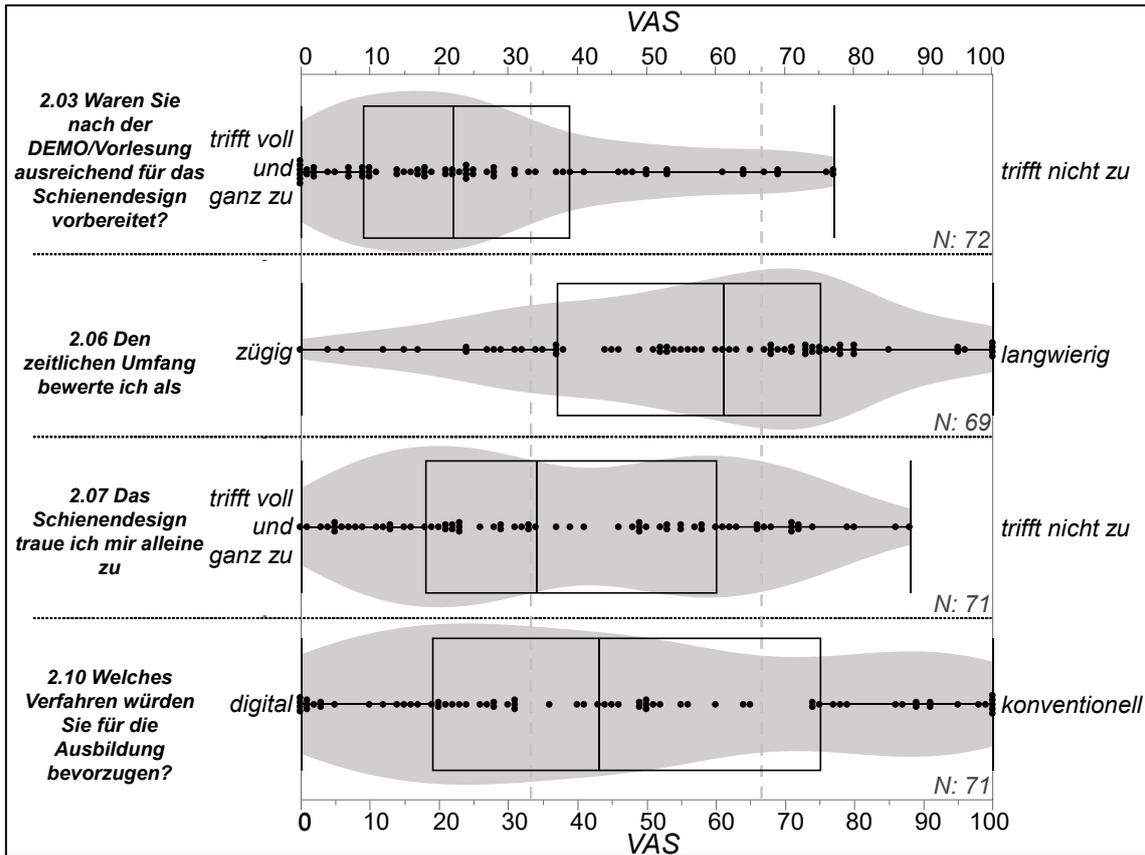


Abbildung 27: VAS-Fragen 2. Fragebogen: Datenverarbeitung (D)

Darstellung der Rückmeldung der Probanden (aktiver Tandempartner) zum Erleben des digitalen Schienendesigns mittels der CAD-Software ExoCad. Die Fragen (Y-Achse) wurden auf der VAS beantwortet und sind anhand Box-Whisker-Plots und Konturlinie der relativen Häufigkeit mit Darstellung aller Messpunkte der VAS (X-Achse mit vertikaler Kennzeichnung des oberen und unteren Drittels) dargestellt. Ausreiser befinden sich außerhalb des Box-Whisker-Plots.

Tabelle 21: Single-Choice Fragen des 2. Fragebogens

Angabe der Antwortmöglichkeiten, Anzahl der Antworten und Prozentualer Verteilung der Single-Choice Fragen.

<i>Frage</i>	<i>Antwort</i>	<i>Häufigkeit</i>	<i>Prozent</i>
<i>2.01 Die Konstruktion der Schiene war:</i>	selbsterklärend	17	24%
	herausfordernd	44	61%
	schwierig	9	13%
	sehr schwierig	2	3%
	<i>Summe</i>	72	100%
<i>2.02 Gab es Bereiche im Scan, die nicht ausreichend erfasst wurden</i>	nein	60	85%
	ja	11	15%
	<i>Summe</i>	71	100%
<i>2.04 War Unterstützung notwendig</i>	nein	24	34%
	etwas	35	49%
	viel	9	13%
	nur mit Hilfe möglich	3	4%
	<i>Summe</i>	71	100%
<i>2.05 Mussten Sie die Schienenkonstruktion mehrmals neu beginnen? (Gesamte Anzahl an Anläufen)</i>	nein	52	72%
	2	18	25%
	3	2	3%
	<i>Summe</i>	72	100%
<i>2.08 Sind Probleme aufgetreten</i>	nein	37	54%
	ja	31	46%
	<i>Summe</i>	68	100%
<i>2.11 Haben Sie davor schon mal mit CAD-Designern gearbeitet?</i>	nicht erhoben im WS1718	21	30%
	ja	9	13%
	nein	41	58%
	<i>Summe</i>	71	100%

3.4.3. Ausarbeitung & Politur (A)

Die Bearbeitung des additiv gefertigte Schienenmaterial wurde von den Teilnehmern (Item 3.01) auf einer visuellen Analogskala (einfach – schwierig) mit einem Mittelwert von 24,5 ($\pm 18,8$) überwiegend als einfach bewertet (Tabelle 23).

Über 2/3 der Teilnehmer bewertete die Eigenschaften des Materials bei der Verarbeitung als „gewohnt“ (Abbildung 28).

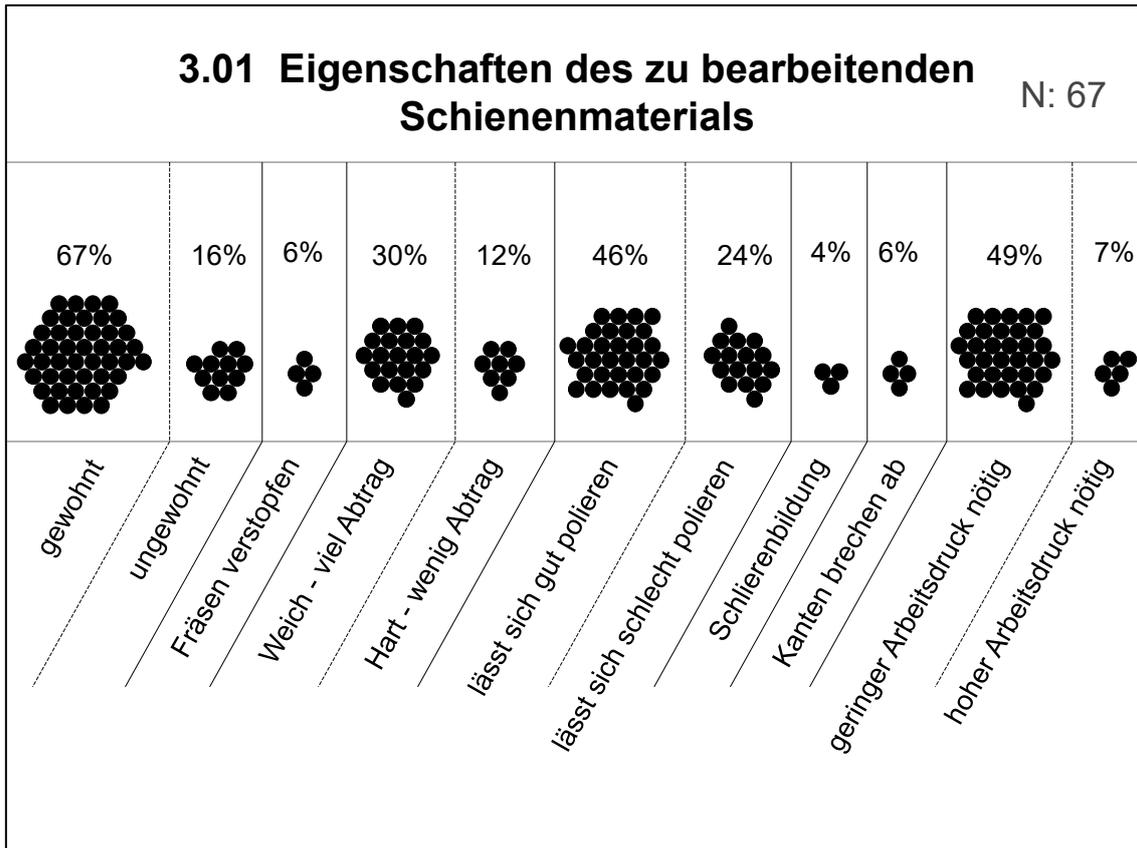


Abbildung 28: Eigenschaften des zu verarbeitenden Schienenmaterials (Multiple Choice) (N=67) Häufigkeitsverteilung und prozentuale Angabe der Angaben aller aktiven Teilnehmer auf die Antwortmöglichkeiten der Multiple-Select Frage zur Beurteilung des additiv gefertigten Schienenmaterials in Hinblick auf Bearbeitung. 100% entsprechen 67 Antworten.

Der Aufwand zur Ausarbeitung der 3D gedruckten Schiene (Item 3.02), was die Supportentfernung beinhaltete, wurde von den Teilnehmern auf der VAS (einfach – schwierig) im Mittelwert mit 27,8 ($\pm 22,1$) und somit als vorwiegend gering bewertet (Min/Max: 0/90) (Tabelle 23). Die Politur der Schiene (Item 3.05) wurde von den Teilnehmern auf der VAS (sehr gut – schlecht) mit einem Mittelwert von 31,3 ($\pm 20,6$) bewertet. 84% dieser Antworten lagen auf der VAS ≤ 33 und somit im Bereich gut. 8% der Antworten lagen im Bereich der VAS > 66 (schlecht). Der Aufwand für diese Politur wurde von den Teilnehmern auf der VAS mit einem Mittelwert von 34,0 ($\pm 22,6$) als etwas erhöht angegeben, wobei 59% der Antworten im VAS ≤ 33 lagen und 12% im VAS > 66 (Abbildung 29).

Auf die Frage, ob während dem Ausarbeiten Probleme aufgetreten sind (Item 3.03), bejahten dies 19% (12) der Teilnehmer (Tabelle 24).

Unter Auswertung der Items 3.03, 3.04 und 3.07 (Tabelle 22) ergaben sich für die Bearbeitung des Werkstücks folgende Probleme: Auf die Frage der Probleme beim Ausarbeiten gaben 11 Teilnehmer Mängel im Design der Schiene an, 8x wurde die Politur/Polierbarkeit als kritisch bewertet. Insgesamt wurden drei Frakturen, zwei Teilfrakturen und 2 Sprünge in den additiv gefertigten Schienen angemerkt, sowie der Verzug einer Schiene.

Auf die Frage, ob es auffallend problematische Regionen (Item 3.07) an der Schiene gab, wurde von Teilnehmer 8x die Region der Molaren, 5x die Prämolarenregion, 2x explizit die Eckzähne und 7x die Front angegeben.

Im Freitext wurde, obwohl noch nicht vorgesehen, schon während der Ausarbeitung die Passung teilweise bewertet und von 6 kritisch bewertet.

Ergebnisse

Tabelle 22: Probleme beim Ausarbeiten der Schiene – Item 3.03, 3.04 & 3.07

Zusammenfassung der Items „3.03 Sind Probleme Aufgetreten – Freitext“, „3.04 Wie beurteilen sie Ihr Endergebnis – Freitext“ und „3.07 Gibt es Problematische Regionen an der Schiene die Ihnen aufgefallen sind? - Zahnbezeichnung + Freitext“. Angaben innerhalb einer Zeile sind dem selben Kandidaten zugehörig.
Linke Spalte: Kategorisierung nach Art des Problems und Region anhand der Freitextangaben
Rechte Spalte: Wörtlich übernommene Zitate aus der Freitextangabe

Kategorie	Region	Item 3.03	Item 3.04	Item 3.07
Design	Molaren			Regio 48: Rand etwas zu kurz - lag aber an der Konstruktion - Da wurde zu wenig weg geschnitten
Design	Front	Okklusal müssen "Riffel" bleiben, da sonst die Okklusion verfälscht wird - lingual beim Designen interdental füllen - sonst bleiben Einziehungen, die die Schiene schwächen	von Innen zeigt sich die Schiene noch riffelig vom Druck	Siehe F3.03 - Beim Ausgleich wäre das linguale Schild zu dünn geworden
Design	Prämolaren Eckzahn		Da Schiene nicht passt, schwer zu beurteilen	An den markierten stellen (Regio 34 und 43/44) war seitlich zu viel Kunststoff
Design	Prämolaren Molaren			Alle Okklusalfächen der Prämolaren und Molaren: „Okklusalfächen in "Grübchen"
Design		Da ein tiefer Biss vorlag hätte man höher sperren müssen, so entstand, aufgrund von auch in Okklusion im Gebiss bestehender Latero u. Medio Kontakten, viele Löcher beim Einschleifen		
Design, Fraktur	Molaren	wird schnell dünn	Schiene ist gebrochen	Endständige Zähne angezeichnet
Design, Fraktur		Am Poliermotor muss sehr vorsichtig gearbeitet werden, Schiene bricht bei leichter Biegebelastung, Splittert stark	auf Innenseite Rillen vom Druck sichtbar, okklusal ebenso	Schiene zu dünn
Design, Fraktur	Molaren	Schiene bei Nachpolitur gebrochen (Anm.: Am Poliermotor)	Super Passung, wenig eingeschliffen	An den Stellen (eingezeichnet distal 7er) ist die Schiene relativ dünn
Design, Sprung		Sprung in Regio 33		Schiene erschien sehr dick
Passung	Front			viel ausschleifen von innen notwendig gewesen, v.a. UK-Front
Passung	Front			Spannungsgefühl an Front - an 3ern musste viel weg geschliffen werden
Passung				bei verschachtelt stehenden Zähnen Schiene deutlich zu stramm, ansonsten gut
Passung	Prämolaren			44,45,35,34: zu straff

Ergebnisse

<i>Kategorie</i>	<i>Region</i>	<i>Item 3.03</i>	<i>Item 3.04</i>	<i>Item 3.07</i>
<i>Politur</i>	<i>Prämolaren Molaren</i>	Politur könnte besser funktionieren		<i>vestibulär + linguale Flächen der Molaren, Prämolaren tiefe Fissuren bzw. Vertiefungen an der Okklusalfäche der 7er schwierig zu polieren. Politur nach dem Abtrennen der Druckfäden nicht möglich von innen der Schiene - optischer Mangel durch Trübung</i>
<i>Politur</i>	<i>Molaren</i>			<i>Vestibuläre Flächen haben wellenförmige Ungleichmäßigkeiten teilweise war es schwierig die "Rillen" des Kst. okklusal weg zu bekommen</i>
<i>Politur</i>		Politur ungleichmäßig		<i>Innen Rillen vom Drucken - daher Politur nur außen möglich - mindert den Glanz</i>
<i>Politur</i>				<i>Innen ungleichmäßige Oberfläche</i>
<i>Politur, Design</i>	<i>Innenseite</i>	Kreuz zwischen JA und NEIN; Freitext: Schiene an 47 durchgeschliffen um Mediokontakt zu entfernen		<i>Allg. innen schwierig zu polieren durch Struktur im Kunststoff</i>
<i>Teilfraktur, Passung</i>	<i>Molaren Front</i>	Stück aus Front herausgebrochen (Spannung, vermutlich zu dünn)	Sitz nicht optimal, leider ist die Schiene nicht sehr druckstabil	<i>Endständige Zähne haben einen höheren Druck (Plastik bricht bei Kaudruck), Front klemmt (nach Einschleifen sehr dünn)</i>
<i>Sprung, Politur</i>	<i>8er</i>			<i>48+38: unsaubere Enden. Regio 48: kam mit kleinem vestibulärem Riss aus der Produktion. Okklusal war es schwierig zu polieren</i>
<i>Teilfraktur, Design, Passung</i>	<i>Molaren, Front</i>	<i>Material zu dünn - bricht schnell</i>	Material mit mehreren Rissen + Löchern	<i>Frontal: starkes Spannungsgefühl 6er+7er: Material zu dünn nach Dynamik einschleifen -> Risse Linguales Schild: Retainer im Weg -> unbedingt noch mehr ausblocken</i>
<i>Verzug</i>	<i>Front</i>	Die 1. gedruckte Schiene hat nicht gepasst - sie war verzogen	Die Schienen sind gut auszuarbeiten, aber hat nicht gepasst	<i>33-43: verzogen</i>
	<i>Eckzähne</i>			<i>vestibulär an beiden 3ern Okklusionsflächen</i>
	<i>Prämolaren</i>			<i>34,35,45,44</i>

Das Endergebnis (Item 3.04) wurde von den Teilnehmern auf der visuellen Analogskala (sehr gut – schlecht) im Mittelwert mit 29,5 ($\pm 22,0$) angegeben wobei 74% der Antworten mit einem $VAS \leq 33$ das Ergebnis als eher gut bewerteten, 6% bewerteten mit einem $VAS > 66$ das Ergebnis als eher schlecht (Tabelle 23; Abbildung 29).

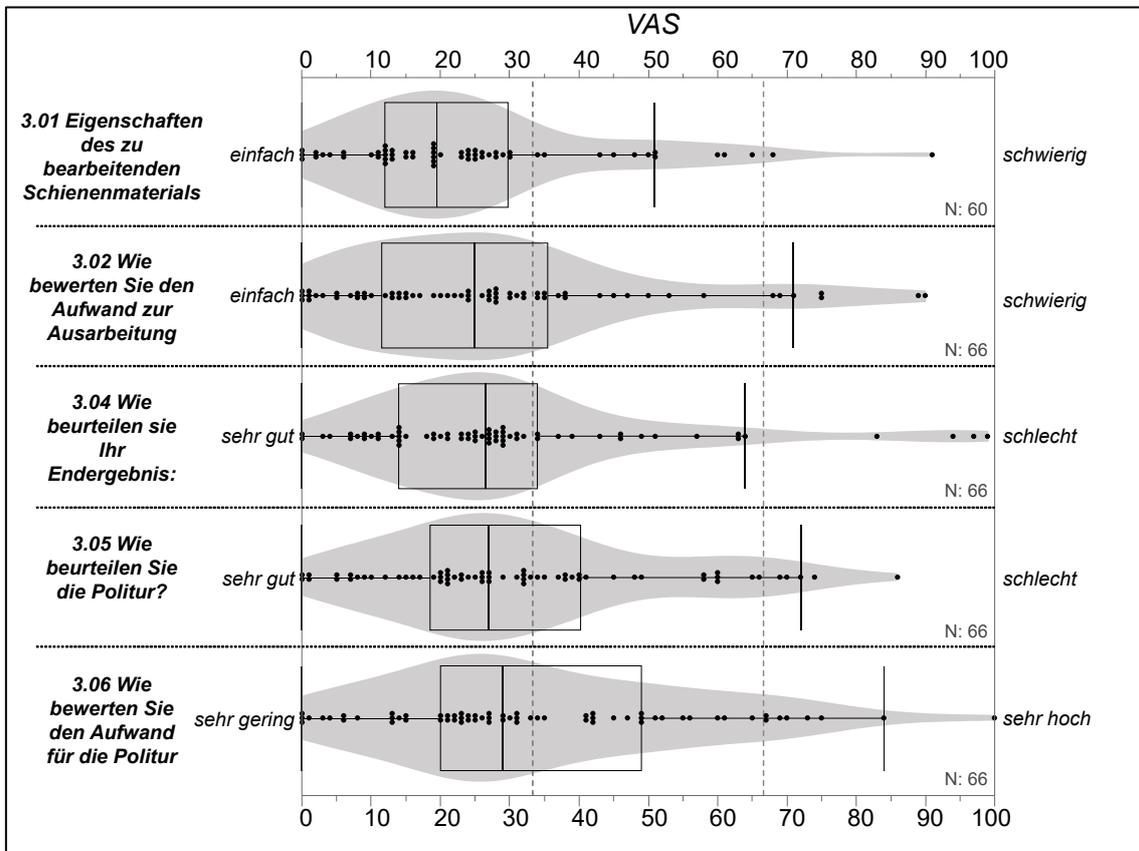


Abbildung 29: VAS-Fragen 3. Fragebogen: Ausarbeitung und Politur (A)

Darstellung der Rückmeldung der Probanden (aktiver Tandempartner) zum Erleben des modelllosen Ausarbeitens der additiv gefertigten Aufbisschiene. Die Fragen (Y-Achse) wurden auf der VAS beantwortet und sind anhand Box-Whisker-Plots und Konturlinie der relativen Häufigkeit mit Darstellung aller Messpunkte der VAS (X-Achse mit vertikaler Kennzeichnung des oberen und unteren Drittels) dargestellt. Ausreiser befinden sich außerhalb des Box-Whisker-Plots.

Tabelle 23: Tabelle der VAS Skalen des 3. Fragebogen der aktiven Tandempartner
mit Angabe der VAS-Pole, Anzahl (N), Mittelwerte, Standardabweichung, Median, Interquartilabstand sowie der Minimal- und Maximalwerte.

<i>Fragen mit VAS-Scala</i>	<i>N</i>	<i>VAS 0</i>	<i>VAS 100</i>	<i>VAS Mittelwert</i>	<i>Std.-Abw.</i>	<i>Median</i>	<i>IQR</i>	<i>VAS Min.</i>	<i>VAS Max.</i>
3.01 Eigenschaften des zu bearbeitenden Schienenmaterials	60	einfach	schwierig	24,5	18,8	19,5	17,8	0	91
3.02 Wie bewerten Sie den Aufwand zur Ausarbeitung	66	einfach	schwierig	27,8	22,1	25	24	0	90
3.04 Wie beurteilen sie Ihr Endergebnis:	66	sehr gut	schlecht	29,5	22	26,5	20	0	99
3.05 Wie beurteilen Sie die Politur?	66	sehr gut	schlecht	31,3	20,6	27	21,8	0	86
3.06 Wie bewerten Sie den Aufwand für die Politur	66	sehr gering	sehr hoch	34	22,6	29	29	0	100

Der Großteil der Teilnehmer hat zur Ausarbeitung der Schiene eine kreuzverzahnte rotberingte Fräse (feine Verzahnung) verwendet. Die Politur wurde überwiegend mit Hilfe von Ziegenhaarbürste, Bims, Schwabbeln und Universalpolierpaste durchgeführt. 89% der Teilnehmer nutzen zur Hochglanzpolitur einen Poliermotor, wohin 13% die Politur auch noch zusätzlich mit dem Handstück durchführten (N=47) (Abbildung 30). Bei zwei Teilnehmern (N=46) ist die Schiene während dem Ausarbeiten zu Bruch gegangen, einmal bei der Support-Entfernung, einmal beim Einschleifen der Okklusion. Zum Einschleifen der Okklusion im nächsten Arbeitsschritt gaben 70% der Teilnehmer (n=32) an eine kreuzverzahnte Knospe benutzen zu wollen, 22% der Teilnehmer (N=10) gaben an einen geraden fräsverzahnten Kunststofffräser (MPS-Fräse) in Knospenform verwenden zu wollen. 6 Teilnehmer gaben an, ein gerade Fräse verwenden zu wollen, ein Teilnehmer einen birnenförmigen Fräser.

Ergebnisse

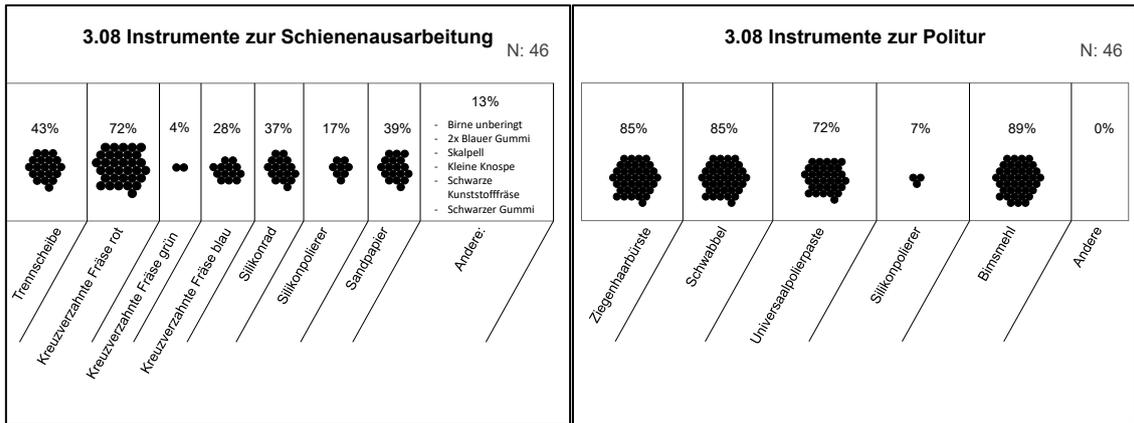


Abbildung 30: Häufigkeit der zur Ausarbeitung verwendeten Instrumente

(N=46) Häufigkeitsverteilung der Antworten der Teilnehmer auf die Multiple-Select Frage zu den verwendeten Instrumenten für die Bearbeitung der additiv gefertigten Aufbisschienen in Prozent. 100% entsprechen 46 Antworten. Unter „Andere“ wurde jede Einzelne Nennung aufgezeigt.

Tabelle 24: Multiple- und Single-Choice Fragen des 3. Fragebogens

Angabe der Antwortmöglichkeiten, Anzahl der Antworten und Prozentualer Verteilung

Frage	Antwort	Häufigkeiten	Prozent
3.03 Sind Probleme aufgetreten:	nein	51	81%
	ja	12	19%
	Summe	63	100%
3.08 Politur - Handstück	nein	41	87%
	ja	6	13%
	Summe	47	100%
3.08 Politur - Poliermotor	nein	5	11%
	ja	42	89%
	Summe	47	100%
3.09 Ist die Schiene beim Ausarbeiten zu Bruch gegangen?	nein	43	96%
	ja	2	4%
	Summe	45	100%
3.09 - Supportentfernung	nein	46	98%
	ja	1	2%
	Summe	47	100%
3.09 - Politur	nein	47	100%
3.09 - Ausarbeitung	nein	47	100%
3.10 die Schiene werde ich mit folgender Fräse äquilibriert einschleifen - MPS Fräse	nein	36	78%
	ja	10	22%
	Summe	46	100%
3.10 - Knospe	nein	14	30%
	ja	32	70%
	Summe	46	100%
3.10 - gerade	nein	40	87%
	ja	6	13%
	Summe	46	100%
3.10 - andere Fräse	Birne	1	100%

3.4.4. Anprobe und Einsetzen (E)

Die initiale Passung der Schiene (Item 4.01) zeigte eine große Streuung und wurde auf der VAS (sehr gut – sehr schlecht) mit einem Mittelwert von 46,2 (± 29) angegeben. Hierbei gaben 27% der Teilnehmer (N=62) einen VAS > 66 (schlecht) an, 44% einen VAS ≤ 33 (gut) (Abbildung 31; Tabelle 27).

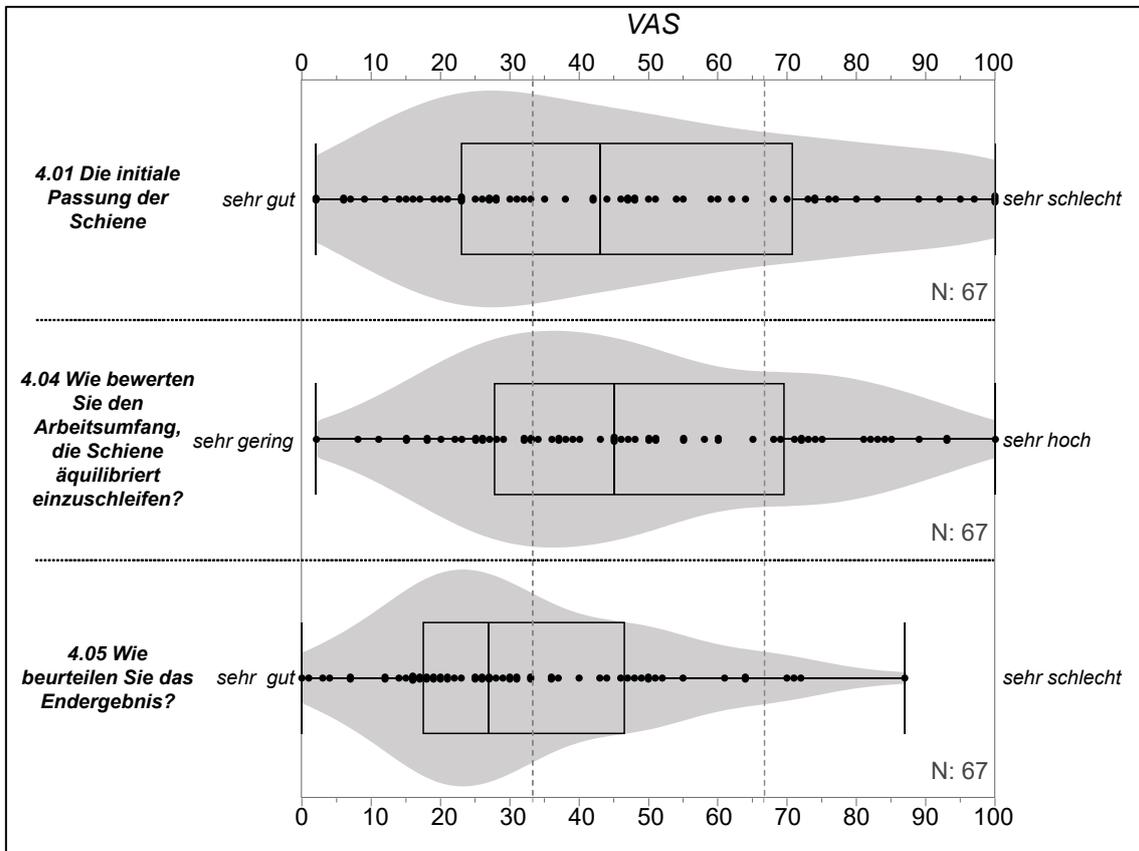


Abbildung 31: Auswertung VAS 4. Fragebogen: Anprobe und Einsetzen (E) aktiver Tandempartner

Darstellung der Rückmeldung der Probanden (aktiver Tandempartner) zum Erleben des ersten Eingliederns der Schiene am passiven Tandempartner. Die Fragen (Y-Achse) wurden auf der VAS beantwortet und sind anhand Box-Whisker-Plots und Konturlinie der relativen Häufigkeit mit Darstellung aller Messpunkte der VAS (X-Achse mit vertikaler Kennzeichnung des oberen und unteren Drittels) dargestellt. Ausreiser befinden sich außerhalb des Box-Whisker-Plots.

In 52,3% der Fälle wurde eine Spannung beim Eingliedern der Schiene beschrieben, 15,4% beschrieben ein Kippen und 27,7% ein Klemmen der Schiene (Tabelle 28). Ein Druck auf die Gingiva wurde nicht dokumentiert. Von 69,5% der Teilnehmer wurde die initiale Passung vor dem Aufpassen als klinisch akzeptabel beschrieben. 76,5% der Teilnehmer, die die Passung als klinisch inakzeptabel bewerteten, gaben an, dass die Passung der Schiene korrigierbar

sei, 4 Teilnehmer (6,7%) gaben an, dass auch durch Korrekturen keine klinisch akzeptable Passung erreicht werden konnte (Abbildung 32).

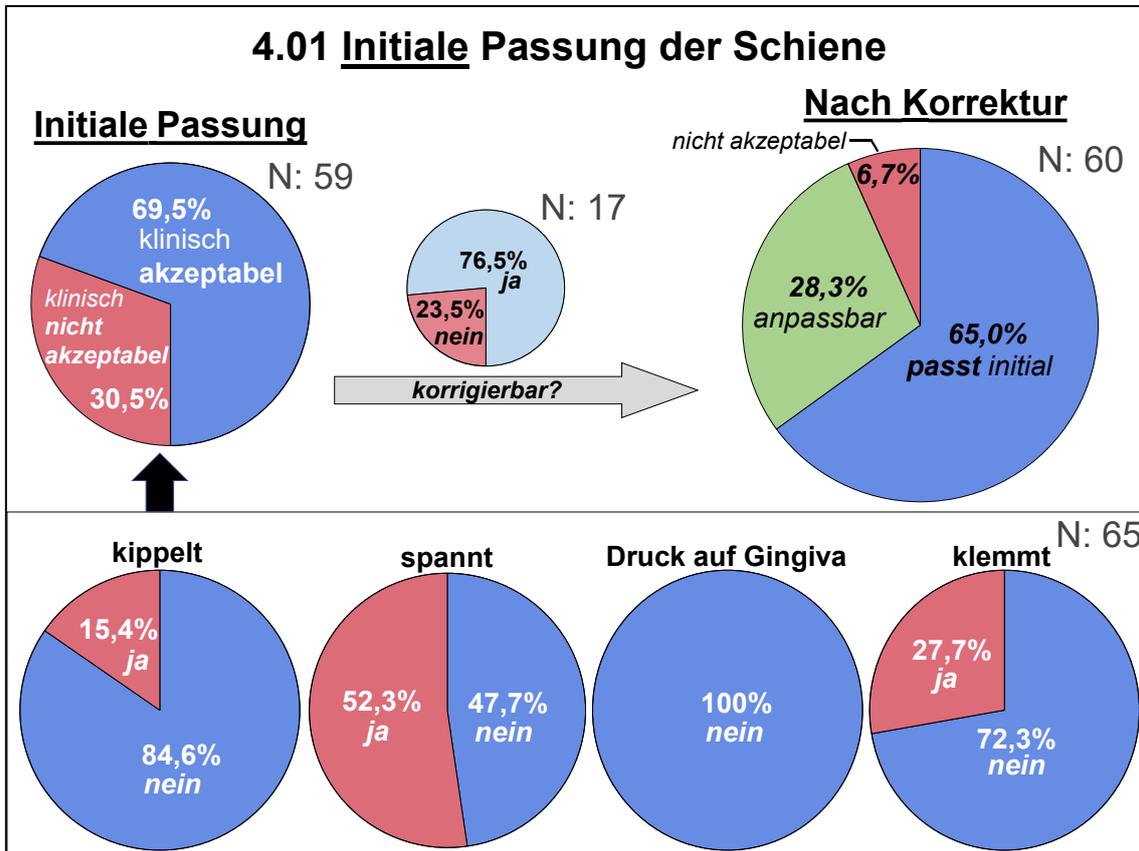


Abbildung 32: Initiale Passung der Schiene

Kreisdiagramme zur Darstellung der Bewertung der Initialen Passung der Schienen durch die aktiven Teilnehmer. Oben: Angabe der Schienen mit initial klinisch akzeptabler und klinisch nicht akzeptabler Passung sowie Angabe der korrigierbaren und nicht korrigierbaren Schienen mit Endergebnis der Passung nach Korrektur. Unten: Prozentuale Verteilung der Ursachen der Misspassung (Multiple Choice). Nach Initialer Anprobe waren 69,5% der Schienen klinisch akzeptabel. Von den 30,5% der nicht klinisch akzeptablen Schienen ($n=18$) konnten bis auf 4 Stück (23,5% der initial nicht akzeptablen Schienen) korrigiert werden. Nach Korrektur waren 93,3% der Aufbisschienen ($N=60$) in der Passung klinisch akzeptabel. (eigene Abbildung und Daten vorab modifiziert publiziert in [68])

Der Halt der Schiene gegen Ablösen aus Endposition (Item 4.02) wurde vom Großteil der Teilnehmer (60,9%) als klinisch akzeptabel beschrieben. 25% der Teilnehmer beschrieb den Halt der Schiene als zu fest, 14,1% als zu locker. 68,2% der Schienen ohne klinisch akzeptablen Halt waren korrigierbar. Der Halt der Schienen variierte im Verlauf der Semester (Abbildung 33). Während im Wintersemester 17/18 der Halt zum größten Teil klinisch akzeptabel war (71,4%) und 28,6% zu fest, war im Folgesemester bei unveränderten CAD-Parametern 35,3% der Schienen zu fest und 17,6% der Schienen zu locker. Eine

Gegensteuerung der Parameter (Abstand +0,05 mm, um die Passung zu lockern, Unterschnitte +0,1 mm, um die Retention gleichzeitig zu erhöhen) erhöhte die klinisch akzeptable Passung wiederum von zuvor 47,1% auf 60%, wobei 30% der Schienen hierbei als locker angegeben wurden (Tabelle 25).

Tabelle 25: Parameter CAD-Design im Semesterverlauf

Absolutwerte der Parameter zum Ausblocken der Aufbisschienen in der CAD-Software ExoCad

<i>Semester</i>	<i>Abstand</i>	<i>Winkel</i>	<i>Unterschnitte zulassen bis:</i>
<i>WS 17-18</i>	0,03 mm	0,1°	0,1 mm
<i>SS 18</i>	0,03 mm	0,1°	0,1 mm
<i>WS 18-19</i>	0,08 mm	0,1°	0,2 mm
<i>SS 19</i>	0,06 mm	0,1°	0,1 mm

Eine weitere Adjustierung der Parameter (Verringerung des Abstandswert um 0,02 mm zum vorherigen Semester; Verringerung der Unterschnitte um 0,1 mm zum vorherigen Semester) verringerte die Anzahl der zu lockeren Schienen von 30% auf 18,8% (Abbildung 33).

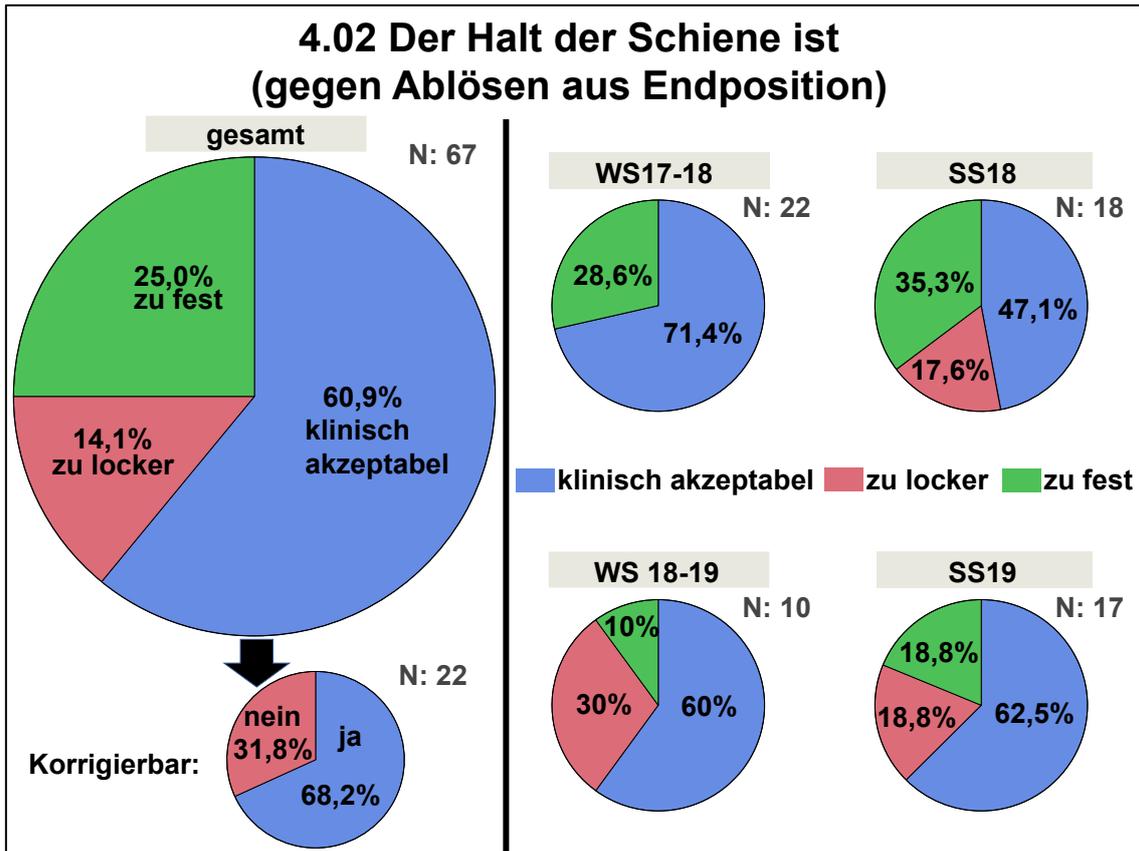


Abbildung 33: Halt gegen Ablösen aus Endposition initial - Auswertung nach Semestern
 Kreisdiagramm mit Antworthäufigkeit zur Bewertung des Halts der Schienen gegen ablösen aus Endposition durch die Teilnehmer in Prozent. Links: Gesamtangabe alle Semester mit Angabe der korrigier- und nicht korrigierbaren Schienen ohne klinisch akzeptablen Halt. Rechts: Aufteilung des Schienenhalts nach Semester. Von den 39,1% der Schienen, die initial klinisch nicht akzeptable waren (n=22) konnten 68,2% korrigiert werden.

Insgesamt wurden sechs Schienen im Halt als nicht korrigierbar angegeben (31,8% der klinisch nicht akzeptablen Schienen (Abbildung 33)). Hierunter befanden sich 5 Schienen die im Sitz in der Endposition als zu locker angegeben sowie 1 Schiene, die als zu fest angegeben wurde. Die Anzahl aller initialen statisch abgezeichneten Okklusionskontakte auf der Schiene (Item 4.03), betrug im Mittelwert 7,75 Kontaktpunkte (Max: 18, Min: 1). Die meisten Kontaktpunkte, die sich nach Arbeitsanweisung auf den Molaren und Prämolaren, sowie abgeschwächt auf den Eckzähnen, befinden sollten, befanden sich Regio 37 (N=41) und Regio 47 (N=40). 1 Teilnehmer gab auch auf den Frontzähnen 32-42 statische Kontakte an, ein weiterer Teilnehmer einen statischen Kontakt auf 32. Insgesamt wiesen 20 Schienen (34%) initial an allen Seitenzähnen (FDI: 37,36,35,34,44,45,46,47) statische Kontakte auf (Abbildung 34). Insgesamt

waren die Anzahl der statischen Kontakte im Seitenzahnggebiet (37-24; 47-44) im 3Q (145 Kontaktpunkte) und 4Q Quadranten (143 Kontaktpunkte) gleichmäßig verteilt.

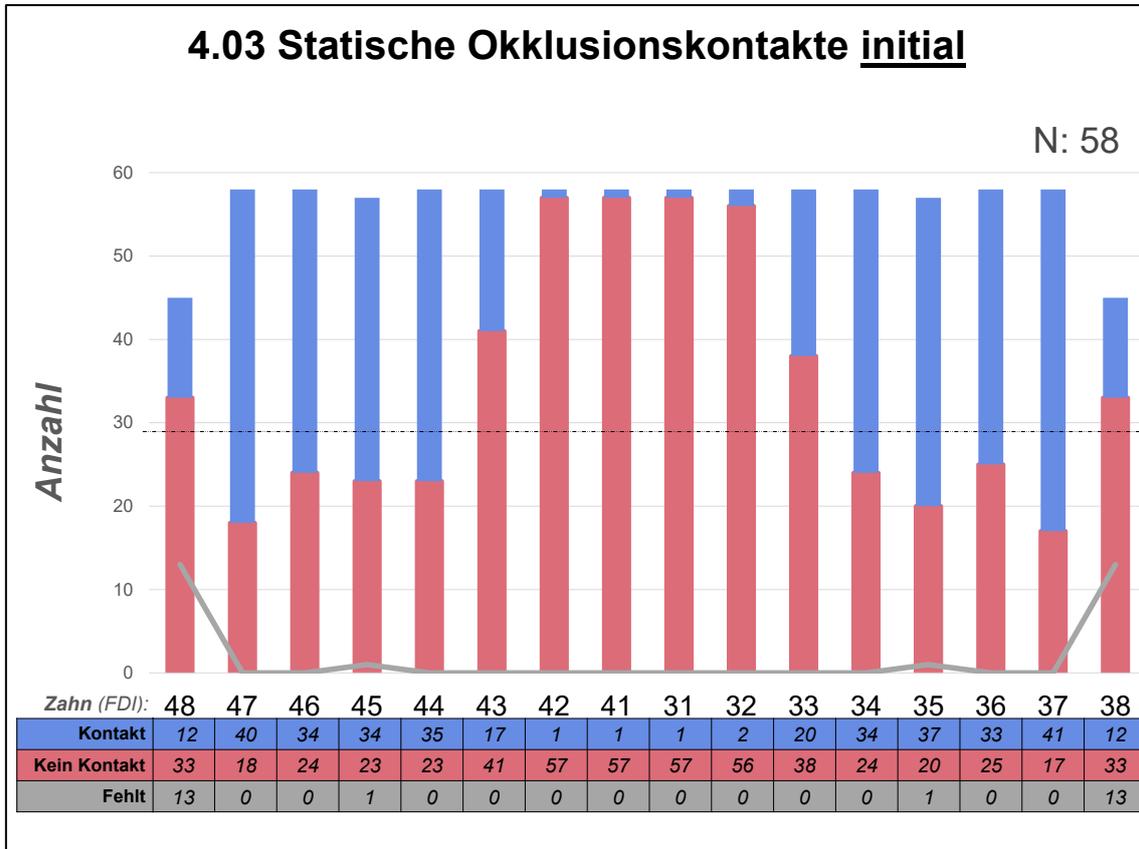


Abbildung 34: Initiale statische Kontakte nach dem Eingliedern.

(N=59) Säulendiagramm mit Angabe der durch die Teilnehmer angegebenen Zahnregion mit Okklusionskontakt auf der Aufbissschiene (Ja/Nein/Fehlt). Y-Achse: Summe der Schienen mit Kontakt(blau), fehlendem Kontakt trotz vorhandenem Zahn (rot) und fehlendem Zahn (graue Linie). X-Achse: Zahnposition nach FDI-Schema. Die schwarze gestrichelte Linie zeigt die 50%-Marke (n=29) an.

Der Arbeitsaufwand die Schienen äquilibriert einzuschleifen (Item 4.04) wurde auf der VAS (sehr gering – sehr hoch) mit einem Mittelwert von 47,9 ($\pm 24,3$) als mittelmäßig angegeben und benötigte im Durchschnitt 49 Minuten (± 34 min).

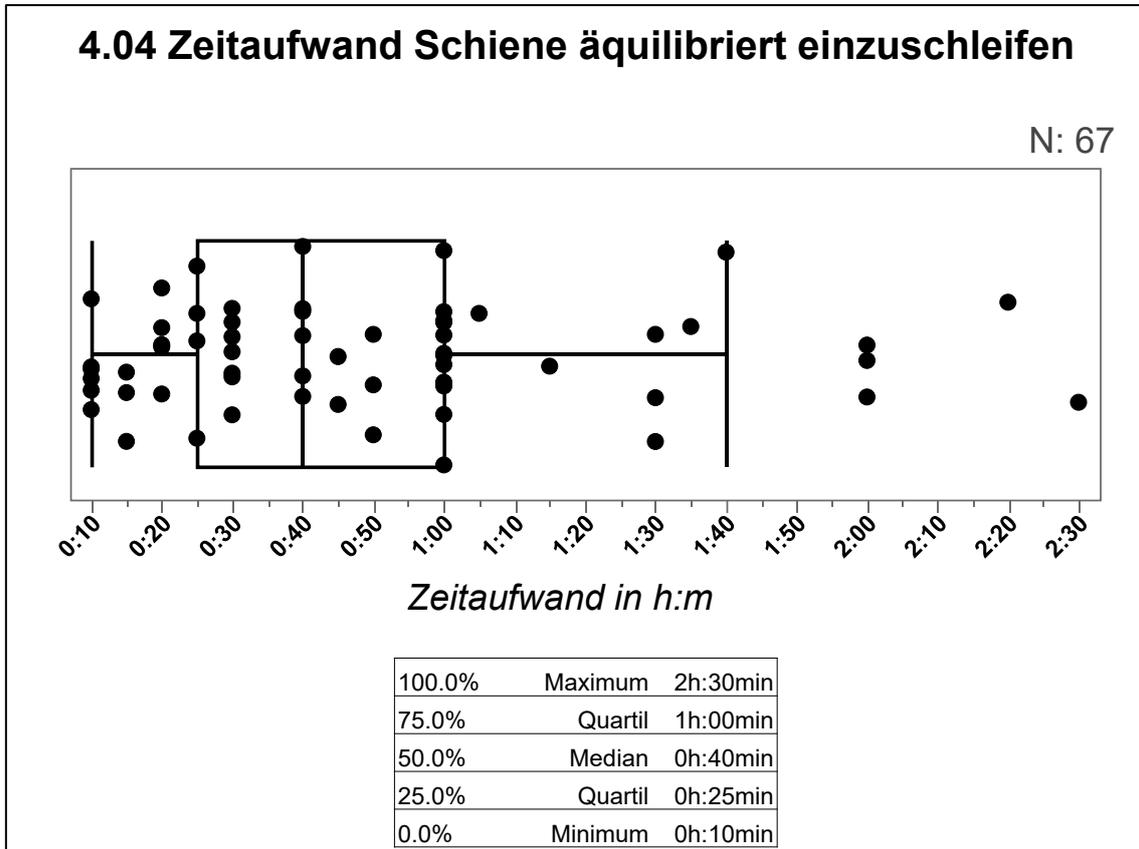


Abbildung 35: Zeitaufwand die Schiene äquilibriert einzuschleifen

(N=67) Boxplotdiagramm des Zeitaufwands den der Studierende angab, um die Schiene intraoral einzupassen. Angabe in Minuten adaptiert auf die X-Achse: Dauer in Stunden:Minuten.

Insgesamt sechs Teilnehmer gaben an, dass das äquilibrierte Einschleifen der Schiene nicht möglich gewesen sei, drei weitere Teilnehmer gaben Schwierigkeiten beim Einschleifen an. Als Ursache wurde im Freitext 4x ein Bruch der Schiene und einmal eine zu geringe Schichtstärke mit Rissen/Brüchen in der Schiene angegeben, welche teilweise beim Ausarbeiten als auch erst beim Einsetzen auftraten. Zweimal wurde eine mangelhafte Passung als Grund genannt (Tabelle 26).

Tabelle 26: Freitext Einschleifen der Schiene nicht möglich

Linke Spalte: Antwort auf die Frage: Einschleifen möglich (Ja/Nein)

Mitte: Kategorisierung der Nennungen

Rechte Spalte: Wörtlich übernommene Zitate aus der Freitextzeile

<i>Einschleifen möglich</i>	<i>Kategorie</i>	<i>Freitext</i>
Nein	Bruch	Bruch beim eingliedern
Nein	Bruch	gebrochen
Nein	Passung	hat nicht gepasst
Nein	Halt	Schiene keinen Halt
Nein	Bruch	Schiene wird zu dünn und bricht an mehreren Stellen /Risse
Nein	Bruch	Schiene zerbrochen
Ja	Biss	Kreuzbiss
Ja	Biss	Biss nicht korrekt
Ja	Biss	4er + 5er führen nicht bei Latero, Front-Eckzahnführung zu steil

Im gesamten gaben sieben Teilnehmer (N=67) an, dass die Schiene nicht einsetzbar sei (Item 4.05). Das Endergebnis (Item 4.05) der Schienen wurde von den Teilnehmern auf der VAS im Mittelwert mit 31,7 ($\pm 19,6$) als gut bewertet (Tabelle 27). Hierbei gaben 65% dieser Teilnehmer auf der VAS einen Wert ≤ 33 (gut) an, 5% einen Wert >66 (schlecht). Sechs der Teilnehmer der sieben nicht einsetzbaren Schienen gaben keine Bewertung des Endergebnisses ab, 1 Teilnehmer bewertete das Endergebnis der nicht einsetzbare Schiene auf der VAS mit 87.

Tabelle 27: Auswertung aller VAS des 4. Fragebogens

mit Angabe der VAS-Pole, Anzahl (N), Mittelwerte, Standardabweichung, Median, Interquartilabstand sowie der Minimal- und Maximalwerte.

<i>Fragen mit VAS-Scala</i>	<i>N</i>	<i>VAS 0</i>	<i>VAS 100</i>	<i>VAS Mittelwert</i>	<i>Std.-Abw.</i>	<i>Median</i>	<i>IQR</i>	<i>VAS Min.</i>	<i>VAS Max.</i>
4.01 Die initiale Passung der Schiene	62	sehr gut	sehr schlecht	46,2	29,0	43	47,8	2	100
4.04 Wie bewerten Sie den Arbeitsumfang, die Schiene äquilibrirt einzuschleifen?	62	sehr gering	sehr hoch	47,9	24,3	45	41,8	2	100
4.05 Wie beurteilen Sie das Endergebnis?	61	sehr gut	sehr schlecht	31,7	19,6	27	29	0	87

Der Gesamteindruck des Arbeitsablaufes (IO-Scan, Design, Einsetzen) (Item 4.06) wurde von 8/10 Teilnehmern (N=67) als zufriedenstellend (40,6%) bzw. auch als gut (sehr gut/gut) (39,1%), bewertet. Etwa 1 von 10 Teilnehmern (7,8%) bewertete den Gesamteindruck als unbefriedigend (Abbildung 36).

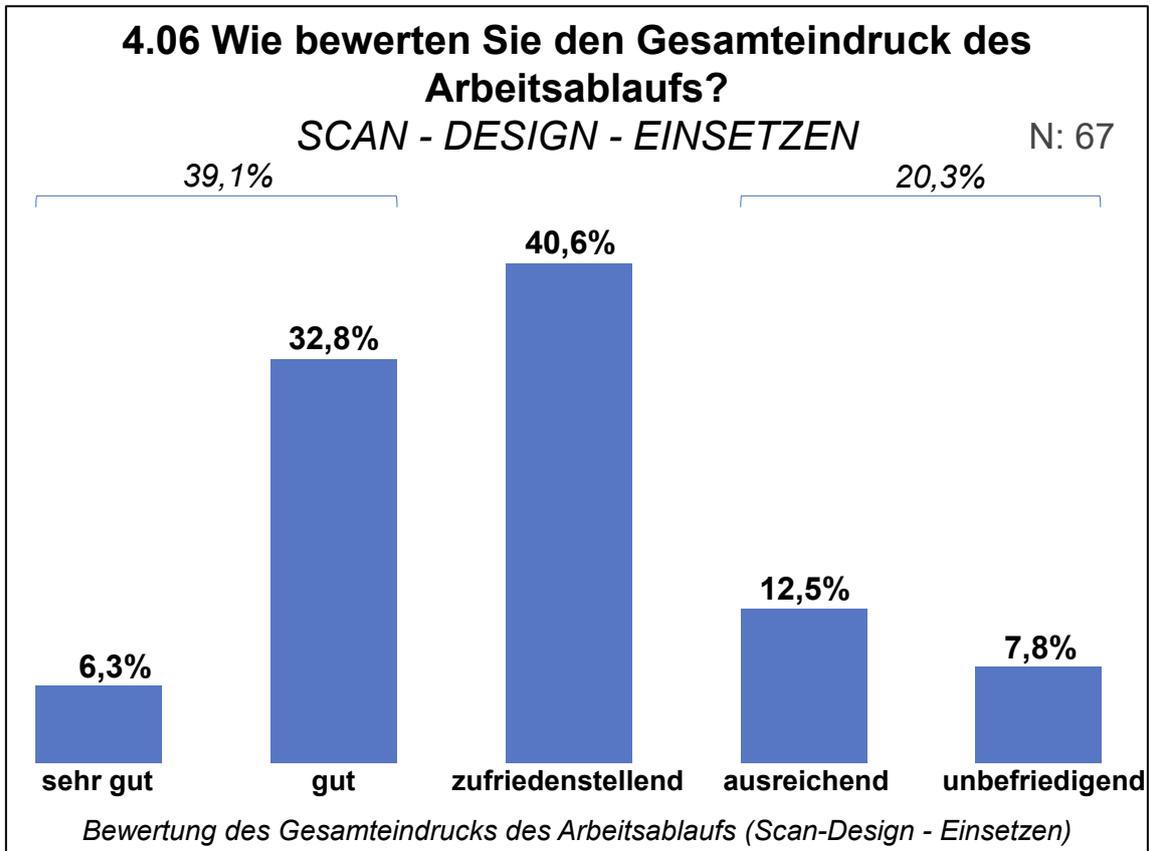


Abbildung 36: Bewertung des Gesamteindrucks Scan-Design-Einsetzen

Säulendiagramm der Häufigkeit der Bewertung des Gesamteindrucks, den der Studierende für den Arbeitsablauf zur Herstellung der Aufbisschiene mittels Intraoralscan, digitalem Design, Modelllosen Ausarbeiten und Einsetzen, anhand Antwortvorgaben der Single-Choice Frage, angab. Antwortmöglichkeiten in Projektion auf die X-Achse. Y-Achse: Antworthäufigkeit in Prozent (100% entsprechen 67).

Ergebnisse

Tabelle 28: Multiple- und Single-Choice Fragen des 4. Fragebogens der aktiven Tandempartner

Angabe der Antwortmöglichkeiten, Anzahl der Antworten und Prozentualer Verteilung

<i>Frage</i>	<i>Antwort</i>	<i>Häufigkeiten</i>	<i>Prozent</i>
4.01 Die initiale Passung der Schiene - kippelt	nein	55	85%
	ja	10	15%
	<i>Summe</i>	65	100%
4.01 - spannt	nein	31	48%
	ja	34	52%
	<i>Summe</i>	65	100%
4.01 - Druck auf Gingiva 4.01 - klemmt	nein	65	100%
	nein	47	72%
	ja	18	28%
	<i>Summe</i>	65	100%
4.01 Die Initiale Passung - Endergebnis	klinisch akzeptabel	41	69%
	unzureichend	18	31%
	<i>Summe</i>	59	100%
4.01 Endergebnis - korrigierbar?	passt initial	39	65%
	lässt sich anpassen	17	28%
	nicht anpassbar	4	7%
	<i>Summe</i>	60	100%
4.02 Der Halt der Schiene (gegen Ablösen aus Endposition)	klinisch akzeptabel	39	61%
	zu locker	9	14%
	zu fest	16	25%
	<i>Summe</i>	64	100%
4.02 Der Halt der Schiene - korrigierbar	nicht zutreffend	39	64%
	ja	15	25%
	nein	7	11%
	<i>Summe</i>	61	100%
4.04 Wie bewerten Sie den Arbeitsumfang, die Schiene äquilibriert einzuschleifen? - Einschleifen nicht möglich	0	62	93%
	nicht möglich	5	7%
	<i>Summe</i>	67	100%
4.05 Endergebnis	Einsetzbar / keine Angabe	60	90%
	Nicht einsetzbar	7	10%
	<i>Summe</i>	67	100%

Die Befragung der passiven Teilnehmer ergab folgende Ergebnisse:

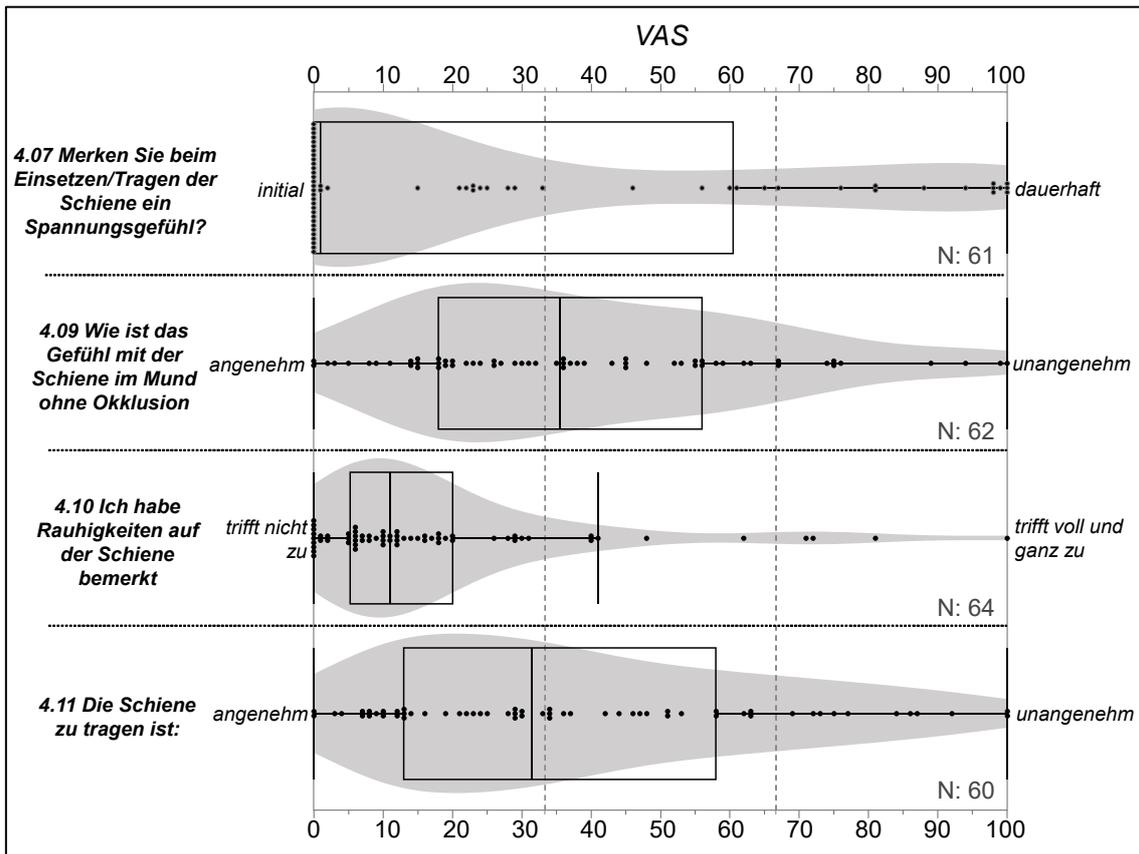


Abbildung 37: Auswertung VAS 4. Fragebogen: Anprobe und Einsetzen (E) passiver Tandempartner

Darstellung der Rückmeldung der Probanden (passive Tandempartner) zum Erleben des ersten Eingliederns der Schiene durch den aktiven Tandempartner. Die Fragen (Y-Achse) wurden auf der VAS beantwortet und sind anhand Box-Whisker-Plots und Konturlinie der relativen Häufigkeit mit Darstellung aller Messpunkte der VAS (X-Achse mit vertikaler Kennzeichnung des oberen und unteren Drittels) dargestellt. Ausreißer befinden sich außerhalb des Box-Whisker-Plots.

Das Spannungsgefühl Einsetzen/Tragen der Schiene (Item 4.07) wurde von den Teilnehmern (N=61) auf der VAS (initial – dauerhaft) im Mittel mit 28,2 ($\pm 37,3$) als eher gering angegeben (Min/Max: 0/100) (Abbildung 37).

Die Hälfte (52%) der Teilnehmer (N=63) gaben ein Spannungsgefühl an. Betrachtet man nur die Teilnehmer, die ein Spannungsgefühl wahrgenommen haben und die VAS beantwortet haben (N=30), lag der Mittelwert der VAS bei 53,5 ($\pm 34,5$) (Min/Max: 1/100). Als Region der Spannung (nicht erhoben im WS 17/18) wurden am häufigsten die Front (8x), gefolgt von den Eckzähnen (6x) angegeben (Tabelle 29).

Tabelle 29: Region der Spannung beim Tragen der Schiene (Item 4.07)

Linke Spalte: Wörtlich übernommene Zitate aus der Freitextzeile

Mitte: Häufigkeit der Angabe im Freitext (identische Mehrfachnennung Freitext)

Rechte Spalte: Kategorisierung der Nennungen in Zahnregion

<i>Freitext</i>	<i>Häufigkeit</i>	<i>Region</i>
33/43	1	Eckzahn
3er	1	Eckzahn
43	2	Eckzahn
33-43	1	Eckzahn, Front
3er und Front	1	Eckzahn, Front
Front	5	Front
36,35,32-42	1	Front, 3Q
4. Quadrant	1	Q4Q
37-47	1	Überall
überall	2	Überall
gebrochen	1	

Der Geschmack der Schiene beim Einsetzen (Item 4.08) wurde von 61% der Teilnehmer (N=64) als neutral beschrieben. 28% der Teilnehmer gaben einen chemischen, 8% einen giftigen Geschmack im Mund an. Jeweils 1 Teilnehmer gab einen süßen oder sauren Geschmack an. Im Freitext wurde ein Geschmack nach Plastik sowie Geschmack nach Desinfektionsmittel und Poliermittel genannt.

Das Gefühl mit der Schiene im Mund (Item 4.09), ohne Beachtung der Okklusion, wurde auf der VAS (angenehm/unangenehm) von den Teilnehmern (N=62) im Mittel mit 38,4 ($\pm 25,6$) als eher angenehm beschrieben (Abbildung 37). Von den Teilnehmern (keine Erhebung im WS 2017/2018) mit einem VAS>50 (N=20) gaben 30% der Teilnehmer an, dass etwas korrigierbar sei, 30% gaben an, dass nichts korrigierbar sei, 40% der Teilnehmer mit einem VAS>50 machten hierzu keine Angaben. Als Ursache wurde häufig ein Spannungsgefühl angegeben (8x) (Tabelle 30).

Tabelle 30: Grund für unangenehmes Tragegefühl der Schiene (Item 4.09)

Linke Spalte: Wörtlich übernommene Zitate aus der Freitextzeile

Rechte Spalte: Häufigkeit der Angabe im Freitext

Freitext	Häufigkeit
Angenehm	1
etwas enganliegend	1
leichtes Spannungsgefühl	1
Schiene spannt	1
sonst kein Halt	1
spannt überall, fühlt sich an wie eine Zahnsperre	1
Spannung Front	1
Spannungsgefühl	2
starkes Spannungsgefühl, Zungenraum eingegrenzt	1

Die Empfindungen von Rauheit auf der polierten Oberfläche der 3D gedruckten Schiene (Item 4.10) wurde von den Teilnehmern auf der VAS (trifft nicht zu – trifft voll und ganz zu) mit einem geringen Mittelwert von 17,8 ($\pm 21,1$) angegeben (Tabelle 31). Fünf Teilnehmer, deren VAS zwischen 29 und 81 lag, gaben an, dass die Rauigkeit korrigierbar sei. Kein Teilnehmer gab an, dass die Rauheit nicht korrigierbar sei.

Tabelle 31: Auswertung aller VAS Fragen 4 Fragebogen passiver T.

Angabe der VAS-Pole, Anzahl (N), Mittelwerte, Standardabweichung, Median, Interquartilabstand sowie der Minimal- und Maximalwerte.

Fragen mit VAS-Scala	N	VAS 0	VAS 100	VAS Mittelwert	Std.-Abw.	Median	IQR	VAS Min	VAS Max.
4.07 Merken Sie beim Einsetzen/Tragen der Schiene ein Spannungsgefühl?	61	initial	dauerhaft	28,1	37,3	1,0	60,5	0	100
4.09 Wie ist das Gefühl mit der Schiene im Mund ohne Okklusion	62	angenehm	unangenehm	38,4	25,6	35,5	38,0	0	100
4.10 Ich habe Rauigkeiten auf der Schiene bemerkt	64	trifft nicht zu	trifft voll und ganz zu	17,8	21,1	11,0	14,8	0	100
4.11 Die Schiene zu tragen ist	60	angenehm	unangenehm	38,0	27,6	31,5	45,0	0	100

Das Gefühl beim Tragen der Schiene, mit Beachtung der Okklusion, (Item 4.11) wurde auf der VAS (angenehm – unangenehm) mit einem Mittelwert von 38,0 ($\pm 27,6$) ebenfalls als eher angenehm bewertet (Tabelle 31). Die Hälfte (52%) der Teilnehmer beantworteten die VAS mit einem Wert auf der $VAS \leq 33$ als angenehm, 18% der Teilnehmer mit einem $VAS > 66$ als eher unangenehm. Elf Teilnehmer (18%) gaben an, dass das Tragegefühl nicht weiter korrigierbar sei, fünf (8%) Teilnehmer gaben an, dass es noch weiter korrigierbar sei (nicht erhoben im WS 2017/2018). Als Gründe wurde im Freitext 7x eine zu enge Passung/Spannung der Schiene beschrieben und 4x die okklusale Gestaltung (Tabelle 32).

Tabelle 32: Freitext zu Gründen der Passung der Schiene

Linke Spalte: Wörtlich übernommene Zitate aus der Freitextzeile

Rechte Spalte: Gruppierung der Angabe im Freitext

<i>Freitext</i>	<i>Gruppierung</i>
etwas eng	<i>Passung</i>
Gefühl von falschem Biss	<i>Okklusion</i>
insgesamt schlechte Passung	<i>Passung</i>
Okklusion möglicherweise nachträglich erneut einzustellen, Eingewöhnungszeit notwendig	<i>Okklusion</i>
Schiene spannt	<i>Passung</i>
Schiene zu stramm, beim Herausnehmen zerbrochen	<i>Passung</i>
Spannung - s.o.	<i>Passung</i>
Spannungsgefühl	<i>Passung</i>
starkes Spannungsgefühl 32-42	<i>Passung</i>
ungewohnte Okklusion	<i>Okklusion</i>
wo Löcher sind, merkt man am nächsten Tag die Belastung	<i>Okklusion</i>

Ergebnisse

Tabelle 33: Multiple- und Single-Choice Fragen des 4. Fragebogens der passiven Tandempartner

Angabe der Antwortmöglichkeiten, Anzahl der Antworten und Prozentualer Verteilung

<i>Frage</i>	<i>Antwortmöglichkeiten</i>	<i>Häufigkeiten</i>	<i>Prozent</i>
4.07 Merken Sie beim Einsetzen/Tragen der Schiene ein Spannungsgefühl?	nein	30	48%
	ja	33	52%
	<i>Summe</i>	63	100%
4.08 Wie beschreiben Sie den Geschmack beim ersten Einsetzen der Schiene - neutral	nein	25	39%
	ja	39	61%
	<i>Summe</i>	64	100%
4.08 - giftig	nein	59	92%
	ja	5	8%
	<i>Summe</i>	64	100%
4.08 - chemisch	nein	46	72%
	ja	18	28%
	<i>Summe</i>	64	100%
4.08 - süß	nein	63	98%
	ja	1	2%
	<i>Summe</i>	64	100%
4.08 - sauer	nein	63	98%
	ja	1	2%
	<i>Summe</i>	64	100%
4.08 - faulig	nein	64	100%
	ja	0	0%
4.08 - sonstiges	keine Angabe gemacht	58	91%
	ja	6	9%
	<i>Summe</i>	64	100%
4.09 Wie ist das Gefühl mit der Schiene im Mund (ohne Okklusion) - korrigierbar?	keine Angabe gemacht	43	69%
	ja	11	18%
	nein	8	13%
	<i>Summe</i>	62	100%
4.10 Ich habe Rauigkeiten auf der Schiene bemerkt - korrigierbar?	keine Angabe gemacht	60	92%
	ja	5	8%
	<i>Summe</i>	65	100%
F4.11 Die Schiene zu tragen ist insgesamt (Tragegefühl + Okklusion) - korrigierbar?	keine Angabe gemacht	46	74%
	ja	5	8%
	nein	11	18%
	<i>Summe</i>	62	100%
4.12 Ich möchte die Schiene zur Prophylaxe auch weiterhin tragen:	ja	32	52%
	nein	29	48%
	<i>Summe</i>	61	100%

Ebenfalls die Hälfte (52%) der Teilnehmer (N=61) gaben an, die Schiene zur Prophylaxe weiterhin auch tragen zu wollen (Item 4.12) (Abbildung 38).

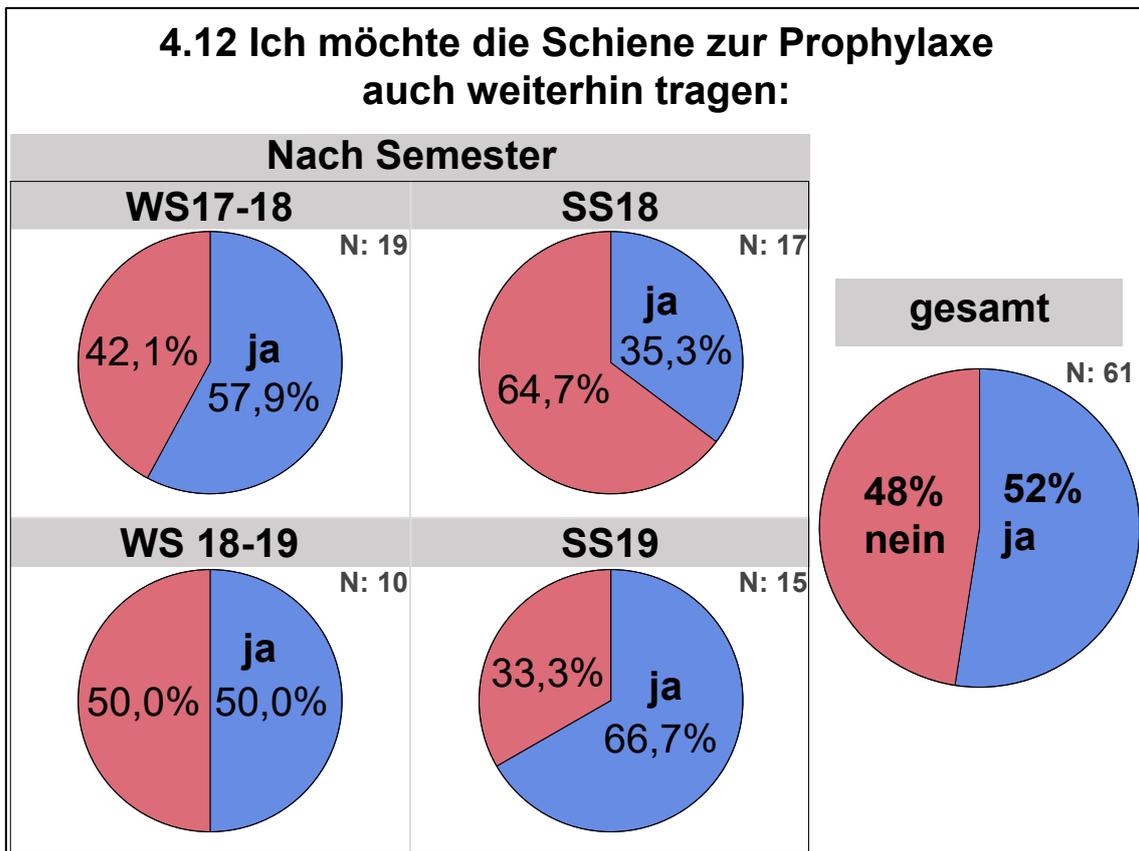


Abbildung 38: Beantwortung der Frage „4.12: Ich möchte die Schiene zur Prophylaxe auch weiterhin tragen“ nach Semester aufgeteilt

Darstellung der Beantwortung der Single-Choice Frage der passiven Tandempartner, ob die Schiene weiterhin getragen werden will, in Prozent je Semester und die Darstellung der gesamten Kohorte (N=61).

3.4.5. Erste Nachkontrolle

An der optionalen 1. Nachkontrolluntersuchung nahmen 19 Teilnehmer als aktive und 20 als passive Tandempartner teil.

Hierbei gaben 15 Teilnehmer (79%) (N=19) an, dass sich die Schiene in einem klinisch akzeptablen Zustand (Item 5.01) befand. Gründe für den nicht klinisch akzeptablen Zustand wurde im Freitext mit „Frakturiert“, „Frühkontakt“, „Rand saugt Wange an und klemmt diese ab“ sowie „schnell weggeknirscht“ angegeben. Der Frühkontakt sowie die Fraktur wurden als korrigierbar angegeben.

In 37% der Fälle (N=19) wurde das Tragen der Schiene zum Zeitpunkt der 1. Nachuntersuchung bereits abgebrochen (Item 5.02) (Abbildung 39).

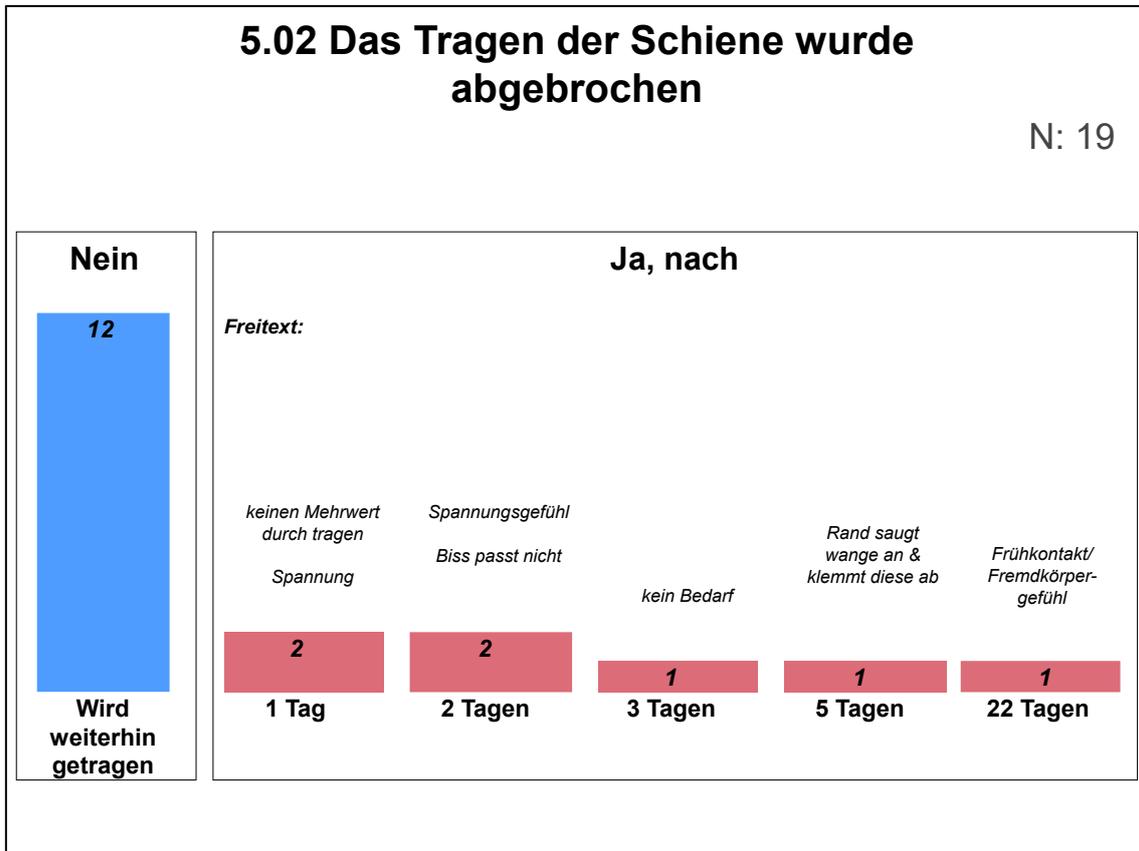


Abbildung 39: Auswertung Tragedauer 1. Nachsorge

Angabe der Anzahl passiven Tandempartner, welche zum Zeitpunkt der 1. Nachkontrolle die Schiene noch weiterhin getragen haben oder das Tragen, mit Angabe von Gründen und Zeitpunkt nach dem Einsetzen, abgebrochen haben.

X-Achse: Anzahl der Schienen (blau: Schiene wird noch getragen, rot: Tragen der Schiene abgebrochen)

Y-Achse: Anzahl der Tage der Tragedauer vor dem Abbruch des Tragens mit Freitextangabe der Begründung des Abbruchs.

Der Aufwand der nachträglichen Korrekturen/Einschleifen (Item 5.03) wurde auf der VAS (kein Bedarf – sehr hoch) mit einem Mittelwert von 22,2 ($\pm 25,0$) als gering bewertet (Abbildung 40). Ein Teilnehmer bewertete den Aufwand mit dem Maximalwert 100 („Rand saugt Wange an & klemmt diese ab“) als sehr hoch.

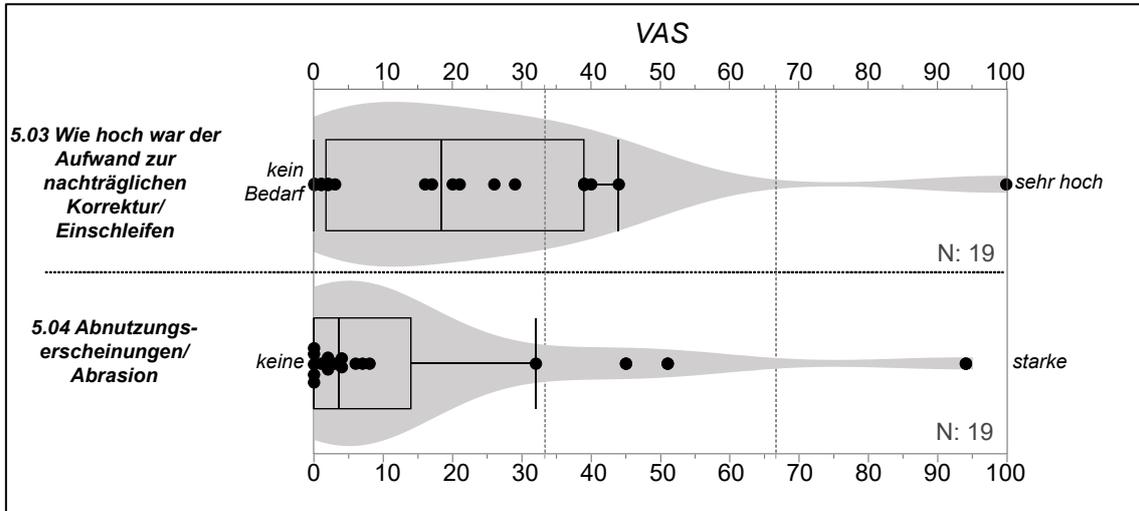


Abbildung 40: Auswertung VAS 5. Fragebogen: 1. Nachkontrolle (1) aktiver Tandempartner
Darstellung der Rückmeldung der Probanden (aktiver Tandempartner) zu Abnutzungserscheinungen und Korrekturbedarf der Aufbissschiene am passiven Tandempartner. Die Fragen (Y-Achse) wurden auf der VAS beantwortet und sind anhand Box-Whisker-Plots und Konturlinie der relativen Häufigkeit mit Darstellung aller Messpunkte der VAS (X-Achse mit vertikaler Kennzeichnung des oberen und unteren Drittels) dargestellt. Ausreiser befinden sich außerhalb des Box-Whisker-Plots.

Die Abnutzungserscheinungen und die Abrasion (Item 5.04) wurden auf der VAS (keine – starke) mit einem Mittelwert von 14,4 ($\pm 25,4$) als ebenfalls gering angegeben (Abbildung 40). Einzelne Teilnehmer (17% VAS>33,3) gaben jedoch auch höhere Nachbearbeitungsaufwände (Max.: 94) an (Tabelle 34).

Tabelle 34: Auswertung VAS aktiver T. 5 Fragebogen 1. Nachsorge

Angabe der VAS-Pole, Anzahl (N), Mittelwerte, Standardabweichung, Median, Interquartilabstand sowie der Minimal- und Maximalwerte.

Fragen mit VAS-Scala	N	VAS 0	VAS 100	VAS Mittelwert	Std.-Abw.	Median	IQR	VAS Min	VAS Max
5.03 Wie hoch war der Aufwand zur nachträglichen Korrektur/Einschleifen	18	kein Bedarf	sehr hoch	22,2	25,0	18,5	37,3	0	100
5.04 Abnutzungserscheinungen/Abrasion	18	keine	starke	14,4	25,4	3,5	14,0	0	94

Zwei Teilnehmer gaben Verfärbungen an, ein Teilnehmer eine Schienenfraktur sowie ein weiterer Teilnehmer Risse/ Abplatzungen an der Schiene. Kein Teilnehmer gab eine Verschlechterung des Schienenhalts, Plaqueeinlagerung oder eingetretene Geruchsbildung (Item 5.04) bei der 1. Nachsorge an. Zwei Teilnehmer gaben Schleimhautveränderungen (Item 5.05) an, wovon jeweils ein Teilnehmer eine „Rötung“ ohne weitere Lokalisation und ein Teilnehmer Wangen-Einbisse im „Molarenbereich beidseitig“ als Schleimhautveränderung abgaben.

Tabelle 35: Multiple- und Single-Choice Fragen des 5. Fragebogens der aktiven Tandempartner

Angabe der Antwortmöglichkeiten, Anzahl der Antworten und Prozentualer Verteilung

Frage	Antwort	Häufigkeiten	Prozent
5.01 Befindet sich die Schiene in einem klinisch akzeptablen Zustand	ja	15	79%
	nein	4	21%
	Summe	19	100%
5.01 - korrigierbar	nicht relevant	15	83%
	ja	2	11%
	nein	1	6%
	Summe	18	100%
5.02 Das Tragen der Schiene wurde abgebrochen	nein	12	63%
	ja	7	37%
	Summe	19	100%
5.04 Abnutzungserscheinungen - Verfärbungen	nein	17	89%
	ja	2	11%
	Summe	19	100%
5.04 - Halt der Schiene verschlechtert	nein	19	100%
	nein	19	100%
5.04 - Risse/Abplatzungen	nein	18	95%
	ja	1	5%
	Summe	19	100%
5.04 - Geruchsbildung	nein	19	100%
	nein	18	95%
5.04 - Frakturen	ja	1	5%
	Summe	19	100%
	nein	17	89%
5.05 Sind Schleimhautveränderungen im Bereich der Schiene aufgetreten?	ja	2	11%
	Summe	19	100%
	nein	18	95%
5.05 - Rötungen	ja	1	5%
	Summe	19	100%
	nein	19	100%
5.05 - Juckreiz	nein	19	100%
5.05 - Schwellungen	nein	19	100%
5.05 - Pusteln/Bläschen	nein	19	100%
5.05 - Wangen-Einbisse	nein	18	95%
	ja	1	5%
	Summe	19	100%
5.05 - Zungenbrennen	nein	19	100%

Das Tragegefühl der Schiene (Tragegefühl + Okklusion) (Item 5.06) wurde von den passiven Tandempartnern auf der VAS (angenehm – unangenehm) mit einem Mittelwert von 39,8 ($\pm 33,4$) als eher angenehm, mit jedoch einer recht großen Streuung, angegeben (Abbildung 41). Vier Teilnehmer gaben an, dass das Tragegefühl korrigierbar sei (VAS Werte Tragegefühl: 79; 14; 4; 3), zwei Teilnehmer gaben an, dass es nicht korrigierbar sei (VAS Werte Tragegefühl: 67; 100) (Tabelle 38). Als Gründe wurde jeweils einmal „Störkontakt“ und „spannt“ angegeben. Das Gefühl mit der Schiene, in den Nächten und danach (Item 5.09), wurde von den Teilnehmern auf der VAS (angenehm – unangenehm) im Mittelwert mit 37,3 ($\pm 31,7$) und somit besser als das alleinige Tragegefühl (Item 5.06), angegeben. Jeweils ein Teilnehmer gab an, dass es korrigierbar (VAS: 3) bzw. nicht korrigierbar (VAS: 46) sei. Gründe für ein unangenehmes Tragegefühl wurde im Freitext „Fremdgefühl“ sowie „Wange eingesaugt und Wangeneinbisse“ genannt. Zwölf Teilnehmer haben angegeben, dass sich das Tragegefühl im Laufe der Zeit nicht verändert habe – zwei Teilnehmer gaben eine Veränderung des Tragegefühls an: „wurde immer angenehmer - in den erste Nächten Gefühl der Lockerung der OK-Front -> nicht mehr“; „weniger Spannungsgefühl“. Nahezu die Hälfte (45%) der Teilnehmer (N=20) gaben an, dass beim Einsetzen/Tragen der Schiene kein Spannungsgefühl (VAS=0) wahrgenommen wurde (Item 5.07). Auf der VAS (initial – dauerhaft) lag der Mittelwert aller Teilnehmer (N=20) bei einem VAS von 21,3 ($\pm 33,1$). Unter Beachtung nur der Teilnehmer, die auch ein Spannungsgefühl beschrieben (VAS>0, N=11), betrug der Mittelwert der VAS zum Spannungsgefühl (initial – dauerhaft) 38,7($\pm 36,6$).

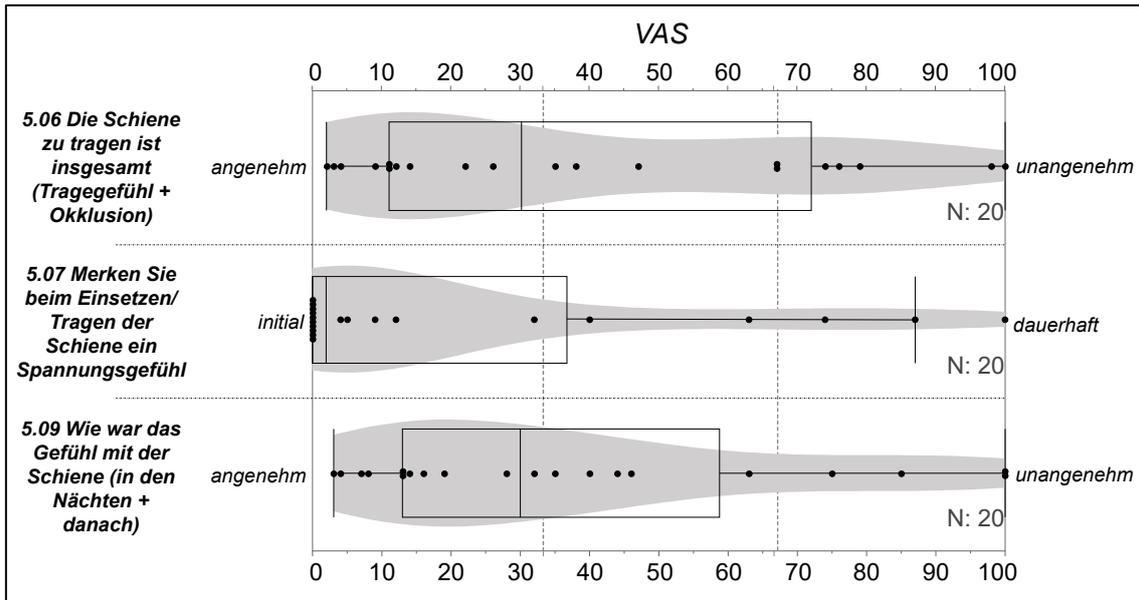


Abbildung 41: Auswertung VAS 5. Fragebogen: 1. Nachkontrolle (1) passiver Tandempartner (Item 5.06 – Item 5.09)

Darstellung der Rückmeldung der Probanden (passive Tandempartner) zum Erleben des Tragens der Aufbissschiene zum Zeitpunkt der ersten Nachkontrolle. Die Fragen (Y-Achse) wurden auf der VAS beantwortet und sind anhand Box-Whisker-Plots und Konturlinie der relativen Häufigkeit mit Darstellung aller Messpunkte der VAS (X-Achse mit vertikaler Kennzeichnung des oberen und unteren Drittels) dargestellt. Ausreißer befinden sich außerhalb des Box-Whisker-Plots.

Der Großteil der Teilnehmer (53%) gab an die Schiene 2-3x pro Woche getragen zu haben, jeweils 23,5% gaben an, die Schiene 4-6x pro Woche bzw. jede Nacht getragen zu haben (Abbildung 42).

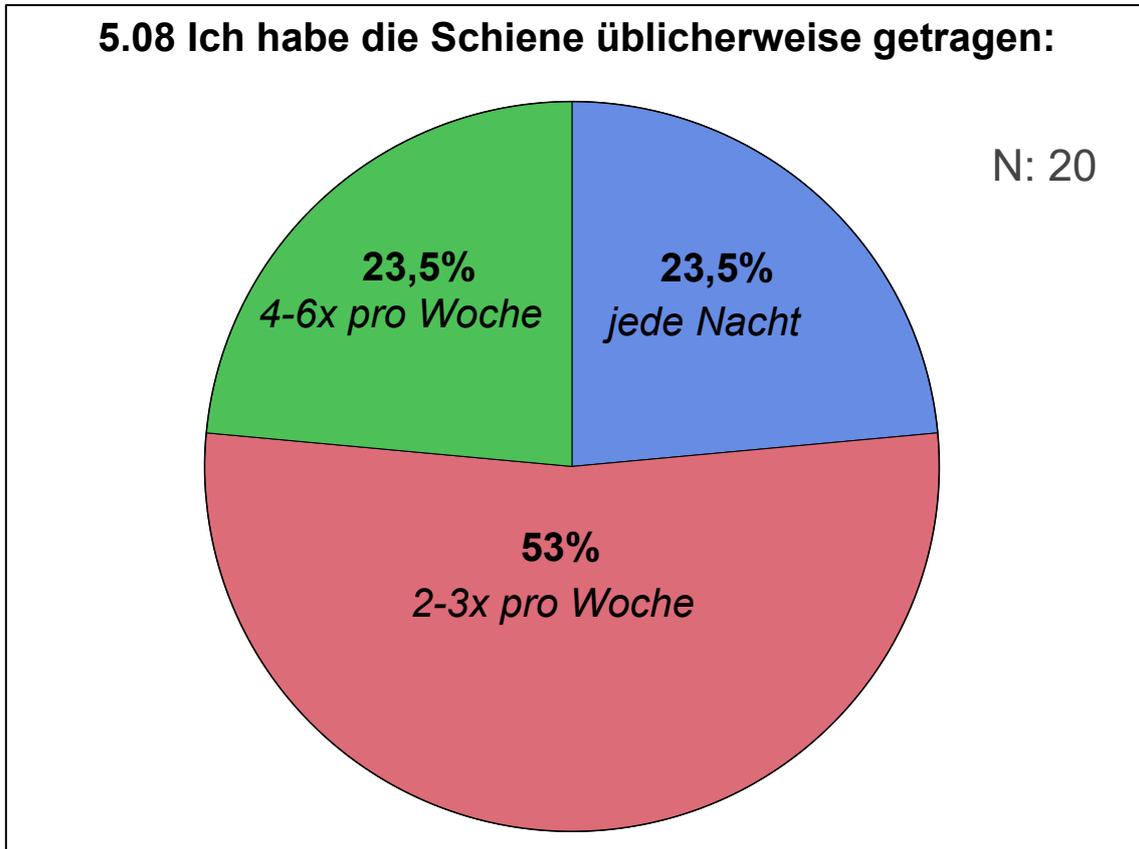


Abbildung 42: Häufigkeit des Schienentragens

Antworthäufigkeit der Teilnehmer (passiver Tandempartner) zur Rückmeldung auf die Single-Choice Frage zur Tragedauer pro Woche (100% entsprechen 20 Antworten)

Auf die Frage, ob es Komplikationen oder Dinge an der Schiene gab, die stören (Item 5.10), gaben 8 Teilnehmer keine Komplikationen oder Störungen an, 6 Teilnehmer gaben Störungen an (Tabelle 36). Dreimal wurde die Passung bemängelt, einmal die Ausarbeitung, eine Fraktur wurde dokumentiert sowie Rissbildung. Einmalig wurde eine Komplikation im Bereich der Okklusion angegeben.

Tabelle 36: Freitext zu Komplikationen/Störungen an der Schiene (Item 5.10)

Linke Spalte: Wörtlich übernommene Zitate aus der Freitextzeile

Rechte Spalte: Gruppierung der Angabe im Freitext

<i>Freitext</i>	<i>Gruppierung</i>
dorsal Regio 37 Schiene frakturiert	<i>Fraktur</i>
etwas Spannung	<i>Passung</i>
Rand im Molarenbereich klemmt Gingiva/Wange ein	<i>Passung</i>
Rauigkeit an Innenseite der Schiene auf Grund von Druckverfahren - > Anlagerungen	<i>Ausarbeitung</i>
Rissbildung durch pressen	<i>Rissbildung</i>
Spannung lies nach einiger Zeit nach, hatte das Gefühl es saß dann zu locker im FZB	<i>Passung</i>
Störkontakt Regio 37/38 (Frühkontakt), Fremdkörpergefühl	<i>Okklusion</i>

Die Reinigbarkeit der Schiene (Item 5.11) wurde von den Teilnehmern auf der VAS als gut (Mittelwert: 14,6 ($\pm 13,4$)) angegeben (Tabelle 37; Abbildung 43). Rauigkeiten (Item 5.13) wurden von den Teilnehmern, mit einem Mittelwert von 10,3 ($\pm 14,8$) bei einem Maximalwert von 54 (Tabelle 37) auf der VAS (trifft nicht zu – trifft voll und ganz zu), als gering angegeben. Auf die Frage, ob beim Tragen der Schiene auf die Wange gebissen wurde (Item 5.12) gaben die Teilnehmer auf der VAS (trifft nicht zu – trifft voll und ganz zu) mit einem Mittelwert 12,7 ($\pm 24,0$) an, dass dies nicht generell zutreffe (Tabelle 37). Zwei Teilnehmer (10%) gaben VAS-Werte >33 an (51; 100) (Abbildung 41).

Ergebnisse

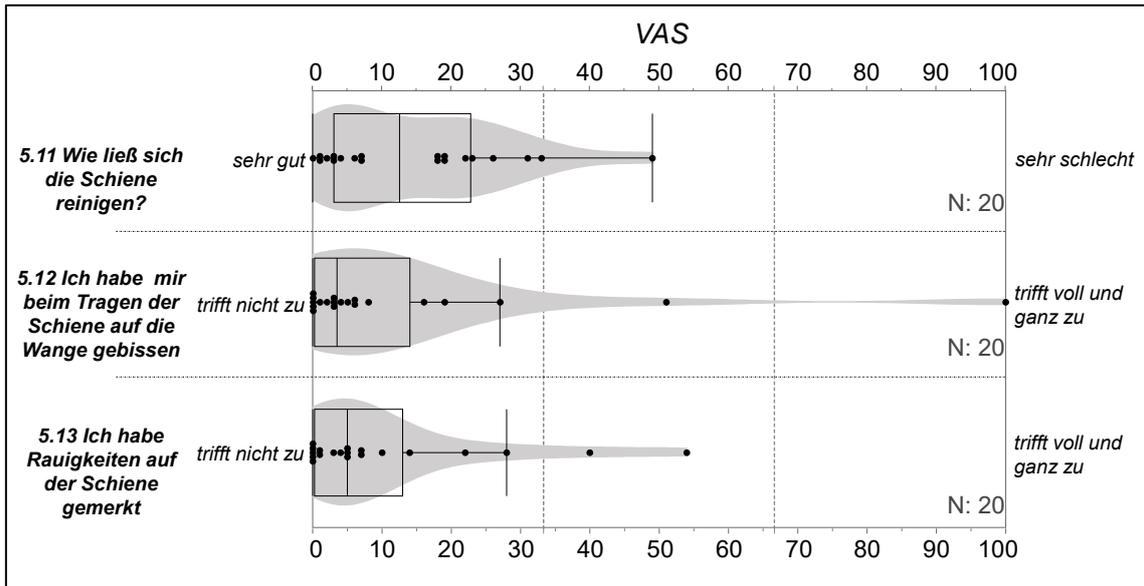


Abbildung 43: Auswertung VAS 5. Fragebogen: 1. Nachkontrolle (1) passiver Tandempartner (Item 5.11 – Item 5.13)

Darstellung der Rückmeldung der Probanden (passive Tandempartner) zur Beurteilung der Aufbissschiene zum Zeitpunkt der ersten Nachkontrolle. Die Fragen (Y-Achse) wurden auf der VAS beantwortet und sind anhand Box-Whisker-Plots und Konturlinie der relativen Häufigkeit mit Darstellung aller Messpunkte der VAS (X-Achse mit vertikaler Kennzeichnung des oberen und unteren Drittels) dargestellt. Ausreißer befinden sich außerhalb des Box-Whisker-Plots.

Tabelle 37: Auswertung VAS passiver T. 1 Nachkontrolle

Angabe der VAS-Pole, Anzahl (N), Mittelwerte, Standardabweichung, Median, Interquartilabstand sowie der Minimal- und Maximalwerte.

Fragen mit VAS-Scala	N	VAS 0	VAS 100	VAS Mittelwert	Std.-Abw.	Median	IQR	VAS Min.	VAS Max.
5.06 Die Schiene zu tragen ist insgesamt (Tragegefühl + Okklusion)	20	angenehm	unangenehm	39,8	33,4	30,5	61,3	2	100
5.07 Merken Sie beim Einsetzen/ Tragen der Schiene ein Spannungsgefühl	20	initial	dauerhaft	21,3	33,1	2	38	0	100
5.09 Wie war das Gefühl mit der Schiene (in den Nächten + danach)	20	angenehm	unangenehm	37,3	31,7	30	45,8	3	100
5.11 Wie ließ sich die Schiene reinigen?	20	sehr gut	sehr schlecht	14,6	13,4	12,5	19,8	0	49
5.12 Ich habe mir beim Tragen der Schiene auf die Wange gebissen	20	trifft nicht zu	trifft voll und ganz zu	12,7	24,0	3,5	13,8	0	100
5.13 Ich habe Rauigkeiten auf der Schiene gemerkt	20	trifft nicht zu	trifft voll und ganz zu	10,3	14,8	5	12,8	0	54

Der Geschmack der Schiene (Item 5.14) (N=19) wurde von 79% der Teilnehmer als „neutral“, 16% als „chemisch“ und 5% (1 Teilnehmer) als „faulig“ beschrieben.

50% der Teilnehmer gaben an, die Schiene zur Prophylaxe (Item 5.15) (N=20) auch weiterhin tragen zu wollen.

Tabelle 38: Multiple- und Single-Choice Fragen des 5. Fragebogens der passiven Tandempartner

Angabe der Antwortmöglichkeiten, Anzahl der Antworten und Prozentualer Verteilung

<i>Frage</i>	<i>Antwort</i>	<i>Häufigkeiten</i>	<i>Prozent</i>
5.06 korrigierbar	keine Angabe gemacht	14	70%
	ja	4	20%
	nein	2	10%
	<i>Summe</i>	20	100%
5.07 Merken Sie beim Tragen der Schiene ein Spannungsgefühl	nein	9	45%
	ja	11	55%
	<i>Summe</i>	20	100%
5.09 korrigierbar	keine Angabe gemacht	18	90%
	ja	1	5%
	nein	1	5%
	<i>Summe</i>	20	100%
5.09 Veränderung im Lauf der Zeit	nein	12	86%
	ja	2	14%
	<i>Summe</i>	14	100%
5.10 Gab es Komplikationen /Störung	ja - Freitext	6	43%
	nein	8	57%
	<i>Summe</i>	14	100%
5.14 Geschmack neutral	nein	4	21%
	ja	15	79%
	<i>Summe</i>	19	100%
5.14 giftig	nein	19	100%
5.14 chemisch	nein	16	84%
	ja	3	16%
	<i>Summe</i>	19	100%
5.14 süß	nein	19	100%
5.14 sauer	nein	19	100%
5.14 faulig	nein	18	95%
	ja	1	5%
	<i>Summe</i>	19	100%
5.14 sonstiges	nein	19	100%
5.15 Schiene weiterhin tragen	nein	10	50%
	ja	10	50%
	<i>Summe</i>	20	100%

3.4.6. Zweite Nachkontrolle

Insgesamt haben 13 Teilnehmer (N=15) zur zweiten Möglichkeit der Nachkontrolle angegeben, dass sich die Schiene in einem klinisch akzeptablen Zustand (Item 6.01) befunden hat (Tabelle 40). Die anderen 2 Teilnehmer gaben an, dass die Schiene sich nicht in einem klinisch akzeptablen Zustand befand., da sie „gebrochen“ war. Die klinisch nicht akzeptablen Schienen waren nicht korrigierbar.

6 Teilnehmer (40%) gaben an, dass das Tragen der Schiene abgebrochen (Item 6.02) wurde, 9 Teilnehmer gaben an, dass die Schiene noch getragen wird. Die

Dauer des Tragens vor dem Abbruch variierte zwischen 3 und 30 Tagen. Die zwei Schienen, welche als gebrochen angegeben wurden – wurden zuvor jeweils 21 Tage bzw. 30 Tage getragen.

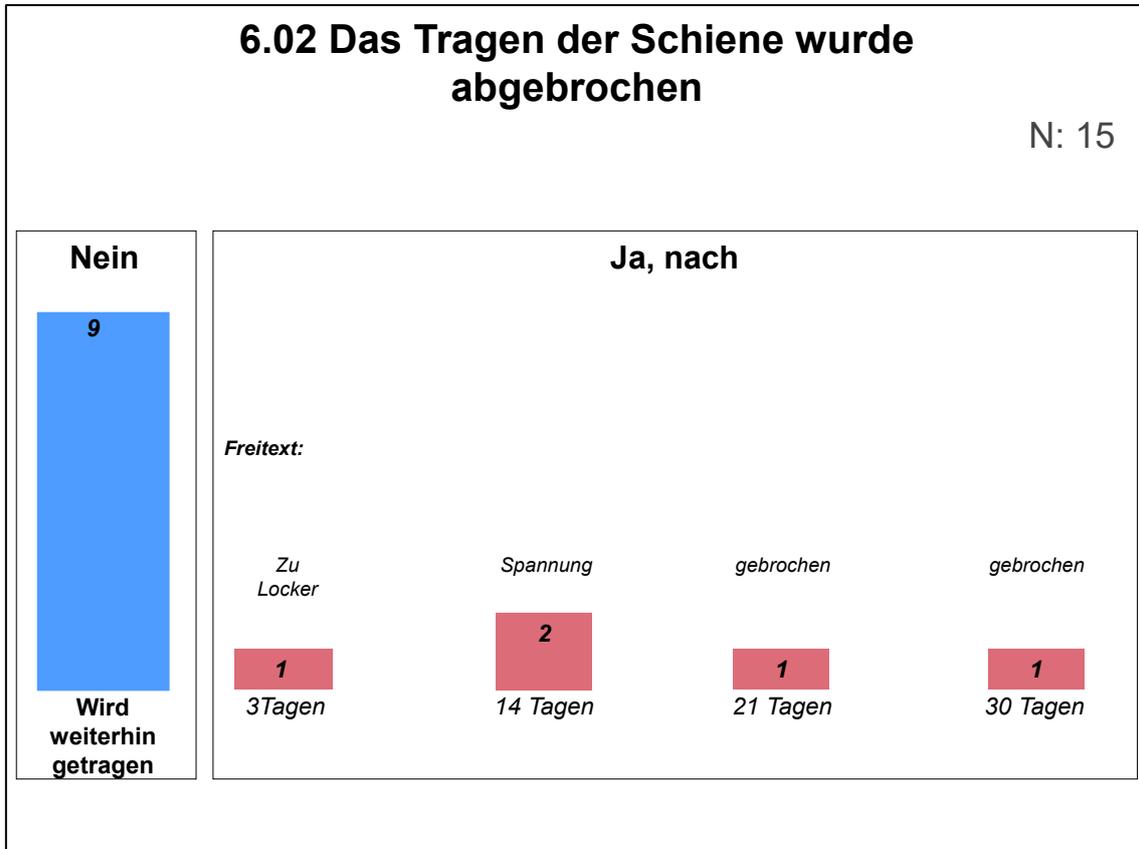


Abbildung 44: Anzahl und Tragedauer der Schienen zur 2. Nachkontrolle

Angabe der Tragedauer der Aufbisschiene des Teilnehmers in Tagen mit Freitextangaben, sofern verfügbar, bevor das Tragen abgebrochen wurde.

Der Aufwand zur nachträglichen Korrektur und zum Einschleifen (Item 6.03) wurde auf der VAS (kein Bedarf – sehr hoch) im Mittelwert mit 14,1 ($\pm 27,1$) als gering angegeben (N=15). Hierbei gaben 60% der Teilnehmer einen VAS ≤ 5 (kein Bedarf) an. 1 Teilnehmer (7%) gab einen VAS > 66 (hoher/sehr hoher Korrekturbedarf) an (Abbildung 45; Tabelle 39).

Tabelle 39: Auswertung VAS 2. Nachkontrolle aktiver T.

Angabe der VAS-Pole, Anzahl (N), Mittelwerte, Standardabweichung, Median, Interquartilabstand sowie der Minimal- und Maximalwerte.

Fragebogen Items	N	VAS 0	VAS 100	VAS Mittelwert	Std.-Abw.	Median	IQR	VAS Min	VAS Max
6.03 Wie hoch war der Aufwand zur nachträglichen Korrektur/Einschleifen	15	kein Bedarf	sehr hoch	14,1	27,1	2	15	0	100
6.04 Abnutzungserscheinungen/ Abrasion	13	keine	starke	9,1	22,5	1	5,5	0	81

Die Abnutzungserscheinungen (Item 6.04) wurden auf der VAS (keine – starke) ebenfalls mit einem Mittelwert von 9,1 ($\pm 22,5$) als gering bewertet (Tabelle 39).

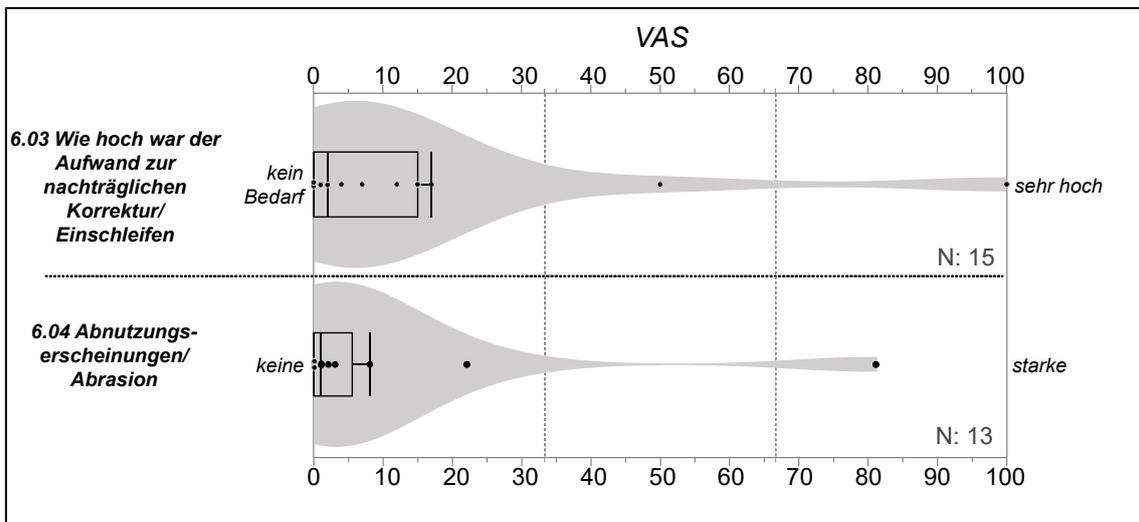


Abbildung 45: Auswertung VAS 6. Fragebogen: 2. Nachkontrolle (2) aktiver Tandempartner

Darstellung der Rückmeldung der Probanden (aktiver Tandempartner) zum Zeitpunkt der zweiten Nachkontrolle zum Zustand der Aufbissschiene. Die Fragen (Y-Achse) wurden auf der VAS beantwortet und sind anhand Box-Whisker-Plots und Konturlinie der relativen Häufigkeit mit Darstellung aller Messpunkte der VAS (X-Achse mit vertikaler Kennzeichnung des oberen und unteren Drittels) dargestellt. Ausreißer befinden sich außerhalb des Box-Whisker-Plots.

Eine Verschlechterung des Schienenhalts (Item 6.04) wurde von einem Teilnehmer angegeben. Zwei Teilnehmer dokumentierten eine Schienenfraktur. Risse/Abplatzungen oder Geruchsbildungen wurden nicht dokumentiert.

Schleimhautveränderungen (Item 6.05) wurden von einem Teilnehmer angegeben. Dieser dokumentierte Wangeneinbisse „Regio 12-14/42-44 - Seit 2

Wochen“. Weitere Veränderungen an den Schleimhäuten wurden nicht angegeben.

Tabelle 40: Multiple- und Single-Choice Fragen des 6. Fragebogens der aktiven Tandempartner

Angabe der Antwortmöglichkeiten, Anzahl der Antworten und Prozentualer Verteilung

Frage	Antwort	Häufigkeiten	Prozent
6.01 Befindet sich die Schiene in einem klinisch akzeptablen Zustand	ja	13	87%
	nein	2	13%
	Summe	15	100%
6.01 - korrigierbar	nicht relevant	13	87%
	nein	2	13%
	Summe	15	100%
6.02 Das Tragen der Schiene wurde abgebrochen	nein	9	60%
	ja	6	40%
	Summe	15	100%
6.04 Abnutzungserscheinungen - Verfärbungen	nein	14	100%
6.04 - Halt der Schiene verschlechtert	nein	13	93%
	ja	1	7%
	Summe	14	100%
6.04 - Plaqueanlagerungen	nein	14	100%
6.04 - Risse/Abplatzungen	nein	14	100%
6.04 - Geruchsbildung	nein	14	100%
6.04 - Frakturen	nein	12	86%
	ja	2	14%
	Summe	14	100%
6.05 Sind Schleimhautveränderungen im Bereich der Schiene aufgetreten?	nein	13	93%
	ja	1	7%
	Summe	14	100%
6.05 - Rötungen	nein	14	100%
6.05 - Juckreiz	nein	14	100%
6.05 - Schwellungen	nein	14	100%
6.05 - Pusteln/Bläschen	nein	14	100%
6.05 - Wangen-Einbisse	nein	13	93%
	ja	1	7%
	Summe	14	100%
6.05 - Zungenbrennen	nein	14	100%

Das Tragegefühl der Schiene unter Mitbeachtung der Okklusion (Item 6.06) wurde von den passiven Tandempartnern (N=15) auf der VAS (angenehm – unangenehm) im Mittelwert mit 20,8 ($\pm 24,8$) als eher angenehm angegeben (Tabelle 43, Abbildung 46). Zwei Teilnehmer gaben an, dass das Tragegefühl korrigierbar sei (VAS: 13 und 65, Tabelle 42)

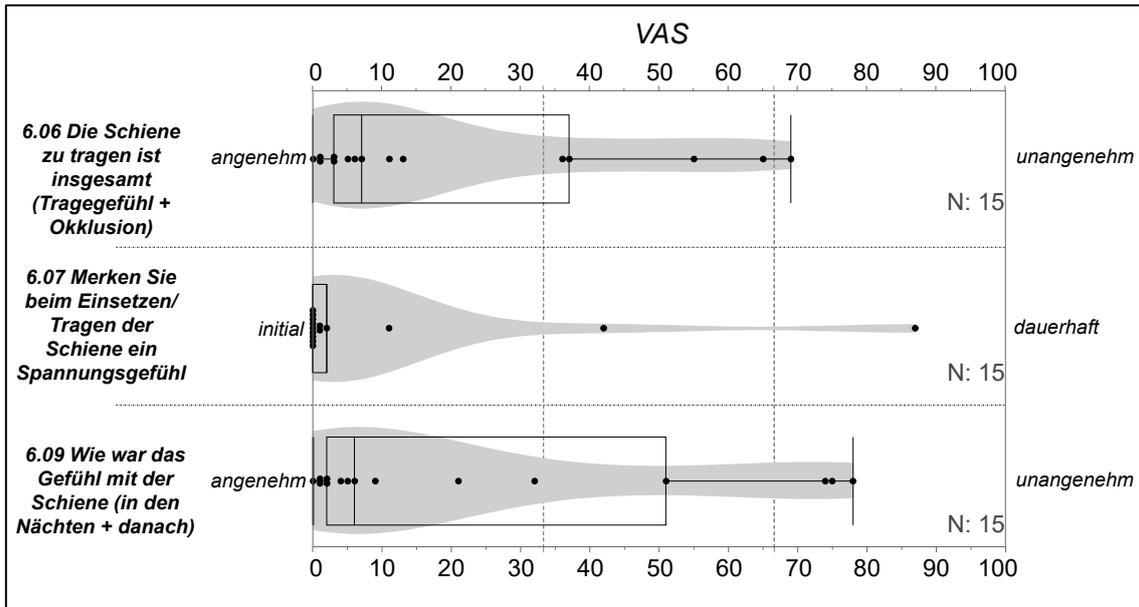


Abbildung 46: Auswertung VAS 6. Fragebogen: 2. Nachkontrolle (2) passiver Tandempartner (Item 6.06 – Item 6.09)

Darstellung der Rückmeldung der Probanden (passive Tandempartner) zum Erleben der Aufbissschiene zum Zeitpunkt der zweiten Nachkontrolle. Die Fragen (Y-Achse) wurden auf der VAS beantwortet und sind anhand Box-Whisker-Plots und Konturlinie der relativen Häufigkeit mit Darstellung aller Messpunkte der VAS (X-Achse mit vertikaler Kennzeichnung des oberen und unteren Drittels) dargestellt. Ausreißer befinden sich außerhalb des Box-Whisker-Plots.

Ein Spannungsgefühl beim Tragen/ Einsetzen der Schiene (Item 6.07) wurde von sechs der Teilnehmer (40% VAS<0) angegeben. Das Spannungsgefühl wurde auf der VAS (initial – dauerhaft) von den sechs Teilnehmern, welche ein Spannungsgefühl angegeben hatten (VAS>0) mit einem Mittelwert von 24 ($\pm 34,7$) als eher initial angegeben. Das Spannungsgefühl aller Teilnehmer betrug im Mittel auf der VAS 10 ($\pm 24,0$) (Abbildung 46).

Die Schiene wurde von den meisten Teilnehmern (57,1%) 2- bis 3-mal pro Woche getragen, 21,4% gaben an, sie jede Nacht getragen zu haben (Abbildung 47).

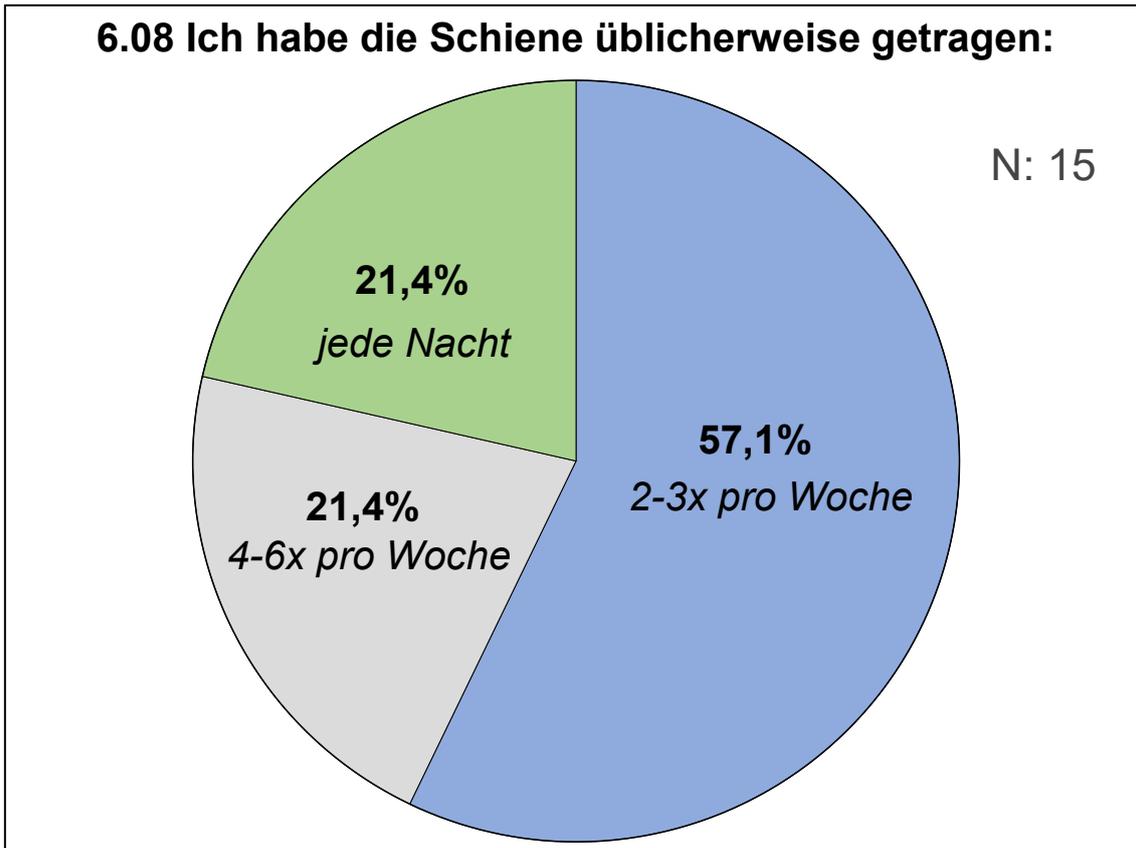


Abbildung 47: Trageweise der Schiene bei der 2. Nachkontrolle

Antworthäufigkeit der passiven Tandempartner auf die Single-Choice Frage zur Tragedauer der Schiene pro Woche (100% entsprechen 15 Antworten)

Das Gefühl mit der Schiene in den Nächten und danach (Item 6.09) wurde von den Teilnehmern auf der VAS (angenehm – unangenehm) mit einem Mittelwert von 24,1 ($\pm 30,2$) als eher angenehm angegeben (Tabelle 43). Als Gründe für ein unangenehmes Tragegefühl wurde einmalig „Wangeneinbiss“ (VAS: 21) angegeben. Ein Teilnehmer gab eine Veränderung im Lauf der Zeit an („Weniger Spannung“).

Komplikationen und Störstellen an der Schiene (Item 6.10) wurden von 50% der Teilnehmer (N=14) angegeben (Tabelle 41). Einmalig wurde ein ungewöhnlicher Geschmack angegeben, sowie Probleme bei der Okklusion. Weiterhin wurde eine Schienenfraktur sowie viermal Komplikationen bei der Passung (2x zu fest, 2x zu locker) angegeben.

Tabelle 41: Freitext Störstellen und Komplikationen mit der Aufbissschiene in der Nachkontrolle

Linke Spalte: Wörtlich übernommene Zitate aus der Freitextzeile

Rechte Spalte: Gruppierung der Angabe im Freitext

<i>Freitext</i>	<i>Gruppierung</i>
Geschmack ungewohnt	<i>Geschmack</i>
Wangen-Einbiss rechts	<i>Okklusion</i>
relativ schnell gebrochen, weil viel durchgeschliffen (zu wenig gesperrt, zu viele Medios)	<i>Fraktur</i>
Spannung	<i>Passung</i>
Spannung, Druckgefühl	<i>Passung</i>
zu locker	<i>Passung</i>
zu lockerer Halt	<i>Passung</i>

Die Reinigbarkeit der Schiene (Item 6.11) wurde auf der VAS (sehr gut – sehr schlecht) mit 11,1 ($\pm 13,1$) als überwiegend sehr gut/gut bewertet (Max.: 38) (Abbildung 43).

Wangeneinbisse (Item 6.12) haben die Teilnehmer auf der VAS (trifft nicht zu – trifft voll und ganz zu) bei der 2. Nachkontrolle mit einem Mittelwert von 15,5 ($\pm 29,8$) als eher nichtzutreffend angegeben (Abbildung 46).

Rauigkeiten auf der Schienenoberfläche (Item 6.13) wurden auf der VAS (trifft nicht zu – trifft voll und ganz zu) mit 10,1 ($\pm 13,8$) ebenso als eher nichtzutreffend angegeben (Tabelle 43).

Der Geschmack der Schiene bei der 2. Nachkontrolle wurde von 12 Teilnehmern (N=14) als neutral angegeben. Ein Teilnehmer gab einen chemischen Geschmack an, ein weiterer Teilnehmer einen Geschmack nach „Plastik“.

Neun Teilnehmer (69%) gaben an, die Schiene weiterhin tragen zu wollen (Item 6.15).

Ergebnisse

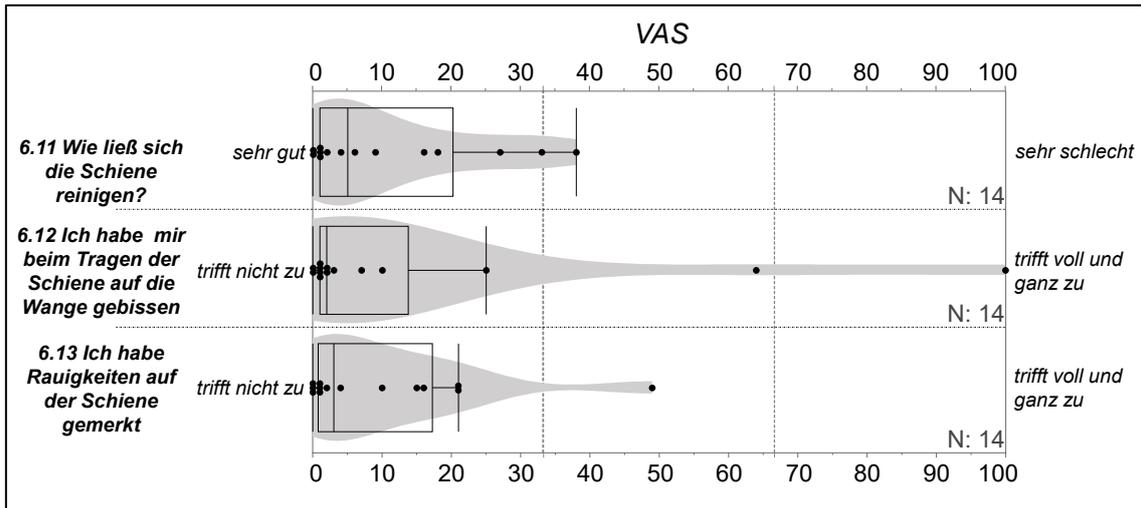


Abbildung 48: Auswertung VAS 6. Fragebogen: 2. Nachkontrolle (2) passiver Tandempartner (Item 6.11 – Item 6.13)

Darstellung der Rückmeldung der Probanden (passive Tandempartner) zum Erleben der Aufbisschiene zum Zeitpunkt der zweiten Nachkontrolle. Die Fragen (Y-Achse) wurden auf der VAS beantwortet und sind anhand Box-Whisker-Plots und Konturlinie der relativen Häufigkeit mit Darstellung aller Messpunkte der VAS (X-Achse mit vertikaler Kennzeichnung des oberen und unteren Drittels) dargestellt. Ausreißer befinden sich außerhalb des Box-Whisker-Plots.

Tabelle 42: Multiple- und Single-Choice Fragen des 6. Fragebogens der passiven Tandempartner

Angabe der Antwortmöglichkeiten, Anzahl der Antworten und Prozentualer Verteilung

Frage	Antwort	Häufigkeiten	Prozent
6.06 korrigierbar	keine Angabe gemacht	13	87%
	ja	2	13%
	Summe	15	100%
6.07 Merken Sie beim Tragen der Schiene ein Spannungsgefühl	nein	9	60%
	ja	6	40%
	Summe	15	100%
6.09 Veränderung im Lauf der Zeit	nein	7	88%
	ja	1	13%
6.09 Veränderung im Lauf der Zeit	Summe	8	100%
6.10 Gab es Komplikationen /Störung	nein	7	50%
	ja - Freitext	7	50%
	Summe	14	100%
6.14 giftig	nein	14	100%
6.14 chemisch	nein	13	93%
	ja	1	7%
	Summe	14	100%
6.14 süß	nein	14	100%
6.14 sauer	nein	14	100%
6.14 faulig	nein	14	100%
6.14 sonstiges	nein	13	93%
	ja	1	7%
	Summe	14	100%
6.15 Schiene weiterhin tragen	ja	9	69%
	nein	4	31%
	Summe	13	100%

Tabelle 43: Auswertung VAS passiver T. 2 Nachkontrolle

Angabe der VAS-Pole, Anzahl (N), Mittelwerte, Standardabweichung, Median, Interquartilabstand sowie der Minimal- und Maximalwerte.

<i>Fragen mit VAS-Scala</i>	<i>N</i>	<i>VAS 0</i>	<i>VAS 100</i>	<i>VAS Mittelwert</i>	<i>Std.-Abw.</i>	<i>Median</i>	<i>IQR</i>	<i>VAS Min.</i>	<i>VAS Max.</i>
6.06 Die Schiene zu tragen ist insgesamt (Tragegefühl + Okklusion)	15	angenehm	unangenehm	20,8	24,8	7	34	0	69
6.07 Merken Sie beim Einsetzen/ Tragen der Schiene ein Spannungsgefühl	15	initial	dauerhaft	9,6	24,0	0	2	0	87
6.09 Wie war das Gefühl mit der Schiene (in den Nächten + danach)	15	angenehm	unangenehm	24,07	30,2	6	49	0	78
6.11 Wie ließ sich die Schiene reinigen?	14	sehr gut	sehr schlecht	11,14	13,1	5	19,25	0	38
6.12 Ich habe mir beim Tragen der Schiene auf die Wange gebissen	14	trifft nicht zu	trifft voll und ganz zu	15,5	29,8	2	12,75	0	100
6.13 Ich habe Rauigkeiten auf der Schiene gemerkt	14	trifft nicht zu	trifft voll und ganz zu	10,07	13,8	3	16,5	0	49

3.4.7. 3. Nachkontrolle (3)

Für die 3. Nachkontrolle wurden jeweils nur 3 Fragebögen (aktiver und passiver Tandempartner) eingereicht. Aufgrund der geringen Datenmenge wurde keine Auswertung durchgeführt.

3.4.8. Übersicht der Schienendefekte und nicht einsetzbarer Schienen

Während des Ausarbeitens, Einsetzens und der Nachkontrollen ist es zu Dokumentation von Defekten und Schienenfrakturen gekommen. Wurden Defekte unter derselben ID in mehreren Sitzungen angegeben, wurde nur der am frühesten Dokumentierte Defekt gezählt. Im gesamten Beobachtungszeitraum wurde 10-mal eine vollständige Schienenfraktur angegeben, zweimal eine Teilfraktur der Schiene angegeben. Bei zwei Fragebögen wurde ein Sprung in der Schiene dokumentiert, eine weitere Schiene war aufgrund eines Verzugs nicht einsetzbar (Abbildung 49). Eine Schiene konnte aufgrund eines fehlerhaften Designs nicht gedruckt werden.

Die meisten Frakturen (Teil- und vollständige Frakturen) wurden während der Ausarbeitung dokumentiert (n=6). 2 Weitere Frakturen wurden beim Einsetzen dokumentiert, eine weitere Fraktur bei der 1. Nachkontrolle sowie drei Frakturen bei der 2. Nachkontrolle dokumentiert. Eine Schiene zeigte während der Ausarbeitung einen Sprung und in der 1. Nachkontrolle eine Fraktur. Bei einer weiteren Schiene wurde in der 1. Nachkontrolle ein Durchknirschen der Schiene festgestellt, in der 2. Nachkontrolle wurde angegeben, dass die Schiene frakturiert sei.

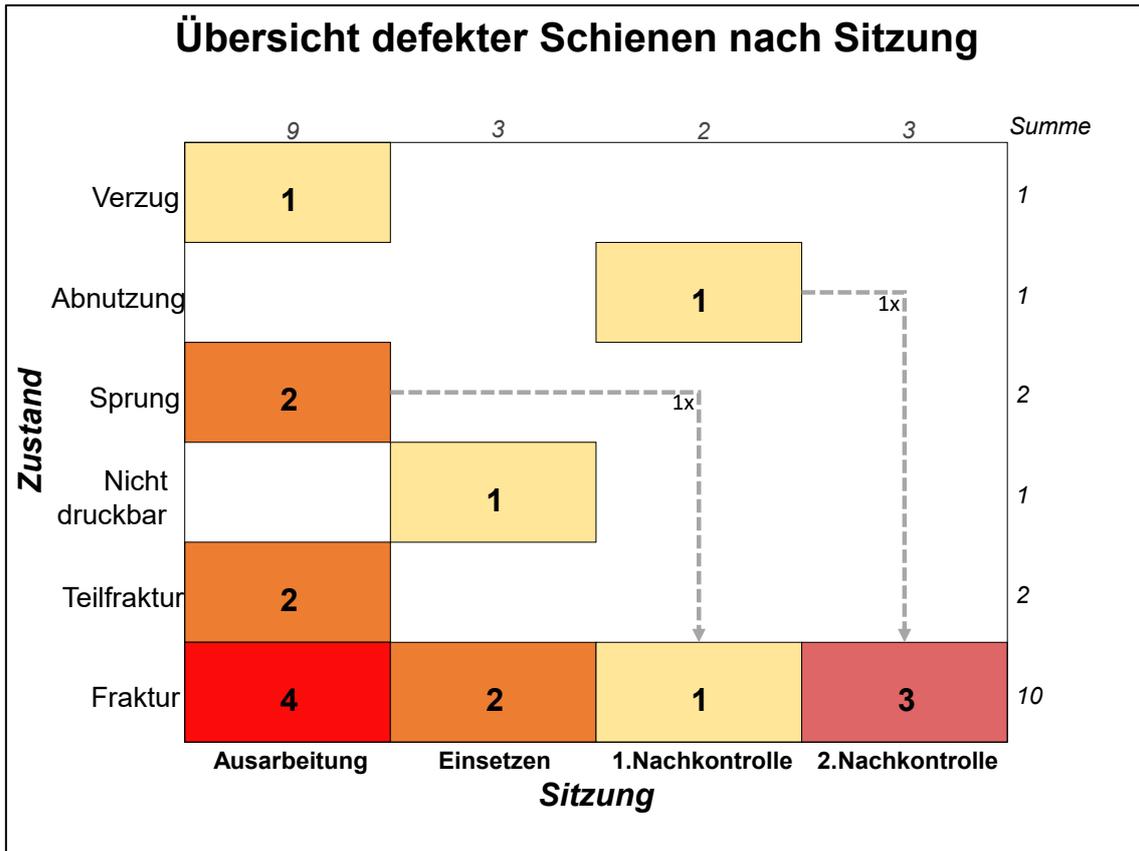


Abbildung 49: Zusammenfassung aller defekten Schienen nach Sitzung

X-Achse: Sitzung entsprechend den Fragebögen. Zusammenfassung aller aktiven und passiven Fragebögen Y-Achse: Gruppierung der Defekte nach „Verzug“ „Sprung“ „Teilfraktur“ „Fraktur“.
 Bei einer Schiene wurde während der Ausarbeitung einen Sprung dokumentiert und in der 1. Nachkontrolle an derselben Schiene eine Fraktur dokumentiert. Bei einer weiteren Schiene wurde während der 1. Nachkontrolle eine starke Abnutzung und in der 2. Nachkontrolle eine Fraktur dokumentiert.

3.5. Explorative Datenanalyse

3.5.1. Prüfung auf Normalverteilung

Für die explorative Datenanalyse wurden nur Fragebögen herangezogen, die eindeutig einer ID zugeordnet werden konnten (Kapitel: 3.5 Explorative Datenanalyse). Alle stetigen Daten wurden auf Normalverteilung überprüft. Die Überprüfung der Normalverteilung erfolgte anhand des Shapiro-Wilk-W-Test (s. Anhang: Tabelle 51). Ein P-Wert $<0,05$ wies eine Normalverteilung zurück. Fragebogen 7 wurde aufgrund der geringen Rücklaufquote von der statistischen Analyse ausgenommen. Eine Normalverteilung lag bei der Beantwortung von 3 Fragen mit VAS vor (Tabelle 44).

Tabelle 44: Auszug aller Fragen mit einer Normalverteilung nach Shapiro-Wilk ($p \geq 0,05$)
P-Werte $<0,05$ weisen eine Normalverteilung zurück. Vollständige Tabelle s. Anhang Tabelle 51.

Frage	N	P-Wert
1.11 Wie empfanden Sie den Scanvorgang	66	0,1846
2.06 Den Zeitlichen Umfang des Schienendesigns bewerte ich als:	67	0,0908
4.04 Wie bewerten Sie den Arbeitsumfang, die Schiene äquilibrirt einzuschleifen?	56	0,0513

3.5.2. Unterschiede innerhalb der Semester

Alle stetigen Daten wurden mittels des Kruskal-Wallis-Test auf statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den 4 einzelnen Semestern überprüft. Hierbei zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Semestern bei 3 Fragen (Tabelle 45).

Tabelle 45: Stetische Daten mit statistisch signifikanten Unterschieden (Kruskal-Wallis-Test) der Beantwortung zwischen den Semestern

Linke Spalte: Fragen aus allen Fragebögen mit statistisch signifikanten Unterschieden der Beantwortung im Semestervergleich nach Kruskal-Wallis

Frage	Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch. > Chi ²
1.02 Real gemessene Zeit des Scans	27,5651	3	<,0001
1.05 Waren Sie nach der Vorlesung mit Demo für das selbstständige Scannen ausreichend vorbereitet?	8,364	3	0,0391
2.06 Real gemessene Zeit des Schienendesigns (h:min)	15,2128	3	0,0016

Hier zeigte sich im nichtparametrischen Vergleich mittels der Steel-Dwass-Methode, dass das SoSe 2019 bei der Durchführung des Intraoralscans (Item 1.02 Real gemessene Zeit des Scans) mehr Zeit benötigte als die restlichen Semester: SoSe 2018 ($p = 0,0001$), WS 2017/2018 ($p = 0,0015$) und das WS 2018/2019 ($p = 0,0018$) (Abbildung 50).

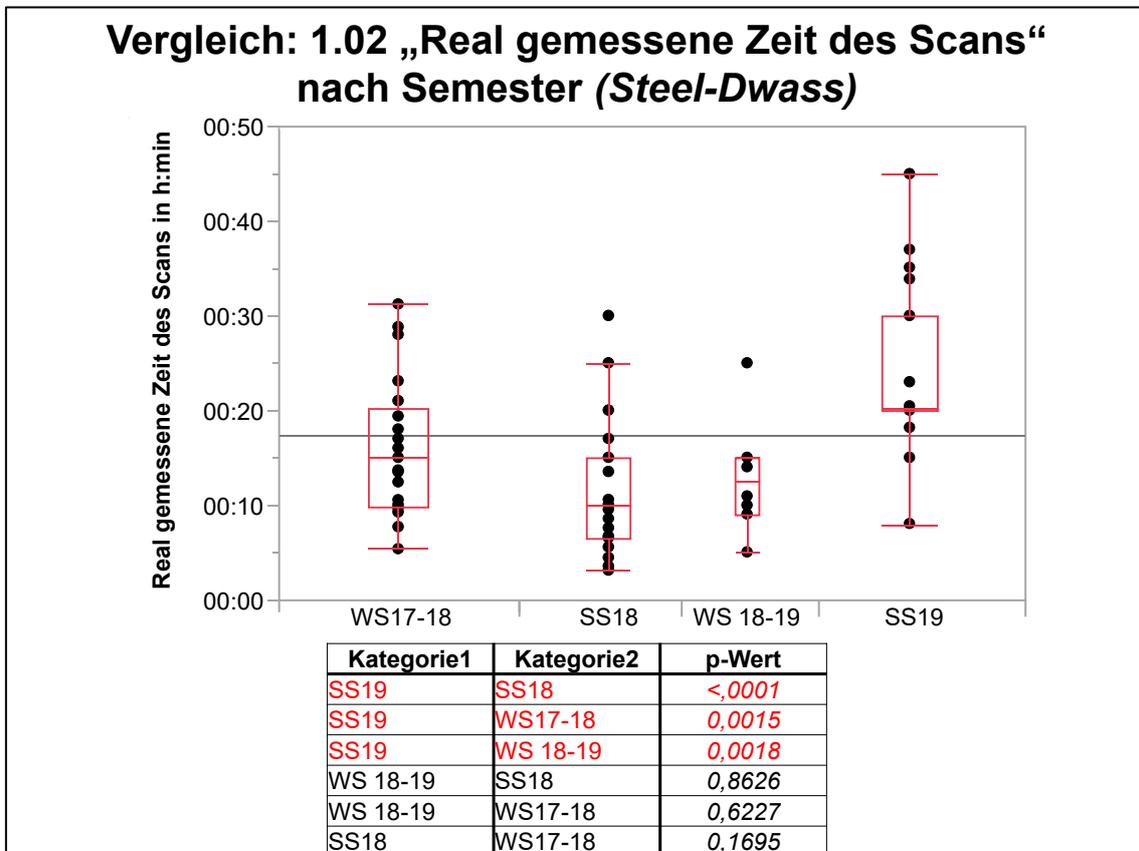


Abbildung 50: Analyse der Zeitangaben von "1.02 Real gemessene Zeit des Scans" nach "Semester"

Angabe der gemessenen Zeit des Intraoralscans (aktiver Tandempartner) im Semestervergleich in Projektion der Semester auf die X-Achse und Scandauer auf die Y-Achse. Häufigkeit: WS 2017/2018: 25; SoSe 2018: 19; WS 2018/2019: 10; SoSe 2019: 24. Tabelle: Nichtparametrischer Vergleich aller Paare mittels Steel-Dwass-Methode. X-Achse: Semester, Y-Achse: Zeitangabe in h:min. Die Zeitangaben des SoSe 2019 weichen signifikant von den anderen Semestern ab.

Auf die Frage der ausreichenden Vorbereitung auf den Intraoralscan durch die Vorlesung und Demonstration (Item 1.05) gab das SoSe 2019 im Vergleich zum WS 2018/2019 einen signifikant höheren Mittelwert auf der VAS (0: trifft voll und ganz zu; 100: trifft nicht zu) an ($p = 0,0291$) (Abbildung 51).

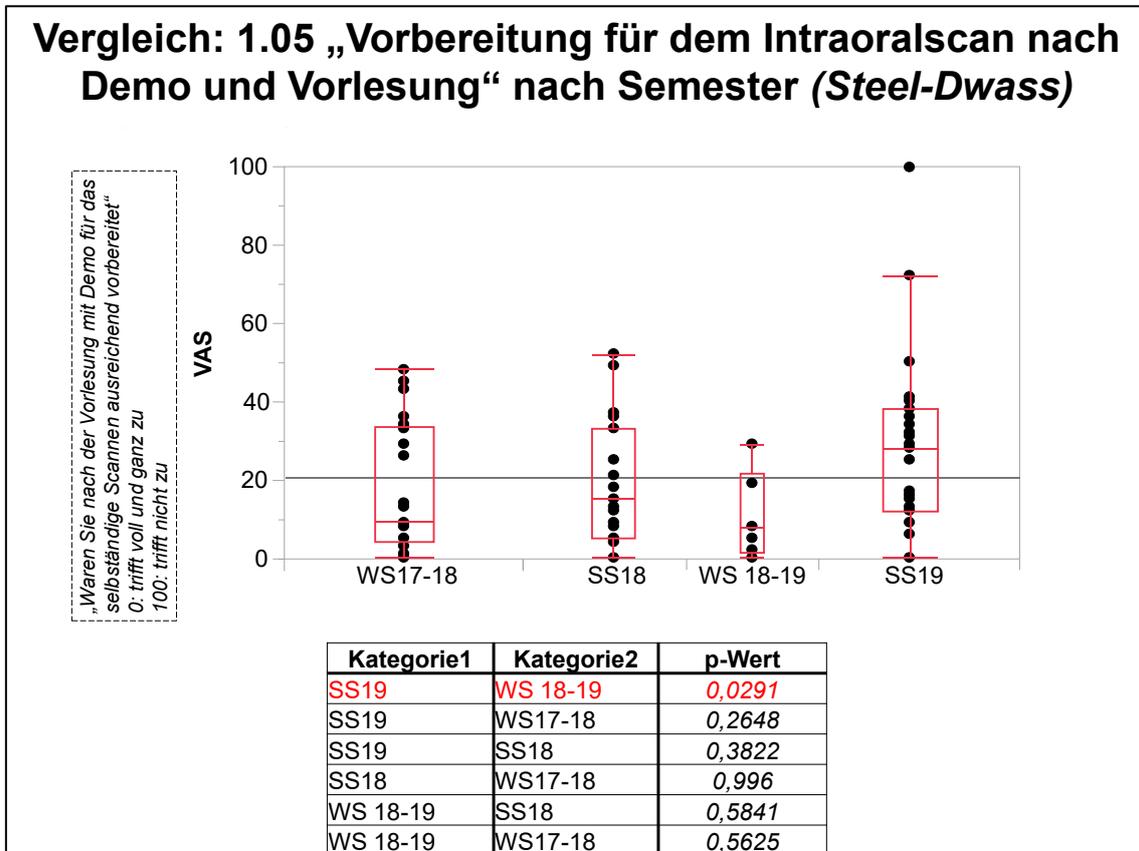


Abbildung 51: Analyse der VAS von "1.05 Waren Sie nach der Vorlesung mit Demo für das selbständige Scannen ausreichend vorbereitet?" nach Semester

Angabe der wahrgenommenen Vorbereitung für die Durchführung des Intraoralscans der Teilnehmer (aktiver Tandempartner) im Semestervergleich in Projektion der Semester auf die X-Achse und Zustimmung einer ausreichenden Vorbereitung über die VAS auf die Y-Achse. Häufigkeit: WS 2017/2018: 25; SoSe2018: 19; WS 2018/2019: 10; SoSe 2019: 23. Tabelle: Nichtparametrischer Vergleich aller Paare mittels Steel-Dwass-Methode. X-Achse: Semester, Y-Achse: VAS

Im Vergleich der Mittelwert der real benötigten Zeit des Schienendesigns (Item 2.06) wies das WS 2018/2019 (1h 11min) im Vergleich zum SoSe 2019 (2h:29min) ($p = ,0081$) und SoSe 2018 (2h:27min) ($p = 0,0078$) einen signifikant kürzeren Zeitbedarf auf, wohingegen sich die anderen Semester nicht statistisch signifikant voneinander unterschieden (Abbildung 52).

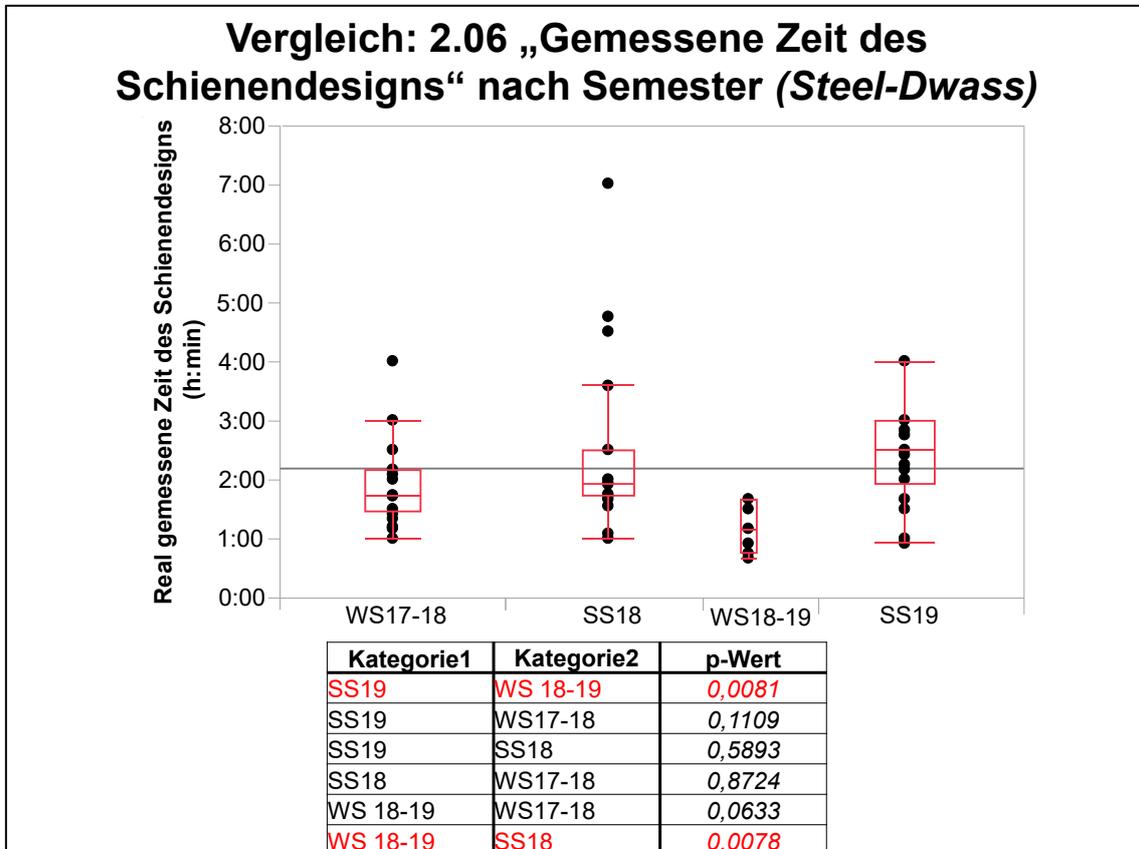


Abbildung 52: Analyse der Zeitangaben von "2.06 Real gemessene Zeit des Schienendesigns" nach "Semester"

Angabe der gemessenen Zeit des Schienendesigns (aktiver Tandempartner) im Semestervergleich in Projektion der Semester auf die X-Achse und Designdauer auf die Y-Achse. Häufigkeit: WS 2017/2018: 21; SoSe 2018: 19; WS 2018/2019: 7; SoSe 2019: 22. Tabelle: Nichtparametrischer Vergleich aller Paare mittels Steel-Dwass-Methode. X-Achse: Semester, Y-Achse: Zeitangabe in h:min.

Die Überprüfung der ordinalen Daten nach Semester mithilfe der Kontingenzanalyse (Pearson Chi-Quadrat-Test) ergab eine Auffälligkeit der Bewertung der Schwierigkeit der digitalen Konstruktion der Aufbisschiene (Item 2.01) (Pearsonverhältnis: $p = 0,0184$). Aufgrund der teilweisen geringen Antworthäufigkeiten sind die Daten jedoch unter Vorsicht auszuwerten. Das WS 2018/2019 zeigt eine starke Häufung der Beantwortung der Frage mit „selbsterklärend“, während in den restlichen Semestern die Konstruktion als überwiegend „herausfordernd“ (61,9% bis 68,4%) bewertet wurde. Im SoSe 2019 gab es als einziges Semester die Angabe „sehr schwierig“ (Abbildung 53).

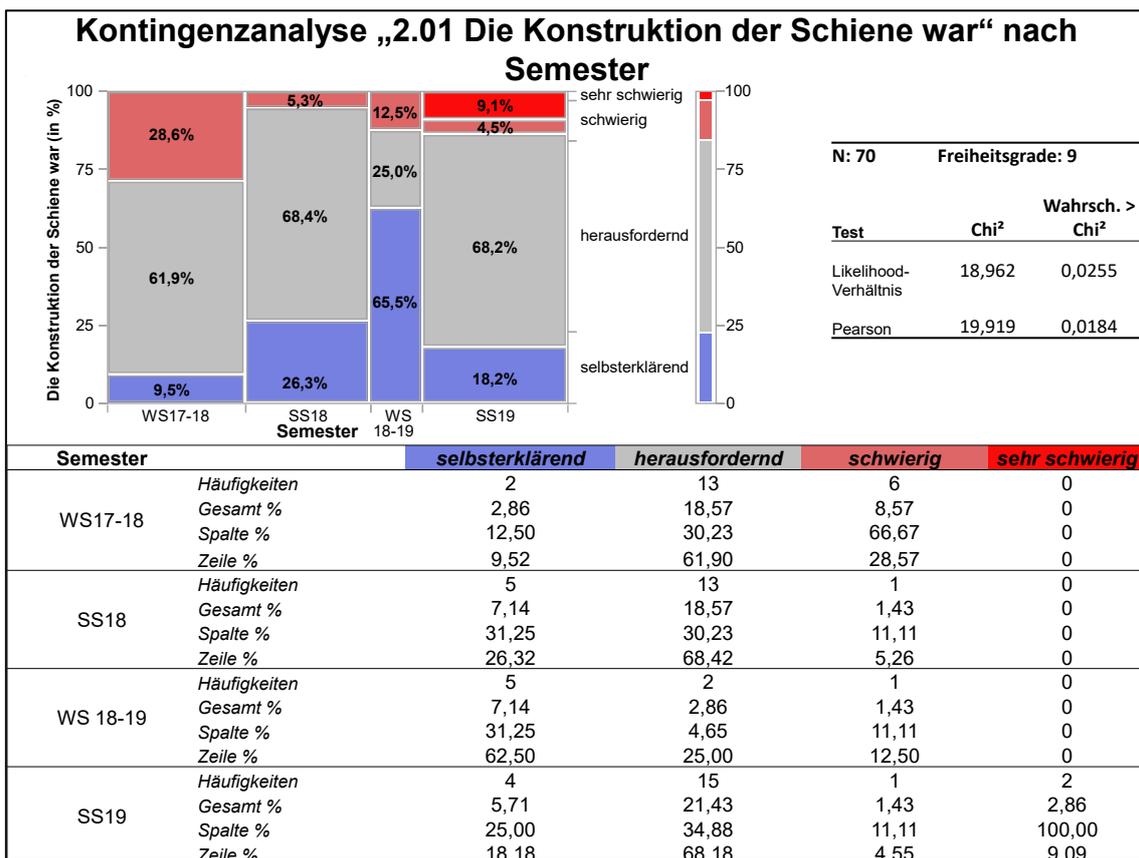


Abbildung 53: Kontingenzanalyse der Beurteilung der Frage „2.01 Die Konstruktion der Schiene war“ nach „Semester“.

Kacheldiagramm über die Wahrnehmung der Schwierigkeit der Schienenkonstruktion durch die Teilnehmer in Projektion der unterschiedlichen Semester auf die X-Achse: Semester – Breite Abhängig der Teilnehmerzahl je Semester. Y-Achse: Angabe der Antworthäufigkeit in % der Single-Choice Auswahl (selbsterklärend, herausfordernd, schwierig, sehr schwierig). Angabe der Kontingenztabelle mit Antworthäufigkeit (Anzahl, Gesamt%, Spalte%, Zeile%). 20% der Zeilen haben eine erwartete Häufigkeit kleiner als 5 – wodurch die Bewertung der Signifikanz problematisch ist.

Die Überprüfung der nominalen Daten mithilfe der Kontingenzanalyse (Pearson Chi-Quadrat-Test) ergab teilweise ungleichmäßige Verteilungen der Antworten zwischen den Semestern der beifolgenden Fragen: Im Vergleich aller Semestergruppen heben sich die Teilnehmer aus dem SoSe 2019, mit 45,8% der Teilnehmer mit über 1500 Bildern bei der Durchführung des Intraoralscans (Item 1.09) von den anderen Semestern ab. In den anderen Semestergruppen lag der Anteil mit Teilnehmern über 1500 Bilder pro Scan zwischen 5,3% (SoSe 2018) und 20% (WS 2017/2018). Die Einfaktorielle Analyse der Scanzzeit in Minuten mit den Angaben „Scan über 1500 Bilder“ nach Wilcoxon zeigte hierbei einen signifikanten Unterschied. Teilnehmer mit über 1500 Bildern haben im Durchschnitt eine signifikant längere Scandauer angegeben ($p=0,0128$) (Abbildung 54).

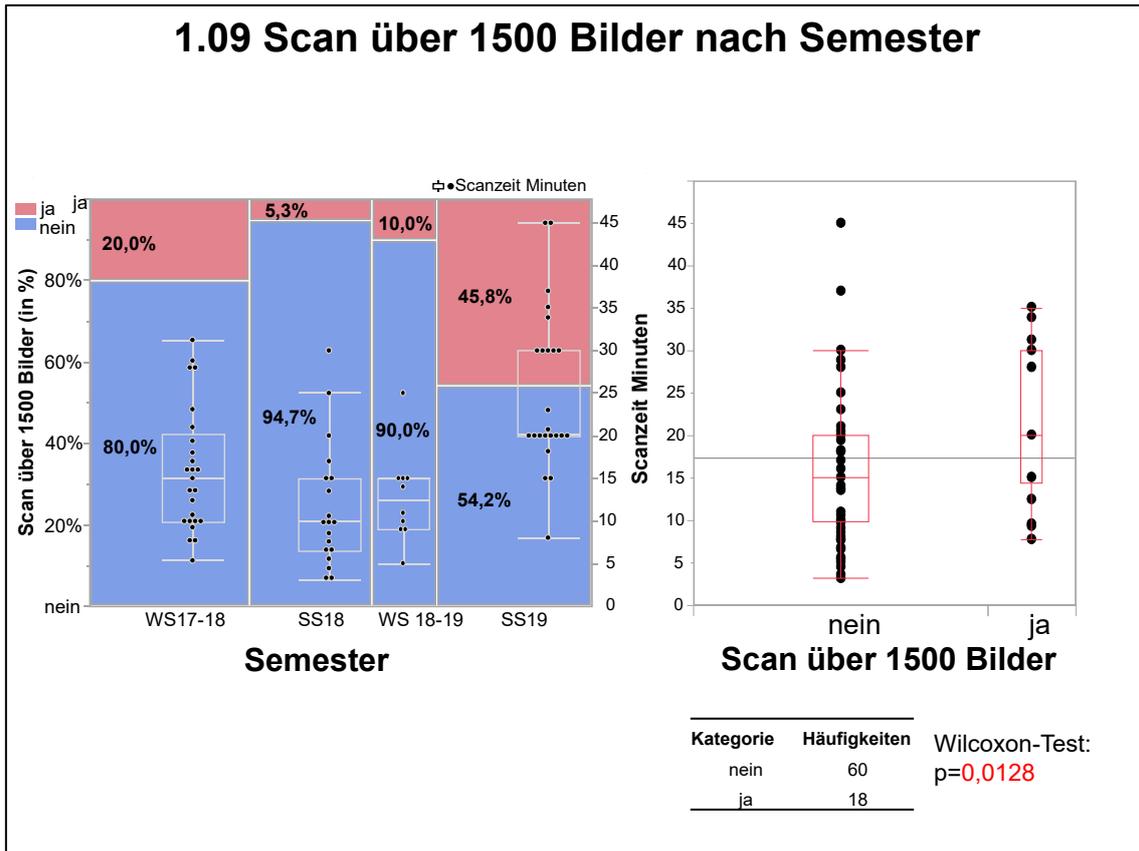


Abbildung 54: Scan über 1500 Bilder nach Semester mit Wilcoxon-Analyse Scan über 1500 Bilder nach Scandauer in Minuten

Schaubild links: Kacheldiagramm über die Anzahl der Teilnehmer mit über 1500 Bilder pro Kieferscan (in Prozent) mit überlagerter Scandauer in Projektion der Semester auf die X-Achse: Semester – Breite Abhängig der Teilnehmerzahl je Semester. Y-Achse links: Angabe JA/Nein „Scan über 1500 Bilder“ in % der Gesamtzahl. Y-Achse rechts: Dauer der Scanzeit in Minuten (min). Angabe der Messpunkte und Boxplot je Semester.

Schaubild rechts: Wilcoxon-Analyse der Scandauer in Minuten in Projektion auf die Y-Achse gegenüber der Angabe „Scan über 1500 Bilder“ in Projektion auf die X-Achse.

Die Angaben zur Ausarbeitung der additiv gefertigten Schienen variierte ebenfalls zwischen den Semestern. Die Wahrnehmung der Härte des additiv gefertigten Schienenmaterials (Item 3.01 Hart – wenig Abtrag) wurde im WS 2018/2019 von keinem Teilnehmer angegeben, während im SoSe 2018 35,7% der Teilnehmer das Schienenmaterial als „*Hart – wenig Abtrag*“ beurteilten (Abbildung 55). Auf die Frage der verwendeten Instrumente zur Ausarbeitung und Politur gab kein Teilnehmer des SoSe 2018 an, das Handstück für die Politur verwendet zu haben. Ebenfalls gaben im SoSe 2018 81,3% der Teilnehmer an, eine Trennschreibe zur Ausarbeitung verwendet zu haben (WS 2018/2019: 25,0% - SoSe 2019: 16,7%) und die Schiene mit einer Knospe äquilibriert einzuschleifen (SoSe 2018: 100%) während kein Teilnehmer im SoSe 2018 angab die geradverzahnte MPS-Fräse zu verwenden (WS 2018/2019 62,5%, SoSe 2019: 22,2%). Die Ausarbeitung mit Sandpapier gaben vor allem die Teilnehmer im WS 2018/2019 an (87,5%), während im SoSe 2018 (37,5%) und SoSe 2019 (22,2%) die Anteile wesentlich geringer lagen (Abbildung 55).

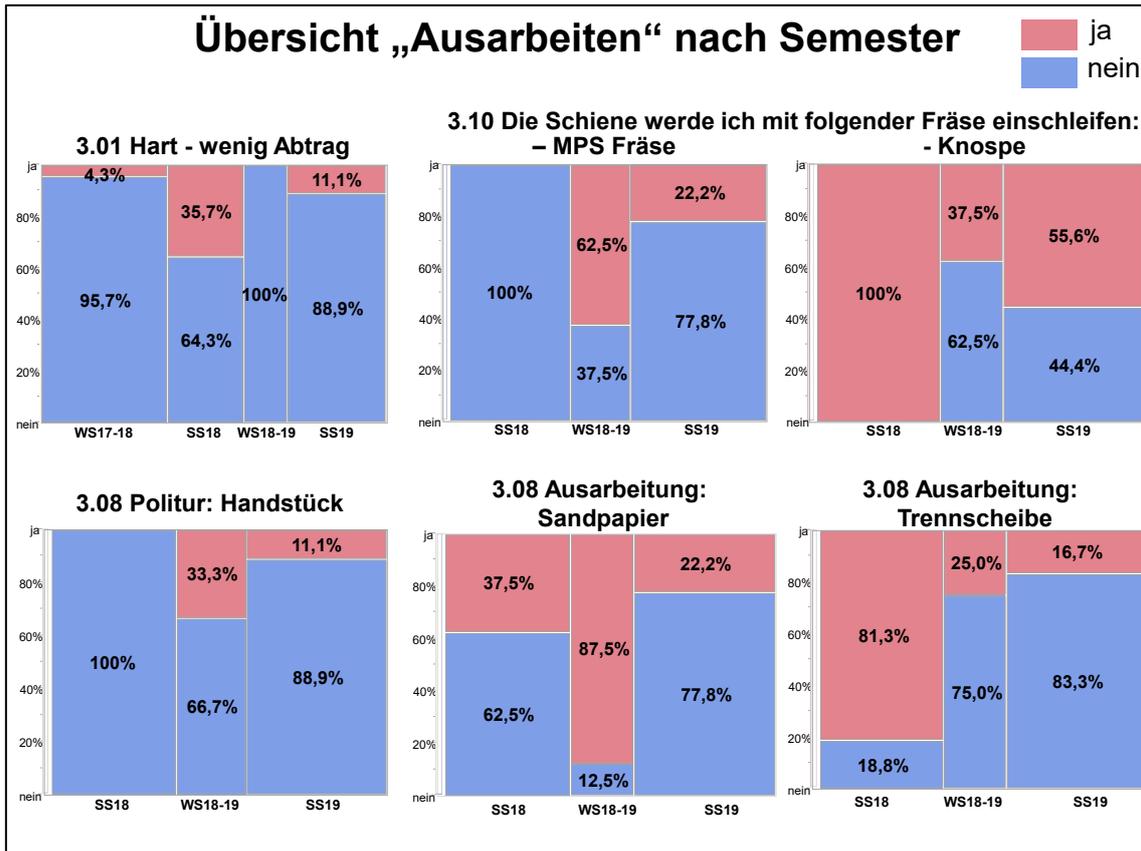


Abbildung 55: Übersicht der Antworten mit unterschiedlichem Antwortverhalten zur Ausarbeitung der Schiene

Kacheldiagramm über die Rückmeldung der Teilnehmer über die Instrumente für die Bearbeitung der additiv gefertigten Aufbissschiene in Projektion der Semester auf die X-Achse: Semester. Y-Achse: Angabe der Antwort mit Ja/Nein in Prozent der Gesamtrückmeldung.

Die Bewertung des Endergebnisses der eingesetzten Schiene variierte ebenfalls zwischen den Semestergruppen. Auf die Frage der initialen Passung und ob diese bei Nichtpassung korrigiert werden konnte, gaben die Teilnehmer im SoSe 2019 den größten Anteil der Schienen (84,6%) als initial passend (Korrektur nicht notwendig) an. Die Teilnehmer des WS 2018/2019 gaben 87,5% der Schienen als passend ohne Korrekturbedarf an, während die restlichen Schienen (12,5%) als nicht korrigierbar angegeben wurden. Das WS 2017/2018 gab als einziges Semester alle Schienen als einsetzbar, sowohl ohne notwendige Korrektur (47,4%) als auch mit Korrektur (52,6%), an (Abbildung 56).

Die durch den aktiven Tandempartner dokumentierte Spannung der Schiene beim Einsetzen verringerte sich im gesamten Beobachtungsverlauf von 72,7% (WS 2017/2018) auf 26,7% (SoSe 2019). Die durch den passiven Tandempartner

dokumentierte Spannung der Schiene beim Tragen nahm im Beobachtungszeitraum der Studie von 70,6% (WS 2017/2018) auf 14,3% im WS 2018/2019 ab, wobei es im SoSe 2019 (30,7%) zu einer leichten Zunahme des Spannungsgefühls kam (Abbildung 56).

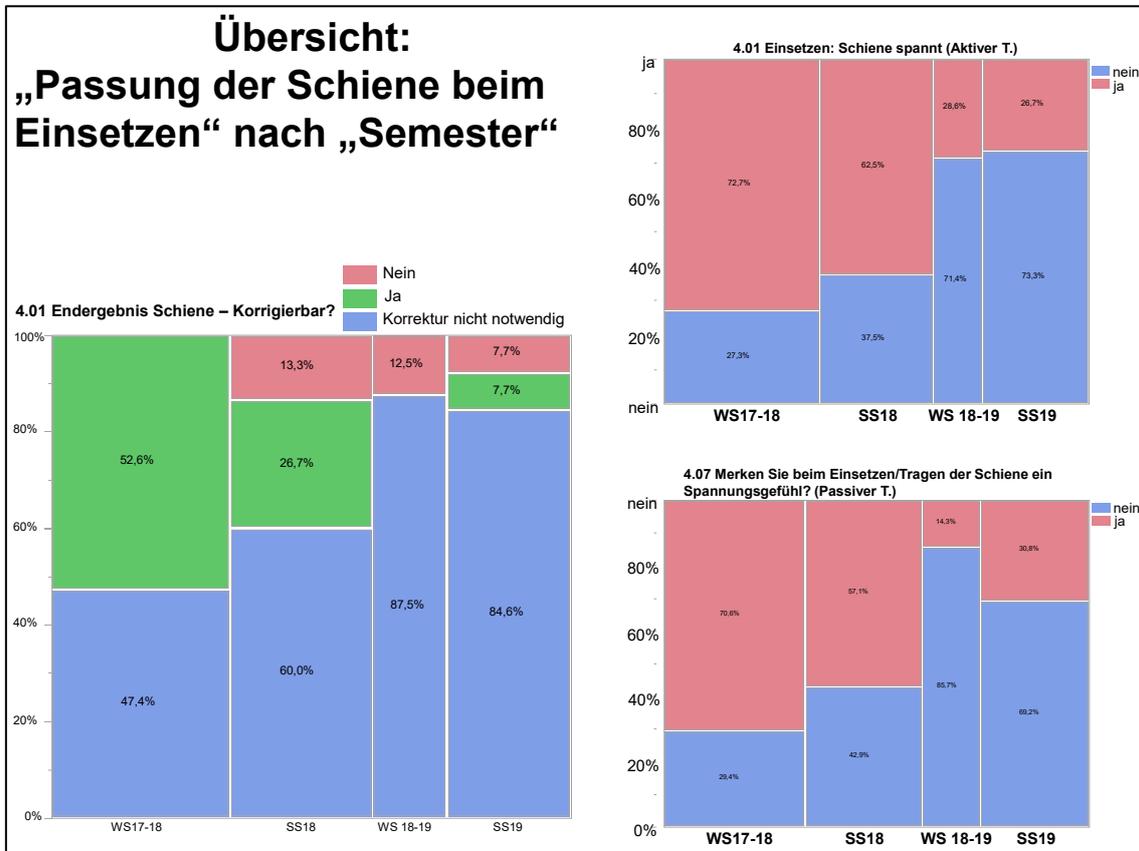


Abbildung 56: Übersicht Passung der Schiene beim Einsetzen (4. Sitzung) nach Semester.
 Kacheldiagramm über die Rückmeldung der Teilnehmer über die Passung der Schiene in Projektion der Semester auf die X-Achse: Semester Y-Achse: Anzahl der Antworten in % aller Angaben.
 Links: Endergebnis der Schiene beim Einsetzen – keine Korrektur notwendig – Endergebnis passend nach Korrektur (Korrigierbar) – Endergebnis nicht passend trotz Korrektur (nicht korrigierbar)
 Rechts oben: Spannung der Schiene (ja/nein) dokumentiert durch aktiven Tandempartner beim Einsetzen der Schiene
 Rechts unten: Spannung der Schiene (ja/nein) dokumentiert durch passiven Tandempartner beim Einsetzen/Tragen der Schiene

3.5.3. Untersuchung auf Zusammenhänge zwischen Variablen

Die Folgenden Ergebnisse können mit den vorhandenen Daten nicht immer einer logischen oder nachvollziehbaren Begründung zugrunde gelegt werden und stellen teilweise aufgrund geringer Datenmenge eine fragliche Aussagekraft der statistischen Methoden dar, werden aber aufgrund der Möglichkeit der Darstellung möglicher Tendenzen unter Bedacht der eingeschränkten Aussagekraft dennoch dargestellt.

Teilnehmer, die Angaben den Mund während dem Intraoralscan sehr weit öffnen zu müssen (höhere VAS-Wert), gaben im Verhältnis häufiger an, die Schiene nach dem Einsetzen nicht weiterhin tragen zu wollen ($p=0,0003$) (Abbildung 57).

Hingegen zeigten hierzu Teilnehmer, die bereits Angaben eine Schiene zu tragen (Item 1.15), häufiger an die Schiene zur Prophylaxe auch weiterhin Tragen zu wollen (Item 4,12; Item 5.15; Item 6.15; Tabelle 46).

Tabelle 46: Vergleich zwischen Teilnehmern die bereits eine Schiene Tragen (Item 1.15) und Teilnehmern und der Angabe, ob die neu hergestellte Schiene nach dem Einsetzen und den Nachkontrollen weiterhin getragen wird (Item 4.12; 5.15; 6.15)

Angabe der Anzahl der Rückmeldungen auf die Fragen 4.12; 5.15 und 6.15 mit Angabe der gesamten Rückmeldungen (N) und der jeweiligen Anzahl der Rückmeldungen der Teilnehmer, die bereits eine Schiene getragen haben oder keine Schiene getragen haben.

1.15 Tragen Sie bereits eine Schiene / haben Sie in der Vergangenheit eine Schiene getragen?	N	4.12 Ich möchte die Schiene zur Prophylaxe auch weiterhin tragen:		5.15 Schiene weiterhin tragen		6.15 Schiene weiterhin tragen	
		ja	nein	ja	nein	ja	nein
<i>ja</i>	41	16	11	4	2	5	1
<i>nein</i>	25	5	9	2	4	1	1

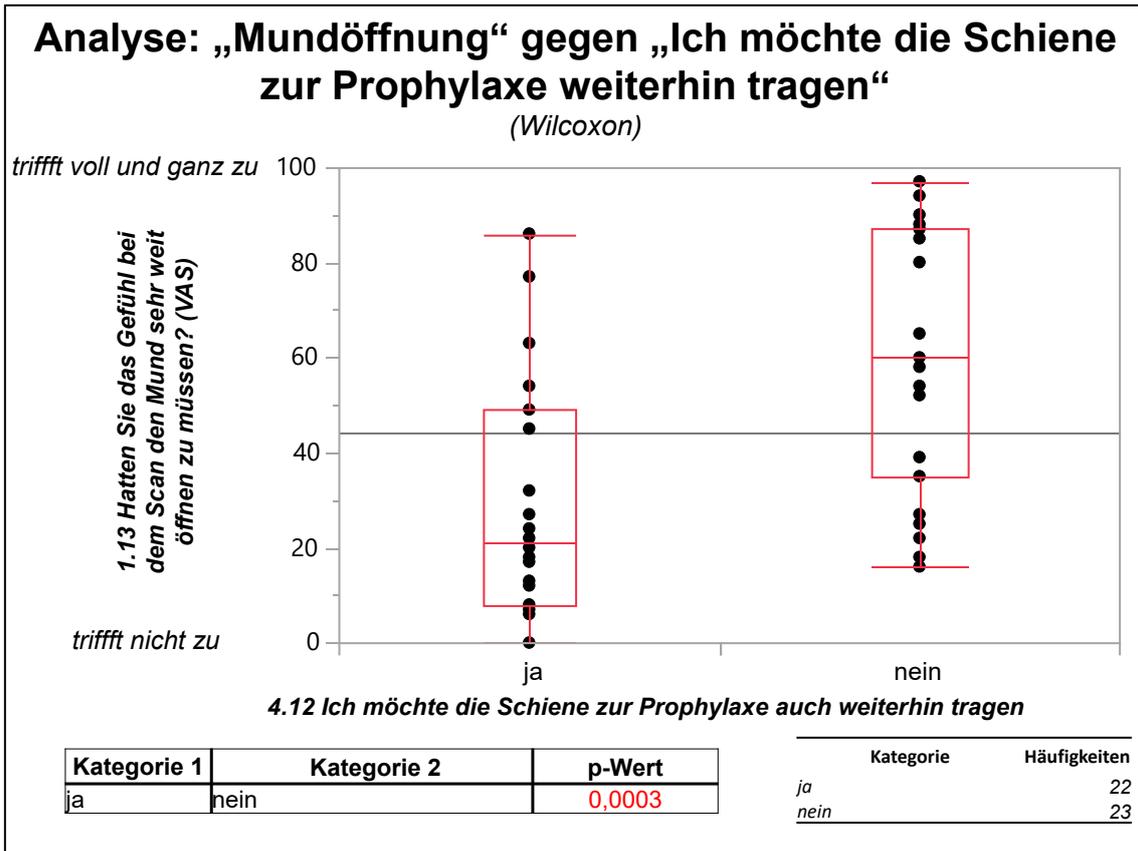


Abbildung 57: Analyse der VAS zur Mundöffnung zur Angabe, dass die Schiene zur Prophylaxe weiterhin getragen werden möchte

Varianzanalyse mittels Wilcoxon-Test ($p=0,0003$) über die Frage, ob das Gefühl bestand den Mund während des Scans weit öffnen zu müssen zwischen den Teilnehmern welche Angaben die Schiene weiterhin Tragen zu möchten in Projektion auf die X-Achse: Beantwortung der Frage 4.12 „Ich möchte die Schiene zur Prophylaxe auch weiterhin tragen“. Y-Achse: Übertrag der VAS- Angabe der Frage 1.13 „Hatten Sie das Gefühl bei dem Scan den Mund sehr weit öffnen zu müssen?“;

Die Analyse der real gemessenen Zeit des Schienendesigns auf die Frage „Haben Sie schon mal mit CAD-Designer gearbeitet“ zeigt einen statistischen Unterschied in der Angabe der benötigten Zeit. Die Studierenden, die Angaben bereits mit einem CAD-Designer gearbeitet zu haben, benötigten im Schnitt weniger Zeit (MW: 1h 22min), als die Studierenden, die Angaben zuvor noch nicht mit einem CAD-Designer gearbeitet zu haben (MW: 2h 28min). Einige Studierende ohne Erfahrung mit einem CAD-Designer gaben jedoch auch eine vergleichbare Dauer des Schienendesigns an, wie die Gruppe, die bereits mit einem CAD-Designer gearbeitet hatte.

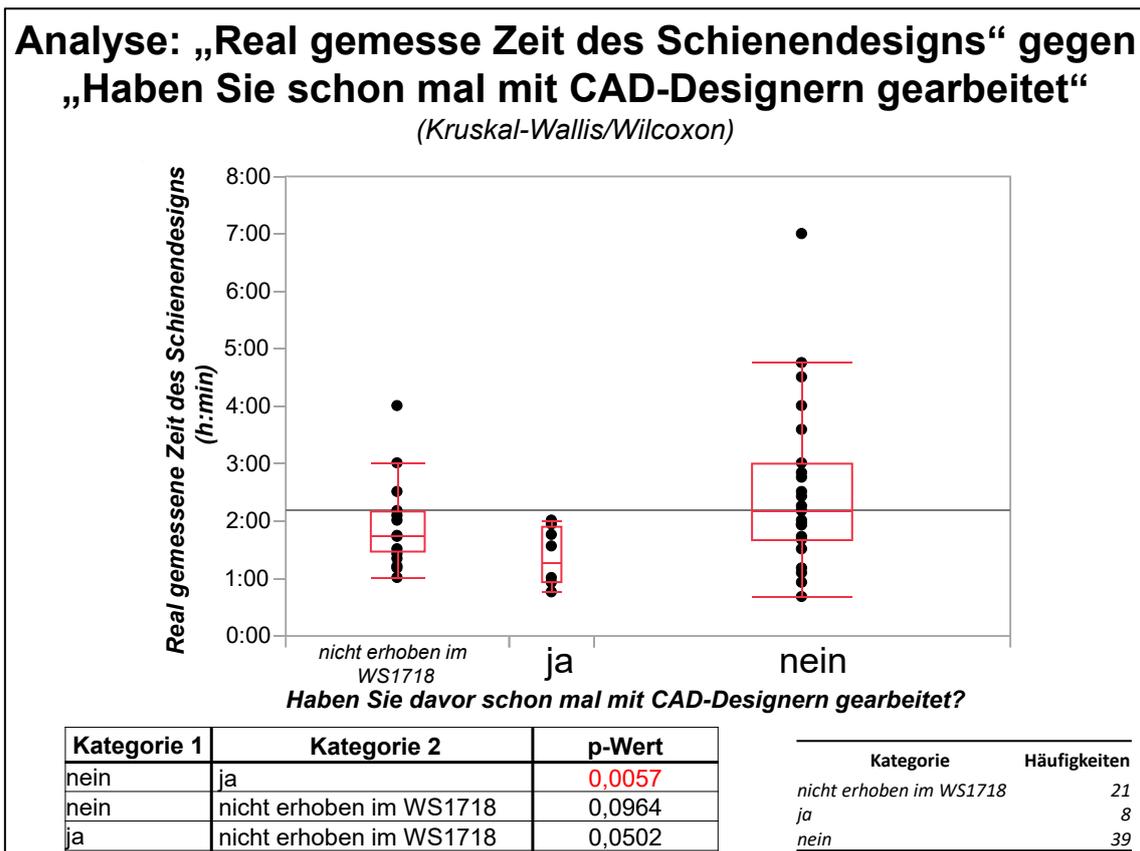


Abbildung 58: Analyse der „Real gemessenen Zeit des Schienendesigns“ gegen die Angabe „Haben Sie schon mal mit CAD-Designer gearbeitet“

Varianz-Analyse mittels Kruskal-Wallis-Test ($p < 0,0216$) zwischen Rückmeldungen der Teilnehmer zur Erfahrung mit CAD-Designern in Projektion auf die X-Achse und der Angabe der Zeitdauer für das Schienendesign auf die Y-Achse: Zeitangabe in h:min mit Überlagerung von Boxplots. Häufigkeit: nicht erhoben im WS 2017/2018: 21; Ja: 8; Nein: 39. Nichtparametrischer Vergleich aller Paare mittels Wilcoxon-Analyse. Im WS 2017/2018 wurde die Frage nach „Erfahrung mit CAD-Designer“ noch nicht erhoben.

Die Analyse der benötigten Zeit für die Dauer des Intraoralscans, auf die Frage „Haben Sie schon mal mit CAD-Designer gearbeitet“ zeigte ebenfalls einen statistisch signifikanten Unterschied. Die Teilnehmer, die bereits mit einem CAD-Designer gearbeitet hatten benötigten um Durchschnitt weniger Zeit für die Durchführung des Intraoralscans (MW: 9min 05 sek) als die Studierenden, die noch nicht mit einem CAD-Designer gearbeitet hatten (MW: 18min 44sek) oder das WS 2017/2018 (MW 15min 18 sek) wo die Frage nach Erfahrung mit CAD-Designern noch nicht erhoben wurde.

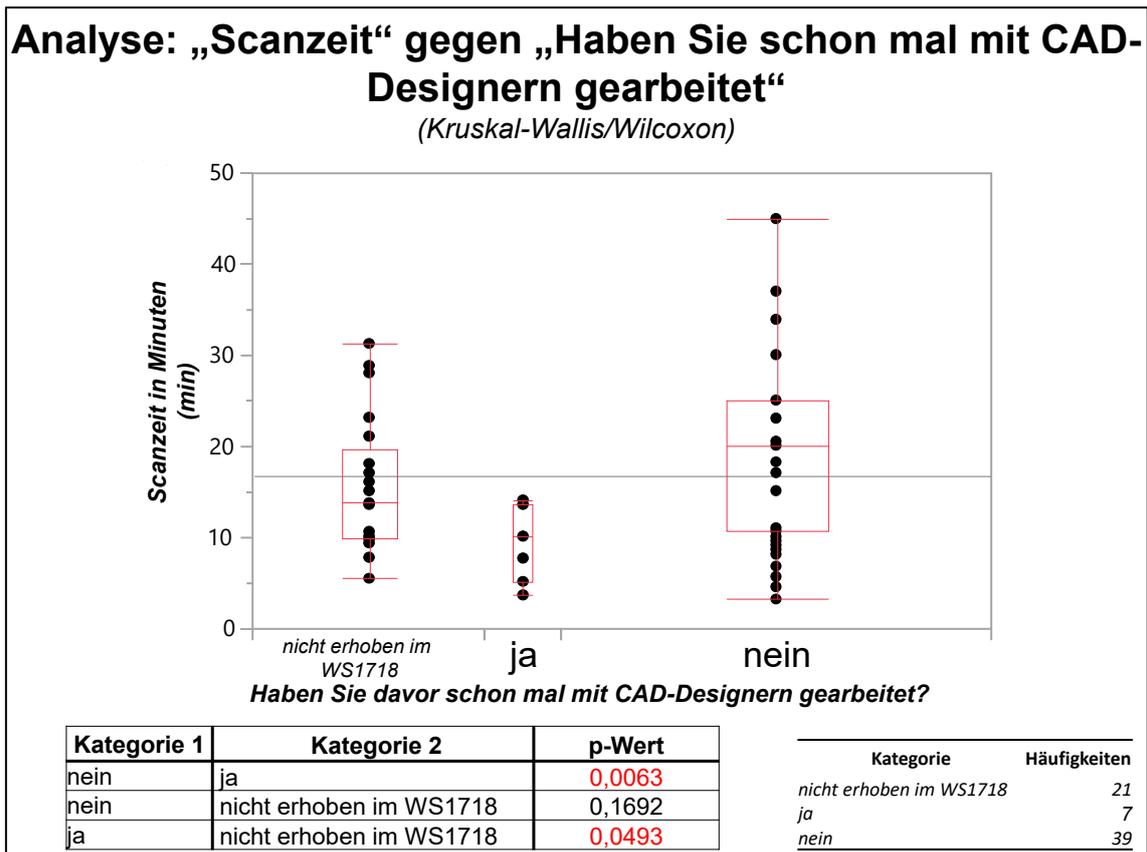


Abbildung 59: Analyse der „Scanzeit“ gegen die Angabe „Haben Sie schon mal mit CAD-Designer gearbeitet“

Varianz-Analyse mittels Kruskal-Wallis-Test ($p < 0,0216$) zwischen Rückmeldungen der Teilnehmer zur Erfahrung mit CAD-Designern in Projektion auf die X-Achse und der Angabe der Dauer für den Intraoralscan in Projektion auf die Y-Achse: Zeitangabe in min mit Überlagerung von Boxplots. Häufigkeit: nicht erhoben im WS 2017/2018: 21; Ja: 7; Nein: 39. Nichtparametrischer Vergleich aller Paare mittels Wilcoxon-Analyse. Im WS 2017/2018 wurde die Frage nach „Erfahrung mit CAD-Designer“ noch nicht erhoben.

Die Untersuchung der Scanzeit und Wahrnehmung der Handhabung des Scanners zeigt in der einfachen linearen Regression mit einem recht geringen Bestimmtheitsmaß ($r^2=0,0791$) bei Zunahme der Scandauer eine Bewertung der Handhabung des Scanners als eher schwierig (Abbildung 60).

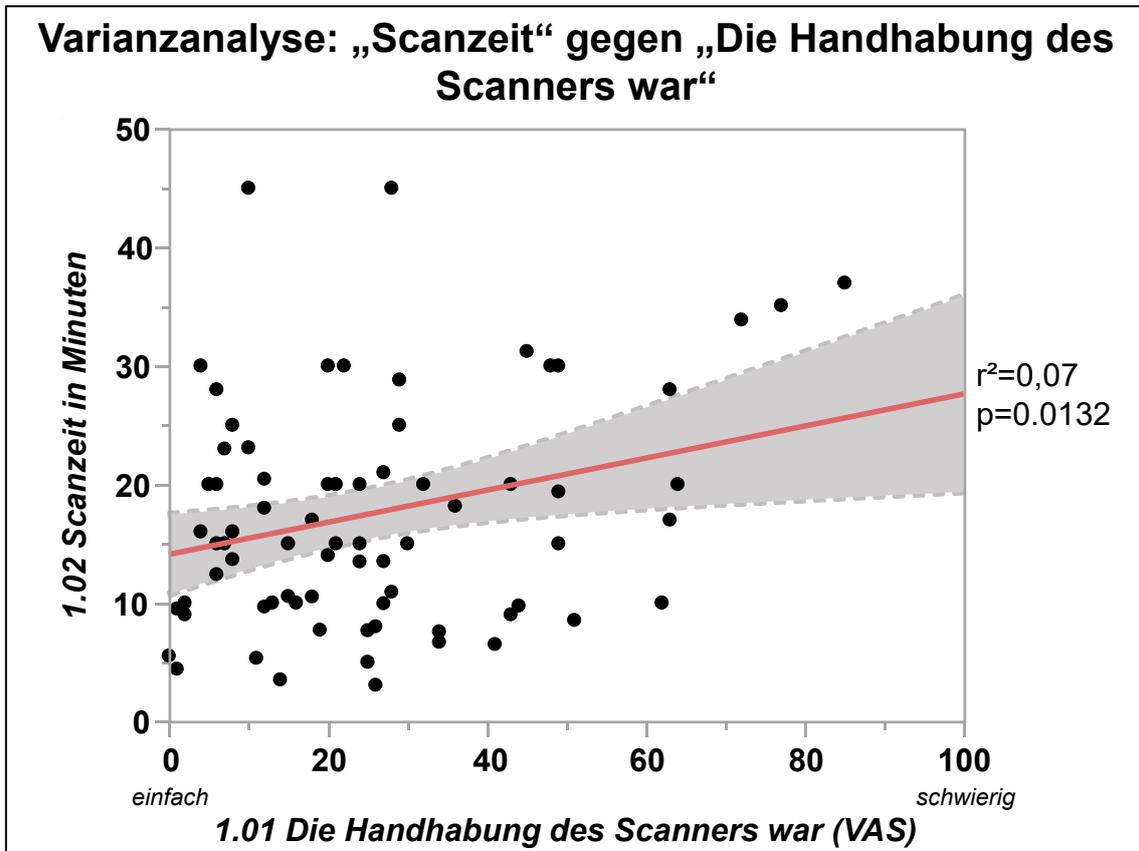


Abbildung 60: Varianzanalyse der Scanzeit gegen die empfundene Handhabung des Intraoralscanners

Varianzanalyse der VAS-Werte der Teilnehmer über die Handhabung des Intraoralscanners (einfach-schwierig) in Projektion auf die X-Achse zur angegebenen Dauer des Intraoralscans in Projektion auf die Y-Achse. X-Achse: VAS der Frage „Die Handhabung des Scanners war“ (0=einfach; 100=schwierig)
Y-Achse: Scanzeit in Minuten Rote Achse: Lineare Anpassung. r^2 : Größe des Zusammenhangs. $r^2=0$: kein Zusammenhang; $r=1$: exakter Zusammenhang. p -Wert aus der Varianzanalyse

Die Datenanalyse im Hinblick auf das angegebene bevorzugte Abformverfahrens (Intraoral Scan, konventionelle Abformung, beide gleich) ergab in der Wilcoxon-Analyse Unterschiede zwischen der Bevorzugung des Intraoralscans oder der konventionellen Abformung. Teilnehmer, die den Intraoralscan als bevorzugtes Verfahren angaben, bewerteten hierbei im Vergleich zu Teilnehmern mit Präferenz der konventionellen Abformung, auch den empfundenen zeitlichen Umfang des Scans als zügiger an ($p = 0,0503$) (Abbildung 61).

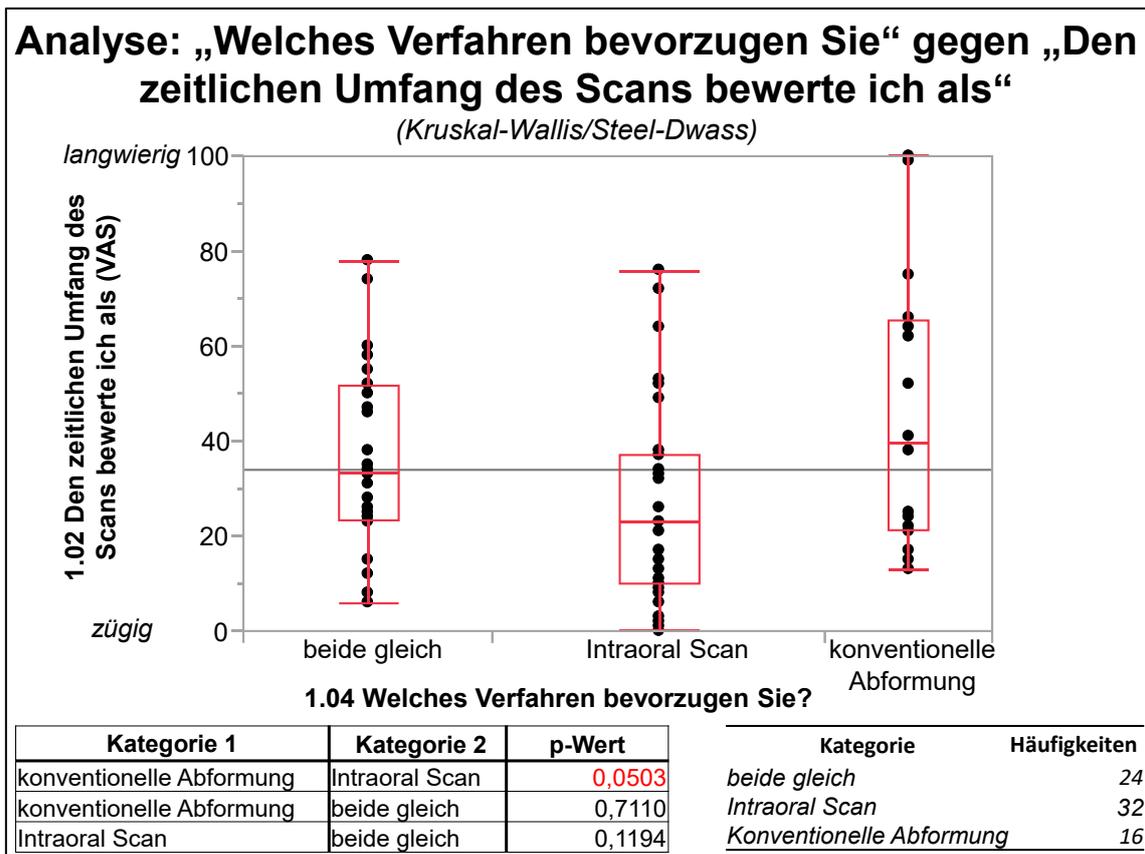


Abbildung 61: Analyse der Bewertung des zeitlichen Umfang des Intraoralscans gegen das bevorzugte Abformverfahren

Varianz-Analyse mittels Kruskal-Wallis-Test ($p < 0,0284$) zwischen dem Bevorzugten Abformverfahren der Teilnehmer in Projektion auf die X-Achse und der VAS-Werte über die Beurteilung der Dauer des Intraoralscans in Projektion auf die Y-Achse. Nichtparametrischer Vergleich aller Paare mittels Wilcoxon-Analyse. Y-Achse: Boxplot der VAS der Frage „Den zeitlichen Umfang des Scans bewerte ich als“ (0: zügig; 100: langwierig), Y-Achse: Angabe des bevorzugten Verfahrens (beide gleich – Intraoral Scan, konventionelle Abformung).

Interessant ist auch, dass die Analyse zeigt, dass Teilnehmer, die die konventionelle Abformung bevorzugten, den Arbeitsumfang die Aufbisschiene äquilibriert einzuschleifen geringer bewerteten als die Gruppen „Intraoral Scan“ ($p=0,0004$) oder „beide gleich“ ($p=0,0072$), wohin gegen sich die Einschätzung der Gruppen „Intraoral Scan“ und „beide gleich“ nicht voneinander unterschieden ($p=0,9279$) (Abbildung 62).

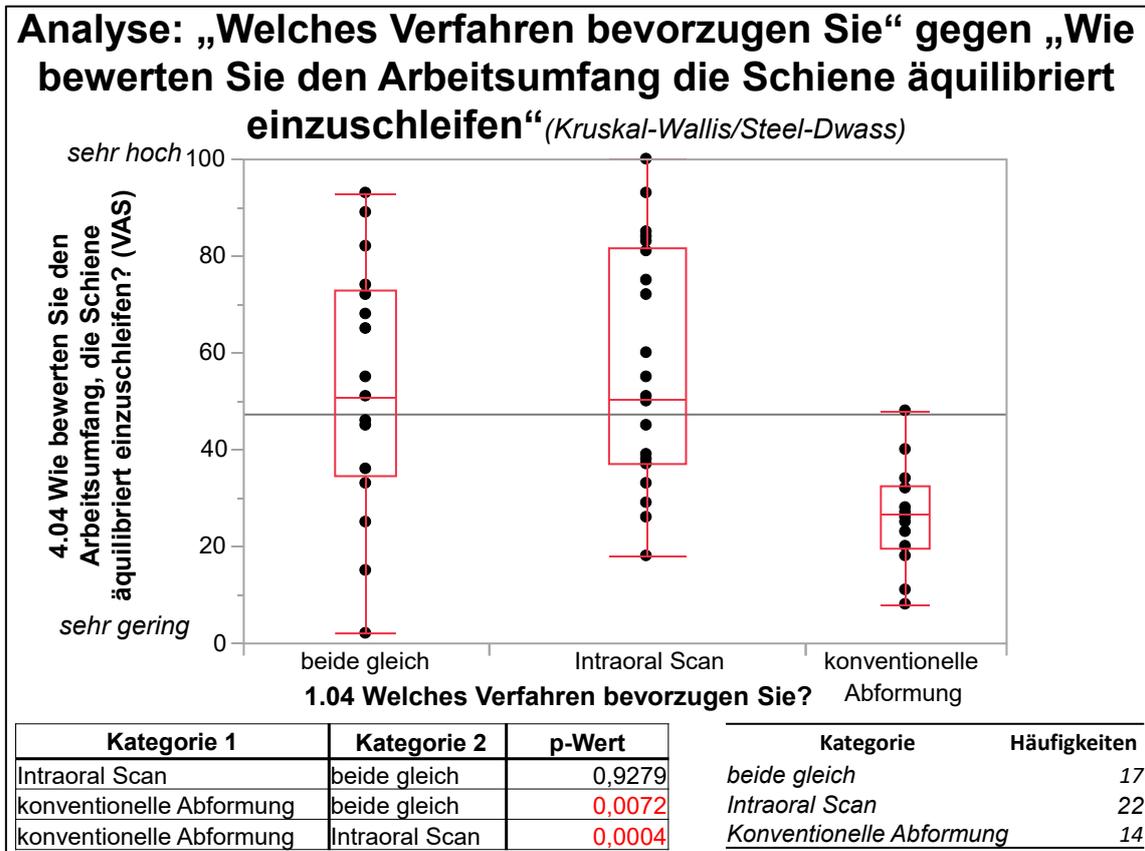


Abbildung 62: Analyse der Bewertung des Arbeitsumfanges zum äquilibrierten Einschleifen der Aufbisschiene gegen das bevorzugte Abformverfahren

Varianz-Analyse mittels Kruskal-Wallis-Test ($p<0,0004$) zwischen dem Bevorzugten Abformverfahren der Teilnehmer in Projektion auf die X-Achse und der VAS-Werte zur Beurteilung des Aufwands die Schiene äquilibriert einzuschleifen in Projektion auf die Y-Achse. Nichtparametrischer Vergleich aller Paare mittels Wilcoxon-Analyse. Y-Achse: Boxplot der VAS der Frage „Wie bewerten Sie den Arbeitsumfang die Schiene äquilibriert einzuschleifen“ (0: sehr gering; 100: sehr hoch), Y-Achse: Angabe des bevorzugten Verfahrens (beide gleich – Intraoral Scan, konventionelle Abformung).

Teilnehmer die die digitale Konstruktion der Aufbisschiene als „selbsterklärend“ empfanden, gaben auf die Frage der ausreichenden Vorbereitung für das Schienendesign (VAS 0: trifft voll und ganz zu – 100: trifft nicht zu) geringere Werte an als Teilnehmer, die das Schienendesign als herausfordernd ($p=0,0682$) oder schwierig ($p=0,0055$) angaben. Ebenfalls gaben Teilnehmer, die die Frage

nach benötigter Unterstützung beim Design mit „nein“ beantworteten, auf die Frage der ausreichenden Vorbereitung geringere Werte auf der VAS (0: trifft voll und ganz zu – 100: trifft nicht zu) an, als Teilnehmer die „etwas“ (p=0,0239) oder „viel“ (p=0,0101) „notwendige Unterstützung“ angaben (Abbildung 63).

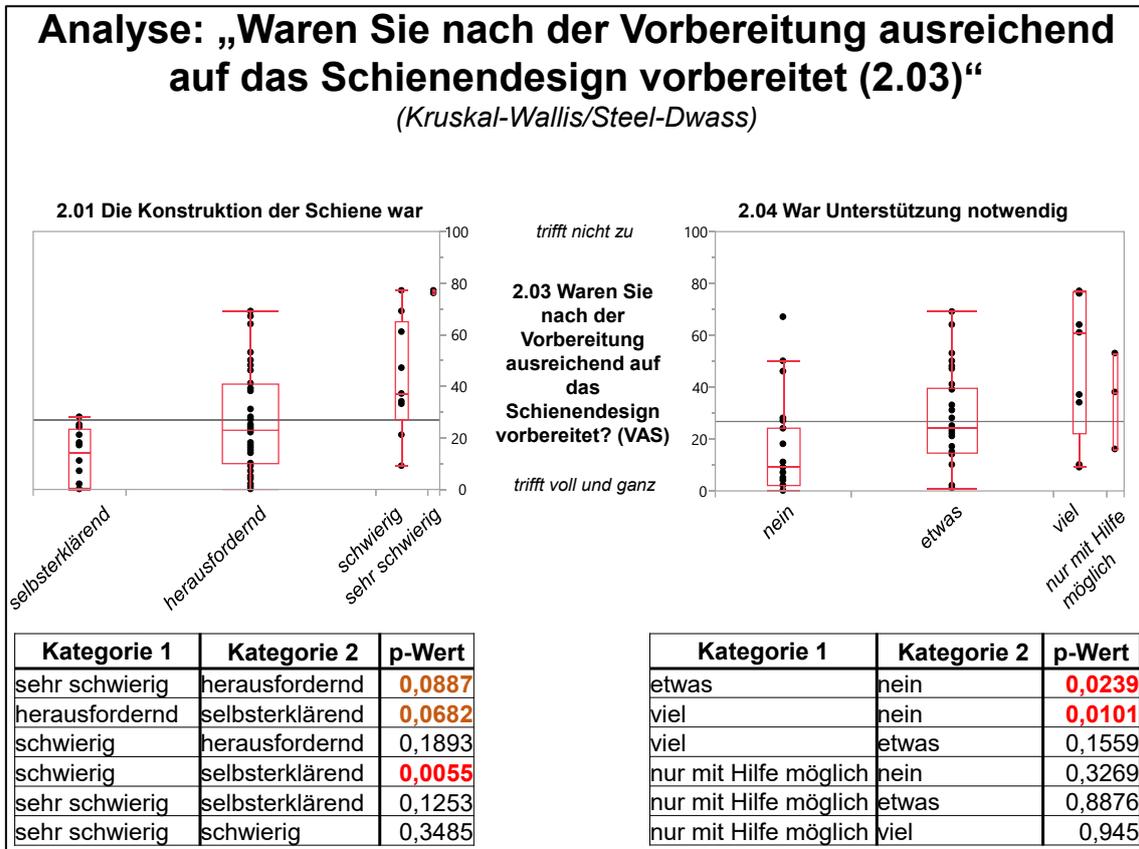


Abbildung 63 Analyse der Bewertung der Vorbereitung für das digitale Schienendesign gegen die Einschätzung zum Schwierigkeitsgrad und Unterstützung für das Design

Varianz-Analyse mittels Kruskal-Wallis-Test ($p < 0,0004$) der Teilnehmer über die Schwierigkeit (links) der Schienenkonstruktion und der benötigten Unterstützung während des Schienendesigns (rechts) in Projektion auf die X-Achse in Gegenüberstellung zur Beurteilung der Vorbereitung auf das digitale Schienendesign anhand der VAS-Werte in Projektion auf die Y-Achse. Nichtparametrischer Vergleich aller Paare mittels Wilcoxon-Analyse. Y-Achse: Boxplot der VAS der Frage „Waren Sie nach der Vorbereitung ausreichend auf das Schienendesign vorbereitet“ (0: trifft voll und ganz zu; 100: trifft nicht zu), Y-Achse: Fragen im Zusammenhang zum digitalen Schienendesign: links: „Die Konstruktion der Schiene war“ (selbsterklärend, herausfordern, schwierig, sehr schwierig, Y-Achse rechts „War Unterstützung notwendig“ (nein, etwas, viel, nur mit Hilfe möglich). Rot: Signifikanztest $\leq 0,05$. Orange: Signifikanztest $> 0,05 \leq 0,1$)

Der Vergleich der Angaben für das bevorzugte Verfahren zur Herstellung der Aufbisschiene, bei Wahl zwischen digitaler und analoger Methode, mit der Einschätzung des zeitlichen Umfangs des CAD der Aufbisschiene, zeigt eine Tendenz für einen Zusammenhang beider Variablen ($r^2=0,23$; $p<0,001$). Teilnehmer, die den zeitlichen Umfang als zügig bewertet haben, tendierten eher zum digitalen Verfahren, während Teilnehmer, die das CAD als langwierig empfunden haben, zum analogen Verfahren tendierten. Die Kombination der VAS-Extreme 0/0 oder 100/100 kommen nur bei den VAS-Werten 0/0 sowie 100/100 vor. Diese zeigten entweder eine zügige Einschätzung mit digitaler Präferenz (VAS=0|0) oder eine langwierige Einschätzung mit analoger Präferenz (VAS=100|100). Eine Ausprägung der VAS Werte mit digital und langwierig (VAS=0|100) bzw. entgegengesetzt analog und zügig (VAS=100|0) kam nicht vor. (Abbildung 64).

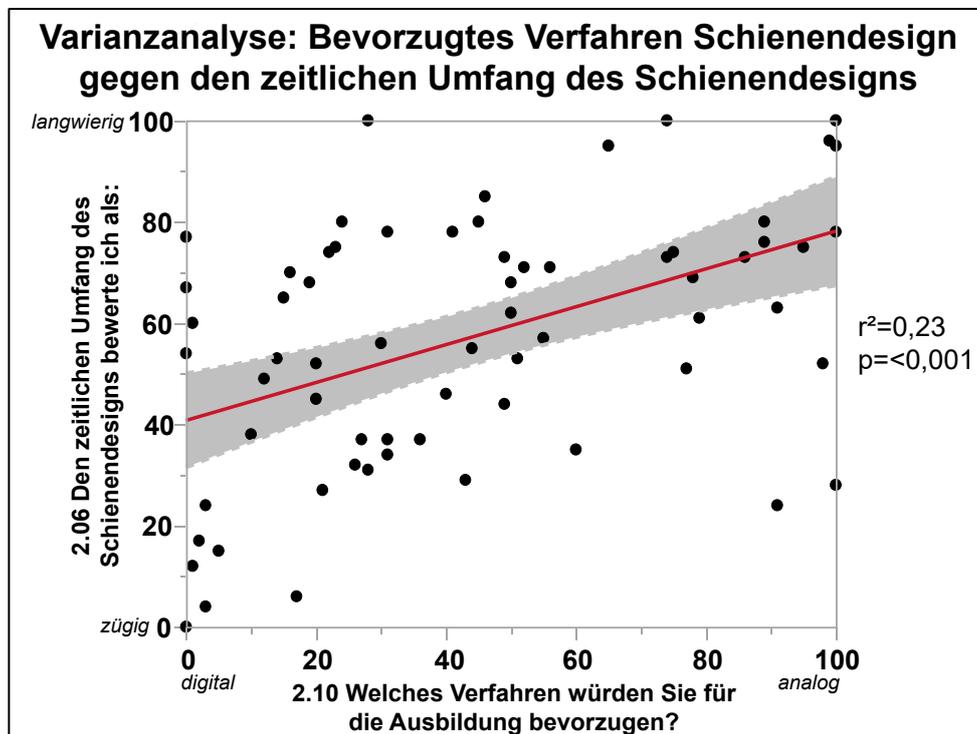


Abbildung 64 Varianzanalyse des bevorzugten Verfahrens für das digitale Schienendesign gegen den zeitlichen Umfang des digitalen Schienendesigns

Varianzanalyse der VAS-Werte der Teilnehmer über das bevorzugte Verfahren zur Herstellung der Aufbisschiene in Projektion auf die X-Achse in Gegenüberstellung der Bewertung des zeitlichen Umfangs des digitalen Schienendesigns in Projektion auf die Y-Achse. X-Achse: VAS der Frage „Welches Verfahren würden Sie für die Ausbildung bevorzugen“ (0=digital; 100=analog). Y-Achse: VAS der Frage „Den zeitlichen Umfang des Schienendesigns bewerte ich als.“ (0= zügig; 100= langwierig) $r^2=0$: kein Zusammenhang; $r=1$: exakter Zusammenhang. p -Wert aus der Varianzanalyse

Nach Gruppierung der Angaben auf der visuellen Analogskala zur Initialen Passung der Schiene in ein unteres, mittleres und oberes Drittel (VAS: ≤ 33 ; $>33 \leq 66$; >66) erfolgte ein Vergleich der Mittelwerte mithilfe des Kruskal-Wallis-Tests. Signifikante Unterschiede der Mittelwerte der VAS konnten bei den folgenden Fragen gefunden werden:

Die Bewertung der initialen Passung zeigte einen Zusammenhang mit der der Anzahl der statischen Okklusionskontakte vor dem Einschleifen: Teilnehmer, die die Initiale Passung im oberen Drittel der VAS bewerteten, und somit schlechter, gaben auch eine geringere Anzahl an initialen Okklusionskontakten an (MW: 5,3), als Teilnehmer, die die initiale Passung im mittleren Bereich der VAS bewerteten (MW: 9,7; $p= 0,0342$) (Abbildung 65).

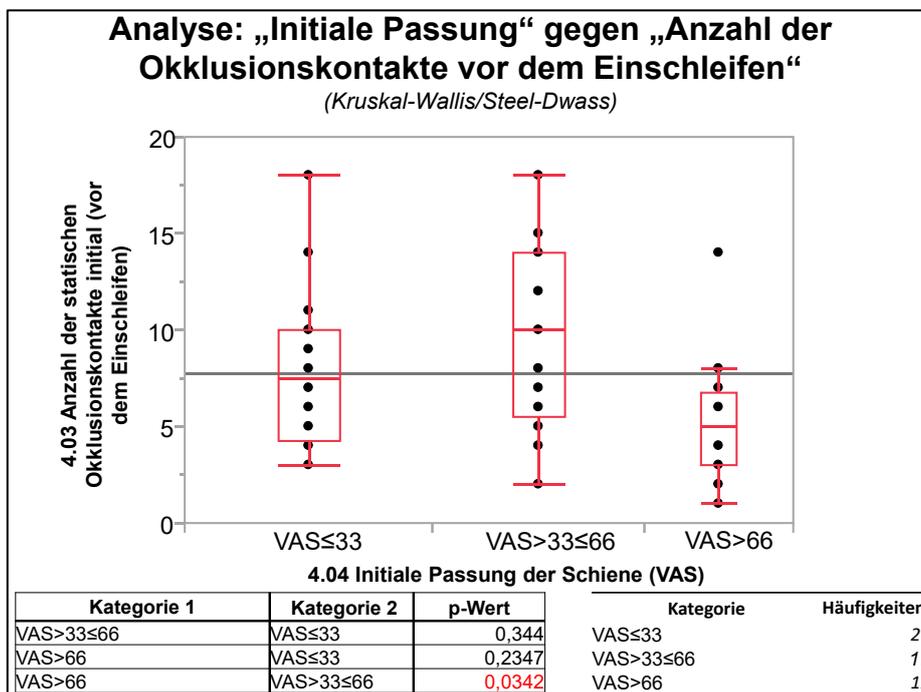


Abbildung 65 Analyse der initialen statischen Okklusionskontakte gegen die der Initialen Passung der Schiene (gruppiert)

Varianz-Analyse mittels Kruskal-Wallis-Test ($p < 0,0294$) zwischen der VAS-Rückmeldung zur Passung der Schiene, gruppiert in ein oberes, mittleres und unteres Drittel in Projektion auf die X-Achse zur Anzahl der initialen statischen Okklusionskontakte auf der Aufbisschiene in Projektion auf die Y-Achse. Nichtparametrischer Vergleich aller Paare mittels Wilcoxon-Analyse. Boxplot der Anzahl statischer Okklusionskontakte initial (vor dem Einschleifen), Y-Achse: Gruppierung der VAS der „Initialen Passung der Schiene“ in ein unteres, mittleres und oberes Drittel (0: sehr gut; 100: sehr schlecht). Rot: Signifikanztest $p < 0,05$).

Teilnehmer, die die initiale Passung der Schiene auf der VAS mit einem Wert ≤ 33 bewerteten, gaben auch in der Bewertung der Dauer des Schienendesign signifikant geringere Mittelwerte (MW:43) an als Teilnehmer, die die initiale Passung der Schiene mit einem Wert $>33 \leq 66$ (MW:65 $p=0,0363$) oder Wert >66 (MW:70 $p=0,0113$) bewerteten (Abbildung 66).

Der Arbeitsumfang zum äquilibrirten Einschleifen der Schiene wurde von Teilnehmern, die die initiale Passung auf der VAS ≤ 33 angaben, geringer bewertet (MW: 36) als von Teilnehmern die die initiale Passung auf der VAS >66 angaben (MW: 65 $p=0,0037$). Die Bewertung des Endergebnisses nach dem Einsetzen der Schiene korrelierte ebenfalls mit der initialen Passung der Schiene. Teilnehmer, die die initiale Passung zu Beginn bereits mit einem Wert ≤ 33 angaben, bewerteten auch das Endergebnis besser (MW: 23) als Teilnehmer, die bereits bei der initialen Passung der Schiene einen VAS >66 angaben (MW: 43 $p=0,0026$) (Abbildung 66).

Die initiale Passung der Schiene, dokumentiert durch den aktiven Tandempartner, zeigte weiterhin statistisch signifikanten Einfluss auf das empfundene Spannungsgefühl beim Einsetzen der Schiene durch den passiven Tandempartner. Wurde durch den aktiven Tandempartner die initiale Passung mit einem VAS >66 dokumentiert, gaben die passiven Tandempartner höhere Werte auf der VAS für das Spannungsgefühl (MW:60) beim Einsetzen an.

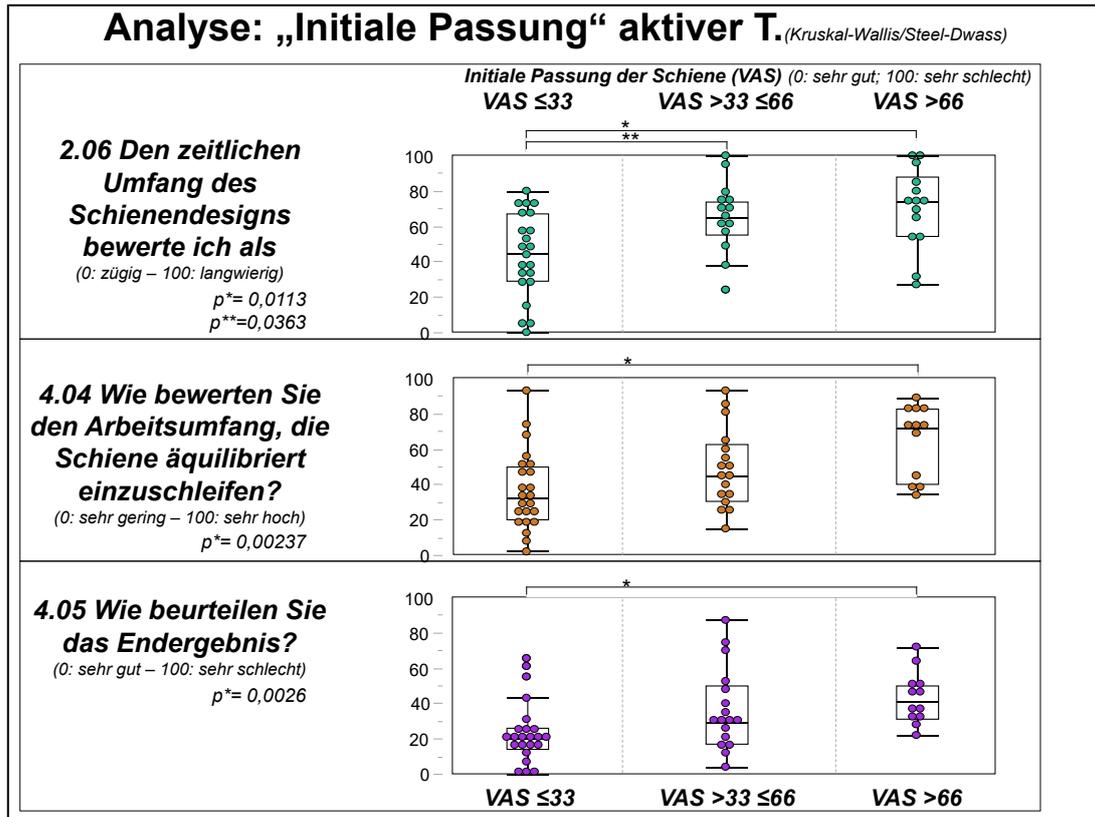


Abbildung 66 Analyse der Initialen Passung der Schiene aktiver T. (Item 4.01)

Analyse nach Kruskal-Wallis/Steel-Dwass der Rückmeldung der Teilnehmer (aktiver Tandempartner) zur VAS-Bewertung der initialen Passung der Aufbisssschiene anhand einer Gruppierung in ein unteres, mittleres und oberes Drittel der VAS in Projektion auf die X-Achse gegenüber der VAS-Rückmeldung zur Bewertung des zeitlichen Umfangs des Schienendesigns, Bewertung des Aufwands zum äquilibrierten einschleifen und Beurteilung des Endergebnisses in Projektion auf die Y-Achse. X-Achse: Aufteilung der VAS für die Initiale Passung in die 3 Bereiche $VAS \leq 33$; $VAS > 33 \leq 66$ und $VAS > 66$. (---*---) Angabe der Signifikanz zwischen den Gruppen. Y-Achse: Boxplot der VAS der Fragen (0-100)

Teilnehmer mit Werten der initialen Passung auf der $VAS > 33 \leq 66$ (MW: 22; $p = 0,00247$) oder $VAS \leq 33$ (MW: 13; $p = 0,001$) gaben ein geringeres Spannungsgefühl an (Abbildung 67). Ebenfalls gaben Teilnehmer, bei denen die initiale Passung der Schiene auf der $VAS > 66$ dokumentiert wurde, auch nach der Anpassung ein unangenehmeres Tragegefühl, ohne Beachtung der Okklusion, an (MW: 59) als Teilnehmer, bei denen bereits bei der initialen Passung die Bewertung im mittleren Bereich der VAS ($> 33 \leq 66$: MW: 36; $p = 0,0442$) oder unteren Bereich (≤ 33 : MW: 30; $p = 0,0050$) lag (Abbildung 67). Auch die abschließende Beurteilung des Tragegefühls der Schiene nach dem Einsetzen, korrespondierte mit der initialen Passung. Schienen deren initiale Passung mit einem Wert > 66 (MW: 62) auf der VAS bewertet wurden, zeigten im Vergleich zur Gruppe mit einer Passung im mittleren Bereich (MW: 31; $p = 0,0094$) oder unterem Drittel (MW: 34; $p = 0,0199$) auch nach der Anpassung ein unangenehmeres Tragegefühl. Schienen mit einer Bewertung der

initialen Passung im mittleren oder unteren Bereich der VAS, zeigten zueinander keine signifikanten Unterschiede im Tragegefühl (Abbildung 67).

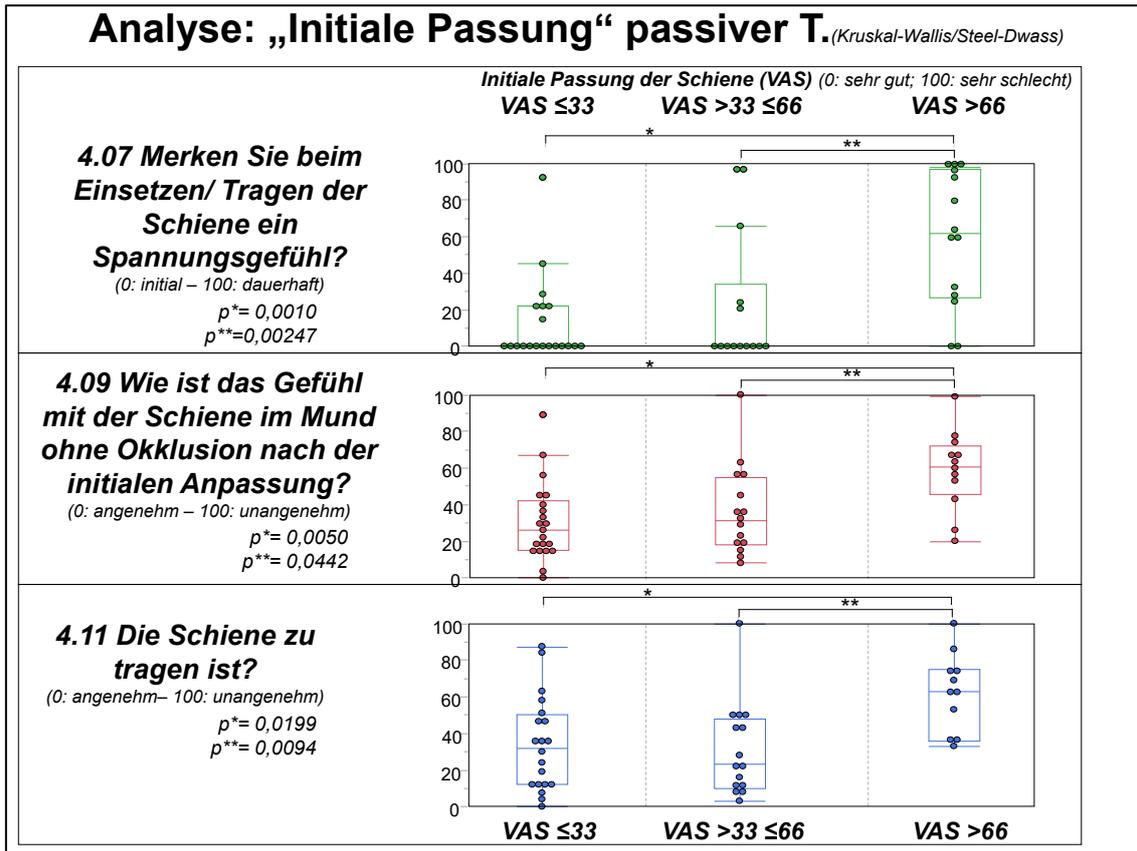


Abbildung 67: Analyse der Initialen Passung der Schiene passiver T. (Item 4.01)

Analyse nach Kruskal-Wallis/Steel-Dwass der Rückmeldung der Teilnehmer (passiver Tandempartner) zur VAS-Bewertung der initialen Passung der Aufbisschiene durch den aktiven Tandempartner anhand einer Gruppierung in ein unteres, mittleres und oberes Drittel der VAS in Projektion auf die X-Achse gegenüber der VAS-Rückmeldung zur Bewertung eines Spannungsgefühl und der Beurteilung des Tragegefühls der Aufbisschiene (mit und ohne Beurteilung der Okklusion) durch den passiven Tandempartner in Projektion auf die Y-Achse. X-Achse: Aufteilung der VAS für die Initiale Passung in die 3 Bereiche VAS≤33; VAS>33≤66 und VAS>66 (aktiver T.). (-----) Angabe der Signifikanz zwischen den Gruppen. Y-Achse: Boxplot der VAS der Fragen (0-100) (passiver T.)

Bei Teilnehmer, welche die Frage nach dem Tragen einer Aufbissschiene (Item 1.15) bejahten, und somit Anzeichen auf Bruxismus oder Myopathische Beschwerden andeuteten, zeigten in der Nachkontrolle der Aufbissschiene im Vergleich anteilig leicht vermehrt Schienen, welche sich nicht in klinisch akzeptablen Zuständen befanden (Item 5.01 & 6.01; Tabelle 47).

Tabelle 47: Anzahl von Schienendefekten in der Nachsorge nach Teilnehmern die bereits zuvor eine Schiene getragen haben

Kreuztabelle mit Anzahl der Schienen, welche in der Nachsorge sich in einem bzw. keinem klinisch einwandfreien Zustand befanden gegen die Frage, ob die Teilnehmer bereits in der Vergangenheit eine Schiene getragen haben.

<i>1.15 Tragen Sie bereits eine Schiene / haben Sie in der Vergangenheit eine Schiene getragen?</i>	<i>Befindet sich die Schiene in einem klinisch akzeptablen Zustand</i>			
	5.01 (1. Nachsorge)		6.01 (2. Nachsorge)	
	ja	nein	ja	nein
<i>ja</i>	3	2	6	1
<i>nein</i>	5	2	3	0

3.5.4. Zeitdauer zwischen dem Ausfüllen der Fragebögen Einsetzen – Nachkontrolle

Die Zeitdauer zwischen dem Ausfüllen der Fragebögen wurde anhand des eingetragenen Datums rekapituliert. Bei nur 9 Fragebögen konnte somit die Dauer zwischen dem Einsetzen und der 1. Nachkontrolle (aktiver und passiver T.) ermittelt werden, sowie bei je 7 Fragebögen die Dauer zwischen dem Einsetzen und der 2. Nachkontrolle (aktiver und passiver T.). Bei 4 Fragebögen der aktiven T. konnte der Zeitpunkt zwischen der 1. Sowie der 2. Nachsorge ermittelt werden, bei den passiven T. war dies bei 5 Fragebögen möglich (Abbildung 68).

Tage zwischen dem Ausfüllen der Fragebögen

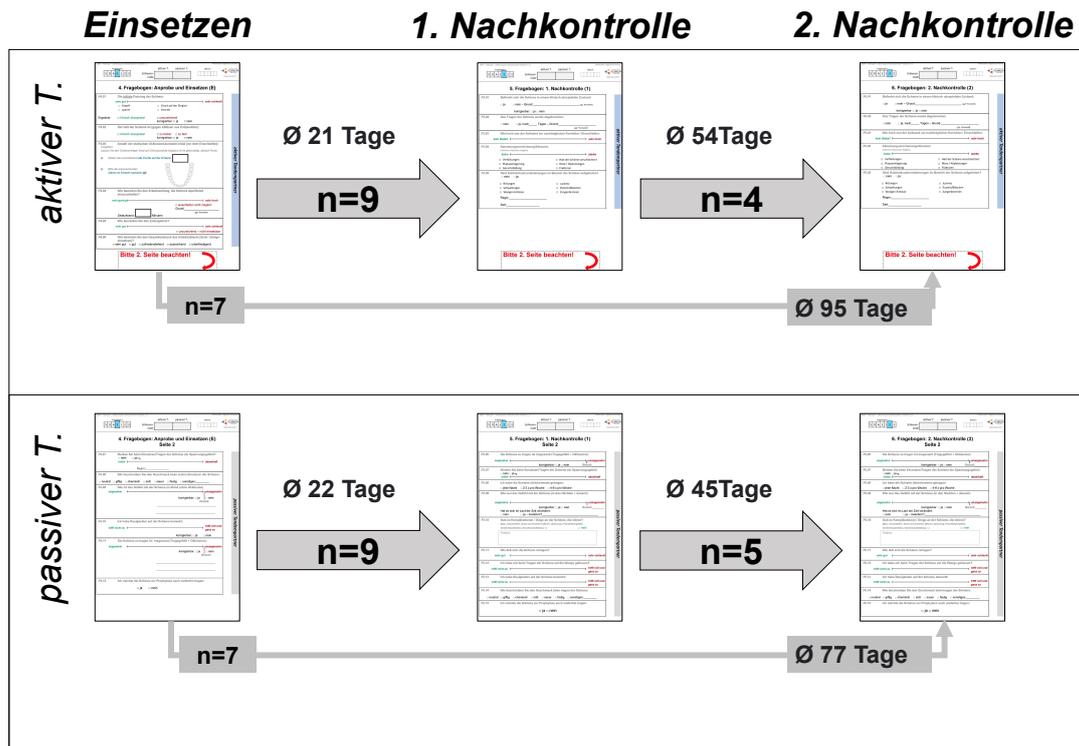


Abbildung 68: Tage zwischen Ausfüllen der Fragebögen „Einsetzen“ – „1. Nachkontrolle“ – „2. Nachkontrolle“

Anzahl der Fragebögen mit nachvollziehbarem Datumsabstand zwischen dem Ausfüllen der unterschiedlichen Fragebögen und Angabe der durchschnittlichen Zeitabstände zwischen dem Ausfüllen der Fragebögen der Nachkontrolle.

Die kürzeste Dauer zwischen dem Ausfüllen zweier Fragebögen betrug 0 Tage, die maximale Beobachtungszeit nach dem Einsetzen betrug 200 Tage (Tabelle 48). Im Schnitt betrug die Dauer zwischen dem Einsetzen und der 1. Nachkontrolle 21 Tage und zwischen der 1. und 2. Nachkontrolle 49 Tage.

Tabelle 48: Tage zwischen Ausfüllen der Fragebögen „Einsetzen“ – „1. Nachkontrolle“ – „2. Nachkontrolle“

Angabe der Anzahl der Fragebögen (N), Mittelwert, Median, Minimalwert und Maximalwert in Tagen

<i>Datumsabstand zwischen Fragebogen</i>	<i>N</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Median</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
<i>Aktiver T.: Einsetzen -> 1. Nachkontrolle</i>	9	20,67	6	0	126
<i>Passiver T.: Einsetzen -> 1. Nachkontrolle</i>	9	21,89	7	0	126
<i>Aktiver T.: Einsetzen -> 2. Nachkontrolle</i>	7	95,43	41	0	200
<i>Passiver T.: Einsetzen -> 2. Nachkontrolle</i>	7	77,43	41	0	200
<i>Aktiver T.: 1. Nachkontrolle -> 2. Nachkontrolle</i>	4	54,25	10,5	0	196
<i>Passiver T.: 1. Nachkontrolle -> 2. Nachkontrolle</i>	5	44,80	10	0	196

4. Diskussion

4.1. Reflexion der eingesetzten Methoden

4.1.1. Datenerhebung und Fragebogendesign

Zum Zeitpunkt der Konzeptionierung dieser Studie (Jahr 2017), wie auch zum Zeitpunkt der Verfassung dieser Schrift stellt die volldigitale Herstellung von Aufbissschienen mittels Intraoralscan und additiver CAM-Fertigung mittels 3D-Druck eine noch nicht flächendeckend etablierte Technik dar. Zur Untersuchung der Praxistauglichkeit und möglichen Integration dieses Arbeitsprozesses in die Lehre des Zahnmedizinstudiums erfolgte eine papiergebundene Fragebogen-Studie mit in dieser Technologie noch unerfahrenen Studierenden. Eine Alternative würde die direkte Auswertung der gewonnen Datensätze (Bsp.: 3D-Oberflächenvergleich) aus den einzelnen Arbeitsschritten (Intraoralscan, CAD, Ausarbeitung, Einsetzen) darstellen [7, 88]. Dies würde jedoch nur eingeschränkt die Praxistauglichkeit der gesamten Systemkette wiedergeben, da die Teilnehmer fortwährend unter Beobachtung stehen würden oder die erhebbaren Daten hierbei vorrangig sich auf messbare Nebenvariablen wie Dauer, Versuchsanzahl und Datenqualität beschränken würden. Subjektive, aber dennoch wichtige Erkenntnisse der Studierenden, würden nicht erfasst werden. Somit wäre mit diesem Ansatz eine Aussage zur gesamten Prozesskette und der möglichen Etablierung in der Lehre nur erschwert möglich, da persönliche Eindrücke der Teilnehmer nicht ohne weiteres gemessen werden könnten.

Da für diese Evaluierung kein standardisierter Fragebogen zur Verfügung stand, ist ein direkter Vergleich zu bereits vorhandenen Untersuchungen im Bereich der Ausbildung/ Lehre unter Einsatz von CAD/CAM nur eingeschränkt möglich [3, 7, 29, 40, 59, 77, 87, 88, 123, 128, 144, 149, 173, 175]. Standardisierte Fragebögen, wie beispielsweise der Fragebogen zur Erhebung der Belastung während Zahnersatzbehandlungen (The Burdens in Prosthetic Dentistry Questionnaire (BiPD-Q)) [124], erlauben auch studienübergreifend Vergleiche zu ziehen und sind im Einsatz zu bevorzugen, da Sie noch am ehesten sicherstellen, dass Fragen von allen Teilnehmern gleich gedeutet werden. Die Entwicklung eines solchen standardisierten Fragebogens setzt jedoch voraus, dass bereits bei der

Erstellung des Fragebogens bekannt ist, welche Fragen relevant sind und durch welche Fragestellung diese Ergebnisse eindeutig erhoben werden können [147]. Dies setzt somit ein großes Wissen zur Thematik und der Untersuchungsgruppe voraus, welches durch aussagekräftige Voruntersuchungen erhoben werden muss. Mit Rücksicht auf die Zeitläufe und begrenzte Probandenanzahl für eine solche Etablierung ist dieses Ansinnen zwar zielführend, jedoch praktisch nicht realisierbar resp. nach dem Abschluss der Untersuchung nur eingeschränkt anwendbar. Infolgedessen können die Ergebnisse der vorliegenden Studie auch helfen, wesentliche Items für weitere Prozessbewertungen in zahnärztlich-/technischen Workflows zu identifizieren.

Aufgrund der Evaluierung eines wie im vorliegenden Falle noch sich entwickelndem Workflows und somit wenigen vorhandenen Erkenntnissen, erfolgte die Konzeptionierung des Fragebogens anhand vorläufiger Erfahrungswerte, vorhergehenden Interviews und Erfahrungsaustausch mit Industriepartnern sowie Studierenden. Die Auswahl und Erstellung der Fragen erfolgte anhand der Forschungsfragen (s. Kapitel: 1.5.1, Seite: 22). Die Anzahl, sowie das Themengebiet der Fragen wurde hierbei etwas größer gefasst, da bei Fehlen von Fragen oder Variablen eine nachträgliche Erhebung nahezu unmöglich wird [161]. Durch die Integration von Freitextantworten sollte die Dokumentation von Erfahrungen und Ereignissen ermöglicht werden, falls diese im Fragebogen nicht explizit erfragt wurden.

Eine Alternative der Datenerhebung zu Papiergebundenen Fragebögen stellt die „online/digitale“ Erhebung dar, welche die Möglichkeit der Konsistenz- und Datenprüfung während der Erhebung bietet. Je nach Verfahren bzw. Software- und Fragebogendesign wird somit die Erzeugung vollständiger Datensätze überprüft, eine Mehrfachabgabe vermieden und gegebenenfalls auch eine eindeutigere und leichtere Pseudonymisierung als bei Papierfragebögen ermöglichen (s. Kapitel 4.2.1, Seite 156). Die Befragung in Papierform kann zu einer Inkonsistenz beim Ausfüllen der Fragebögen und somit zu einer Erhöhung der Dropout-Rate führen, da bei dieser Art der Befragung eine Prüfung der Eingabe nicht möglich ist (Abbildung 15, Seite 56; Tabelle 8, Seite 55; Tabelle 9,

Seite 57) [78]. Die digitale Erhebung von Fragebögen setzt jedoch das Vorhandensein entsprechender Software, Lizenzen und Hardware zur Beantwortung vor Ort voraus. Technische Hindernisse wie fehlende Hardware oder Schwierigkeiten beim online-Fragebogenabruf können jedoch auch in einer verminderten Rücklaufquote resultieren. Im Rahmen dieser Untersuchung zeigte sich, dass durch das persönliche Aushändigen eines Fragebogens in Papierform eine hohe Rücklaufquote erzielt werden konnte, es jedoch zu unvollständigen Eingaben und doppelter Nennung von Pseudonymen kam.

Strukturierte Interviews, als alternative Methode der Datenerhebung, bedingen ähnlich wie standardisierte Fragebögen ein hohes Vorwissen über die untersuchte Thematik, um Fragen gezielt stellen zu können und somit später vergleichbare Werte zu erhalten. Weiterhin sind Interviews mit einem erheblich höheren Zeitaufwand verbunden, da Antworten unterschiedlich strukturiert durch Teilnehmer wiedergegeben werden und je nach vorher festgelegtem Ausmaß auch Nebenbemerkungen und Kommentare erfasst werden müssen, welche beim Interviewer zu unterschiedlicher Auffassung führen kann [64]. Bei Einsatz mehrerer Interviewer muss daher eine vorherige Interobserver-Validierung erfolgen. Aufgrund des erhöhten zeitlichen Aufwands ist somit häufig nur die Erfassung einer Stichprobe möglich.

Zur Abfrage der Empfindungen während der Studie wurden Visuellen Analog Skalen (VAS) eingesetzt. Mehrere Studien zeigten bereits den erfolgreichen Einsatz von VAS-Skalen zur Bewertung von Empfindungen auf einer 100mm Skala [7, 20, 27, 57, 132]. Durch die Anwendung einer freien VAS besteht für die Teilnehmer die Möglichkeit einer differenzierteren Beantwortung, wodurch Schwankungen darstellbar sind. Likert-Skalen mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten schränken die Möglichkeit der Antwortausprägungen ein und erlauben nur eine grobe Orientierung bei bereits vordefinierten Items. Für die Definition der Items einer Likert-Skala kann zwischen unterschiedlichen Ausprägungen der Zustimmung zu einer Aussage unterschieden werden, oder die Abstufung zwischen unterschiedlichen Items erfolgen. Bei letzterem ist jedoch der Zugang zu Voruntersuchungen mit ersten Aussagen von erheblichem

Vorteil, um die Aussagen oder Definitionen der Items eindeutig bestimmen zu können. Bei der Verwendung von VAS können gegensätzliche Aussagen verglichen werden, wobei keine genauere Abstufung dazwischen definiert werden muss. Hierbei ist jedoch dann den Randbereichen eine größere Gewichtung zuzuschreiben als der Verteilung innerhalb der Skala [52]. Bei der Verwendung von VAS kann es jedoch auch durch unpräzise Fragestellung oder Auswahl zwischen zwei Methoden (siehe Item 2.10, Abbildung 27, Seite 78) zur „Deckenbildung“ kommen, sodass bei alleiniger Betrachtung keine eindeutigen Aussagen möglich sind. Die Verwendung eines diskreten Entscheidungsmodelles könnte genauere Aussagen liefern und den Einfluss einzelner Variablen darstellen. Dies benötigt jedoch zur Erstellung der relevanten Attribute wiederum ein entsprechendes Vorwissen über die mögliche Wahrnehmung und Entscheidungswahl sowie eine damit verbundenen erheblichen Mehraufwand in der Konzeptionierung der Entscheidungsfragen [15].

Nach Betrachtung der Ergebnisse ergab sich zu in Bezug auf die Fragensauswahl und des Fragebogendesigns folgende Erkenntnisse:

Da zu Beginn der Studie nicht mit einer erhöhten Frakturanfälligkeit der additiv gefertigten Schienen gerechnet wurde, war die Erfassung „defekter und zu Bruch gegangener Schienen“ anhand der Fragebögen nur mit erhöhtem Aufwand zu erheben. Hier hätte die explizite Abfrage des Zustands der Schiene (z.B. intakt, Riss, Bruch) sowie deren Auftrittszeitpunkt oder das auslösende Ereignis eine genauere Datenanalyse erlaubt. Um in weiteren Studien ein genaueres Bild über den Werkstoff selbst zu bekommen (welcher nicht zentraler Untersuchungsgegenstand war), sowie die Art der auftretenden Defekte, sollte dies berücksichtigt werden (s. Kapitel 4.3, Seite 167). Über Freitextrückmeldungen bestand jedoch die Möglichkeit gemeldete Defekte entsprechend zu dokumentieren und zu erfassen.

Die Frage nach „Geschmack der Schiene“ (F. 4.08; F5.14; F6.14), bildet nach Auswertung ein sehr breites Spektrum ohne erkennbaren Mehrwert ab. Geschmackssensationen sind per se subjektiv und können dabei auch ein Indiz

einer unzureichenden Reinigung oder Reinigbarkeit, etwa bedingt durch unzureichende Politur, sein. Eine unzureichende Politur kann bei fertigungsbedingter „Riffelung“ der Oberfläche zu mehr Rückständen in diesen führen und das Ansammeln von Polierpaste oder anderweitigen Verunreinigungen begünstigen, welche im Desinfektionsprozess nicht ausgereinigt werden konnten. Die Art des Geschmacks scheint hier jedoch eher unspezifisch zu sein.

Die Pseudonymisierung der Fragebögen erlaubte auch über unterschiedliche Fragebogen hinweg Untersuchungen auf mögliche Zusammenhänge durchzuführen (s. Kapitel: 3.5.3, Seite. 132). Durch die Wahl der Pseudonymisierung kann es jedoch zu fehlerhaften Zuordnungen gekommen sein (s. Kapitel 4.2.2, Seite 157).

4.1.2. Stellenwert der Instruktion

Die Vermittlung der Kenntnisse zur praktischen Durchführung des Workflows erfolgte für jedes Semester erneut. Hierbei fand die Einführung und Instruktion für den Intraoralscan im Plenum (13-26 Personen) statt und die Einführung für das komplexere CAD der Aufbissschiene in Kleingruppen mit teils variabler Gruppengröße von 3 bis 10 Personen. Auch wenn Kleingruppenunterricht im Vergleich zur Vorlesung im Plenum einen erheblichen Mehraufwand bedeutet, hat sich eine Vorbereitung der Studierenden in Kleingruppen, auch in anderen Untersuchungen als effektiv und nachhaltig für das CAD-Design in der zahnmedizinischen Lehre gezeigt [136, 140].

Die wahrgenommene Qualität der Vorbereitung scheint hierbei im Zusammenhang mit der späteren Performance der Teilnehmer zu stehen. Das Sommersemester 2019, welches sich in der Dauer zur Anfertigung des Intraoralscans teils signifikant ($p < 0,05$) von anderen Semestern unterschied, indem es eine längere Zeitdauer angab, gab ebenfalls an, sich schlechter vorbereitet gefühlt zu haben (vgl.: Abbildung 50, Abbildung 51). Eine Erklärung für die „schlechtere“ Vorbereitung des Sommersemesters 2019 könnte in der variablen Gestaltung des Semesterplans liegen, welche dazu führte, dass im

Sommersemester 2019 einige Studierende während der Vorlesung und der Demonstration des Intraoralscanners kurzfristig für eine Prüfung in einem anderen Fach, diese frühzeitig verlassen mussten.

Anhand des Abstandes zwischen der Datumsangabe des Ausfüllens des ersten Fragebogens (IO-Scan) zum Zeitpunkt der Vorlesung über den Intraoralscan war kein Zusammenhang zwischen der Bewertung der Fragen, Einschätzung des Workflows oder der Zeitangaben zum Abstand der Unterweisung erkennbar. Hierbei scheinen somit auch variable Zeitabläufe zwischen Unterrichtung und Durchführung, welche sich innerhalb eines Semesters bewegen, keinen Einfluss zu zeigen.

Eine weitere Variable, die einen Einfluss vor allem auf das CAD gehabt haben könnte, könnte durch die Wahl der Software sowie Lehrmethode aufgetreten sein. Für die verwendete CAD-Software „ExoCad DentalCad“ konnte bereits in einer Studie zu Lernkurven von dentalen CAD-Programmen für die CAD-Software von ExoCad im Vergleich zu einer CAD-Software von 3DSystems eine längere Lernkurve gezeigt werden, da hier für die CAD-Software von ExoCad eine anfänglich längere Bearbeitungsdauer erfasst wurde[150]. Eine häufigere Anwendung der CAD-Software zeigte jedoch in einer weiteren Studien auch langfristig einen von der Vorerfahrung unabhängigen Lernerfolg, wodurch sich die Software auch für einen Einsatz im universitären Setting mit Studierenden unterschiedlichster Vorerfahrung eignet [149]. Teilnehmer mit Vorerfahrung im CAD-Design (Item 2.11) haben sowohl für das Design ($p < 0,01$) als auch für den Intraoralscan ($p < 0,01$) bei selber Vorbereitung signifikant weniger Zeit benötigt als Teilnehmer ohne Vorerfahrung im CAD-Design (Abbildung 58; Abbildung 59). Ob es sich hierbei um eine einseitige- oder gegenseitige Kompetenz-Gewinnung zwischen dem CAD und Intraoralscan handelt, konnte im Rahmen dieser Studie nicht ermittelt werden.

Durch individuellen Kleingruppenunterricht ist eine variable Verteilung der Schwerpunkte durch unterschiedliche Rückfragen und Diskussionen der Studierenden nicht gänzlich zu vermeiden, was sich somit auch im vermittelten Stoff und somit dem CAD niederschlagen könnte. Gleichfalls ist auch der

Lernprozess des Studienleiters während der Studiendurchführung nicht zu vernachlässigen, da die Technologie und Anwendung zum Zeitpunkt der Erprobung noch nicht im klinischen Alltag etabliert waren und Softwareupdates den Workflow leicht beeinflussen können. Eine mögliche Alternative zur Reduktion möglicher Einflüsse würde hierbei eine asynchrone, rein digitale Instruktion anhand von Lehrvideos und schriftlichen Anleitungen darstellen, welche sich während der Corona-Pandemie bereits bewährt haben. Somit kann eine immer gleichbleibende Lehrvermittlung ermöglicht werden, jedoch besteht dabei keine direkte Möglichkeit auf Nachfragen der Studierenden zu reagieren.

Inwiefern synchrone Lehre im CAD vollständig durch asynchrone Lehre und projektbasierte Lehre anhand von Manuskripten, aufgezeichnete Vorlesungen und Videotutorials ersetzt werden kann muss weiter untersucht werden. Anwendungen hierzu in der industriellen CAD/CAM-Lehre zeigen vielversprechende Ansätze [148].

4.1.3. Einfluss der Studiendauer

Die gesamte Untersuchung der Studierenden erstreckte sich über einen Zeitraum von 4 Semestern. Innerhalb dieser Zeit variierte die Gruppengröße der Semester zwischen 13 und 26 Studierenden (N=25; N=21; N=13; N=26). Hiermit konnte sowohl die Umsetzung von Updates im Workflow als auch der Einfluss unterschiedlicher Semestergrößen beobachtet werden. Ebenfalls kam es während der Studie aufgrund von Soft- und Hardwareupdates sowie Weiterentwicklungen beim 3D-Druck-Material zu Veränderungen, welche innerhalb der Studie zwischen dem Wechsel der Semester umgesetzt wurden (Kapitel 2.3, Seite: 25).

Der Einfluss unterschiedlicher Semestergrößen kann möglicherweise einen Einfluss auf die unterschiedlichen Ergebnisse innerhalb der Semester haben, welche sich gering in der explorativen Datenanalyse im Vergleich der Semester zeigten (Kapitel 3.5.2; Seite 122). Das Wintersemester 2018/2019 mit der geringsten Anzahl an Studierenden (N=13) gab im Vergleich zu den Semestern mit größerer Studierendenzahl eine bessere Vorbereitung für den

Intraoralscan, bzw. einfachere Konstruktion sowie geringere Korrekturnotwendigkeit der Schiene an (Kapitel 3.5.2, Seite 122). Dies bedeutet, dass es zu untersuchen gilt, welchen Einfluss die Gruppengröße und die Lehrinterventionswiederholung auf die erfolgreiche Instruktion in eine neue Technologie hat.

Auch zeigt sich in dieser Studie der mögliche Einfluss von Gerätschaften und Materialien auf die Passung additiv gefertigter zahntechnischer Werkstücke. Bei gleicher Wahl der CAD-Parameter im WS 2017/2018 und SoSe 2018, aber unterschiedlicher CAM-Geräte und Materialien und leichter Anpassung der Supportstrukturen, zeigt die Auswertung der Passungsparameter der Schienen erhebliche Unterschiede (Abbildung 33, Seite 90). Additiv gefertigte Schienen zeigen wie subtraktiv gefertigte Schienen in Studien eine hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit auf, jedoch auch im Vergleich zu subtraktiv gefertigten Schienen fertigungsbedingt eine größere Streuung der Genauigkeit [126]. Neben dem Intraoralscan kann dadurch auch die in dieser Studie gewählte CAM-Fertigung der Aufbissschienen im additiven Fertigungsverfahren einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Passung einnehmen [62, 156]. In einer Untersuchung von Wesemann et al. wurden unterschiedliche Herstellungsmethoden von Aufbissschienen untersucht. Hierbei zeigten additiv hergestellte Aufbissschienen im DLP-Verfahren im Vergleich zu konventionell und subtraktiv hergestellten Aufbissschienen weniger Kontaktpunkte und eine geringere Genauigkeit der Unterseite bei Abweichungen von +174 μ m bis -135 μ m [162]. Das verwendete Material und der 3D-Drucker zur Fertigung der Prüfkörper im DLP-Verfahren entsprechen dem in dieser vorliegenden Arbeit ab dem SoSe 2019 verwendeten Materialien. Durch die Studiendauer von vier Semestern konnte jedoch bei einem Spacer zwischen 30 μ m und 80 μ m in dieser Studie für einen Großteil der Aufbissschienen mit Korrekturmaßnahmen auch bei Änderungen der Hardware, Software und Materialien zahlreiche klinisch akzeptable Ergebnisse erreicht werden. Dies lässt neben der Eignung der additiven Fertigung auch darauf schließen, dass sich die Umsetzung von Updates und Veränderungen mit der Anpassung von Fertigungsparametern gut umsetzen lassen.

Die Durchführung einer Retest-Reliabilität nach Abschluss des gesamten Workflows und Beantwortung aller Fragen mittels eines gesonderten Fragebogens hätte hier die Möglichkeit ergeben, Daten zu erhalten, die die Antwortstabilität der Fragen wiedergibt und somit sich für Vergleiche zwischen den Semestern eher eignen könnten. Durch die einmalige Durchführung der Befragung kann keine Aussage darüber getroffen, in welchem Rahmen die persönliche Wahrnehmung und die daraus gewonnenen Werte variieren. Dies konnte auch nicht durch eine Erhöhung der Teilnehmerzahlen kompensiert werden. Durch die hohe Teilnehmerzahl sowie die mehrfache Durchführung kann jedoch anhand der Streuung der Daten auf der VAS erkannt werden, wie stark die Empfindungen zwischen einzelnen Individuen variieren und es sich somit um eine stark von Subjektivität abhängige Variable handelt; zumal ein Großteil der Studierenden, semesterunabhängig, dieselbe Wahrnehmung zeigt. So zeigt es sich zum Beispiel daran, dass die Vorlesung zum Intraoralscan als ausreichende Vorbereitung wahrgenommen wird und Kleingruppenunterweisung nicht zwingend notwendig erscheint.

4.2. Einordnung der gewonnenen Daten

4.2.1. Fehlende Rückläufer und Missing Data

Über den gesamten Beobachtungszeitraum von vier Semestern hat in dieser Studie lediglich ein Teilnehmer der insgesamt 85 befragten Studierenden nicht an der Fragebogenstudie teilgenommen, bzw. auf keinem Fragebogen die zugewiesene ID angegeben. Zwei Teilnehmer haben in der Rolle des aktiven Tandempartner (2,3%) auf keinem Fragebogen die zugewiesene ID vermerkt, jedoch auf Fragebögen des passiven Tandempartners. Ein Grund der hohen Beteiligung, bei freiwilliger Teilnahme, könnte neben einer generellen Zunahme des Interesse an der Digitalisierung in der Lehre und Zahnmedizin darstellen [176]. Studien im Rahmen zahnmedizinischer Semester, in deren das gesamte Semester freiwillig einbezogen wurde, zeigten ebenfalls sehr hohe Beteiligung durch Studierende [86].

Die Abnahme der Rücklaufquote von 93% am ersten Fragebogen zu 79% beim 4. Fragebogen (Einsetzen), bzw. 26% und 6% der Nachkontrolluntersuchungen,

zeigen jedoch auch hier ein Nachlassen des Ausfüllens von Fragebögen bei longitudinaler Betrachtung (vgl. Abbildung 14, Seite 54). Aufgrund der nachlassenden Beteiligung gegen Ende der Studie, sowie vor allem zu den Zeitpunkten der Nachkontrolle, kann vor über die langfristige klinische Anwendbarkeit der rein digital gefertigten Aufbisschienen nur eine geringe Aussage anhand dieser Daten getroffen werden, was jedoch auch nicht Ziel dieser Studie war. Hierfür sind gesonderte Studien im klinischen Setting gefragt (Kapitel 4.3, Seite 167). Schienen mit initialer Fehlpassung oder Defekten sind in der Nachuntersuchung vermutlich untervertreten.

Die Anzahl der nicht beantworteten Fragen innerhalb der wieder abgegebenen Fragebögen (Missing Value) zeigt sich recht gering. Lediglich im 3. Fragebogen in der Frage zu den Werkstücken der Politur gab es keine Antworten zu „Politur: andere:“. Weiterhin lässt sich durch die Frage nach den verwendeten Instrumenten zur Ausarbeitung nur ein sehr geringer Rückschluss auf die Eigenschaften und Bearbeitung des Materials schließen, was darin liegen kann, dass jeder Teilnehmer hierzu sein eigenes, und somit in unterschiedlichen Zuständen und Formen, Instrumentarium herangezogen hat. Ein zentrales zur Verfügung stellen von Instrumentarium könnte hierzu ein genaueres Bild auf den Zusammenhang zwischen Instrumentarium und Bearbeitbarkeit wiedergeben.

4.2.2. Plausibilitätskonsequenzen

Zur Gewährleistung der Anonymisierung der studentischen Teilnehmer erfolgte keine Befragung nach Geschlecht und Alter. Es erfolgte eine Pseudonymisierung durch Verteilung einer fortlaufenden Nummer. Hierdurch war es weder möglich das Geschlecht der Probanden sowie deren Alter in Zusammenhang mit den Angaben auszuwerten. Die Art- und Weise der Pseudonymisierung durch fest zugeordnete, aufsteigende Zahlen zeigte jedoch Schwächen bei der nachträglichen Zusammenführung der aktiven- und passiven Tandempartner innerhalb der Fragebögen (s. Kapitel 4.2.2, Seite 157). Das Ziel lag darin, durch die Kombination der IDs innerhalb eines Semesterablaufes Schienen über den gesamten Ablauf nachvollziehen zu können. Eine Alternative Art der Pseudonymisierung könnte durch die Erstellung eines individuellen, persönlichen

Codes erfolgen, der sich aus Fragmenten persönlicher Informationen zusammensetzt (Bsp.: Letzter Buchstabe Geburtsmonat, 1. Buchstabe Vorname Vater, 2. Buchstabe der eigenen Haarfarbe...) [114]. Nachteilig beachtet werden kann hierbei der zusätzliche Aufwand der Studienteilnehmer zur Erstellung des häufig 6-10-stelligen Codes, welcher durch ungenaue Fragestellungen im langfristigen Verlauf auch zu variablen Codeerzeugungen führen kann.

Insgesamt 20 Fragebögen der Nachsorge mussten aufgrund von Unstimmigkeiten von der Auswertung vollständig ausgeschlossen werden (Tabelle 8, Seite 55), und weitere 51 Fragebögen aufgrund fehlerhafter Angabe der Pseudonymisierung-ID für die explorative Datenanalyse (Tabelle 10, Seite 57). Neben fehlerhafter oder fehlender Pseudonymisierung kann es auch zu einer doppelten oder mehrfachen Abgabe von Papiergebundenen Fragebögen gekommen sein. Digitale Systeme könnten hierbei unterstützen (s. Kapitel 4.1.1, Seite 148).

Um einen größtmöglichen Überblick über die einzelnen Behandlungsschritte zu bekommen, wurden vorerst alle logisch passenden Fragebögen für die einzelnen Sitzungsauswertungen herangezogen. Fehlende oder doppelte IDs wurden hierfür vorerst ignoriert, da es aufgrund der gewählten Pseudonymisierungsart leicht zu Fehlern kommen konnte. Anhand der Freitextangaben konnten jedoch Fragebögen aus der Nachsorge ausgefiltert werden, die so nie durchgeführt wurden, da die Schiene bereits im Voraus als Defekt angegeben wurde. Da jedem Studierenden nur ein Fragebogen pro Sitzung in Papierform ausgehändigt wurde und ein weiterer Fragebogen erst auf Nachfrage des Teilnehmers, war das Risiko einer Mehrfachabgabe eines Teilnehmers unwahrscheinlich. Auch die Anzahl der abgegebenen Fragebögen steht in Relation zur Teilnehmerzahl. Für die explorative Datenanalyse, welche unterschiedliche Fragebögen miteinander verbindet, wurden jedoch nur Fragebögen herangezogen, welche eine eindeutige Pseudonymisierung aufwiesen. Hierbei kann es somit trotzdem in wenigen Einzelfällen zur Falschannahme gekommen sein, welche dadurch unentdeckt blieben; jedoch die Datenlage nicht erheblich resp. signifikant beeinflussen können. Weiterhin sind Studierende, welche keine oder ein falsches Pseudonym

Angaben von dieser Datenauswertung ausgenommen. Da sich der Ausschluss der Fragebögen im Aufgabenbereich „Intraoralscan-CAD-Ausarbeiten-Einsetzen“ in Grenzen hielt, ist hier von einer ausreichenden Datenstabilität auszugehen (Tabelle 49).

Tabelle 49: Prozentualer Anteil der für die explorative Datenanalyse zur Verfügung gestandenen Fragebögen

<i>Fragebogen</i>	<i>Anzahl abgegebener Fragebögen</i>	<i>Anzahl Fragebögen nach Ausschluss</i>	<i>Auswertbare Fragebögen in %</i>
1A	79	78	99%
1P	79	66	84%
2A	72	70	97%
3.1A	68	64	94%
3.2A	47	44	94%
4A	67	61	91%
4P	67	53	79%
5A	22	17	77%
5P	21	19	90%
6A	22	13	59%
6P	20	14	70%

In den Fragebögen 1 und 4 (Intraoralscan / Einsetzen) in welchen gleichzeitig der aktive und passive Tandempartner befragt wurden, zeigen sich in der Auswertung doppelte und fehlerhafte IDs, so dass es hier gehäuft zu Unstimmigkeiten kam (Tabelle 9, Seite 57). Hier war es notwendig, dass die Studierenden die zugeordnete und ausgehändigte Nummer zur Pseudonymisierung beibehielten und an korrekter Position eintrugen. Ein unbeabsichtigtes Eintragen einer höheren und niedrigeren Nummer sowie das Eintragen an falscher Stelle (aktiv/passiv) ist hierdurch auch nicht auszuschließen, wodurch es zu Falsch-Zuordnungen gekommen sein könnte.

In diesem Sinne wäre eine digital-basierte Erhebung mit personalisiertem Login ggf. hilfreicher; jedoch mit Rücksicht auf damit verbundene Fehlerfaktoren (z.B. keine Internetverbindung, vergessenes Passwort) ebenso vulnerabel.

4.2.3. Bewertung des Workflows sowie klinische Bewertung der Aufbissschienen

Der Intraoralscan als Grundstein des digitalen Workflows scheint den Teilnehmern auch ohne Erfahrungen keine großartigen Probleme bereitet zu haben, sodass von jedem Teilnehmer ein für das digitale Design ausreichender Datensatz erstellt werden konnte. Mit Zunahme der Übung ist hier jedoch aufgrund auch in der Literatur bereits dargestellten Lernkurve bei der Anwendung von Intraoralscannern, ein schnellerer Arbeitsablauf zu erwarten [7, 77, 128]. Die in dieser Untersuchung erreichte, durchschnittliche Scanzeit von 17 Minuten und 12 Sekunden entspricht auch den Werten von unerfahrenen Anwendern in der Literatur [77]. Vergleichbare Studien zur Anfertigung eines Ganzkieferscans kommen bei erfahrenen Anwendern auf eine Scanzeit von 8,6 Minuten [27]. Diese liegt ebenfalls im Bereich der durchschnittlich benötigten Zeit jener Studierenden, welche bereits im CAD Erfahrung hatten ((MW: 9min 05 sek)vgl. Abbildung 59). Die empfundene Schwierigkeit der Handhabung des Intraoralscanners zur Anfertigung eines Ganzkieferscans wurde von den Teilnehmern in dieser Studie, bei einmaliger Durchführung am Tandempartner, auf einer Skala von 0-100 mit einem Wert von 24,7 leichter eingestuft als in der Vergleichsliteratur auffindbare Werte, welche bei der Befragung junger unerfahrener Assistenzärzte auf einer Skala von 0-10 Werte zwischen 6 und 4 angaben [7]. Die softwareseitig angegebene maximale Bilderanzahl, die durch die Scandauer beeinflusst wird, wurde von den meisten Studierenden als ausreichend angegeben. Dies lässt darauf schließen, dass die meisten Studierenden sich auch innerhalb des vom Hersteller vorgesehenen Rahmen hielten (vgl.: Abbildung 21, Seite 64). Der Trios3 Intraoralscanner der Firma 3Shape hat sich hierbei als auch für Novizen anwendbaren Scanner erwiesen und kommt bereits auch an weiteren Universitären Einrichtungen in der Ausbildung zum Einsatz [116]. Nach dem Scanvorgang gab der überwiegende Anteil der passiven Tandempartner keinen oder nur einen geringen Würgereiz (VAS<33) an. 9% der Teilnehmer gab an, einen mäßigen (VAS>33) bzw. ausgeprägten (VAS>66) Würgereiz verspürt zu haben (Tabelle 16). Ein direkter Zusammenhang mit anderen Variablen konnte hierbei nicht identifiziert werden.

Studien konnten zeigen, dass bei Anwendung von Intraoralscannern der Würgereiz ebenfalls auftrat, aber ebenfalls als eher gering bewertet wurde [26, 132, 164]. Der Scanvorgang selbst wurde als überwiegend angenehm empfunden. Im direkten Vergleich konventioneller und digitaler Abformungen wurde in der Literatur häufig der Intraoralscan als bevorzugte Abformmethode von Patienten angegeben [26, 27, 32, 53, 57, 97, 135, 164, 167]. Aufgrund des Studiendesigns konnte hier keine Aussage im Vergleich mit konventionellen Abformungen durchgeführt werden. Der Intraoralscan wurde in dieser Studie von den meisten Teilnehmern, trotz nur einmaliger Anwendung, auch in der Rolle des Behandlers der konventionellen Abformmethode als bevorzugte Methode angegeben (Abbildung 20) [138].

Während Studien mit zahnmedizinischen Studierenden ein hohes Interesse und Akzeptanz zur Integration von CAD/CAM Systemen in der Lehre zeigen konnten, ist dennoch die Präferenz bei der Auswahl der Herstellung der Aufbissschiene als zahntechnischem Werkstück in dieser Studie relativ unentschieden und Studierende schwanken bei der Wahl der zahntechnischen Methode zwischen der gewohnten, konventionellen Technik und neuen digitalen Techniken (Abbildung 27) [173, 175]. Eine Bevorzugung einer gewissen Technik muss mit dem erreichten Lernerfolg jedoch in keinem Zusammenhang stehen. Das CAD der Aufbissschiene zeigte einen hierzu im Vergleich komplexeren Handlungsablauf und eine im Vergleich zum Intraoralscan schwierigere Einschätzung durch die Studierenden, sodass hier auch mehr Unterstützung notwendig war (Abbildung 25; Seite 73). Entsprechend der Literatur zeigt es sich hier auch, dass dentale CAD Anwendungen von Studierenden beherrscht und erfolgreich bedient werden können [40, 123, 149, 173]. Die hier vorhandene Literatur zeigt jedoch vorrangig den Einsatz von CAD-Programmen zur digitalen Herstellung von Kronen. Diese könnten durch festgelegte anatomische Begrenzungslinien (Präparationsgrenze) und einem klar definierten Antagonisten- und Approximalkontakt eine leichter zu erlernende Konstruktion im CAD darstellen.

Die modellfreie Ausarbeitung der additiv gefertigten Aufbissschienen schient hierbei für die Teilnehmer keine Beeinträchtigung darzustellen, was bei Aufbissschienen im Gegensatz zu Kronen mit definierter Abschlussgrenze auch nachvollziehbar erscheint. Während bei Aufbissschienen die Randgestaltung sehr variabel gestaltet werden kann und somit ein Ausarbeiten ohne Modell als sehr gut möglich erscheint, muss dieser bei feststehenden zahntechnischen Arbeiten wie Kronen auf wenige μm passend gefertigt und angepasst werden [23, 100].

Die Verteilung der okklusalen Kontaktpunkte entsprach auch initial im Wesentlichen der in der Studie geforderten Angabe mit statischen Kontaktpunkten auf den Molaren und Prämolaren und kontaktfreier Gestaltung der mittleren und seitlichen Schneidezähne. Im Seitenzahnbereich konnte in etwa 60% der Fälle auf den Prämolaren und 1. Molaren sowie in etwa 70% der Fälle auf dem zweiten Molaren ein initialer statischer Kontakt festgestellt werden (Abbildung 69). Dies zeigt eine klinisch akzeptable initiale Passung, vergleichbar mit klinischen Studien, welche eine gute Passung digital gefertigter Aufbissschienen zeigen [110].

Neben den Okklusalen Kontaktpunkten, beeinflusst vorgeblich die Passung der Aufbissschiene auf der Zahnreihe deren klinische Einsetzbarkeit. Diese ist einerseits abhängig von der Genauigkeit des Intraoralscans, da es hierbei zu Verzügen im Zahnbogen kommen kann, andererseits vom CAM der Aufbissschienen mittels 3D-Druck, da es hierbei zu Ungenauigkeiten und Verzügen im Werkstück kommen kann.

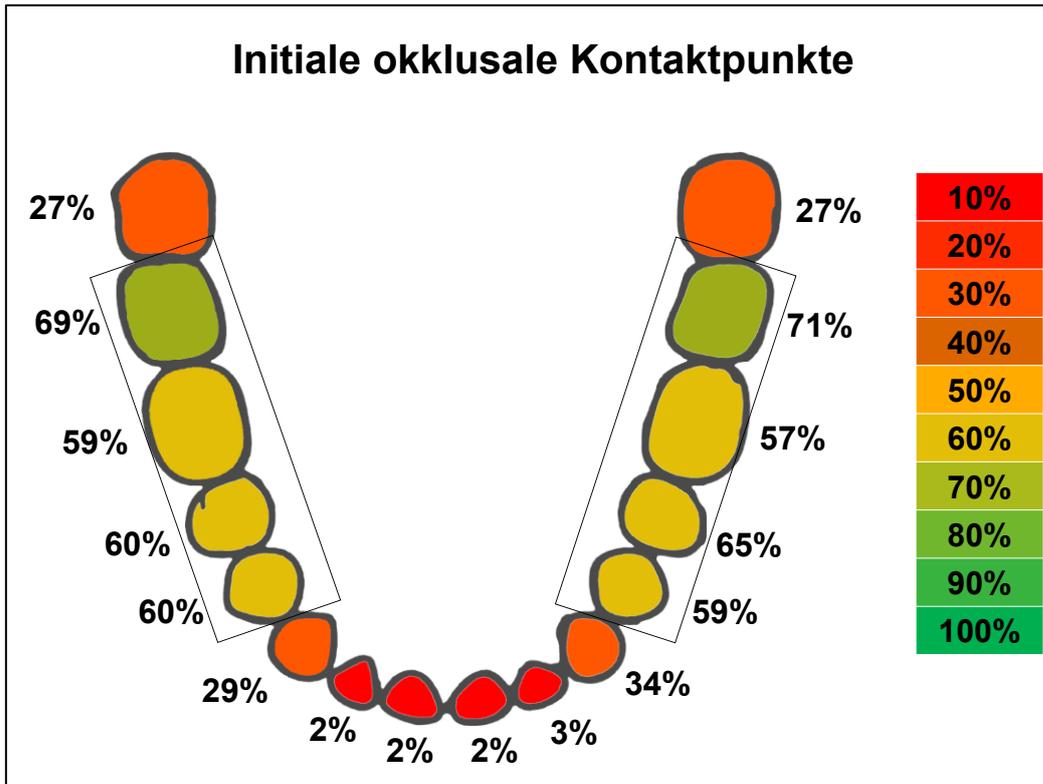


Abbildung 69 Initiale okklusale Kontaktpunkte

angegebene okklusale statische Kontaktpunkte in % aller Schienen. Kasten: Areal mit geforderten statischen okklusalen Kontaktpunkten

Bei korrekter Handhabung des Intraoralscanners kann eine hohe Genauigkeit auch in einem Ganzkieferscan erreicht werden, welche die Genauigkeit von Alginateabformungen übersteigen kann [44, 105]. In der aktuellen Literatur zeigen Intraoralscanner bereits bei erfahrenen Anwendern und Scan von Modellen sowie klinischen Situationen eine hohe Genauigkeit von Ganzkieferscans [37, 54, 105, 108, 109]. Diese Genauigkeit scheint auch hier bei Anwendung von unerfahrenen Anwendern erreicht werden zu können, sodass hierauf ca. 70% der Schienen in initial klinisch akzeptabler Passung erstellt werden konnten (s. Abbildung 32, Seite 88). Die angegebene initiale Passung der Aufbissschiene könnte als Indiz für die Überprüfung der Richtigkeit des Ganzkieferscans herangezogen werden. Unter Beachtung der möglichen Toleranzen durch das *Computer Aided Design* und dem *Computer Aided Manufacturing* kann von einer hohen Richtigkeit der Intraoralscans in dieser Studie ausgegangen werden. Zur Quantifizierung kann die Überlegung herangezogen werden, dass ein Großteil der Studierenden bereits bei einmaliger Anwendung des Intraoralscanners eine

Genauigkeit beim Ganzkieferscan von $80\mu\text{m}$ (maximal eingestellter *Spacer* im CAD) auf jeder Seite und somit $160\mu\text{m}$ über den gesamten Zahnbogen hinweg eingehalten hatten, wenn die initiale Passung der Schiene als klinisch akzeptabel beschrieben wurde. Dies liegt im Rahmen der von Muallah et al. definierten klinisch maximal akzeptablen Abweichung von $250\mu\text{m}$ über einen gesamten Kiefer, welcher zur Aufrechterhaltung der parodontalen Blutversorgung eingehalten werden sollte [105]. Größere Abweichungen könnten dieser Hypothese nach zu Zahnverschiebungen mit einer Einschränkung der parodontalen Blutversorgung führen.

Die Passung der Schiene kann hier jedoch wiederum von mehreren Faktoren abhängen. Einerseits kann im CAD die Unterseite der Aufbissschiene unterschiedlich gestaltet bzw. digital ausgeblockt werden, sodass Artefakte und Störstellen reduziert werden. Gleichzeitig hat auch die Fertigung, hier im 3D-Druck einen Einfluss auf die Passung der Aufbissschienen. Der 3D-Druck ermöglicht eine kostengünstige und zügige Herstellung mehrerer Aufbissschienen. Auch wenn für dieses Verfahren in Studien eine hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit aufgezeigt werden konnte, liegt nach einer Untersuchung von Reymus et al. die Genauigkeit der subtraktiv gefertigten Schienen fertigungsbedingt weiterhin über deren von additiv gefertigten Schienen [126]. Eine Studie von Berntsen et. al. untersuchte den Tragekomfort von konventionell und additiv gefertigten Aufbissschienen, wobei der Tragekomfort ebenfalls auf einer VAS von 0 (ausgezeichneter Tragekomfort) bis 100 (sehr unangenehm) bewertet wurde. Die in der Vergleichsstudie additiv gefertigten Aufbissschienen schnitten mit einem VAS Ergebnis von 15 besser ab als in der hier durchgeführten Untersuchung [20]. In einer weiteren Untersuchung von Wesemann et al. wurden ebenfalls die unterschiedlichen Herstellungsmethoden von Aufbissschienen untersucht. Hierbei zeigten additiv hergestellte Aufbissschienen im DLP-Verfahren im Vergleich zu konventionell und subtraktiv hergestellten Aufbissschienen weniger Kontaktpunkte und eine geringere Genauigkeit der Unterseite bei Abweichungen von $+174\mu\text{m}$ bis $-135\mu\text{m}$ [162]. Das verwendete Material und der 3D-Drucker zur Fertigung der Prüfkörper im DLP-Verfahren entsprechen dem in dieser vorliegenden Arbeit ab dem SoSe

2019 verwendeten Materialien. Die Gestaltung und Herstellung der Schienenunterseite kann somit neben dem Intraoralscan einen wesentlichen Einfluss auf die Passgenauigkeit der Schiene darstellen, wobei sich die Abweichungen im Rahmen der klinisch akzeptablen Werte halten.

Die verhältnismäßig recht lange Zeit zum äquilibrierten Einschleifen der Aufbissschienen durch die Studierenden von im Schnitt 40 Minuten lässt sich auf die noch fehlende Erfahrung und somit zögerlichem Handeln zurückführen. Studien mit erfahrenen Behandlern geben im Schnitt 10 Minuten für okklusale Korrekturen an [146]. Einen weiteren Einfluss auf die Anzahl der Kontaktpunkte und okklusaler Korrekturmaßnahmen kann ebenfalls die Erfassung der Kieferrelation nach vorheriger Sperrung der Okklusion mittels des Bissregistrats sowie die spätere mittelwertige Artikulation der Modelle im digitalen Artikulator der CAD-Software aufzeigen. Studien haben bisher bei der Verwendung eines Gesichtsbogens keine Überlegenheit in der Anwendung einfacher Aufbissschienen aufzeigen können, sodass anhand der mittelwertigen Artikulation keine großen Nachteile entstehen sollten, wenn ein korrektes Bissregistrat vorlag. Für die Anwendung von Bissregistraten liegen Studien vor, die einen Zusammenhang der Muskelaktivität und Okklusion aufzeigen [51, 101, 146]. Während bei der klassischen Herstellung von Aufbissschienen die Kiefermodelle und das Bissregistrat gesondert übermittelt werden und das Bissregistrat somit an einem Stück dem Zahntechniker übergeben wird, muss beim Intraoralscan die Verschlüsselung der Okklusion direkt erfasst werden, da ein späteres Artikulieren mit Bissregistrat nicht oder nur mit erheblichem Aufwand möglich ist. Als nachteilig ist hierbei zu beachten, dass die Erfassung der Okklusion beim Intraoralscan separat je Seite erfolgt. Dabei ist es nicht auszuschließen, dass es hierbei zu einer Änderung der Kieferrelation während des Seitenwechsels kommt. Dies könnte beispielsweise in diesem Setting auch durch festeres Zubeißen auf das verformbare Bissregistratmaterial (Beauty-Pink Extra Hard Pink 3mm Wachs, Fa. Integra Miltex) zustande kommen, was zu okklusalen Diskrepanzen führt.

Aufgrund der starken Abnahme des Rücklaufs der Fragebögen in der Nachkontrolle (Fragebogen 5-7) ist eine Aussage zur klinischen Anwendung der Aufbissschienen erschwert. Eine Problematik der additiv gefertigten Materialien zeigt die Sprödigkeit der Materialien, sodass es hier bei gegebenenfalls unzureichender Schichtstärke, Verzug, Spannungen oder falscher Handhabung zu Frakturen und Rissen im Werkstück kam (s. Abbildung 49, Seite 121). Die durch die Teilnehmer in der Nachsorge erhobenen Daten lassen jedoch auf klinisch funktionierende Aufbissschienen hindeuten. Unter Betracht der Frage, ob der Teilnehmer bereits im Voraus eine Schiene getragen hat (potenzielle Myofunktionelle Beschwerden oder Bruxismus) ist bei geringer Datenlage (insgesamt 12 Antworten) in der ersten Nachsorge bei dieser Gruppe eine leicht erhöhte Frakturanfälligkeit der Schienen bei Teilnehmern zu erahnen (s. Tabelle 46, Seite 132). Um hier genauere Aussagen zu treffen, sind jedoch klinische Studien an Patienten mit Bruxismus oder myofunktionellen Beschwerden erforderlich.

Wie die explorative Datenanalyse der Passung der Aufbissschiene und des dokumentieren Tragekomfort und Spannungsgefühl des passiven Tandempartners aufzeigen konnte, scheint die initiale Passung der Aufbissschiene einen signifikanten Einfluss auf den Tragekomfort zu haben (vgl. Abbildung 67). Eine schlecht passende oder spannende Schiene war demnach nicht zufriedenstellend durch die Teilnehmer anpassbar. Bei der Bewertung des Tragekomforts wurde in über der Hälfte der Fälle ein Spannen der Aufbissschienen angegeben (Abbildung 32). Wie auch in vergleichbaren Studien wurde hier vor allem ein erhöhter Druck auf die Eckzähne und Front dokumentiert [34]. Eine Ursache könnte einerseits die ausgeprägte Krümmung des Zahnbogens sein, die im anterioren Bereich eher einer Kreisbahn ähnelt, während sie im Seitenzahnbereich einer Geraden folgt. Andererseits kommt das erschwerte Erfassen der Inzisiven durch die Kippbewegungen des Intraoralscanners hinzu, was zusätzlich zu einer Ungenauigkeit beim Scan in diesem Bereich führen kann.

4.3. Weitere Forschungsfragen

Durch die Limitationen wie auch Ergebnisse der vorliegenden Studie ergeben sich weitere relevante Forschungsfragen:

- Kann sich eine vorhergehende Erfahrung in CAD-Anwendungen flächendeckend vorteilhaft auf die Anwendung von Intraoralscannern in der klinischen Anwendung auswirken? Wie groß ist deren Einfluss?

Relevanz: Eine präklinische Unterrichtung im CAD könnte auch Kompetenzen für die Handhabung eines IO-Scanners am Patienten erfassen und somit zu einer Verringerung der Scanzeit und Sicherung oder Zunahme der Ergebnisqualität führen.

- Inwiefern unterscheiden sich CAD-Designs und Intraoralscans von erfahrenen Anwendern und Novizen und welchen klinischen Einfluss haben diese?

Relevanz: Da in dieser Studie keine einzelne qualitative Bewertung des CAD-Designs oder des IO-Scans erfolgte, sondern der gesamte Workflow anhand von Fragebögen betrachtet wurden, sind qualitative Bewertungen nur im Rahmen der Gesamtergebnisbetrachtung möglich.

- Welchen Einfluss haben das Wissen und Können konventioneller Techniken auf die Umsetzung digital abgebildeter Arbeitsschritte?

Relevanz: Da hier weder das Wissen über konventionelle Techniken abgefragt oder ermittelt wurde noch beide Methoden in der Durchführung direkt miteinander verglichen wurden, bleibt offen, inwieweit die manuelle Performanz und technisches Verständnis in konventionellen Abläufen für den digitalen Workflow ausschlaggebend sind. Die Beantwortung dieser Frage kann maßgeblich zu didaktischen Konzepten in der zahnärztlichen Lehre beitragen.

- Kann die synchrone Lehre für die Anwendung von CAD-Programmen und Intraoralscannern vollständig oder teilweise durch asynchrone Lehre ersetzt werden?

Relevanz: Diese Frage betrifft maßgeblich die Lehreffizienz im Rahmen knapper kapazitärer Ressourcen für die Vermittlung von Kompetenzen; bedingt aber ebenso die Antwort auf die vorherige Forschungsfrage.

- Zeigen additiv gefertigte Aufbissschienen unter Einhaltung der Herstellerangaben im Design (Dicke) im klinischen Einsatz langfristig zufriedenstellende Ergebnisse?

Relevanz: Die Beantwortung dieser Frage berührt die Medizinproduktesicherheit und damit einhergehend ggf. zusätzliche Qualitätssicherungsmaßnahmen (Überprüfungen) v.a. im Rahmen der studentischen Versorgung von Patienten.

4.4. Fazit

Im Hinblick auf eine zunehmende Digitalisierung in der Zahnheilkunde ist der rein digitale Workflow, demonstriert am Beispiel der Herstellung einer Aufbissschiene, für die Anwendung im studentischen Unterricht sinnvoll ein- und umsetzbar.

Synergieeffekte können aus der Anwendung von CAD-Software und Intraoralscannern entstehen und bereiten auf den späteren Berufsalltag vor, der sich gerade in einem Wandel hin zum Digitalen befindet. Die hier gezeigten Ergebnisse resultieren aus einer personalintensiven, fakultativen Lehreinheit für den untersuchten Workflow. Entlastungen für die Vermittlung sind mittels digitaler Formate wie Videotutorials denkbar.

Die Arbeit konnte zeigen, dass Aufbissschienen in einem rein digitalen Workflow erfolgreich auch durch Studierende herstellbar sind. Aufgrund des nicht invasiven Charakters kann dieser Workflow auch zur in vivo Selbstevaluation der Richtigkeit von digitalen Ganzkieferabformungen mithilfe von Intraoralscannern genutzt werden; bei geringen laufenden Kosten für die Lehreinrichtung.

Denn, die Anwendung von Intraoralscannern in der Zahnmedizin wird nicht nur von unerfahrenen Anwendern sehr positiv aufgenommen, sondern liefert bei korrekter gegenseitiger Anwendung auch einen Einblick in die Patientenperspektive und Vertrautheit mit der Handhabung vorm Einsatz am

Patienten. Gleichzeitig bietet das Durchlaufen des vollständigen Workflows auch in der klinischen Lehre die Möglichkeit, in der Therapie der Cranio mandibulären Dysfunktion den Studierenden umfassende Handlungskompetenzen zu vermitteln. Gerade im Hinblick auf die Neugestaltung der zahnärztlichen Approbationsordnung, welche mit einer Verringerung zahntechnischer Abläufe einhergeht, ist es sinnvoll computergestützte Verfahren einzusetzen, um Lehrinhalte sinnvoll zu verbinden und zu vermitteln. Ebenfalls bietet der 3D Druck eine Möglichkeit der kosten- und zeiteffizienten Fertigung von zahntechnischen Werkstücken. Bleibt das Hindernis der a) notwendigen Investitionen in hochpreisige Gerätschaften sowie b) die personalintensive Betreuung.

Wie beurteilen Studierende intraorales Scannen als „aktiver“ Behandler und als „passiver“ Proband?

Studierende als unerfahrene Anwender des Intraoralscans beurteilten die Handhabung als vorwiegend einfach und zügig bei vorwiegend angenehmer Durchführungserfahrung. Die vermittelten theoretischen Kenntnisse im Rahmen einer Vorlesung und Präsentation wurden als ausreichend angegeben und die Integration in den studentischen Unterricht als hilfreich für die Ausbildung bewertet.

Wie beurteilen Studierende den Umgang mit 3D-Daten und die digitale Konstruktion?

Die digitale Konstruktion der Aufbissschiene im CAD wurde von den Studierenden als vorwiegend (61%) herausfordernd beschrieben. Die Hälfte der Teilnehmer (49,3%) benötigte hierbei Unterstützung, trauten sich aber das eigenständige Design auch zu (VAS: 38,7 ±24,8).

Die Präferenz bei der Auswahl der Herstellung von zahntechnischen Werkstücken zeigte sich, mit leichtem Vorsprung für das digitale Verfahren, relativ unentschieden bei der Wahl einer präferierten Methode zwischen dem konventionellen, gewohnten Vorgehen und dem neuen digitalen Verfahren (VAS: 45,2).

Wie ordnen Studierende die manuelle Bearbeitung von digital hergestellten Aufbissschienen in ihrem Erfahrungshorizont ein?

Die Bearbeitung der additiv gefertigten Schienenmaterialien wurde von den Teilnehmern in den Eigenschaften: Aufwand und Endergebnis „positiv“ und überwiegend als „gewohnt“ bewertet. Die charakteristische „Stufenbildung“ durch den 3D-Druck wurde teilweise von Studierenden während der Ausarbeitung, und vor allem der Politur, als nachteilig angegeben. Ein Fehlen eines Modells wurde nicht bemängelt. Ebenfalls wurde das Entfernen der Supportstrukturen (wenn sich diese nicht innerhalb der Schiene befanden) nicht als wesentlicher Störfaktor benannt. Die Auswertung zeigt jedoch auch, dass das materialisierte Design nicht immer den Vorstellungen am Bildschirm entsprach. Neben der Formgebung wurde v.a. die okklusale Gestaltung kritisch bewertet, da aufgrund der Unterschreitung von Mindestschichtstärken im virtuellen Artikulator die Anpassungen nicht wie gewünscht durchgeführt wurden und dadurch unerwünschte Erhebungen und Störkontakten auftraten.

Wie viele der von Novizen im digitalen Workflow hergestellten Aufbissschienen haben eine klinisch suffiziente Passung?

Die Bewertung der Passung und des Arbeitsaufwands beim äquilibrierten Einschleifen der Aufbissschiene variierte zwischen den Teilnehmern über das gesamte Spektrum der VAS, wobei das Endergebnis eine bessere Bewertung erhielt als die Zwischenschritte. Nach allen Anpassungen gaben 9 von 10 Teilnehmern beim Einsetzen der Schiene ein klinisch akzeptables Ergebnis an, wovon 40 Studierende (70%) auch bereits initial eine klinisch akzeptable Passung der Aufbissschiene angaben.

Einen Einfluss auf die Passung konnte jedoch – unabhängig vom Design – bei CAM-Geräten und Materialien sowie Ausführung der Supportstrukturen identifiziert werden. Damit muss dieses (in der Studie nicht berücksichtigte) Wissen für eine umfassende Kompetenzentwicklung in die zahnmedizinische Lehre integriert werden.

Finden sich mögliche Zusammenhänge zwischen den Erfahrungen der Studierenden, ihrer Beurteilung des digitalen Workflows und der klinischen Integrität der Aufbissschienen?

Wie die explorative Datenanalyse der Passung der Aufbissschiene und des dokumentieren Tragekomfort und Spannungsgefühls des passiven Tandempartners aufzeigen konnte, scheint die initiale Passung der Aufbissschiene einen signifikanten Einfluss auf den Tragekomfort zu haben. Eine initial schlecht passende oder spannende Schiene war demnach nicht zufriedenstellend durch die Teilnehmer anpassbar.

Der gesamte Workflow zum Einsetzen der Aufbissschiene wurde von den meisten Teilnehmern als sehr gut bis ausreichend bewertet, lediglich fünf Teilnehmer (8%) gaben einen unbefriedigenden Gesamteindruck des Ablaufs an. Die Einschätzung des gesamten Arbeitsablaufes kann aufgrund der zeitlich zusammenliegenden Befragung mit dem Einsetzen der Aufbissschiene verstärkt durch die Passung der Aufbissschiene beeinflusst sein.

Teilnehmer, welche die konventionelle Abformung als bevorzugte Methode angaben, gaben eine kürzere Dauer für das Einschleifen der Aufbissschiene an als Teilnehmer, welche den Intraoralscan bevorzugten. Eine Möglichkeit der Bevorzugung konventioneller Methoden könnte darin liegen, dass diese bereits gut beherrscht werden und diese Personen auch beim Einschleifen der Schiene insgesamt effizienter gearbeitet haben.

Allerdings konnte zwischen der benötigten Zeit des digitalen Schienendesigns und der Präferenz der Methodik gezeigt werden, dass bei längerem Zeitbedarf für CAD die Präferenz in der analogen Technik lag, während bei zügiger Bearbeitung die digitale Technik bevorzugt wurde.

5. Zusammenfassung

Vollständig digitale Arbeitsabläufe setzen sich in der zahnärztlichen Praxis weltweit durch und sind im Rahmen der Novellierung der Zahnärztlichen Approbationsordnung, somit auch für die studentische Ausbildung von hohem Interesse. In dieser Arbeit wurde eine explorative klinische Beobachtung unter Studierenden durchgeführt, um die Integration eines Lehrmoduls zur rein digitalen Herstellung von Unterkieferaufbissschienen mittels CAD und 3D-Druck auf Basis eines Intraoralscans, zu evaluieren und die Durchführbarkeit, Hürden und Herausforderungen zu identifizieren. **Methoden:** Zwischen April 2018 und Februar 2020 erhielten Studierende im Kursus der Zahnersatzkunde I (8. Fachsemester) eine Vorlesung über den Umgang mit einem Intraoralscanner (Trios3, 3Shape) zur Anfertigung von Ganzkieferscans sowie Kleingruppenseminare zur digitalen Gestaltung von Unterkieferaufbissschienen mittels CAD-Software (ExoCad DentalCAD, ExoCad GmbH). Nach gegenseitigem Intraoralscan in Tandemgruppen und selbstständigen digitalen Design wurden diese Aufbissschienen mittels eines DLP 3D-Druckers (Solflex 360 bzw. Solflex 170, W2P Engineering GmbH) vom Studienleiter in einem zertifizierten Material (V-Print ortho bzw. V-Print Splint, VOCO GmbH) gefertigt und den Studienteilnehmern zur Ausarbeitung sowie gegenseitigen Eingliederung ausgehändigt. Reguläres Tragen und Nachsorge der Schiene war optional möglich. Die Datenerhebung erfolgte Prozessbegleitend mit 13 individuellen Fragebögen (teils für aktiven und passiven Tandempartner getrennt). **Ergebnisse:** Innerhalb der vier Kohorten nahmen 84 Studenten an dem Modul teil. 554 Fragebögen konnten für die deskriptive und 503 Fragebögen für die schließende Auswertung herangezogen werden. Zwei von drei Studierenden bewerteten die Vorbereitung für die Prozesse als ausreichend. Der durchschnittliche Zeitaufwand für die Durchführung eines intraoralen Scans betrug 17'12". Alle Teilnehmer waren anhand der Intraoralscans in der Lage, eine Schiene in durchschnittlich 2^h11' digital zu konstruieren, was überwiegend als „langwierig“ und „herausfordernd“ bewertet wurde; wobei Studierende mit CAD-Erfahrung signifikant weniger Zeit benötigten. Die Handhabung des Intraoralscanners wurde als überwiegend einfach, der Scan selbst als angenehm

empfunden. Auch die Ausarbeitung der additiv gefertigten Schienen wurde überwiegend als „einfach“ / „gewohnt“ eingestuft. Neun von zehn Aufbissschienen konnten klinisch akzeptabel eingegliedert werden. Zehn der 84 additiv gefertigten Schienen wiesen im Workflow mechanische Komplikationen durch Fraktur oder Sprünge im Material auf. **Schlussfolgerung:** Novizen in digitalen Arbeitsabläufen mit Erfahrung in der konventionellen klinischen Zahnheilkunde können mit einem Intraoralscanner und CAD zur Herstellung einer Aufbissschiene akzeptable klinische Ergebnisse erzielen. Eine Unterrichtung im Rahmen einer Vorlesung für den Intraoralscan sowie Kleingruppenseminare zur Bedienung der CAD-Software scheinen hierzu ausreichend zu sein. Der 3D-Druck eignet sich als kosteneffiziente Methode zur Herstellung digitaler Werkstücke. Eine frühzeitige Implementierung von CAD in das Curriculum muss vor dem Hintergrund der analogen Vorerfahrungen und Fähigkeiten dieser Teilnehmergruppe kritisch betrachtet und weiter untersucht werden.

6. Literaturverzeichnis

1. Abdel-Azim T, Rogers K, Elathamna E, Zandinejad A, Metz M, Morton D, *Comparison of the marginal fit of lithium disilicate crowns fabricated with CAD/CAM technology by using conventional impressions and two intraoral digital scanners*. The Journal of prosthetic dentistry, 2015. **114**(4) p. 554-9.
2. Ahlers MO, Fussnegger M, Göz G, Imhoff B, Jakstat HA, Mentler C, et al. *Wissenschaftliche Mitteilung zur Therapie der funktionellen Erkrankung des kraniomandibulären Systems*: Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie (DGFD), Deutschen Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien (DGPro), Deutschen Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG), Arbeitsgemeinschaft für Kieferchirurgie (AGKi), Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO) und Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK); 2015 [updated November 2015. Available from: <https://www.dgfdt.de/documents/266840/266917/Therapie+der+CMD/af6eff1a-6098-4e25-b7d0-69b288c80e18>.
3. Ahlholm P, Lappalainen R, Lappalainen J, Tarvonen P-L, Sipilä K, *Challenges of the direct filling technique, adoption of cad/cam techniques, and attitudes toward 3d printing for restorative treatments among finnish dentists*. The International journal of prosthodontics, 2019. **32**(5) p. 402-10.
4. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U, *Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review*. Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists, 2018. **27**(1) p. 35-41.
5. Al-Ani MZ, Davies SJ, Gray RJ, Sloan P, Glennly AM, *Stabilisation splint therapy for temporomandibular pain dysfunction syndrome*. The Cochrane database of systematic reviews, 2004. (1) p. CD002778.
6. Al-Rafah EM, Alammari MR, Banasr FH, *The efficacy of bilateral balanced and canine guidance occlusal splints in the treatment of temporomandibular joint disorder*. Oral health and dental management, 2014. **13**(2) p. 536-42.
7. Al Hamad KQ, *Learning curve of intraoral scanning by prosthodontic residents*. The Journal of prosthetic dentistry, 2020. **123**(2) p. 277-83.
8. Alajbeg I, Zivkovic K, Gikic M, *[the Role of Stabilization Splint in the Treatment of Temporomandibular Disorders]*. Acta medica Croatica : casopis Hrvatske akademije medicinskih znanosti, 2015. **69**(1) p. 33-43.
9. Albdour EA, Shaheen E, Vranckx M, Mangano FG, Politis C, Jacobs R, *A novel in vivo method to evaluate trueness of digital impressions*. BMC Oral Health, 2018. **18**(1) p. 117.
10. Ash MM. *Schientherapie: evidenzbasierte Diagnostik und Behandlung bei TMD und CMD*: Elsevier, Urban&FischerVerlag; 2006.
11. Aslanidou K, Kau CH, Vlachos C, Saleh TA, *The fabrication of a customized occlusal splint based on the merging of dynamic jaw tracking records, cone beam computed tomography, and CAD-CAM digital impression*. Journal of orthodontic science, 2017. **6**(3) p. 104-9.
12. Asselmeyer T, Schwestka-Polly R, *Okklusionsschienen: Indikation, Klassifikation und Herstellung*. ZMK - Zahnheilkunde Managment Kultur, 2015. **1-2**(31) p. 106.
13. Aswani K, Wankhade S, Khalikar A, Deogade S, *Accuracy of an intraoral digital impression: A review*. J Indian Prosthodont Soc, 2020. **20**(1) p. 27-37.
14. Augusto VG, Perina KCB, Penha DSG, Dos Santos DCA, Oliveira VAS, *Temporomandibular Dysfunction, Stress and Common Mental Disorder in University Students*. Acta Ortop Bras, 2016. **24**(6) p. 330-3.

15. Auspurg K, Liebe U, *Choice-Experimente und die Messung von Handlungsentscheidungen in der Soziologie*. KZfSS Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, 2011. **63**(2) p. 301-14.
16. Baheti M, Soni U, Gharat N, Mahagaonkar P, Khokhani R, Dash S, *Intra-oral Scanners: A New Eye in Dentistry*. Austin J Orthopade & Rheumatol, 2015. **2**(3) p.
17. Bauer JC, Brown WT, *The digital transformation of oral health care. Teledentistry and electronic commerce*. Journal of the American Dental Association (1939), 2001. **132**(2) p. 204-9.
18. Benassi GF, Mariotto LGS, Botelho AL, Valente M, Reis ACD, *Relationship between temporomandibular dysfunctions, sleep disorders, and anxiety among dentistry students*. Cranio, 2020. p. 1-4.
19. Berli C, Thieringer FM, Sharma N, Muller JA, Dedem P, Fischer J, et al., *Comparing the mechanical properties of pressed, milled, and 3D-printed resins for occlusal devices*. The Journal of prosthetic dentistry, 2020. **124**(6) p. 780-6.
20. Berntsen C, Kleven M, Heian M, Hjortsjo C, *Clinical comparison of conventional and additive manufactured stabilization splints*. Acta Biomater Odontol Scand, 2018. **4**(1) p. 81-9.
21. Berrendero S, Salido MP, Valverde A, Ferreiroa A, Pradies G, *Influence of conventional and digital intraoral impressions on the fit of CAD/CAM-fabricated all-ceramic crowns*. Clinical oral investigations, 2016. **20**(9) p. 2403-10.
22. Boeddinghaus M, Breloer ES, Rehmann P, Wostmann B, *Accuracy of single-tooth restorations based on intraoral digital and conventional impressions in patients*. Clinical oral investigations, 2015. **19**(8) p. 2027-34.
23. Boyle JJ, Jr., Naylor WP, Blackman RB, *Marginal accuracy of metal ceramic restorations with porcelain facial margins*. The Journal of prosthetic dentistry, 1993. **69**(1) p. 19-27.
24. Breeding LC, Dixon DL, *Accuracy of casts generated from dual-arch impressions*. The Journal of prosthetic dentistry, 2000. **84**(4) p. 403-7.
25. *Verordnung zur Neuregelung der zahnärztlichen Ausbildung* [Internet]. Deutscher Bundestag. 2017. Available from: <http://dipbt.bundestag.de/dip21/brd/2017/0592-17.pdf>.
26. Burhardt L, Livas C, Kerdijk W, van der Meer WJ, Ren Y, *Treatment comfort, time perception, and preference for conventional and digital impression techniques: A comparative study in young patients*. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics, 2016. **150**(2) p. 261-7.
27. Burzynski JA, Firestone AR, Beck FM, Fields HW, Jr., Deguchi T, *Comparison of digital intraoral scanners and alginate impressions: Time and patient satisfaction*. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics, 2018. **153**(4) p. 534-41.
28. Capp NJ, *Occlusion and splint therapy*. British dental journal, 1999. **186**(5) p. 217-22.
29. Chaudhari PK, Dhillon H, Dhingra K, Alam MK, *3D printing for fostering better dental education*. Evidence-Based Dentistry, 2021. **22**(4) p. 154-5.
30. Cho GC, Chee WW, *Distortion of disposable plastic stock trays when used with putty vinyl polysiloxane impression materials*. The Journal of prosthetic dentistry, 2004. **92**(4) p. 354-8.
31. Danesh G, Lippold C, Mischke KL, Varzideh B, Reinhardt KJ, Dammaschke T, et al., *Polymerization characteristics of light- and auto-curing resins for individual splints*. Dent Mater, 2006. **22**(5) p. 426-33.

32. Darroudi M, Ariens ZP, Zinsmeister VZ, Breuning KH, [To bite or to scan? Dental impressions with alginate, PVS or -intra-oral scanning; processing time and patient comfort. A pilotstudy]. *Nederlands tijdschrift voor tandheelkunde*, 2017. **124**(2) p. 91-5.
33. Dawood A, Kalavrezos N, Tanner S, *A New Approach to Implant-Based Midface Reconstruction Following Subtotal Maxillectomy*. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 2016. **31**(4) p. e98-e101.
34. Dedem P, Turp JC, *Digital Michigan splint - from intraoral scanning to plasterless manufacturing*. *International journal of computerized dentistry*, 2016. **19**(1) p. 63-76.
35. Di Felice R, Scotti R, Belser UC, *The influence of the mixing technique on the content of voids in two polyether impression materials*. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 2002. **112**(1) p. 12-6.
36. Diegel O. *Additive Manufacturing*. In: Hashmi S, Batalha GF, Van Tyne CJ, Yilbas B, editors. *Comprehensive Materials Processing*. Oxford: Elsevier; 2014. p. 3-18.
37. Diker B, Tak Ö, *Comparing the accuracy of six intraoral scanners on prepared teeth and effect of scanning sequence*. *J Adv Prosthodont*, 2020. **12**(5) p. 299-306.
38. DIN e.V. *DIN ISO 5725-1:1997-11, Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Meßverfahren und Meßergebnissen - Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Begriffe (ISO 5725-1:1994)*. Berlin: Beuth-Verlag; 1997.
39. DIN e.V. *DIN EN ISO/ASTM 52900:2017-06, Additive Manufacturing-General Principles-Terminology (ISO/ASTM 52900: 2015)*. Berlin: Beuth-Verlag; 2017.
40. Douglas RD, Hopp CD, Augustin MA, *Dental students' preferences and performance in crown design: conventional wax-added versus CAD*. *J Dent Educ*, 2014. **78**(12) p. 1663-72.
41. Duret F, Blouin JL, Duret B, *CAD-CAM in dentistry*. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 1988. **117**(6) p. 715-20.
42. Edelhoff D, Güth J, Kieschnick A, Schweiger J. *Status Präsenz: Die additiven CAD/CAM-gestützten Fertigungstechnologien im zahntechnischen Labor*. Frankfurt am Main: Verband Deutscher Zahntechniker-Innungen; 2016 Oktober 2016.
43. Edelhoff D, Schweiger J, Prandtner O, Trimpl J, Stimmelmayer M, Guth JF, *CAD/CAM splints for the functional and esthetic evaluation of newly defined occlusal dimensions*. *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)*, 2017. **48**(3) p. 181-91.
44. Ender A, Attin T, Mehl A, *In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions*. *The Journal of prosthetic dentistry*, 2016. **115**(3) p. 313-20.
45. Ender A, Mehl A, *Full arch scans: conventional versus digital impressions--an in-vitro study*. *International journal of computerized dentistry*, 2011. **14**(1) p. 11-21.
46. Fahad M, Dickens P, Gilbert M, *Novel polymeric support materials for jetting based additive manufacturing processes*. *Rapid Prototyping Journal*, 2013. **19**(4) p. 230-9.
47. Faludi J, Bayley C, Bhogal S, Iribarne M, *Comparing environmental impacts of additive manufacturing vs traditional machining via life-cycle assessment*. *Rapid Prototyping Journal*, 2015. **21**(1) p. 14-33.
48. Fasbinder DJ, *Clinical performance of chairside CAD/CAM restorations*. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 2006. **137** Suppl p. 22S-31S.
49. Florence J, Yoder L. *Display system architectures for digital micromirror device (DMD)-based projectors*: SPIE; 1996.
50. Flugge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC, *Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner*. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official*

- publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics, 2013. **144**(3) p. 471-8.
51. Funakoshi M, Fujita N, Takehana S, *Relations between occlusal interference and jaw muscle activities in response to changes in head position*. J Dent Res, 1976. **55**(4) p. 684-90.
 52. Funke F, editor *Online-und Offlinevergleich visueller Analogskalen mit 4-und 8-stufig skalierten Likert-Skalen bei einem Fragebogen zum Verhalten in sozialen Gruppen*. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Soziologie" Soziale Ungleichheit-kulturelle Unterschiede"; 2006: Campus Verl.
 53. Gallardo YR, Bohner L, Tortamano P, Pigozzo MN, Lagana DC, Sesma N, *Patient outcomes and procedure working time for digital versus conventional impressions: A systematic review*. The Journal of prosthetic dentistry, 2018. **119**(2) p. 214-9.
 54. Gan N, Xiong Y, Jiao T, *Accuracy of Intraoral Digital Impressions for Whole Upper Jaws, Including Full Dentitions and Palatal Soft Tissues*. PLoS ONE, 2016. **11**(7) p. e0158800.
 55. Gautam R, Singh RD, Sharma VP, Siddhartha R, Chand P, Kumar R, *Biocompatibility of polymethylmethacrylate resins used in dentistry*. Journal of biomedical materials research Part B, Applied biomaterials, 2012. **100**(5) p. 1444-50.
 56. Giachetti L, Sarti C, Cinelli F, Russo DS, *Accuracy of Digital Impressions in Fixed Prosthodontics: A Systematic Review of Clinical Studies*. The International journal of prosthodontics, 2020. **33**(2) p. 192-201.
 57. Gjelvold B, Chrcanovic BR, Korduner EK, Collin-Bagewitz I, Kisch J, *Intraoral Digital Impression Technique Compared to Conventional Impression Technique. A Randomized Clinical Trial*. Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists, 2016. **25**(4) p. 282-7.
 58. Gjelvold B, Mahmood DJH, Wennerberg A, *Accuracy of surgical guides from 2 different desktop 3D printers for computed tomography-guided surgery*. The Journal of prosthetic dentistry, 2019. **121**(3) p. 498-503.
 59. Gratton DG, Kwon SR, Blanchette DR, Aquilino SA, *Performance of two different digital evaluation systems used for assessing pre-clinical dental students' prosthodontic technical skills*. Eur J Dent Educ, 2017. **21**(4) p. 252-60.
 60. Gray RJ, Davies SJ, *Occlusal splints and temporomandibular disorders: why, when, how?* Dental update, 2001. **28**(4) p. 194-9.
 61. Grunheid T, McCarthy SD, Larson BE, *Clinical use of a direct chairside oral scanner: an assessment of accuracy, time, and patient acceptance*. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics, 2014. **146**(5) p. 673-82.
 62. Hada T, Kanazawa M, Iwaki M, Arakida T, Soeda Y, Katheng A, et al., *Effect of Printing Direction on the Accuracy of 3D-Printed Dentures Using Stereolithography Technology*. Materials (Basel), 2020. **13**(15) p. 3405.
 63. Hamil LM, Mennito AS, Renné WG, Vuthiganon J, *Dental students' opinions of preparation assessment with E4D compare software versus traditional methods*. J Dent Educ, 2014. **78**(10) p. 1424-31.
 64. Harris LR, Brown GT, *Mixing interview and questionnaire methods: Practical problems in aligning data*. Practical Assessment, Research, and Evaluation, 2010. **15**(1) p. 1.
 65. Hasegawa Y, Kakimoto N, Tomita S, Fujiwara M, Ishikura R, Kishimoto H, et al., *Evaluation of the role of splint therapy in the treatment of temporomandibular joint pain on the basis of MRI evidence of altered disc position*. Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery, 2017. **45**(4) p. 455-60.

66. Hollenbeck K, Allin T, van der Poel M. *Dental Lab 3D Scanners—How they work and what works best*. Copenhagen: 3Shape Technology Research 2012. p. 1-5.
67. Hong-Seok P, Chintal S, *Development of High Speed and High Accuracy 3D Dental Intra Oral Scanner*. Procedia Engineering, 2015. **100** p. 1174-81.
68. Huettig F, Krämer-Fernandez P, Unkovskiy A, Spintzyk S, *3-D-Druck in der prothetischen Zahnmedizin: Wo stehen wir?* ZWR - Das Deutsche Zahnärzteblatt, 2020. **129**(12) p. 642-50.
69. Huettig F, Kustermann A, Kuscu E, Geis-Gerstorfer J, Spintzyk S, *Polishability and wear resistance of splint material for oral appliances produced with conventional, subtractive, and additive manufacturing*. Journal of the mechanical behavior of biomedical materials, 2017. **75** p. 175-9.
70. Hull CW. *Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography*. Google Patents; 1986.
71. Hwang JJ, Jung YH, Cho BH, *The need for DICOM encapsulation of 3D scanning STL data*. Imaging Sci Dent, 2018. **48**(4) p. 301-2.
72. Jacoby S, *Auswirkung von Löffelmaterial und Abformmethodik auf die Dimensionstreuung der Abformung*. Zahnmedizin up2date, 2012. **6**(06) p. 518-.
73. Joda T, Bragger U, *Patient-centered outcomes comparing digital and conventional implant impression procedures: a randomized crossover trial*. Clin Oral Implants Res, 2016. **27**(12) p. e185-e9.
74. Kai CC, Jacob GGK, Mei T, *Interface between CAD and Rapid Prototyping systems. Part 2: LMI ? An improved interface*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1997. **13**(8) p. 571-6.
75. Keppner B, Kahlenborn W, Richter S, Jetzke T, Lessmann A, Bovenschulte M, *Die Zukunft im Blick: 3D-Druck Trendbericht zur Abschätzung der Umweltwirkungen*. Umweltbundesamt Fachgebiet 11: Grundsatzfragen, Nachhaltigkeitsstrategien und -szenarien, Ressourcenschonung, 2018. p.
76. Kihara H, Hatakeyama W, Komine F, Takafuji K, Takahashi T, Yokota J, et al., *Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review*. J Prosthodont Res, 2020. **64**(2) p. 109-13.
77. Kim J, Park JM, Kim M, Heo SJ, Shin IH, Kim M, *Comparison of experience curves between two 3-dimensional intraoral scanners*. The Journal of prosthetic dentistry, 2016. **116**(2) p. 221-30.
78. Kongsved SM, Basnov M, Holm-Christensen K, Hjollund NH, *Response rate and completeness of questionnaires: a randomized study of Internet versus paper-and-pencil versions*. J Med Internet Res, 2007. **9**(3) p. e25.
79. Kraemer-Fernandez P, Spintzyk S, Wahl E, Huettig F, Klink A, *Implementation of a Full Digital Workflow by 3D Printing Intraoral Splints Used in Dental Education: An Exploratory Observational Study with Respect to Students' Experiences*. Dentistry Journal, 2023. **11**(1) p. 5.
80. Kriveshko IA. *Three-dimensional scan recovery*. Google Patents; 2011.
81. Kulkarni P, Marsan A, Dutta D, *A review of process planning techniques in layered manufacturing*. Rapid Prototyping Journal, 2000. **6**(1) p. 18-35.
82. Kulkarni PR, Kulkarni RS, Shah RJ, Chhajlani R, Saklecha B, Maru K, *A Comparative Evaluation of Accuracy of the Dies Affected by Tray Type, Material Viscosity, and Pouring Sequence of Dual and Single Arch Impressions- An In vitro Study*. J Clin Diagn Res, 2017. **11**(4) p. ZC128-ZC35.
83. Kumke M. *Grundlagen der additiven Fertigung*. Methodisches Konstruieren von additiv gefertigten Bauteilen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; 2018. p. 7-23.

84. Kurz M, Attin T, Mehl A, *Influence of material surface on the scanning error of a powder-free 3D measuring system*. Clinical oral investigations, 2015. **19**(8) p. 2035-43.
85. Kuzmanovic P, Pifer J, Dodic S, Lazic V, Trajkovic G, Milic N, Milicic B, *Occlusal stabilization splint for patients with temporomandibular disorders: Meta-analysis of short and long term effects*. PLoS ONE, 2017. **12**(2) p. e0171296.
86. Kwon SR, Hernandez M, Blanchette DR, Lam MT, Gratton DG, Aquilino SA, *Effect of Computer-Assisted Learning on Students' Dental Anatomy Waxing Performance*. J Dent Educ, 2015. **79**(9) p. 1093-100.
87. Lenherr P, Marinello CP, *[prepCheck computer-supported objective evaluation of students preparation in preclinical simulation laboratory]*. Swiss Dent J, 2014. **124**(10) p. 1085-92.
88. Lim JH, Park JM, Kim M, Heo SJ, Myung JY, *Comparison of digital intraoral scanner reproducibility and image trueness considering repetitive experience*. The Journal of prosthetic dentistry, 2018. **119**(2) p. 225-32.
89. LMT Communications I. *LMT Communications. The dynamics of dentists and digital dentistry*. LMTmag. 2019.
90. Logozzo S, Franceschini G, Kilpela A, Governi L, *A Comparative Analysis Of Intraoral 3d Digital Scanners For Restorative Dentistry*. The Internet Journal of Medical Technology, 2011. **5**(1) p.
91. Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpelä A, Mäkynen A, *Recent advances in dental optics – Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry*. Optics and Lasers in Engineering, 2014. **54** p. 203-21.
92. Luthardt RG, Koch R, Rudolph H, Walter MH, *Qualitative computer aided evaluation of dental impressions in vivo*. Dent Mater, 2006. **22**(1) p. 69-76.
93. Luthardt RG, Walter MH, Weber A, Koch R, Rudolph H, *Clinical parameters influencing the accuracy of 1- and 2-stage impressions: a randomized controlled trial*. The International journal of prosthodontics, 2008. **21**(4) p. 322-7.
94. Maestre-Ferrin L, Romero-Millan J, Penarrocha-Oltra D, Penarrocha-Diago M, *Virtual articulator for the analysis of dental occlusion: an update*. Med Oral Patol Oral Cir Bucal, 2012. **17**(1) p. e160-3.
95. Malaguti G, Rossi R, Marziali B, Esposito A, Bruno G, Dariol C, et al., *In vitro evaluation of prosthodontic impression on natural dentition: a comparison between traditional and digital techniques*. ORAL & implantology, 2016. **9**(Suppl 1/2016 to N 4/2016) p. 21.
96. Manfredini D, Ahlberg J, Winocur E, Guarda-Nardini L, Lobbezoo F, *Correlation of RDC/TMD axis I diagnoses and axis II pain-related disability. A multicenter study*. Clinical oral investigations, 2011. **15**(5) p. 749-56.
97. Mangano A, Beretta M, Luongo G, Mangano C, Mangano F, *Conventional Vs Digital Impressions: Acceptability, Treatment Comfort and Stress Among Young Orthodontic Patients*. The open dentistry journal, 2018. **12** p. 118-24.
98. Marro A, Bandukwala T, Mak W, *Three-Dimensional Printing and Medical Imaging: A Review of the Methods and Applications*. Curr Probl Diagn Radiol, 2016. **45**(1) p. 2-9.
99. Marti AM, Harris BT, Metz MJ, Morton D, Scarfe WC, Metz CJ, et al., *Comparison of digital scanning and polyvinyl siloxane impression techniques by dental students: instructional efficiency and attitudes towards technology*. Eur J Dent Educ, 2017. **21**(3) p. 200-5.
100. McLean JW, von Fraunhofer JA, *The estimation of cement film thickness by an in vivo technique*. British dental journal, 1971. **131**(3) p. 107-11.
101. McNamara DC, *Occlusal adjustment for a physiologically balanced occlusion*. The Journal of prosthetic dentistry, 1977. **38**(3) p. 284-93.

102. Memari Y, Mohajerfar M, Armin A, Kamalian F, Rezayani V, Beyabanaki E, *Marginal Adaptation of CAD/CAM All-Ceramic Crowns Made by Different Impression Methods: A Literature Review*. Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists, 2019. **28**(2) p. e536-e44.
103. Mörmann W. *Keramikinlay – Die Seitenzahnfüllung der Zukunft. Vortrag am 30. März 1985, Karlsruhe, „25 Jahre Akademie für Zahnärztliche Fortbildung, Karlsruhe“*. 4. Internationales Quintessenz-Symposium 1985. 4. Internationales Quintessenz-Symposium 1985; 1985.
104. Moufti MA, Lilico JT, Wassell RW, *How to make a well-fitting stabilization splint*. Dental update, 2007. **34**(7) p. 398-400, 2-4, 7-8.
105. Muallah J, Wesemann C, Nowak R, Robben J, Mah J, Pospiech P, et al., *Accuracy of full-arch scans using intraoral and extraoral scanners: an in vitro study using a new method of evaluation*. International journal of computerized dentistry, 2017. **20**(2) p. 151-64.
106. Oliveira ASd, Bevilaqua-Grossi D, Dias EM, *Sinais e sintomas da disfunção temporomandibular nas diferentes regiões brasileiras*. Fisioterapia e Pesquisa, 2008. **15** p. 392-6.
107. Papadiochos I, Papadiochou S, Emmanouil I, *The Historical Evolution of Dental Impression Materials*. J Hist Dent, 2017. **65**(2) p. 79-89.
108. Passos L, Meiga S, Brigagao V, Street A, *Impact of different scanning strategies on the accuracy of two current intraoral scanning systems in complete-arch impressions: an in vitro study*. International journal of computerized dentistry, 2019. **22**(4) p. 307-19.
109. Patzelt SB, Emmanouilidi A, Stampf S, Strub JR, Att W, *Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners*. Clinical oral investigations, 2014. **18**(6) p. 1687-94.
110. Patzelt SB, Krügel M, Wesemann C, Pieralli S, Nold J, Spies BC, et al., *In Vitro Time Efficiency, Fit, and Wear of Conventionally- versus Digitally-Fabricated Occlusal Splints*. Materials, 2022. **15**(3) p.
111. Pedroche LO, Bernardes SR, Leao MP, Kintopp CC, Correr GM, Ornaghi BP, et al., *Marginal and internal fit of zirconia copings obtained using different digital scanning methods*. Braz Oral Res, 2016. **30**(1) p. e113.
112. Peroz I, Hugger A, *Craniomandibular function meets prosthodontics*. J CranioMand Func, 2020. **12**(1) p. 65-72.
113. Pho Duc JM, Huning SV, Grossi ML, *Parallel Randomized Controlled Clinical Trial in Patients with Temporomandibular Disorders Treated with a CAD/CAM Versus a Conventional Stabilization Splint*. The International journal of prosthodontics, 2016. **29**(4) p. 340-50.
114. Pöge A, *Persönliche Codes' reloaded'*. Methoden, Daten, Analysen (mda), 2008. **2**(1) p. 59-70.
115. Pradies G, Zarauz C, Valverde A, Ferreiroa A, Martinez-Rus F, *Clinical evaluation comparing the fit of all-ceramic crowns obtained from silicone and digital intraoral impressions based on wavefront sampling technology*. Journal of dentistry, 2015. **43**(2) p. 201-8.
116. Prager MC, Liss H, *Assessment of Digital Workflow in Predoctoral Education and Patient Care in North American Dental Schools*. J Dent Educ, 2020. **84**(3) p. 350-7.
117. Prakash KS, Nancharaih T, Rao VVS, *Additive Manufacturing Techniques in Manufacturing -An Overview*. Materials Today: Proceedings, 2018. **5**(2) p. 3873-82.
118. Punj A, Bompolaki D, Garaicoa J, *Dental Impression Materials and Techniques*. Dent Clin North Am, 2017. **61**(4) p. 779-96.
119. Quan H, Zhang T, Xu H, Luo S, Nie J, Zhu X, *Photo-curing 3D printing technique and its challenges*. Bioact Mater, 2020. **5**(1) p. 110-5.

120. Ramfjord SP, Ash MM, *Reflections on the Michigan occlusal splint*. Journal of oral rehabilitation, 1994. **21**(5) p. 491-500.
121. Ré JP, Perez C, Darmouni L, Carlier JF, Orthlieb JD, *The occlusal splint therapy*. international journal of stomatology & occlusion medicine, 2009. **2**(2) p. 82-6.
122. Rebmann B, Heinzmann V, Leonhard E. *ATLAS DENTAL /// Die Märkte Europas /// Strukturen, Herausforderungen und Szenarien*. Köln: GFDI Gesellschaft zur Förderung der Dental-Industrie mbH; 2018.
123. Reifeis PE, Kirkup ML, Willis LH, Browning WD, *Introducing CAD/CAM into a Predoctoral Dental Curriculum: A Case Study*. Journal of Dental Education, 2014. **78**(10) p. 1432-41.
124. Reissmann DR, Hacker T, Farhan D, Heydecke G, *The Burdens in Prosthetic Dentistry Questionnaire (BiPD-Q): development and validation of a patient-based measure for process-related quality of care in prosthetic dentistry*. The International journal of prosthodontics, 2013. **26**(3) p. 250-9.
125. Rekow ED, *Digital dentistry: The new state of the art - Is it disruptive or destructive?* Dent Mater, 2020. **36**(1) p. 9-24.
126. Reymus M, Reinhardt H, Keßler A, *Accuracy of CAD/CAM-fabricated bite splints: milling vs 3D printing*. Clinical oral investigations, 2020. **24**(12) p. 4607-15.
127. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P, et al., *Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression*. J Healthc Eng, 2017. **2017** p. 8427595.
128. Roth I, Czigola A, Joos-Kovacs GL, Dalos M, Hermann P, Borbely J, *Learning curve of digital intraoral scanning - an in vivo study*. BMC Oral Health, 2020. **20**(1) p. 287.
129. Rousseeuw PJ, Leroy AM. *Outlier Diagnostics. Robust Regression and Outlier Detection*. Wiley Series in Probability and Statistics. New York: John Wiley & Sons; 2005. p. 216-47.
130. Rubel BS, *Impression materials: a comparative review of impression materials most commonly used in restorative dentistry*. Dent Clin North Am, 2007. **51**(3) p. 629-42, vi.
131. Runkel C, Guth JF, Erdelt K, Keul C, *Digital impressions in dentistry-accuracy of impression digitalisation by desktop scanners*. Clinical oral investigations, 2020. **24**(3) p. 1249-57.
132. Sakornwimon N, Leevailoj C, *Clinical marginal fit of zirconia crowns and patients' preferences for impression techniques using intraoral digital scanner versus polyvinyl siloxane material*. J Prosthet Dent, 2017. **118**(3) p. 386-91.
133. Salmi M, Paloheimo KS, Tuomi J, Ingman T, Makitie A, *A digital process for additive manufacturing of occlusal splints: a clinical pilot study*. Journal of the Royal Society, Interface, 2013. **10**(84) p. 20130203.
134. Santoliquido O, Colombo P, Ortona A, *Additive Manufacturing of ceramic components by Digital Light Processing: A comparison between the "bottom-up" and the "top-down" approaches*. Journal of the European Ceramic Society, 2019. **39**(6) p. 2140-8.
135. Schepke U, Meijer HJ, Kerdiijk W, Cune MS, *Digital versus analog complete-arch impressions for single-unit premolar implant crowns: Operating time and patient preference*. The Journal of prosthetic dentistry, 2015. **114**(3) p. 403-6 e1.
136. Schlenz MA, Michel K, Wegner K, Schmidt A, Rehmann P, Wostmann B, *Undergraduate dental students' perspective on the implementation of digital dentistry in the preclinical curriculum: a questionnaire survey*. BMC Oral Health, 2020. **20**(1) p. 78.
137. Schneemann A, Schneemann P, *Zahntechnische Herstellung einer Aufbisschiene*. QZ - Quintessenz Zahntechnik, 2008. **34**(12) p. 1510-20.
138. Schott TC, Arsalan R, Weimer K, *Students' perspectives on the use of digital versus conventional dental impression techniques in orthodontics*. BMC Med Educ, 2019. **19**(1) p. 81.

139. Schunke S, *Mit CAD/CAM zur Kunststoffschiene*. QZ - Quintessenz Zahntechnik, 2014. **40**(7) p. 862-74.
140. Schwindling FS, Deisenhofer UK, Porsche M, Rammelsberg P, Kappel S, Stober T, *Establishing CAD/CAM in Preclinical Dental Education: Evaluation of a Hands-On Module*. J Dent Educ, 2015. **79**(10) p. 1215-21.
141. Seelbach P, Brueckel C, Wostmann B, *Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow*. Clinical oral investigations, 2013. **17**(7) p. 1759-64.
142. Shaheen E, Sun Y, Jacobs R, Politis C, *Three-dimensional printed final occlusal splint for orthognathic surgery: design and validation*. International journal of oral and maxillofacial surgery, 2017. **46**(1) p. 67-71.
143. Shapiro SS, Wilk MB, *An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples)*. Biometrika, 1965. **52**(3/4) p. 591-&.
144. Shih W, Tran K, Yang V, El Masoud B, Sexton C, Zafar S, *Investigation of inter- and intra-rater reliability using digital dental software for prosthodontics crown preparations*. J Dent Educ, 2020. **84**(9) p. 1037-45.
145. Shimizu S, Shinya A, Kuroda S, Gomi H, *The accuracy of the CAD system using intraoral and extraoral scanners for designing of fixed dental prostheses*. Dent Mater J, 2017. **36**(4) p. 402-7.
146. Shodadai SP, Türp JC, Gerds T, Strub JR, *Is there a benefit of using an arbitrary facebow for the fabrication of a stabilization appliance?* International Journal of Prosthodontics, 2001. **14**(6) p.
147. Sökefeld M. *Strukturierte Interviews und Fragebögen*. Methoden und Techniken der Feldforschung: Dietrich Reimer Verlag; 2003. 306 p.
148. Sola-Guirado RR, Guerrero-Vacas G, Rodríguez-Alabanda Ó, *Teaching CAD/CAM/CAE tools with project-based learning in virtual distance education*. Education and Information Technologies, 2022. **27**(4) p. 5051-73.
149. Son K, Lee KB, *Prediction of learning curves of 2 dental CAD software programs, part 2: Differences in learning effects by type of dental personnel*. The Journal of prosthetic dentistry, 2020. **123**(5) p. 747-52.
150. Son K, Lee WS, Lee KB, *Prediction of the learning curves of 2 dental CAD software programs*. The Journal of prosthetic dentistry, 2019. **121**(1) p. 95-100.
151. Stansbury JW, Idacavage MJ, *3D printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities*. Dent Mater, 2016. **32**(1) p. 54-64.
152. Steele JG, Wassell RW, Walls AW, *A comparative study of the fit and retention of interocclusal splints constructed from heat-cured and autopolymerized polymethylmethacrylate*. The Journal of prosthetic dentistry, 1992. **67**(3) p. 328-30.
153. Turp JC, Schindler H, *The dental occlusion as a suspected cause for TMDs: epidemiological and etiological considerations*. Journal of oral rehabilitation, 2012. **39**(7) p. 502-12.
154. Ulgey M, Gorler O, Yesilyurt G, *Importance of disinfection time and procedure with different alginate impression products to reduce dimensional instability*. Niger J Clin Pract, 2020. **23**(3) p. 284-90.
155. Unkovskiy A, Bui PH, Schille C, Geis-Gerstorfer J, Huettig F, Spintzyk S, *Objects build orientation, positioning, and curing influence dimensional accuracy and flexural properties of stereolithographically printed resin*. Dent Mater, 2018. **34**(12) p. e324-e33.
156. Unkovskiy A, Schmidt F, Beuer F, Li P, Spintzyk S, Kraemer Fernandez P, *Stereolithography vs. Direct Light Processing for Rapid Manufacturing of Complete Denture Bases: An In Vitro Accuracy Analysis*. Journal of Clinical Medicine, 2021. **10**(5) p.
157. van Noort R, *The future of dental devices is digital*. Dent Mater, 2012. **28**(1) p. 3-12.

158. Vogel AB, Kilic F, Schmidt F, Rubel S, Lapatki BG, *Dimensional accuracy of jaw scans performed on alginate impressions or stone models: A practice-oriented study*. J Orofac Orthop, 2015. **76**(4) p. 351-65.
159. von See C, *Additive Verfahren in der Zahnmedizin*. ZWR - Das Deutsche Zahnärzteblatt, 2019. **128**(09) p. 440-5.
160. Wassell RW, Adams N, Kelly PJ, *Treatment of temporomandibular disorders by stabilising splints in general dental practice: results after initial treatment*. British dental journal, 2004. **197**(1) p. 35-41; discussion 31; quiz 50-1.
161. Weller SC. *Structured interviewing and questionnaire construction*. Bernard HR, Gravlee CC, editors. Maryland: ROWMAN & LITTLEFIELD; 1998. 365-409 p.
162. Wesemann C, Spies BC, Schaefer D, Adali U, Beuer F, Pieralli S, *Accuracy and its impact on fit of injection molded, milled and additively manufactured occlusal splints*. Journal of the mechanical behavior of biomedical materials, 2021. **114** p. 104179.
163. Winkler J, Gkantidis N, *Trueness and precision of intraoral scanners in the maxillary dental arch: an in vivo analysis*. Sci Rep, 2020. **10**(1) p. 1172.
164. Wismeijer D, Mans R, van Genuchten M, Reijers HA, *Patients' preferences when comparing analogue implant impressions using a polyether impression material versus digital impressions (Intraoral Scan) of dental implants*. Clin Oral Implants Res, 2014. **25**(10) p. 1113-8.
165. Wissenschaftsrat. *Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Zahnmedizin an den Universitäten in Deutschland 2005*. In: Wissenschaftsrat, editor. Berlin2005. p. 73.
166. Yau HT, Yang TJ, Lin YK, *Comparison of 3-D Printing and 5-axis Milling for the Production of Dental e-models from Intra-oral Scanning*. Computer-Aided Design and Applications, 2015. **13**(1) p. 32-8.
167. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H, *Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes*. BMC Oral Health, 2014. **14** p. 10.
168. Zhang C, Wu JY, Deng DL, He BY, Tao Y, Niu YM, et al., *Efficacy of splint therapy for the management of temporomandibular disorders: a meta-analysis*. Oncotarget, 2016. **7**(51) p. 84043-53.
169. Zhang F, Suh KJ, Lee KM, *Validity of Intraoral Scans Compared with Plaster Models: An In-Vivo Comparison of Dental Measurements and 3D Surface Analysis*. PLoS ONE, 2016. **11**(6) p. e0157713.
170. Zhang N, Zhang L-C, Chen Y, Shi Y-S, *Local Barycenter Based Efficient Tree-Support Generation for 3D Printing*. Computer-Aided Design, 2019. **115** p. 277-92.
171. Zimmermann M, Ender A, Attin T, Mehl A, *Accuracy of Buccal Scan Procedures for the Registration of Habitual Intercuspatation*. Oper Dent, 2018. **43**(6) p. 573-80.
172. Zimmermann M, Mehl A, Mormann WH, Reich S, *Intraoral scanning systems - a current overview*. International journal of computerized dentistry, 2015. **18**(2) p. 101-29.
173. Zimmermann M, Mormann W, Mehl A, Hickel R, *Teaching dental undergraduate students restorative CAD/CAM technology: evaluation of a new concept*. International journal of computerized dentistry, 2019. **22**(3) p. 263-71.
174. Zint M, Stock K, Graser R, Ertl T, Brauer E, Heyninck J, et al. *Development and verification of a novel device for dental intra-oral 3D scanning using chromatic confocal technology*: SPIE; 2015.
175. Zitzmann NU, Kovaltschuk I, Lenherr P, Dedem P, Joda T, *Dental Students' Perceptions of Digital and Conventional Impression Techniques: A Randomized Controlled Trial*. J Dent Educ, 2017. **81**(10) p. 1227-32.
176. Zitzmann NU, Matthisson L, Ohla H, Joda T, *Digital Undergraduate Education in Dentistry: A Systematic Review*. Int J Environ Res Public Health, 2020. **17**(9) p. 3269.

7. Erklärung zum Eigenanteil

Die vorliegende Arbeit wurde in der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde unter der Betreuung von PD Dr. Fabian Hüttig angefertigt. Die Konzeption der Studie erfolgte in Eigenarbeit in Abstimmung mit PD Dr. Fabian Hüttig, Dr. Andrea Klink, und Sebastian Spintzyk, M.Sc.; insbesondere für den Ethikantrag. Sämtliche Arbeitsabläufe, Anleitungen wurden selbständig nach Herstellerangaben erarbeitet und entworfen. Das Fragebogendesign wurde selbständig erstellt und wie beschrieben kollegial abgestimmt. Sämtliche Demonstrationen und Unterrichtungen von Studierenden sowie Unterlagen zur Unterweisung wurden eigenständig durch mich durchgeführt und erstellt. Die Betreuung der Studierenden an den studentischen, zahnmedizinischen Behandlungseinheiten während dem 3D-Scan und Eingliedern der Aufbisschienen erfolgte maßgeblich durch mich, unterstützt von kursbetreuenden Zahnärzten. Der 3D Druck und das Postprocessing der für die Studie hergestellten Schienen wurde hauptsächlich von mir selbst, mit vereinzelter Unterstützung durch ZT Eugen Wahl und Bachelorstudenten der Sektion für Medizinische Werkstoffkunde und Technologie der Universitätsklinik Tübingen durchgeführt. Zum Materialwechsel wurden Beratung zum 3D-Druck durch die Firma VOCO-GmbH zur Verfügung gestellt. Die 3D-Druck Materialien sowie die verwendeten 3D-Drucker wurden von der Firma VOCO GmbH kostenfrei zur Verwendung in der Studie und im Studentenkurs überlassen. Die CAD-Software wurde kostenfrei durch die Firma ExoCad für den Einsatz in der Lehre überlassen. Es bestanden keine weiteren darüber hinaus gehenden Vereinbarungen. Die Erhebung der Fragebögen sowie die statistische Auswertung erfolgte selbständig auf Basis von Vorschlägen seitens PD Dr. Fabian Hüttig. Ich versichere, das Manuskript selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den

(Unterschrift)

8. Veröffentlichungen im Rahmen der Dissertation

Wissenschaftliche Vorträge;

- Diskussions-Vortrag: Deutscher Zahnärztetag 2018 (09.11.2018), Frankfurt am Main; Deutsche Gesellschaft für Computergestützte Zahnheilkunde e.V. (DGCZ), Vorsitz Prof. Dr. Bernd Kordaß
„Evaluation eines rein-digitalen Workflows zur Herstellung von Unterkieferaufbissschienen mittels 3D-Druck“
- Forschungswettbewerb 1. Platz: 18. Voco Dental Challenge 2021 (01.11.2021), Cuxhaven, Fachjury: Prof. Dr. Andreas Braun, Prof. Dr. Christian Gernhardt, PD Dr. Guido Sterzenbach
„Rein digitale Aufbissschienen im Studierendenkurs mittels Intraoralscan und 3D-Druck“

Zeitschriftenartikel:

- **„3-D-Druck in der prothetischen Zahnmedizin: Wo stehen wir?“** ZWR - Das Deutsche Zahnärzteblatt, 2020. **129**(12) p. 642-50. (Huettig F, Krämer-Fernandez P, Unkovskiy A, Spintzyk S). **Abbildung 4 Seite 647** [68].
- „Implementation of a Full Digital Workflow by 3D Printing Intraoral Splints Used in Dental Education: An Exploratory Observational Study with Respect to Students' Experiences“** Dentistry Journal, 2023. **11**(1) p. 5. 1. (Kraemer-Fernandez P, Spintzyk S, Wahl E, Huettig F, Klink A,) [79]

9. Anhang

9.1. Anleitung CAD-Design

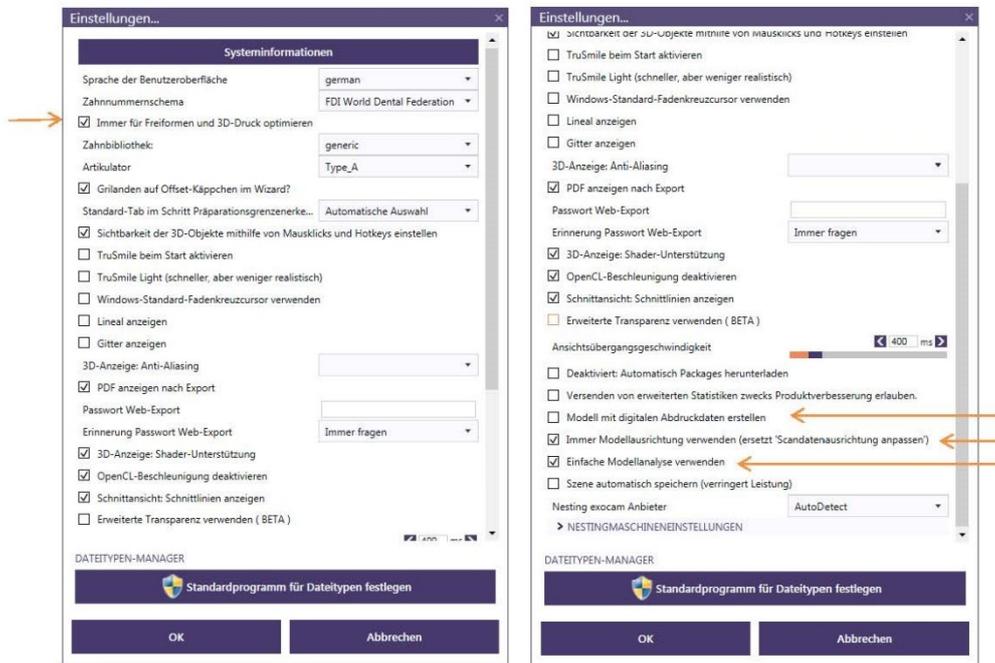
Veröffentlicht unter [79].

Allgemeine Voreinstellungen im CAD:

Werkzeuge -> Einstellungen



Hacken wie abgebildet setzen:



Allgemeine Bedienung im Designer:

Ansicht

rechte Maustaste gedrückt halten: drehen der Ansicht / Ausrichten des Modells

rechte + linke Maustaste gleichzeitig gedrückt halten: bewegen des Modells

Mausrad drehen: zoomen

Mausrad klicken: neuen Fixpunkt setzen, um den sich das Modell dreht (bei gedrückter rechter Maustaste)

Modellieren

Linke Maustaste: Auftragen +

Linke Maustaste +  gedrückt halten: Abtragen -

Erstellt durch: Dr. Kathrin Frennker - Stand: 27.11.2018
Seite 2

Fenster im ExoCAD CAD-Designer

Speichern für späteres weiterarbeiten

Zeigt an, was momentan eingeblendet wird

- Durch den Schieberegler kann die Intensität bestimmt werden
- Durch klicken auf den Kasten : Objekt ein-/ausblenden

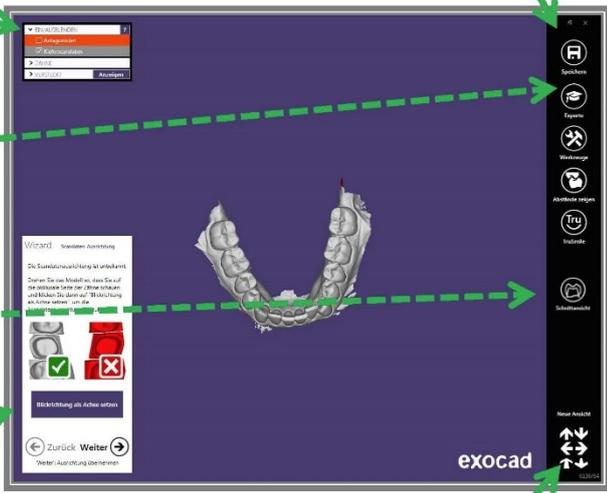
Experte/Wizard:

Ermöglicht zusätzliche Einstellungen im **Expertenmodus** bzw. startet den **Wizard** erneut

TruSmile – auf realistische Ansicht umschalten

Schnittansicht durch die Modelle
(Öffnen und Schließen durch Klick auf die Schaltfläche – ermöglicht das Messen von Abständen)

Wizard – leitet durch das Schienen-Design



Definierte Ansichten. Durchschalten durch Klick auf die Pfeile

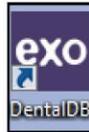
Erstellt durch: Dr. Kathrin Frennker - Stand: 27.11.2018
Seite 3

Anleitung Schienenherstellung EXOCAD V2.2

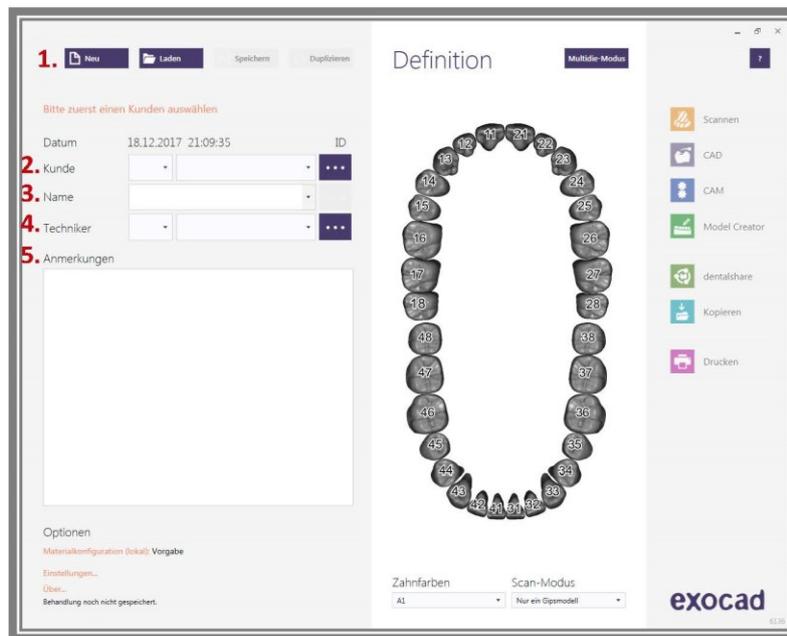
Diese Anleitung führt Sie Schritt für Schritt durch die Herstellung einer UK-Schiene mit adjustierter, äquilibrierter Aufbissfläche. Begleitend dazu steht ein Video mit dem Behandlungsablauf zur Verfügung.

Zeit messen - ab jetzt 😊

- 1) Starten von ExoCad vom Desktop aus:



1) Auftrag in ExoCad anlegen:



- 1) Auf **Neu** klicken
- 2) Kunde: 00002
- 3) Name: Name des Studierenden, der die Schiene bekommt
- 4) Techniker: 00001 / Default
- 5) Anmerkungen: Name des Studierenden, der die Schiene designt

Art der Versorgung auswählen:

- 6) Zahn 48 im Unterkiefer anklicken ->
→ **Aufbisschiene** auswählen
- 7) Mindestdicke: **0,5mm** -> **Bestätigen mit OK**



- 8) Mit gedrückter **Shift-Taste**  Zahn 38 anklicken
- 9) Zahn 18 anklicken
→ **10) Antagonist** auswählen -> Bestätigen mit **OK**
→ Mit gedrückter **Shift-Taste**  Zahn 28 anklicken

- 11) Scan-Modus: **Zwei Gipsmodelle in Artikulator A**
- 12) Speichern!
- 13) Starten des Schienen.-Designers (**CAD**)



 **CAD** lässt sich erst starten, sobald der Auftrag vollständig angelegt und abgespeichert wurde

CAD Designer:

★ Das Starten kann bis zu 4 Minuten dauern

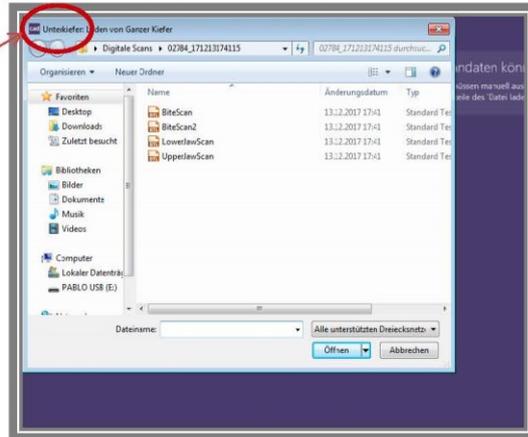
Scans laden:

→ **Achtung!** Es werden immer die zuletzt geladenen Scans angezeigt.

Zurück auf den **Desktop -> Digitale-Lehre** und die entsprechenden Daten wählen

Reihenfolge beachten!
Scans nicht auf einmal laden!

1. **LowerJawScan** auswählen -> Öffnen
2. **UpperJawScan** auswählen -> Öffnen



Die Scans werden nun geladen und der Wizard führt automatisch durch die Schienen-Herstellung

★ Falsche Scans geladen oder vertauscht? CAD schließen und aus dem Auftragsfenster CAD neu Starten (Punkt 13)

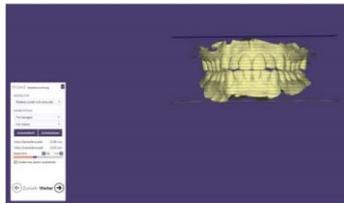
2) Modell erstellen:

1) Wählen Sie im Fenster **Modelltyp:**



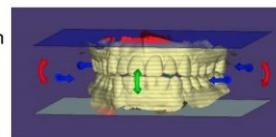
2) Richten Sie die Scans zwischen den Basen-Platten(OK blau / UK grün) aus, falls dies nicht automatisch geschehen ist.

Passen Sie ggf. die Modellhöhe an.



Manuelles Ausrichten der Modelle:

Modell bewegen mit Linker Maustaste gedrückt halten
 Modell drehen durch **halten** der **STRG** Taste
 (Drehen durch **klicken und halten** der Pfeile)



Fertig? Klicken Sie auf **Weiter** ➔

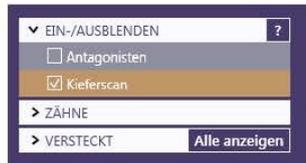
3) **Warnmeldung** mit **Ja** bestätigen



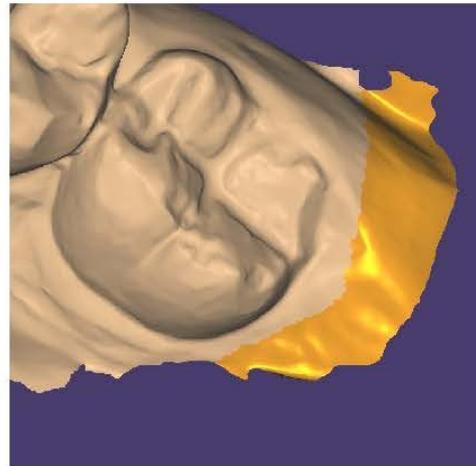
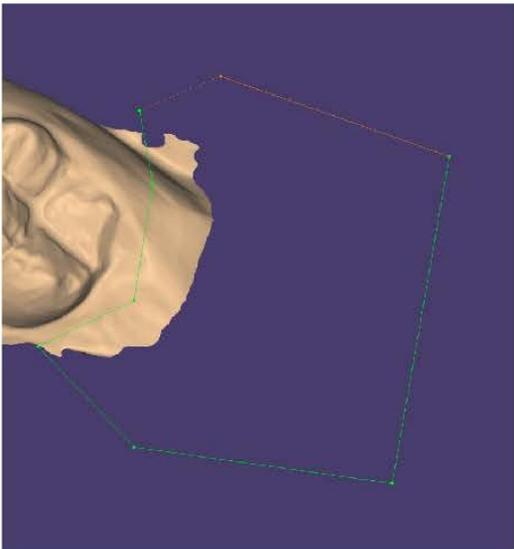
4) Modell zurecht schneiden:

★ Ziel: alle Bereiche entfernen die in den Gegenkiefer ragen und die Artikulation stören (Trigonom + Tuber -distal der 7er sowie Umschlagfalte)

- a. Antagonist ausblenden (auf klicken um entspr. Kiefer ein- oder auszublenden) zur einfacheren Orientierung



- b. Mit linker Maustaste Punkte setzen und Bereiche markieren (Abbruch mit Rechtsklick)



Letzer Punkt: Doppelklick um umrandete Fläche auszuwählen

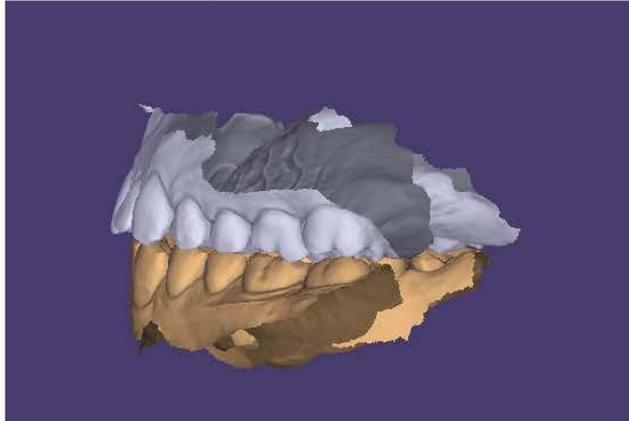
- c. Entfernen der Fläche durch Klick auf Löschen:



→ Wiederholen, bis alle Flächen entfernt sind.

- d. Anschließend den **Oberkiefer** auf gleiche Art vorbereiten (UK ausblenden – OK einblenden)

e. Abschließende Kontrolle, dass alle Störstellen entfernt sind:



5) Keine Fehler? -> Vorbereitungen sind abgeschlossen. Klicken Sie auf



3) Schienendesign

1) Einschubrichtung setzen:

Halten Sie die rechte Maustaste gedrückt um das Modell auszurichten.

★ Ziel: Einschubrichtung mit möglichst wenig Unterschnitt – FZ sollten zervikal gerade noch sichtbar sein



2) Einschubrichtung übernehmen: Klick auf:

Blickrichtung -> Einschubrichtung

3) Parameter zum Ausblocken einstellen:



4) Auf **Anwenden** klicken

★ Zur weiteren Bearbeitung ist es einfacher, die Ausblockung auf 100% zu schalten

5) Einblenden der Ausblockung: Regler ganz nach rechts auf 100%:



6) Klicken Sie auf den Reiter Freiformen



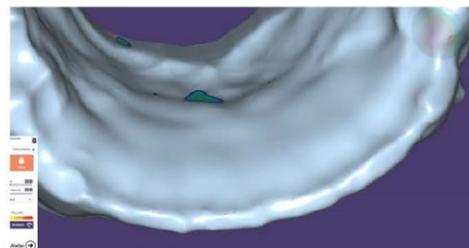
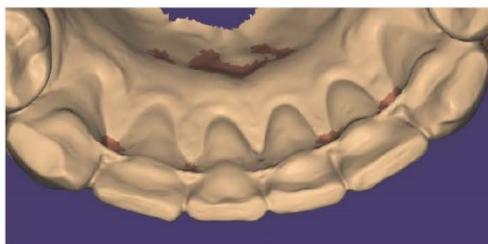
7) Wählen Sie Auf-/abtragen



8) Blocken Sie den Rest des Modells von Hand aus:

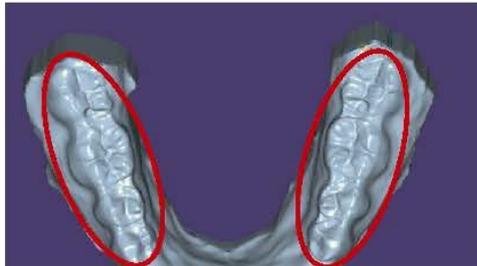
- a. **Frontzähne + 3er vestibulär** (sonst spätere höhere Spannung!)
- b. Retainer
- c. Verschachtelte Zähne
- d. Alle Unterschnitte im Bereich des lingualen „Schilds“
- e. Unterschnitte im FZ-Bereich

★ Bsp. Retainer:

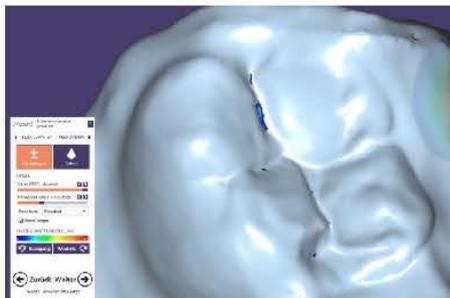


9) Modell leicht glätten (v.a. interdental und die zusätzlich ausgeblockten Bereiche)

10) **Okklusal freilegen:** Entfernen des „Wachs“ durch halten der *Shift-Taste*  auf den *Molaren, Prämolaren* (Schiene soll später auf Kauflächen satt aufliegen)



11) Fissuren und kleine Unterschnitte okklusal mit Glätten-Tool auffüllen

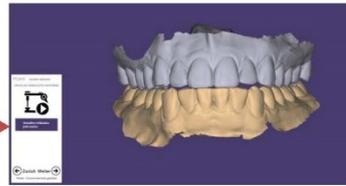


Fertig? Klicken Sie auf



12) Virtueller Artikulator:

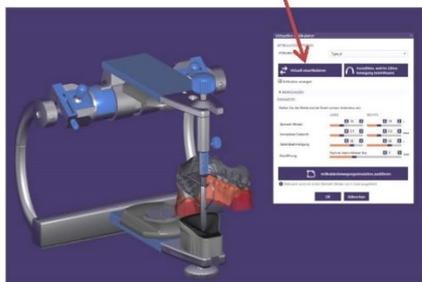
Klicken Sie auf „**Virtuellen Artikulator jetzt starten**“



13) Warnmeldung bestätigen durch klicken auf „Kieferabstand übernehmen“



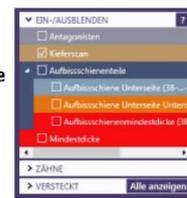
14) Klicken sie auf „Virtuell Einartikulieren“



15) Zur besseren Ansicht klicken Sie auf die neben „Artikulator einblenden“ & „Okklusionsebene“



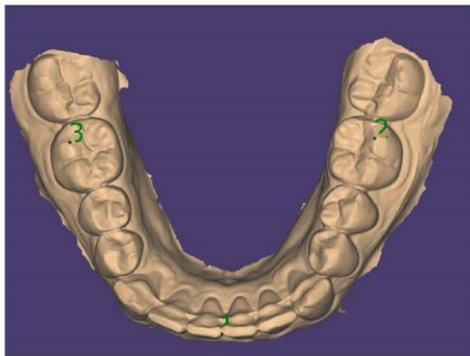
16) Entfernen Sie im Fenster links oben ebenso den **OK + Aufbisschienteile**



17) Reiter „Automatisch“ auswählen:

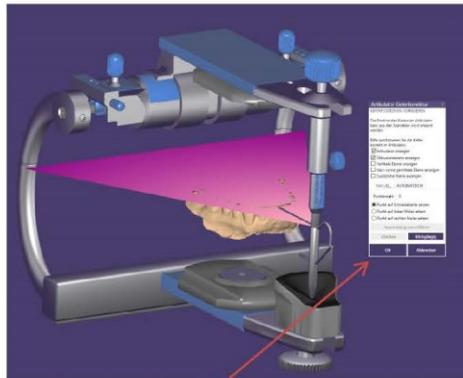


18) Punkte auf **Inzispunkt** setzen (Inzispunkt zwischen 31+41) sowie auf **Medio-bukale Höckerspitze** linker Molar (36) und rechter Molar (46)



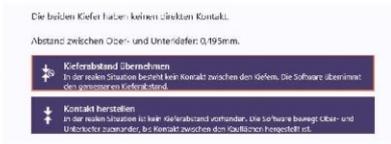
19) Klicken Sie auf „Ausrichtung durchführen“

20) Artikulator + Okklusionsebene Anzeigen -> Ausrichtung kontrollieren:



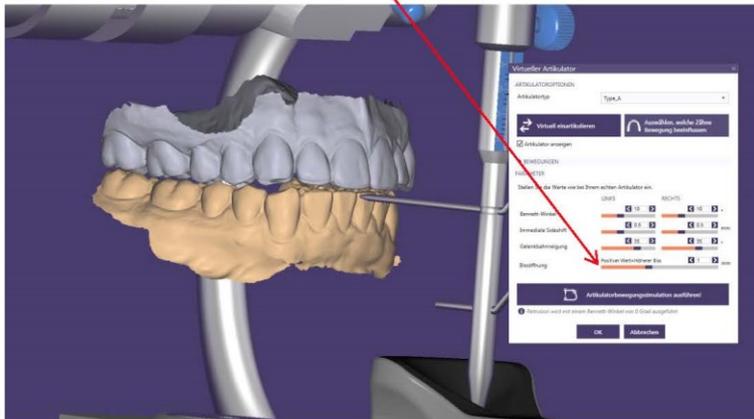
21) Bestätigen mit **OK**

22) Warnmeldung: „Kieferabstand übernehmen“



23) Überprüfen Sie die Bissperrung.

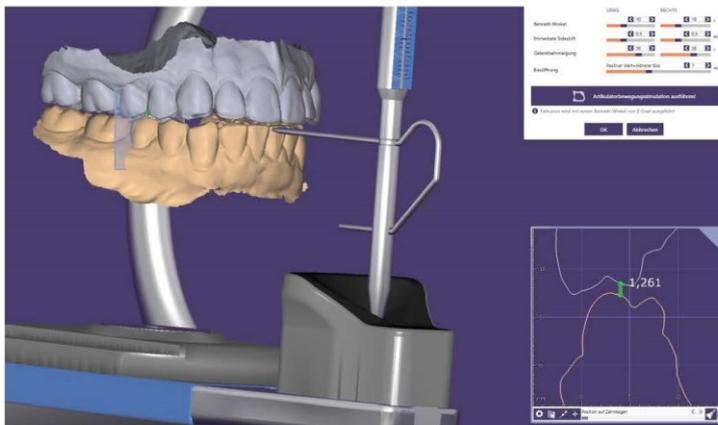
Falls der Wachsabdruck nicht ausreichend gesperrt hat, muss der Artikulator noch etwas geöffnet werden.



23.1) Über:



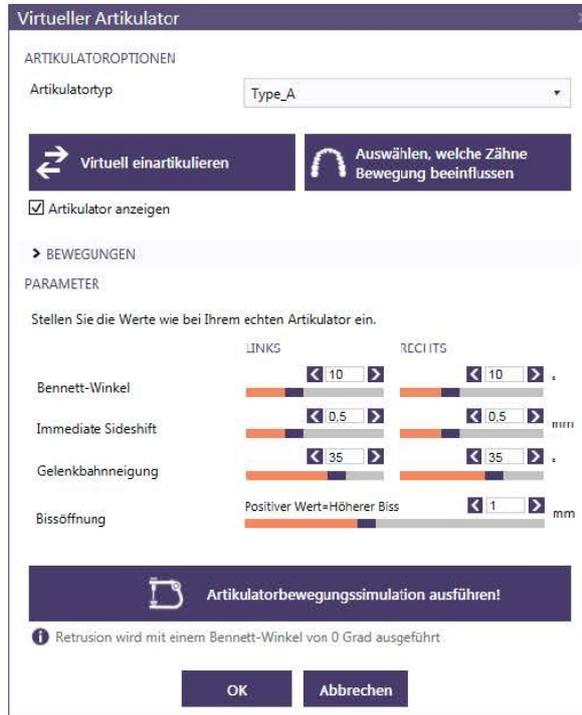
in der rechten Leiste kann der Abstand der Kiefer kontrolliert werden:



Ziel: ca. 1mm im Molarenbereich -> erneuter Klick auf **Schnittansicht** um Fenster zu schließen
 (Messen: Auswahl und verschieben von 2 Punkten im Schnittfenster durch Linksklick)
 Falls der Artikulator extrem gesperrt werden müsste kann auch ein kleinerer Abstand
 übernommen werden. **Hier muss mit Bedacht und Feingefühl gearbeitet werden!**

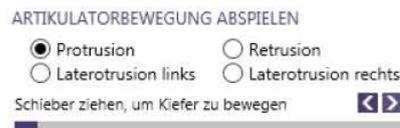
24) Optische Kontrolle der Bissperrung (Bei Fragen melden!)

25) Parameter überprüfen (sollten auf Standardeinstellung belassen werden)



26) und **Artikulatorbewegungssimulation ausführen!**

27) Bestätigen mit **OK**



★ → Neues Fenster oben rechts:

28) Klicken Sie auf **Weiter** 

Schienenform:

1) Stellen Sie die Parameter entsprechend ein:

Okklusale Dicke: 2,5mm

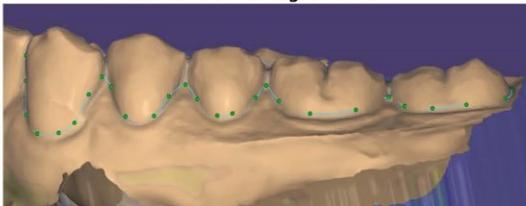
Periphere Dicke: 2mm

Glättung: 3mm

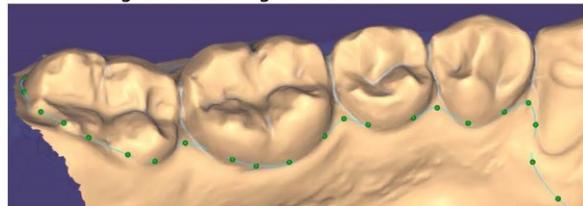


2) Bestimmen Sie die Schienenform durch Festlegen der Schienengrenze

Vestibuläre Gestaltung SZ-Bereich

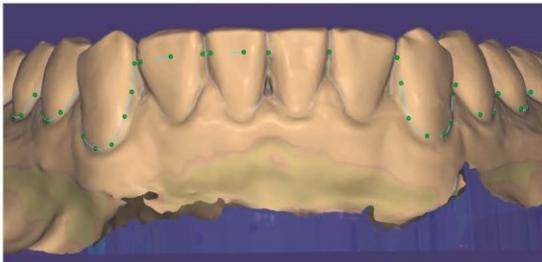


linguale Gestaltung im SZ-Bereich

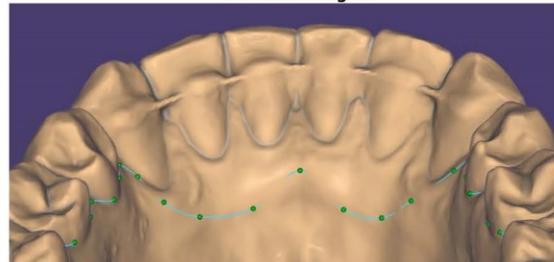


-> nicht bis in den tiefsten Bereich interdental

Frontzahn vestibulär



Frontzahn lingual



3) Klicken Sie auf „Anwenden“

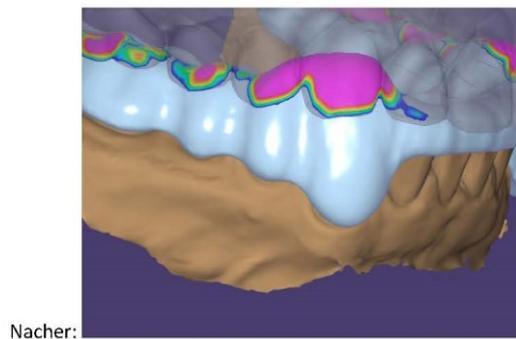
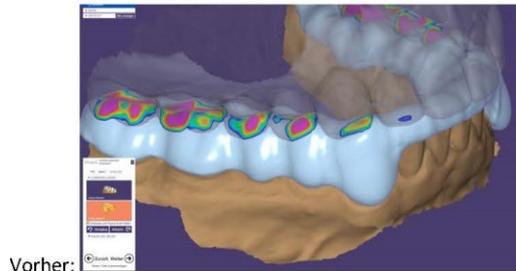


4) Ggf. Verlauf optimieren (danach erneut auf Anwenden klicken)

Okklusion anpassen:

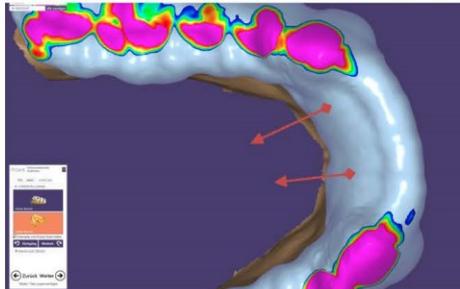
(klicken Sie erst auf **Weiter** wenn Sie die Anleitung bis zum Schluss durchgearbeitet haben!)

- 1) Klicken Sie auf den Reiter „Anat.“ – und wählen „Großer Bereich“ aus
- 2) Eckzähne aufbauen:



Ziehen Sie mit gedrückter linker Maustaste die Schienenoberfläche, sodass die Eckzähne Kontakt zur Kaufläche haben

- 3) Bauen sie nun auch lingual das Schild etwas auf (nach lingual ziehen aus okklusaler ansicht)



4) Wählen Sie den Reiter -> Anpassen

Nehmen Sie die Einstellung:

Vollanatomie: Omm
Okklusionstyp: dynamisch



5) Wählen Sie „Durchdringungen abschneiden“



6) Wählen Sie den Reiter „Frei“

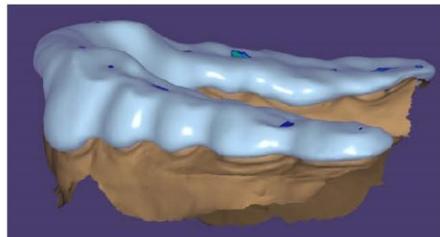
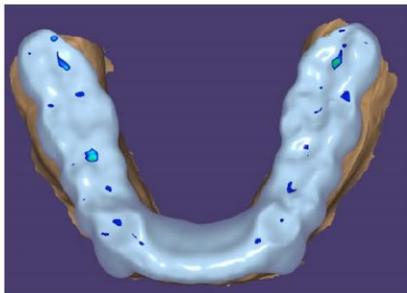


Ziel: -> alle scharfen Kanten glätten und linguale Höcker ebenen

- a) Erst Abtragen/Auftragen
- b) Glätten (größte Stärke + Pinselgröße)

Danach gezielt von der Seite schauen und aufstehende Schienenanteile gezielt reduzieren und glätten. Ggf. auch aufbauen.

Ziel: Die Kaufläche der Schiene sollte nun möglichst glatt sein und keine steilen Höcker mehr aufweisen



Erstellt durch ZA Krämer Fernandez - Stand: 27.11.2018
Seite 3

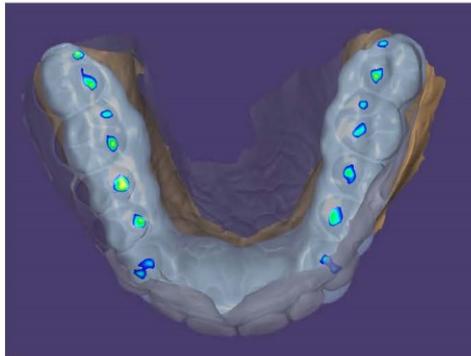
Statik definieren

- 1) OK einblenden auf ca. 80%
- 2) Über Freiformen: „Auf-/abtragen“



- a) Statik auf allen tragenden Höckern im OK in einer Linie aufbauen (Farbumschlag: blau-grün)
- b) alle anderen Kontakte (so gut es geht) entfernen

Keine/ nur leichte Kontakte in der Front 32-42 – 3er sollten leichte Statik haben (für späterer Dynamik)



- 3) Wählen Sie den Reiter „Anpassen“

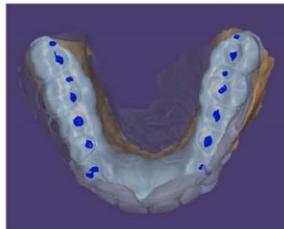
Vollanatomie: **-0,05mm**

Okklusionstyp: **statisch**



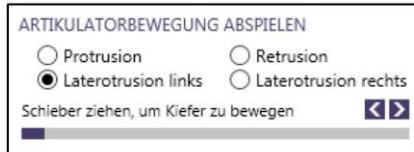
- 4) „Durchdringung abschneiden“ wählen

→ Alle Kontakte haben nun die gleiche Kontaktstärke (dunkelblau dargestellt)



Dynamik:

1) Artikulatorfenster (oben rechts) auf **Laterotrusion links** stellen:

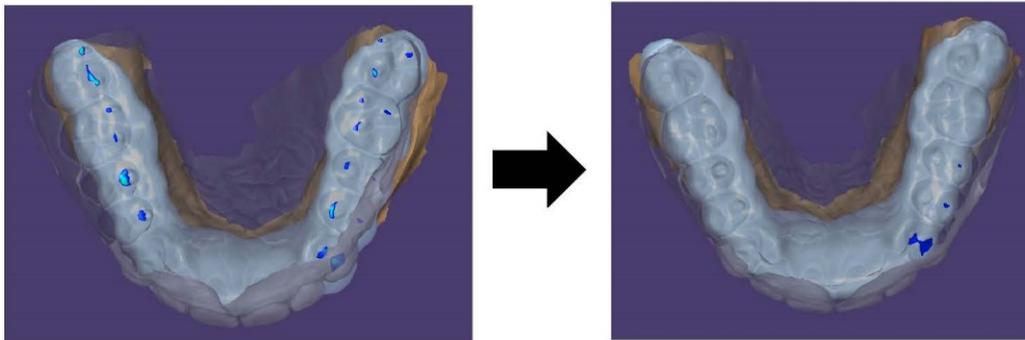


2)

- a) 1x auf Pfeil klicken und Latero-Kontakte anpassen
- b) Im Reiter „Anpassen“: Durchdringung abschneiden (**statisch** -> **-0,05mm**)
- c) Im Reiter „Frei“: „Auf-/abtragen“ mit dem Pinselwerkzeug
 - i. Fehlende Kontakte aufbauen
 - ii. Störende Kontakte entfernen (*Shift-Taste* gedrückt halten)
- d) Im Reiter „Anpassen“: Durchdringung abschneiden (**statisch** -> **-0,05mm**)
- e) 1x auf Pfeil klicken
- f) => b)

★ **Ziel:** *Eckzähne*, + in der Initalphase (3-4 x auf den Pfeil) auch die *5er*, bis ca. zur *Hälfte* die *4er*, sollten in der Dynamik mit führen

Alle anderen Kontakte so gut es geht entfernen (Evtl. nicht möglich aufgrund der Unterschreitung der Mindestschichtstärke -> spätere Entfernung an der gedruckten Schiene mit der Fräße nach Anzeichnung im Mund)



- 3) Schrittweise bis zum Maximum durchführen
- 4) Anschließend einmal Schrittweise zurück klicken und ggf. ab und zu über „Durchdringungen abschneiden“ die Aufbauten kontrollieren und passen.
- 5) Wenn in der Statik (0 Position) nun vestibulär der 4er Kontakte vorhanden sind -> belassen
- 6) Gegenseite genauso abarbeiten (Oben rechts: Umschalten auf Laterotrusion rechts)

★ *Falls eine steilere Dynamik benötigt wird: Am Schluss über die Abstandsanzeige: Einblenden der Dynamikkontakte (man sieht nun alle Kontakte die in der Dynamik entstehen) – nun können gezielt mit dem Pinseltool die Dynamikbahnen etwas aufgebaut werden (gleichmäßiger) Farbumschlag*

- 7) **Abschluss:** Okklusalfäche kontrollieren – Unebenheiten mit bedacht leicht glätten (Glättentool)
- 8) Lingual Frontzahnbreich glätten
- 9) Schienenränder ggf. glätten und anpassen.
- 10) Fertig? Design abschließen mit **Weiter** 

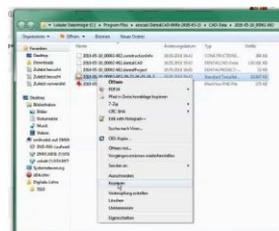
- 11) „Ich bin Fertig“
- 12) „Weiter“ klicken



Abspeichern der Restauration für Herstellung

Ziel: Fertige Schienen-Datei (.stl) mit Name des Studenten im Zielordner abspeichern.

- 1) Klicken Sie im Auftragsfenster auf „Im Explorer öffnen“



- 2) Kopieren Sie die STL-Datei (Rechtsklick – Kopieren)
- 3) Gehen Sie zum Ordner:

Desktop-> Digitale Lehre -> „Semester“ -> fertige Schienen -> „Name Student“

- 4) Fügen Sie die Kopie der Datei in den entspr. Ordner ein und benennen Sie die Datei nach dem Namen des Studenten. (Rechtsklick – Umbenennen)

FERTIG 😊

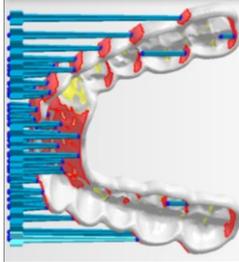
Zeit stoppen und Fragebögen ausfüllen

In Liste eintragen, damit Schiene gedruckt wird.

9.2. Supporteinstellungen 3D Druck

WS 17/18

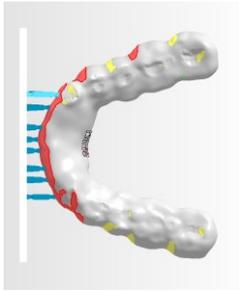
Staabsupport



Supportteil Stab	Wert
<input checked="" type="checkbox"/> Stab Kontur	Solides Kreuz
<input checked="" type="checkbox"/> Stab Kontur	0,50 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Dicke des Kreuzes	0,50 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Abstand zum Bauteil	-0,10 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite am Bauteil	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite auf dem Bauteil	-1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite an oberem freien Anker	-1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite an der Plattform	2,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Sollbruchstelle	Nein
<input checked="" type="checkbox"/> Sollbruchstelle	Nein
<input checked="" type="checkbox"/> Rechter Winkel am Bauteil	Nein
<input checked="" type="checkbox"/> Rechter Winkel am Bauteil	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Glattnungsabsand	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Bodenplatte	Ja
<input checked="" type="checkbox"/> Bodenplatte	4,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite	3,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Höhe	3,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Dichtekarte anwenden	Nein

SS 18

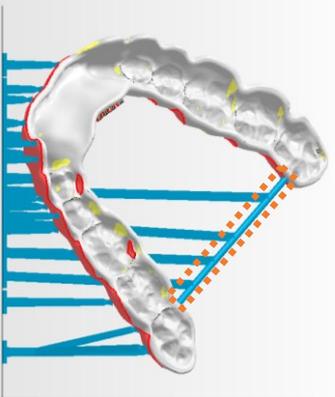
Staabsupport



Supportteil Stab	Wert
<input checked="" type="checkbox"/> Stab Kontur	Solides Kreuz
<input checked="" type="checkbox"/> Stab Kontur	0,50 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Dicke des Kreuzes	0,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Abstand zum Bauteil	0,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite am Bauteil	1,50 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite auf dem Bauteil	-1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite an oberem freien Anker	-1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite an der Plattform	2,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Sollbruchstelle	Ja
<input checked="" type="checkbox"/> Sollbruchstelle	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite der Sollbruchstelle	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite des Endes	1,50 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Höhe der Sollbruchstelle	0,30 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Höhe des Anfangs	0,50 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Höhe des Endes	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Rechter Winkel am Bauteil	Nein
<input checked="" type="checkbox"/> Rechter Winkel am Bauteil	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Glattnungsabsand	Ja
<input checked="" type="checkbox"/> Bodenplatte	Ja
<input checked="" type="checkbox"/> Bodenplatte	5,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite	5,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Höhe	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Dichtekarte anwenden	Nein

WS 18/19 & SS 19

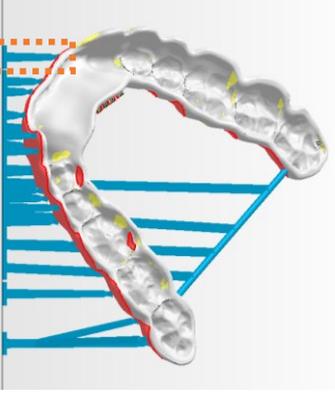
Querstrebe



Supportteil Stab	Wert
<input checked="" type="checkbox"/> Stab Kontur	Solider Stab
<input checked="" type="checkbox"/> Stab Kontur	9 #
<input checked="" type="checkbox"/> Polygon Ecken	0,00 °
<input checked="" type="checkbox"/> Winkel an der Spitze	0,50 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Dicke des Kreuzes	0,00 °
<input checked="" type="checkbox"/> Linienvinkel	X
<input checked="" type="checkbox"/> Radialer Typ	100,00 %
<input checked="" type="checkbox"/> Radialer Faktor	-0,10 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Abstand zum Bauteil	1,50 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite am Bauteil	-1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite auf dem Bauteil	-1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite an oberem freien Anker	-1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite an der Plattform	2,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Sollbruchstelle	Nein
<input checked="" type="checkbox"/> Sollbruchstelle	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite der Sollbruchstelle	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite des Endes	1,50 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Höhe der Sollbruchstelle	0,30 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Höhe des Anhangs	0,50 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Höhe des Endes	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Rechter Winkel am Bauteil	Ja
<input checked="" type="checkbox"/> Rechter Winkel am Bauteil	0,50 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Abstand zum rechten Winkel	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Glattnungsabsand	Ja
<input checked="" type="checkbox"/> Bodenplatte	Ja
<input checked="" type="checkbox"/> Bodenplatte	5,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Höhe	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Dichtekarte anwenden	Nein

SS 19

Staabsupport



Supportteil Stab	Wert
<input checked="" type="checkbox"/> Stab Kontur	Solides Kreuz
<input checked="" type="checkbox"/> Stab Kontur	0,50 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Dicke des Kreuzes	-0,10 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Abstand zum Bauteil	1,50 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite am Bauteil	-1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite auf dem Bauteil	-1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite an oberem freien Anker	-1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite an der Plattform	2,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Sollbruchstelle	Ja
<input checked="" type="checkbox"/> Sollbruchstelle	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite der Sollbruchstelle	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite des Endes	1,50 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Höhe der Sollbruchstelle	0,30 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Höhe des Anfangs	0,50 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Höhe des Endes	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Rechter Winkel am Bauteil	Nein
<input checked="" type="checkbox"/> Rechter Winkel am Bauteil	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Glattnungsabsand	Ja
<input checked="" type="checkbox"/> Bodenplatte	Ja
<input checked="" type="checkbox"/> Bodenplatte	5,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Breite	5,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Höhe	1,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Dichtekarte anwenden	Nein

Abbildung 70: Supporteinstellungen 3D Druck

9.3. Fragebögen

Veröffentlicht unter [79].

ZMK – Tübingen - Abteilung für Zahnärztliche Prothetik – v2.2

Pilotstudie: Digitale Schienen

Fragebogen:

S	D	A	E	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---

Schienen-Code

aktiver T.	passiver T.
------------	-------------

Datum:

--	--	--	--	--	--



1. Fragebogen: Intraoralscan (S)

F1.01	Die Handhabung des Scanners war <i>einfach</i> ----- <i>schwierig</i>
F1.02	Den zeitlichen Umfang des Scans bewerte ich als <i>zügig</i> ----- <i>langwierig</i> <small>(Die gesamte Zeit für den Scan: Start: 1. Kieferbogen – Ende: Abschluss des Biss-Scan)</small> Real gemessene Zeit: <input type="text"/> Minuten
F1.03	Wie viele Anläufe haben Sie benötigt? <input type="text"/>
F1.04	Beim Vergleich der konventionellen Abformung mit dem intraoralen Scan – Welches Verfahren bevorzugen Sie: <input type="checkbox"/> intraoraler Scan <input type="checkbox"/> konventionelle Abformung <input type="checkbox"/> beide gleich
F1.05	Waren Sie nach der Vorlesung mit Demo und ggf. dem Übungsscan für das selbstständige Scannen ausreichend vorbereitet? <i>trifft voll und ganz zu</i> ----- <i>trifft nicht zu</i>
F1.06	Wie würden Sie die Demo-Vorlesung zum IO-Scan bewerten? <i>hilfreich</i> ----- <i>überflüssig</i>
F1.07	Wie würden Sie den Scan im Studentenkurs im Hinblick auf die zahnärztliche Ausbildung bewerten? <i>hilfreich</i> ----- <i>überflüssig</i>
F1.08	Wie kamen Sie mit der Scanzeit / Bilderanzahl zurecht? <i>Sehr gut</i> ----- <i>ungenügend</i>
F1.09	Gab es Schwierigkeiten beim Umgang mit dem Scanner? <small>(mehrere Antworten möglich)</small> <input type="checkbox"/> <i>nein</i> <input type="checkbox"/> Bedienung der Software <input type="checkbox"/> Bedienung des Scanners <input type="checkbox"/> Reihenfolge beim Scannen (OK/UK/Biss) <input type="checkbox"/> Scan über 1500 Bildern Freitext: <input type="text"/>
F1.10	Wie oft haben Sie den Scan für einen Einzelkiefer pausiert? <input type="checkbox"/> 0-3x <input type="checkbox"/> 3-5x <input type="checkbox"/> 5-10x <input type="checkbox"/> mehr als 10x

aktiver Tandempartner

Bitte 2. Seite beachten!

2. Seite ist vom passiven T. auszufüllen!

Fragebogen:

S	D	A	E	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---

Bitte Code wie auf Vorderseite!
aktiver T. passiver T.

Schienen-Code

--	--

Datum:

--	--	--	--	--



1. Fragebogen: Intraoralscan (S) Seite 2

F1.11	Wie empfanden Sie den Scanvorgang?
	angenehm ————— unangenehm
F1.12	Empfanden Sie einen Würgereiz während dem Scanvorgang?
	keinen ————— ausgeprägt
F1.13	Hatten Sie das Gefühl bei dem Scan den Mund sehr weit öffnen zu müssen?
	trifft nicht zu ————— trifft voll und ganz zu
F1.14	Den zeitlichen Umfang des Scans bewerte ich als
	zügig ————— langwierig
F1.15	Tragen Sie bereits eine Schiene / haben Sie in der Vergangenheit eine Schiene getragen?
	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
F1.16	Wie fühlten Sie sich nach dem Scan? <i>(mehrere Antworten sind möglich)</i>
	<input type="checkbox"/> unverändert
	<input type="checkbox"/> Muskelverspannung <input type="checkbox"/> Schmerzen im Mund
	<input type="checkbox"/> trockener Mund <input type="checkbox"/> verändert beim zubeißen
	<input type="checkbox"/> Geschmacksveränderung <input type="checkbox"/> Fremdkörpergefühl
	<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%; margin-top: 5px;">Freitext:</div>

passiver Tandempartner

Fragebogen:

S	D	A	E	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---

aktiver T. passiver T.
 Schienen-Code

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Datum:

--	--	--	--	--	--



2. Fragebogen: Datenverarbeitung (D)

F2.01	Die Konstruktion der Schiene war: (Bitte nur ein Kreuz)
	<input type="checkbox"/> selbsterklärend <input type="checkbox"/> herausfordernd <input type="checkbox"/> schwierig <input type="checkbox"/> sehr schwierig <input type="checkbox"/> kann ich nicht beurteilen
F2.02	Gab es Bereiche im Scan, die nicht ausreichend erfasst wurden? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – Regio: _____
F2.03	Waren Sie nach der Vorbereitung (Demonstration / Anleitung) ausreichend für das Schienendesign vorbereitet? trifft voll und ganz zu ----- trifft nicht zu
F2.04	War Unterstützung notwendig? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> etwas <input type="checkbox"/> viel <input type="checkbox"/> nur mit Hilfe möglich <input type="checkbox"/> kann ich nicht beurteilen
F2.05	Mussten Sie die Schienenkonstruktion mehrmals neu beginnen? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – Anzahl der Anläufe: _____ mal
F2.06	Den Zeitlichen Umfang des Schienendesigns bewerte ich als: zügig ----- langwierig Real gemessene Zeit: <table border="1" style="width: 50px; height: 20px;"></table> Minuten
F2.07	Das Schienendesign traue ich mir alleine zu: trifft voll und ganz zu ----- trifft nicht zu
F2.08	Sind Probleme aufgetreten? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja (-> Freitext) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> Freitext – ggf Rückseite benutzen </div>
F2.09	Ausdehnung der Schiene 1) Fehlende Zähne bitte mit einem X markieren 2) Mit einem Stift die Ausdehnung der Schiene umranden Bsp.:
F2.10	Welches Verfahren würden Sie für die Ausbildung bevorzugen? digital ----- konventionell
F2.11	Haben Sie davor schon mit CAD-Designern gearbeitet?: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

aktiver Tandempartner

Fragebogen:

S	D	A	E	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---

aktiver T. passiver T.
 Schienen-Code

Datum:



3. Fragebogen: Ausarbeitung und Politur (A)

F3.01	Eigenschaften des zu bearbeitenden Schienenmaterials: <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 5px;"> einfach ----- schwierig </div> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;"><input type="checkbox"/> Gewohnt</td> <td style="width: 33%;"><input type="checkbox"/> Weich – viel Abtrag</td> <td style="width: 33%;"><input type="checkbox"/> Schlierenbildung</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> ungewohnt</td> <td><input type="checkbox"/> Hart – wenig Abtrag</td> <td><input type="checkbox"/> Kanten brechen ab</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Fräsen verstopfen</td> <td><input type="checkbox"/> lässt sich gut polieren</td> <td><input type="checkbox"/> geringer Arbeitsdruck nötig</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> lässt sich schlecht polieren</td> <td><input type="checkbox"/> Hoher Arbeitsdruck nötig</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> Gewohnt	<input type="checkbox"/> Weich – viel Abtrag	<input type="checkbox"/> Schlierenbildung	<input type="checkbox"/> ungewohnt	<input type="checkbox"/> Hart – wenig Abtrag	<input type="checkbox"/> Kanten brechen ab	<input type="checkbox"/> Fräsen verstopfen	<input type="checkbox"/> lässt sich gut polieren	<input type="checkbox"/> geringer Arbeitsdruck nötig		<input type="checkbox"/> lässt sich schlecht polieren	<input type="checkbox"/> Hoher Arbeitsdruck nötig
<input type="checkbox"/> Gewohnt	<input type="checkbox"/> Weich – viel Abtrag	<input type="checkbox"/> Schlierenbildung											
<input type="checkbox"/> ungewohnt	<input type="checkbox"/> Hart – wenig Abtrag	<input type="checkbox"/> Kanten brechen ab											
<input type="checkbox"/> Fräsen verstopfen	<input type="checkbox"/> lässt sich gut polieren	<input type="checkbox"/> geringer Arbeitsdruck nötig											
	<input type="checkbox"/> lässt sich schlecht polieren	<input type="checkbox"/> Hoher Arbeitsdruck nötig											
F3.02	Wie bewerten Sie den Arbeitsaufwand zur Ausarbeitung? <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 5px;"> einfach ----- schwierig </div>												
F3.03	Sind Probleme aufgetreten? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja: <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px; min-height: 30px;"> Freitext – ggf. Rückseite: </div>												
F3.04	Wie beurteilen sie Ihr Endergebnis? <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 5px;"> sehr gut ----- schlecht </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px; min-height: 30px;"> Freitext: </div>												
F3.05	Wie beurteilen Sie die Politur? <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 5px;"> sehr gut ----- schlecht </div>												
F3.06	Wie bewerten Sie den Aufwand für die Politur? <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 5px;"> sehr gering ----- sehr hoch </div>												
F3.07	Gibt es problematische Regionen an der Schiene, die Ihnen aufgefallen sind? (Bitte einzeichnen und kurz beschreiben) <div style="display: flex; align-items: flex-start; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; flex: 1;"> Freitext – ggf. Rückseite: </div> <div style="flex: 1; text-align: center; margin-left: 20px;"> </div> </div>												

aktiver Tandempartner

Fragebogen:

S	D	A	E	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---

Schienen-Code

aktiver T.	passiver T.

Datum:

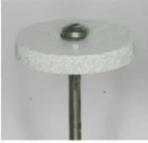
--	--	--	--



3. Fragebogen: Ausarbeitung und Politur (A) Seite 2

F3.08 Bitte kreuzen Sie die Instrumente an, die Sie zur Ausarbeitung angewendet haben (Mehrfachantwort möglich)

Ausarbeitung & Entfernung Supportstruktur:

						
<input type="checkbox"/> Trennscheibe	<input type="checkbox"/> kreuzverzahnte Fräse rot	<input type="checkbox"/> kreuzverzahnte Fräse grün	<input type="checkbox"/> kreuzverzahnte Fräse blau	<input type="checkbox"/> Silikonrad	<input type="checkbox"/> Silikonpolierer	<input type="checkbox"/> Sandpapier

andere: _____

Politur:

<input type="checkbox"/> Ziegenhaarbürste	<input type="checkbox"/> Schwabbel	<input type="checkbox"/> Universalpoliturpaste
<input type="checkbox"/> Silikonpolierer		<input type="checkbox"/> Bimsmehl

andere: _____

Handstück Poliermotor

F3.09 Die Schiene ist bei der Ausarbeitung zu Bruch gegangen:

Nein

Ja, bei:

<input type="checkbox"/> Support Entfernung	<input type="checkbox"/> Politur	<input type="checkbox"/> Ausarbeitung
---	----------------------------------	---------------------------------------

anderes: _____

F3.10 Die Schiene werde ich mit folgender Fräse äquilibriert einschleifen:

		
<input type="checkbox"/> MPS Fräse	<input type="checkbox"/> Knospe	<input type="checkbox"/> gerade

andere: _____

aktiver Tandempartner

Fragebogen:

S	D	A	E	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---

Schienen-Code

aktiver T.	passiver T.

Datum:

--	--	--	--	--



4. Fragebogen: Anprobe und Einsetzen (E)

F4.01	<p>Die <u>initiale</u> Passung der Schiene:</p> <p>sehr gut ----- sehr schlecht</p> <p><input type="checkbox"/> kippelt <input type="checkbox"/> Druck auf der Gingiva</p> <p><input type="checkbox"/> spannt <input type="checkbox"/> klemmt</p> <p>Ergebnis: <input type="checkbox"/> klinisch akzeptabel <input type="checkbox"/> unzureichend</p> <p style="margin-left: 150px;">korrigierbar: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>
F4.02	<p>Der Halt der Schiene ist (gegen Ablösen aus Endposition):</p> <p><input type="checkbox"/> klinisch akzeptabel <input type="checkbox"/> zu locker <input type="checkbox"/> zu fest</p> <p style="margin-left: 150px;">korrigierbar: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>
F4.03	<p>Anzahl der statischen Okklusionskontakte initial (vor dem Einschleifen):</p> <p><i>Vorgehen:</i> Lassen Sie den Schienenträger 3mal auf Okklusionsfolie klappern. (li+re gleichzeitig, danach Front).</p> <p>a) Zählen Sie anschließend alle Punkte auf der Schiene: </p> <p>b) Bitte die entsprechenden Zähne mit Kontakt markieren (x)</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div>
F4.04	<p>Wie bewerten Sie den Arbeitsumfang, die Schiene äquilibriert einzuschleifen?</p> <p>sehr gering ----- sehr hoch</p> <p style="text-align: right;"><input type="checkbox"/> einschleifen nicht möglich</p> <p style="text-align: right;">Grund: _____</p> <p style="text-align: right; font-size: small;">(ggf. Rückseite)</p> <p>Zeitaufwand: Minuten</p>
F4.05	<p>Wie beurteilen Sie das Endergebnis?</p> <p>sehr gut ----- sehr schlecht</p> <p style="text-align: right;"><input type="checkbox"/> unzureichend – nicht einsetzbar</p>
F4.06	<p>Wie bewerten Sie den Gesamteindruck des Arbeitsablaufs (Scan- Design-einsetzen)?</p> <p><input type="checkbox"/> sehr gut <input type="checkbox"/> gut <input type="checkbox"/> zufriedenstellend <input type="checkbox"/> ausreichend <input type="checkbox"/> unbefriedigend</p>

aktiver Tandempartner

Bitte 2. Seite beachten!

Fragebogen:

S	D	A	E	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---

aktiver T. passiver T.
 Schienen-Code

Datum:



4. Fragebogen: Anprobe und Einsetzen (E) Seite 2

F4.07	Merken Sie beim Einsetzen/Tragen der Schiene ein Spannungsgefühl? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja: ↘ <i>initial</i> ----- <i>dauerhaft</i> Regio: _____
F4.08	Wie beschreiben Sie den Geschmack beim ersten Einsetzen der Schiene: <input type="checkbox"/> neutral <input type="checkbox"/> giftig <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> süß <input type="checkbox"/> sauer <input type="checkbox"/> faulig <input type="checkbox"/> sonstiges: _____
F4.09	Wie ist das Gefühl mit der Schiene im Mund (ohne Okklusion) <i>angenehm</i> ----- <i>unangenehm</i> korrigierbar: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Grund: _____ _____
F4.10	Ich habe Rauigkeiten auf der Schiene bemerkt: <i>trifft nicht zu</i> ----- <i>trifft voll und ganz zu</i> korrigierbar: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
F4.11	Die Schiene zu tragen ist insgesamt (Tragegefühl + Okklusion): <i>angenehm</i> ----- <i>unangenehm</i> korrigierbar: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Grund: _____ _____
F4.12	Ich möchte die Schiene zur Prophylaxe auch weiterhin tragen: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

passiver Tandempartner

Fragebogen:

S	D	A	E	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---

Schienen-Code

aktiver T.	passiver T.

Datum:

--	--	--	--	--



5. Fragebogen: 1. Nachkontrolle (1)

F5.01	<p>Befindet sich die Schiene in einem klinisch akzeptablen Zustand:</p> <p><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein – Grund: _____ (ggf. Rückseite)</p> <p>korrigierbar: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>						
F5.02	<p>Das Tragen der Schiene wurde abgebrochen:</p> <p><input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja, nach _____ Tagen – Grund: _____ (ggf. Rückseite)</p>						
F5.03	<p>Wie hoch war der Aufwand zur nachträglichen Korrektur / Einschleifen:</p> <p style="text-align: center;"><i>kein Bedarf</i> ----- <i>sehr hoch</i></p>						
F5.04	<p>Abnutzungserscheinung/Abrasion <i>(mehrere Antworten möglich)</i></p> <p style="text-align: center;"><i>keine</i> ----- <i>starke</i></p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Verfärbungen</td> <td><input type="checkbox"/> Halt der Schiene verschlechtert</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Plaqueanlagerung</td> <td><input type="checkbox"/> Risse / Abplatzungen</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Geruchsbildung</td> <td><input type="checkbox"/> Frakturen</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> Verfärbungen	<input type="checkbox"/> Halt der Schiene verschlechtert	<input type="checkbox"/> Plaqueanlagerung	<input type="checkbox"/> Risse / Abplatzungen	<input type="checkbox"/> Geruchsbildung	<input type="checkbox"/> Frakturen
<input type="checkbox"/> Verfärbungen	<input type="checkbox"/> Halt der Schiene verschlechtert						
<input type="checkbox"/> Plaqueanlagerung	<input type="checkbox"/> Risse / Abplatzungen						
<input type="checkbox"/> Geruchsbildung	<input type="checkbox"/> Frakturen						
F5.05	<p>Sind Schleimhautveränderungen im Bereich der Schiene aufgetreten?</p> <p><input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Rötungen</td> <td><input type="checkbox"/> Juckreiz</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Schwellungen</td> <td><input type="checkbox"/> Pusteln/Bläschen</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Wangen-Einbisse</td> <td><input type="checkbox"/> Zungenbrennen</td> </tr> </table> <p>Regio: _____</p> <p>Seit: _____</p>	<input type="checkbox"/> Rötungen	<input type="checkbox"/> Juckreiz	<input type="checkbox"/> Schwellungen	<input type="checkbox"/> Pusteln/Bläschen	<input type="checkbox"/> Wangen-Einbisse	<input type="checkbox"/> Zungenbrennen
<input type="checkbox"/> Rötungen	<input type="checkbox"/> Juckreiz						
<input type="checkbox"/> Schwellungen	<input type="checkbox"/> Pusteln/Bläschen						
<input type="checkbox"/> Wangen-Einbisse	<input type="checkbox"/> Zungenbrennen						

aktiver Tandempartner

Bitte 2. Seite beachten!

Fragebogen:

S	D	A	E	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---

Schienen-Code

aktiver T.	passiver T.

Datum:

--	--	--	--



5. Fragebogen: 1. Nachkontrolle (1) Seite 2

F5.06	Die Schiene zu tragen ist insgesamt (Tragegefühl + Okklusion):
	angenehm ----- unangenehm korrigierbar: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Grund: _____
F5.07	Merken Sie beim Einsetzen/Tragen der Schiene ein Spannungsgefühl <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja ↗ initial ----- dauerhaft
F5.08	Ich habe die Schiene üblicherweise getragen: <input type="checkbox"/> jede Nacht <input type="checkbox"/> 2-3 x pro Woche <input type="checkbox"/> 4-6 x pro Woche
F5.09	Wie war das Gefühl mit der Schiene (in den Nächten + danach)
	angenehm ----- unangenehm korrigierbar: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Grund: _____ Hat es sich im Lauf der Zeit verändert: <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – inwiefern? _____
F5.10	Gab es Komplikationen / Dinge an der Schiene, die stören? (Bsp.: Druckstellen, Druck auf einzelnen Zähnen, Spannung, Fremdkörpergefühl, Schleimhautirritation, Geschmacksbildung---) <input type="checkbox"/> nein Freitext: <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%; margin-top: 5px;"></div>
F5.11	Wie ließ sich die Schiene reinigen? sehr gut ----- sehr schlecht
F5.12	Ich habe mir beim Tragen der Schiene auf die Wange gebissen? trifft nicht zu ----- trifft voll und ganz zu
F5.13	Ich habe Rauigkeiten auf der Schiene bemerkt: trifft nicht zu ----- trifft voll und ganz zu
F5.14	Wie beschreiben Sie den Geschmack beim tragen der Schiene: <input type="checkbox"/> neutral <input type="checkbox"/> giftig <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> süß <input type="checkbox"/> sauer <input type="checkbox"/> faulig <input type="checkbox"/> sonstiges: _____
F5.15	Ich möchte die Schiene zur Prophylaxe auch weiterhin tragen: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

passiver Tandempartner

Fragebogen:

S	D	A	E	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---

aktiver T. passiver T.

Schienen-Code

--	--

Datum:

--	--	--	--	--



6. Fragebogen: 2. Nachkontrolle (2)

F6.01	<p>Befindet sich die Schiene in einem klinisch akzeptablen Zustand:</p> <p><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein – Grund: _____ (ggf. Rückseite)</p> <p>korrigierbar: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>						
F6.02	<p>Das Tragen der Schiene wurde abgebrochen:</p> <p><input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja, nach _____ Tagen – Grund: _____ (ggf. Rückseite)</p>						
F6.03	<p>Wie hoch war der Aufwand zur nachträglichen Korrektur / Einschleifen:</p> <p style="text-align: center;"><i>kein Bedarf</i> ----- <i>sehr hoch</i></p>						
F6.04	<p>Abnutzungserscheinung/Abrasion <i>(mehrere Antworten möglich)</i></p> <p style="text-align: center;"><i>keine</i> ----- <i>starke</i></p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Verfärbungen</td> <td><input type="checkbox"/> Halt der Schiene verschlechtert</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Plaqueanlagerung</td> <td><input type="checkbox"/> Risse / Abplatzungen</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Geruchsbildung</td> <td><input type="checkbox"/> Frakturen</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> Verfärbungen	<input type="checkbox"/> Halt der Schiene verschlechtert	<input type="checkbox"/> Plaqueanlagerung	<input type="checkbox"/> Risse / Abplatzungen	<input type="checkbox"/> Geruchsbildung	<input type="checkbox"/> Frakturen
<input type="checkbox"/> Verfärbungen	<input type="checkbox"/> Halt der Schiene verschlechtert						
<input type="checkbox"/> Plaqueanlagerung	<input type="checkbox"/> Risse / Abplatzungen						
<input type="checkbox"/> Geruchsbildung	<input type="checkbox"/> Frakturen						
F6.05	<p>Sind Schleimhautveränderungen im Bereich der Schiene aufgetreten?</p> <p><input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Rötungen</td> <td><input type="checkbox"/> Juckreiz</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Schwellungen</td> <td><input type="checkbox"/> Pusteln/Bläschen</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Wangen-Einbisse</td> <td><input type="checkbox"/> Zungenbrennen</td> </tr> </table> <p>Regio: _____</p> <p>Seit: _____</p>	<input type="checkbox"/> Rötungen	<input type="checkbox"/> Juckreiz	<input type="checkbox"/> Schwellungen	<input type="checkbox"/> Pusteln/Bläschen	<input type="checkbox"/> Wangen-Einbisse	<input type="checkbox"/> Zungenbrennen
<input type="checkbox"/> Rötungen	<input type="checkbox"/> Juckreiz						
<input type="checkbox"/> Schwellungen	<input type="checkbox"/> Pusteln/Bläschen						
<input type="checkbox"/> Wangen-Einbisse	<input type="checkbox"/> Zungenbrennen						

aktiver Tandempartner

Bitte 2. Seite beachten!

Fragebogen:

S	D	A	E	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---

aktiver T. passiver T.

Schienen-Code

--	--

Datum:

--	--	--	--



6. Fragebogen: 2. Nachkontrolle (2) Seite 2

F6.06	Die Schiene zu tragen ist insgesamt (Tragegefühl + Okklusion):
	angenehm ----- unangenehm korrigierbar: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Grund: _____
F6.07	Merken Sie beim Einsetzen/Tragen der Schiene ein Spannungsgefühl <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja ↗ initial ----- dauerhaft
F6.08	Ich habe die Schiene üblicherweise getragen: <input type="checkbox"/> jede Nacht <input type="checkbox"/> 2-3 x pro Woche <input type="checkbox"/> 4-6 x pro Woche
F6.09	Wie war das Gefühl mit der Schiene (in den Nächten + danach)
	angenehm ----- unangenehm korrigierbar: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Grund: _____ Hat es sich im Lauf der Zeit verändert: <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – inwiefern? _____
F6.10	Gab es Komplikationen / Dinge an der Schiene, die stören? (Bsp.: Druckstellen, Druck auf einzelnen Zähnen, Spannung, Fremdkörpergefühl, Schleimhautirritation, Geschmacksbildung---) <input type="checkbox"/> nein Freitext: <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%; margin-top: 5px;"></div>
F6.11	Wie ließ sich die Schiene reinigen? sehr gut ----- sehr schlecht
F6.12	Ich habe mir beim Tragen der Schiene auf die Wange gebissen? trifft nicht zu ----- trifft voll und ganz zu
F6.13	Ich habe Rauigkeiten auf der Schiene bemerkt: trifft nicht zu ----- trifft voll und ganz zu
F6.14	Wie beschreiben Sie den Geschmack beim tragen der Schiene: <input type="checkbox"/> neutral <input type="checkbox"/> giftig <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> süß <input type="checkbox"/> sauer <input type="checkbox"/> faulig <input type="checkbox"/> sonstiges: _____
F6.15	Ich möchte die Schiene zur Prophylaxe auch weiterhin tragen: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

passiver Tandempartner

Fragebogen:

S	D	A	E	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---

Bitte Code wie auf vorherigem Bogen!
 aktiver T. passiver T.

Schienen-Code

--	--

Datum:

--	--	--	--	--	--



7. Fragebogen: 3. Nachkontrolle (3)

F7.01	Befindet sich die Schiene in einem klinisch akzeptablen Zustand: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein – Grund: _____ (ggf. Rückseite) korrigierbar: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
F7.02	Das Tragen der Schiene wurde abgebrochen: <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja, nach _____ Tagen – Grund: _____ (ggf. Rückseite)
F7.03	Wie hoch war der Aufwand zur nachträglichen Korrektur / Einschleifen: <i>kein Bedarf</i> ----- <i>sehr hoch</i>
F7.04	Abnutzungerscheinung/Abrasion <i>(mehrere Antworten möglich)</i> <i>keine</i> ----- <i>starke</i> <input type="checkbox"/> Verfärbungen <input type="checkbox"/> Halt der Schiene verschlechtert <input type="checkbox"/> Plaqueanlagerung <input type="checkbox"/> Risse / Abplatzungen <input type="checkbox"/> Geruchsbildung <input type="checkbox"/> Frakturen
F7.05	Sind Schleimhautveränderungen im Bereich der Schiene aufgetreten? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja: <input type="checkbox"/> Rötungen <input type="checkbox"/> Juckreiz <input type="checkbox"/> Schwellungen <input type="checkbox"/> Pusteln/Bläschen <input type="checkbox"/> Wangen-Einbisse <input type="checkbox"/> Zungenbrennen Regio: _____ Seit: _____

aktiver Tandempartner

Bitte 2. Seite beachten!

2. Seite ist vom passiven T. auszufüllen!

Fragebogen:

S	D	A	E	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---

Bitte Code wie auf Vorderseite!
 aktiver T. passiver T.
 Schienen-Code

Datum:



7. Fragebogen: 3. Nachkontrolle (3) Seite 2

F7.06	Die Schiene zu tragen ist insgesamt (Tragegefühl + Okklusion): angenehm ----- unangenehm korrigierbar: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Grund: _____
F7.07	Merken Sie beim Einsetzen/Tragen der Schiene ein Spannungsgefühl <input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> ja initial ----- dauerhaft
F7.08	Ich habe die Schiene üblicherweise getragen: <input type="checkbox"/> jede Nacht <input type="checkbox"/> 2-3 x pro Woche <input type="checkbox"/> 4-6 x pro Woche
F7.09	Wie war das Gefühl mit der Schiene (in den Nächten + danach) angenehm ----- unangenehm korrigierbar: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Grund: _____ Hat es sich im Lauf der Zeit verändert: <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – inwiefern? _____
F7.10	Gab es Komplikationen / Dinge an der Schiene, die stören? (Bsp.: Druckstellen, Druck auf einzelnen Zähnen, Spannung, Fremdkörpergefühl, Schleimhautirritation, Geschmacksbildung---) <input type="checkbox"/> nein Freitext: <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>
F7.11	Wie ließ sich die Schiene reinigen? sehr gut ----- sehr schlecht
F7.12	Ich habe mir beim Tragen der Schiene auf die Wange gebissen? trifft nicht zu ----- trifft voll und ganz zu
F7.13	Ich habe Rauigkeiten auf der Schiene bemerkt: trifft nicht zu ----- trifft voll und ganz zu
F7.14	Wie beschreiben Sie den Geschmack beim tragen der Schiene: <input type="checkbox"/> neutral <input type="checkbox"/> giftig <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> süß <input type="checkbox"/> sauer <input type="checkbox"/> faulig <input type="checkbox"/> sonstiges: _____
F7.15	Ich möchte die Schiene zur Prophylaxe auch weiterhin tragen: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

passiver Tandempartner

9.4. Einwilligungserklärung und Teilnehmerinformation



digital workflow in education / dwe-2017

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
Studienzentrale „Medizinprodukte“
Osianderstr. 2-8 * 72076 Tübingen

STUDIENZENTRALE ZKS Tübingen
MEDIZINPRODUKTE Zentrum für Klinische Studien

Kontakt / Ansprechpartner

ZA Pablo Krämer Fernandez ☎ 07071/ 29 80981
pablo.kraemer-fernandez@med.uni-tuebingen.de

Einwilligungserklärung zur Verarbeitung von erhobenen Daten bei der Befragung:

**„Implementation eines rein digitalen Arbeitsablaufes zur Herstellung von
Unterkieferaufbisschienen: Eine Fragenbogenstudie in der studentischen Lehre an
der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik“**
kurz: „digital workflow in education I“

Vorname und Name des Teilnehmers

Ich bin in einer ausführlichen Präsentation sowie in einem persönlichen Gespräch ausführlich und verständlich über den Ablauf der Fragebogenstudie sowie der verwendeten Materialien und Techniken und Bedeutung der Studie aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text der Teilnehmerinformation sowie die hier nachfolgend abgedruckte Datenschutzerklärung gelesen und verstanden. Ich hatte Gelegenheit, mit dem Prüfungsarzt über die Durchführung zu sprechen. Alle meine Fragen wurden zufrieden stellend beantwortet.

Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden. Mir ist bekannt, dass ich jederzeit und ohne Angabe von Gründen meine Einwilligung zur Teilnahme an der Fragebogenstudie mündlich oder schriftlich zurückziehen kann, ohne dass mir daraus Nachteile für meinen Kursertfolg entstehen. Mir ist bekannt, dass bei dieser Studie auch personenbezogene Daten, in Form von Fragebögen sowie digitale 3D-Datensätze pseudonymisiert erhoben, gespeichert und ausgewertet werden sollen. Bei einem Abbruch bzw. Rücktritt von der Studienteilnahme (Widerruf) kann ich die sofortige Löschung meiner Daten verlangen. Sind meine Daten zum Zeitpunkt des Widerrufs bereits wissenschaftlich ausgewertet, erfolgt in diesem Falle die sofortige Anonymisierung der Datensätze. Die Verwendung der Daten erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor der Teilnahme an der Fragebogenstudie folgende freiwillig abgegebene Einwilligungserklärung voraus, das heißt ohne die nachfolgende Einwilligung kann ich nicht an der Fragebogenstudie teilnehmen.

INFORMATION ZUM DATENSCHUTZ

Ihre im Rahmen der wissenschaftlichen Untersuchung erhobenen Daten werden vertraulich behandelt. Jeder Studierende erhält ein sinnfreies Pseudonym (laufende Nummer) um im Längsschnitt die Fragebögen zuordnen zu können. Die Fragebögen werden ausschließlich in verschlüsselter Form erhoben und verarbeitet (d.h. erhoben, gespeichert, übermittelt, genutzt oder gelöscht). Für den Teilnehmer bedeutet das, dass die Aufzeichnung der im Rahmen dieser Fragebogenstudie erhobenen Daten in begleitenden Fragebögen erfolgt. Des Weiteren erfolgt im Rahmen der praktischen Übung eine Speicherung des 3D-Datensatzes des Intraoral-Scans in der Datenbank des Scanners und der CAD-Software, soweit diese benötigt werden.

Die 3D-Datensätze können bei auffälligen Verläufen (erhöhte Anzahl von Problemen) mittels Software auf Fehler in der Datenstruktur untersucht werden. Eine Datenweitergabe von CAD-Modellen/ Datensätze ggf. an Dritte (andere Forschungseinrichtungen), ausschließlich zum Zweck der Datenprüfung auf fehlerhafte Strukturen, erfolgt ausschließlich in pseudonymisierter Form. Die CAD-Modelle werden für 10 Jahre auf Servern des UKT gespeichert und können ggf. für andere zukünftige wissenschaftliche Fragestellungen als Referenzobjekte in pseudonymisierter Form herangezogen werden.

Die für die wissenschaftliche Untersuchung wichtigen erhobenen Daten werden in verschlüsselter Form, d.h. pseudonymisiert, nur mit einer sinnfreien Kodierziffer versehen. Somit kann anhand des Bogens bzw. der Daten Ihre Identität nicht festgestellt werden.

Diese Zuordnung der pseudonymisierten Daten zu Ihrer Person ist nur anhand einer Liste möglich, die in einem verschlossenen Schrank, getrennt von den Studienunterlagen aufbewahrt wird und nur dem verantwortlichen Studienleiter der Abteilung, in Tübingen, zugänglich ist und somit eine Löschung von Daten auf Wunsch des Teilnehmers erlaubt. Die Daten werden für die Dauer von 10 Jahren nach Publikation digital in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik aufbewahrt. Sollten Sie von der Fragebogenstudie zurücktreten, können Sie entscheiden ob die bereits vorliegenden Daten vernichtet werden müssen oder weiterverwendet werden dürfen. Wenn Ihre Daten zu diesem Zeitpunkt bereits wissenschaftlich verwendet wurden ist nur eine Löschung Ihres Pseudonyms – also die Anonymisierung - möglich.

Einwilligungserklärung zur Verarbeitung der erhobenen Daten

Ich erkläre mich der Verarbeitung der im Rahmen der „digital Workflow in education“ Fragebogenstudie erhobenen Daten in der oben beschriebenen Weise einverstanden. Ich kann auf vorherige Anfrage meine Daten beim Hauptprüfer in Tübingen einsehen.

Außerdem erkläre ich mich bereit, wie in den erhaltenen Aufklärungsunterlagen beschrieben, an der „digital Workflow in education -Fragebogenstudie“ teilzunehmen.

_____	_____	_____
Tübingen, den	Unterschrift	Name des Teilnehmers in Blockschrift

_____	_____	_____
Tübingen, den	Unterschrift	Name des aufklärenden Arztes/ Wissenschaftlers in Blockschrift



Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
Studienzentrale „Medizinprodukte“
Osianderstr. 2-8 * 72076 Tübingen

STUDIENZENTRALE | ZKS Tübingen
MEDIZINPRODUKTE | Zentrum für Klinische Studien

digital workflow in education / dwe-2017

Kontakt / Ansprechpartner

ZA Pablo Krämer Fernandez ☎ 07071/ 29 80981
pablo.kraemer-fernandez@med.uni-tuebingen.de

Teilnehmerinformation zur Befragung

Liebe Studierende,

wir möchten Sie gerne zur Evaluation eines innovativen Lehrprojekts mit dem Titel
**„Implementation eines rein digitalen Arbeitsablaufes zur Herstellung von
Unterkieferaufbisssschienen: Eine Fragenbogenstudie in der studentischen Lehre an
der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik“**
kurz: „DWE-2017“

einladen. Sie wurden bereits im Rahmen der Einführung zur Lehrveranstaltung über die geplante Befragungsstudie informiert. Der nachfolgende Text soll Ihnen nochmals schriftlich die Ziele und den Ablauf erläutern. Sollten darüber hinaus noch Fragen bestehen, bitte zögern Sie nicht diese an den o.a. Ansprechpartner persönlich, telefonisch oder schriftlich zu richten, um Ihre Entscheidung zur Teilnahme treffen zu können.

Warum wird diese Studie durchgeführt?

Diese Studie untersucht die Umsetzung und Integration eines reinen digitalen Arbeitsablaufs in die studentische Ausbildung des klinischen Studienabschnitts am Beispiel von Unterkieferaufbisssschienen zur Prophylaxe von Bruxismus. Wir möchten herausfinden, wo Probleme liegen, die es technisch schwierig machen, den digitalen Workflow zu implementieren – aber auch wo mehr Bedarf besteht unsererseits genauer in der Lehre einzugehen. Die Ergebnisse sollen dazu beitragen, an der Universität auf dem aktuellsten Stand Zahnmedizin zu lehren, und so eine zukunftsorientierte Ausbildung unserer Absolventen zu gewährleisten.

Wer kann an der Studie teilnehmen?

An der Befragung können alle Studierenden teilnehmen, die sich in den Kursus der Zahnersatzkunde I + II an der Eberhard Karls Universität Tübingen eingeschrieben haben und regulär daran teilnehmen. Ihre Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Das bedeutet, dass Ihre Teilnahme bzw. Nicht-Teilnahme weder Vorteile noch Nachteile für Ihren regulären Kursablauf und Kurserfolg hat.

Wie läuft die Studie ab?

Wenn Sie gern an der Befragung teilnehmen möchten, müssten Sie abschließend die Einwilligungserklärung zur Datenverarbeitung unterzeichnen. Danach nehmen Sie wie alle Kursteilnehmer an den klinischen Übungen mit Ihrem Tandempartner teil und bewerten bei folgenden Arbeitsschritten mittels Fragebogen.

- Intraorales Scannen: Fragebogens (S)
- Digitales Design der Schiene, Vorbereitung der Schiene für den Druck: Fragebogen (D)
- Ausarbeitung der gedruckten Schiene: Fragebogens (A)
- Einsetzen der ausgearbeiteten Schiene am Tandempartner: Fragebogens (E)

- Falls Sie es wünschen, können Sie die Schiene, die erfolgreich bei Ihnen eingesetzt wurde, zur Prophylaxe nachts tragen, und wir würden Sie bitten, auch bei Ihren zahnärztlichen Kontrollen jeweils einen Fragebogen zu Ihren Erfahrungen mit der Schiene auszufüllen.

Wenn Ihr Tandempartner nicht an der Befragung teilnehmen möchte, lassen Sie einfach diese Felder frei.

Wie lange dauert die Studie?

Die Befragung zur klinischen Übung nimmt ca. 1 Minute je Fragebogen in Anspruch.

Welchen persönlichen Nutzen habe ich von der Teilnahme an der Studie?

Durch die klinische Übung im Rahmen der Lehrveranstaltung erlernen Sie Arbeitsschritte auf unterschiedlichen Ebenen des Herstellungsprozesses. Die begleitende Evaluation ermöglicht es Ihnen, den rein digitalen Arbeitsablauf nochmals selbst zu reflektieren und zu bewerten.

Diese Selbstreflektion während des Ausfüllens des Fragebogens durch Sie und Ihren Tandempartner ermöglicht Ihnen ein Einblick in die Bewertung von Therapiepfaden, wie Sie sie als professionell handelnder Zahnarzt später in Ihrem Praxisalltag ebenfalls einsetzen können. Weiter können Sie im strukturierten Abgleich mit Ihrem Tandempartner die Rolle eines Patienten wahrnehmen und sich selbst sowie Ihrem Tandempartner darüber ein Feedback geben.

Gibt es Risiken?

Diese Befragung selbst hat keine Risiken. Auch Ihre Antworten haben keinen Einfluss auf Ihre Leistungsbewertung im Rahmen der gesamten Lehrveranstaltung. Die durchgeführten Übungen zur digitalen Abformung, Konstruktion und Herstellung sowie Eingliederung der Aufbißsschienen sind allesamt zugelassene Medizinprodukte und in der zahnärztlichen Praxis bereits im Einsatz. Die Arbeitsabläufe beinhalten außerdem keine invasiven Arbeitsschritte. Der Intraoralscan erfolgt rein optisch, ohne den Einsatz von Scan-Puder o.ä.

Was passiert mit meinen Daten?

Alle erhobenen und registrierten Daten (Fragebogen, Intraoralscan) werden vertraulich behandelt. Die Fragebögen werden von Ihnen mit einem Pseudonym, einer sinnfreien fortlaufenden Ziffer, versehen, die keine Zuordnung zu Ihrer Person durch die durchführenden Zahnärzte zulässt. Nur der Studienleiter hat eine Liste mit Ihren Namen und des zugeordneten Pseudonyms.

Sie können von der Teilnahme auch nachträglich zurücktreten und ebenfalls die Löschung Ihrer Daten verlangen, sofern diese noch nicht in wissenschaftlichen Publikation eingeflossen sind. In letzterem Falle werden sämtliche personenbezogenen Daten gelöscht, die eine Rückführung auf Ihre Person zulassen (Anonymisierung). Die 3D-Datensätze des Intraoralscans sowie die generierten CAD-Datensätze werden für 10 Jahre auf den Servern des UKT gespeichert und können ggf. für andere zukünftige wissenschaftliche Fragestellungen als Referenzobjekte herangezogen werden. In diesem Fall erfolgt eine Pseudonymisierung der Datensätze, sodass keine Rückführung auf Ihre Person möglich ist. Falls auffällige Verläufe (erhöhte Anzahl von Problemen) in der Fragebogenstudie auftreten, können die Datensätze in pseudonymisierter Form ggf. an Dritte (andere Forschungseinrichtungen) für ausschließlich den Zweck der Datenprüfung, übergeben werden.

An wen kann ich mich wenden?

Für alle Fragen, Anliegen oder Probleme, speziell in Zusammenhang mit dieser Studie, können Sie sich schriftlich und mündlich an den Ansprechpartner für die Befragungsstudie (s. Kontakt auf Seite 1 oben) oder auch die Kursassistenten im Kursus der Zahnersatzkunde wenden.

9.5. Tabellen

Tabelle 50: Gruppierte VAS-Skalen Fragebögen 1-5

Darstellung der VAS-Antworten in einen linken (≤ 33), mittleren ($>33 \leq 66$), und rechten (>66) Bereich.

FRAGE	VAS <33 (%)	N	VAS >33 < 66 (%)	N	VAS >66 (%)	N
1.01 DIE HANDHABUNG DES SCANNERS WAR	74%	58	22%	17	22%	3
1.02 DEN ZEITLICHEN UMFANG DES SCANS BEWERTE ICH ALS	57%	43	33%	25	33%	7
1.05 WAREN SIE NACH DER VORLESUNG MIT DEMO FÜR DAS SELBSTÄNDIGE SCANNEN AUSREICHEND VORBEREITET?	77%	60	21%	16	21%	2
1.06 WIE WÜRDEN SIE DIE DEMO-VORLESUNG ZUM IO-SCAN BEWERTEN?	92%	71	8%	6	8%	0
1.07 WIE WÜRDEN SIE DEN SCAN IM STUD.-KURS IM HINBLICK AUF DIE AUSBILDUNG BEWERTEN?	92%	73	5%	4	5%	2
1.08 WIE KAMEN SIE MIT DER SCANZEIT/BILDERANZAHL ZURECHT?	77%	61	16%	13	16%	5
1.11 WIE EMPFANDEN SIE DEN SCANVORGANG?	54%	43	42%	33	42%	3
1.12 EMPFANDEN SIE EINEN WÜRGEREIZ WÄHREND DEM SCANVORGANG?	86%	68	11%	9	11%	2
1.13 HATTEN SIE DAS GEFÜHL BEIM DEM SCAN DEN MUND SEHR WEIT ÖFFNEN ZU MÜSSEN?	47%	37	29%	23	29%	19
1.14 DEN ZEITLICHEN UMFANG DES SCANS BEWERTE ICH ALS	59%	47	27%	21	27%	11

FRAGE	VAS <33 (%)	N	VAS >33 < 66 (%)	N	VAS >66 (%)	N
2.03 WAREN SIE NACH DER DEMO/VORLESUNG AUSREICHEND FÜR DAS SCHIENENDESIGN VORBEREITET?	71%	51	21%	15	21%	6
2.06 DEN ZEITLICHEN UMFANG BEWERTE ICH ALS	19%	13	36%	25	36%	31
2.07 DAS SCHIENENDESIGN TRAUE ICH MIR ALLEINE ZU	49%	35	34%	24	34%	12
2.10 WELCHES VERFAHREN WÜRDEN SIE FÜR DIE AUSBILDUNG BEVORZUGEN?	45%	32	27%	19	27%	20

Anhang

<i>FRAGE</i>	VAS <33 (%)	N	VAS >33 < 66 (%)	N	VAS >66 (%)	N
3.01 EIGENSCHAFTEN DES ZU BEARBEITENDEN SCHIENENMATERIALS	78%	47	18%	11	18%	2
3.02 WIE BEWERTEN SIE DEN AUFWAND ZUR AUSARBEITUNG	70%	46	20%	13	20%	7
3.04 WIE BEURTEILEN SIE IHR ENDERGEBNIS:	74%	49	20%	13	20%	4
3.05 WIE BEURTEILEN SIE DIE POLITUR?	64%	42	29%	19	29%	5
3.06 WIE BEWERTEN SIE DEN AUFWAND FÜR DIE POLITUR	59%	39	29%	19	29%	8

<i>FRAGE</i>	VAS <33 (%)	N	VAS >33 < 66 (%)	N	VAS >66 (%)	N
4.01 DIE INITIALE PASSUNG DER SCHIENE	44%	27	29%	18	29%	17
4.04 WIE BEWERTEN SIE DEN ARBEITSUMFANG, DIE SCHIENE ÄQUILIBRIERT EINZUSCHLEIFEN?	34%	21	39%	24	39%	17
4.05 WIE BEURTEILEN SIE DAS ENDERGEBNIS?	64%	39	30%	18	30%	4
4.07 MERKEN SIE BEIM EINSETZEN/TRAGEN DER SCHIENE EIN SPANNUNGSGEFÜHL?	70%	43	8%	5	8%	13
4.09 WIE IST DAS GEFÜHL MIT DER SCHIENE IM MUND OHNE OKKLUSION	48%	30	35%	22	35%	10
4.10 ICH HABE RAUHIGKEITEN AUF DER SCHIENE BEMERKT	86%	55	8%	5	8%	4
4.11 DIE SCHIENE ZU TRAGEN IST:	52%	31	30%	18	30%	11

Anhang

<i>FRAGE</i>	VAS <33 (%)	N	VAS >33 < 66 (%)	N	VAS >66 (%)	N
5.03 WIE HOCH WAR DER AUFWAND ZUR NACHTRÄGLICHEN KORREKTUR/ EINSCHLEIFEN	72%	13	22%	4	22%	1
5.04 ABNUTZUNGS-ERSCHEINUNGEN/ ABRASION	83%	15	11%	2	11%	1
5.07 MERKEN SIE BEIM EINSETZEN/ TRAGEN DER SCHIENE EIN SPANNUNGSGEFÜHL	75%	15	10%	2	10%	3
5.09 WIE WAR DAS GEFÜHL MIT DER SCHIENE (IN DEN NÄCHTEN + DANACH)	55%	11	25%	5	25%	4
5.11 WIE LIEß SICH DIE SCHIENE REINIGEN?	95%	19	5%	1	5%	0
5.12 ICH HABE MIR BEIM TRAGEN DER SCHIENE AUF DIE WANGE GEBISSEN	90%	18	5%	1	5%	1
5.13 ICH HABE RAUIGKEITEN AUF DER SCHIENE GEMERKT	90%	18	10%	2	10%	0

<i>FRAGE</i>	VAS <33 (%)	N	VAS >33 < 66 (%)	N	VAS >66 (%)	N
6.03 WIE HOCH WAR DER AUFWAND ZUR NACHTRÄGLICHEN KORREKTUR/ EINSCHLEIFEN	87%	13	7%	1	7%	1
6.04 ABNUTZUNGS-ERSCHEINUNGEN/ ABRASION	92%	12	0%	0	0%	1
6.06 DIE SCHIENE ZU TRAGEN IST INSGESAMT (TRAGEGEFÜHL + OKKLUSION)	67%	10	27%	4	27%	1
6.07 MERKEN SIE BEIM EINSETZEN/ TRAGEN DER SCHIENE EIN SPANNUNGSGEFÜHL	87%	13	7%	1	7%	1
6.09 WIE WAR DAS GEFÜHL MIT DER SCHIENE (IN DEN NÄCHTEN + DANACH)	73%	11	7%	1	7%	3
6.11 WIE LIEß SICH DIE SCHIENE REINIGEN?	93%	13	7%	1	7%	0
6.12 ICH HABE MIR BEIM TRAGEN DER SCHIENE AUF DIE WANGE GEBISSEN	86%	12	7%	1	7%	1
6.13 ICH HABE RAUIGKEITEN AUF DER SCHIENE GEMERKT	93%	13	7%	1	7%	0

Tabelle 51: Prüfung auf Normalverteilung*P-Werte kleiner 0.05 weisen eine Normalverteilung zurück (Shapiro-Wilk-W-Test)*

Frage	P-Wert
1.01 Die Handhabung des Scanners war	<,0001
1.01 Die Handhabung des Scanners war 2	<,0001
1.02 Den zeitlichen Umfang des Scans bewerte ich als	<,0001
1.02 Den zeitlicher Umfang des Scans bewerte ich als	0,0016
1.02 Real gemessene Zeit des Scans	0,0007
1.05 Waren Sie nach der Vorlesung mit Demo für das selbständige Scannen ausreichend vorbereitet?	<,0001
1.05 Waren Sie nach der Vorlesung mit Demo für das selbständige Scannen ausreichend vorbereitet?	<,0001
1.06 Wie würden Sie die Demo-Vorlesung zum IO-Scan bewerten?	<,0001
1.06 Wie würden Sie die Demo-Vorlesung zum IO-Scan bewerten? 2	<,0001
1.07 Wie würden sie den Scan im Stud.-Kurs im Hinblick auf die Ausbildung bewerten?	<,0001
1.07 Wie würden Sie den Scan im Stud.-Kurs im Hinblick auf die Ausbildung bewerten?	<,0001
1.08 Wie kamen Sie mit der Scanzeit/Bilderanzahl zurecht?	<,0001
1.08 Wie kamen Sie mit der Scanzeit/Bilderanzahl zurecht?	<,0001
1.11 Wie empfanden Sie den Scanvorgang	0,1846
1.12 Empfanden Sie einen Würgereiz während dem Scanvorgang?	<,0001
1.13 Hatten Sie das Gefühl bei dem Scan den Mund sehr weit öffnen zu müssen?	0,0055
1.14 Den zeitlichen Umfang des Scans bewerte ich als	0,0001
2.03 Waren Sie nach der Vorbereitung ausreichend für das Schienendesign vorbereitet?	0,0001
2.06 Den Zeitlichen Umfang des Schienendesigns bewerte ich als:	0,0909
2.06 Real gemessene Zeit des Schienendesigns (h:min)	<,0001
2.07 Das Schienendesign traue ich mir allein zu	0,0085
2.10 Welches Verfahren würden Sie für die Ausbildung bevorzugen?	0,0007
3.01 Eigenschaften des zu bearbeitenden Schienenmaterials	0,0002
3.02 Wie bewerten Sie den Aufwand zur Ausarbeitung	0,0003
3.04 Wie beurteilen sie Ihr Endergebnis:	<,0001
3.05 Wie beurteilen Sie die Politur?	0,0056
3.06 Wie bewerten Sie den Aufwand für die Politur	0,0249
4.01 Die initiale Passung der Schiene	0,0085
4.03 Anzahl der statischen Okklusionskontakte initial (vor dem Einschleifen)	0,0049
4.04 Wie bewerten Sie den Arbeitsumfang, die Schiene äquilibriert einzuschleifen?	0,0513
4.04 Zeitaufwand in h:m	<,0001
4.05 Wie beurteilen Sie das Endergebnis?	0,0072
4.07 Merken Sie beim Einsetzen/Tragen der Schiene ein Spannungsgefühl? 2	<,0001
4.09 Wie ist das Gefühl mit der Schiene im Mund ohne Okklusion	0,021
4.10 Ich habe Rauigkeiten auf der Schiene bemerkt	<,0001
4.11 Die Schiene zu tragen ist:	0,0051
5.03 Wie hoch war der Korrekturaufwand	0,0012
5.04 Abnutzungserscheinungen/Abrasionen	<,0001
5.06 Die Schiene zu tragen ist	0,0313
5.07 Spannungsgefühl	0,0002

Frage	P-Wert
5.09 Gefühl beim letzten Tragen	0,0183
5.11 Reinigen der Schiene	0,0319
5.12 Auf Wange gebissen	<,0001
5.13 Rauigkeiten auf der Schiene bemerkt	0,0003
6.03 Wie hoch war der Korrekturaufwand	<,0001
6.04 Abnutzungserscheinungen/Abrasionen	<,0001
6.06 Die Schiene zu tragen ist	0,0047
6.07 Spannungsgefühl	<,0001
6.09 Gefühl beim letzten Tragen	0,0022
6.11 Reinigen der Schiene	0,0144
6.12 Auf Wange gebissen	<,0001
6.13 Rauigkeiten auf der Schiene bemerkt	0,0009

10. Danksagung

Ich danke allen, die bei der Konzeptionierung und Durchführung dieser Studie, sowie der Erstellung dieser Arbeit mitwirkten und mich unterstützt haben.

Mein Dank geht vor allem an Herrn PD Dr. Fabian Hüttig, der mich bei der Planung dieser Studie sowie Auswertung und Verfassung dieser Schrift tatkräftig unterstützte, mich in das wissenschaftliche Arbeit einführte und es mir damit ermöglichte viele spannende und lehrreiche Erfahrungen zu sammeln. Auch danke ich dem zweiten Berichterstatter für die Begutachtung dieser Arbeit.

Ebenfalls geht ein großer Dank an Frau OÄ Dr. Klink, sowie Herrn Spintzyk, die mir durch Ihre Unterstützung die Durchführung dieser Studie erst ermöglichten, mir den Zugang zur digitalen Zahnmedizin verschafften, sowie mit Knowhow, Ideen, Literatur und tatkräftiger Unterstützung jederzeit zur Seite standen. Auch Herrn OA Dr. Sharghi geht mein Dank zu, der mich dabei unterstützte im klinischen Studentenkurs den Intraoralscan und das CAD einzuführen. Ein großer Dank gilt auch meinen Kolleginnen und Kollegen aus der prothetischen Abteilung, der Zahntechnik sowie der MWT, für die Hilfestellungen und Motivation während der Durchführung der Studie und Verfassung dieser Arbeit.

Des Weiteren bedanke ich mich bei allen Studierenden und jetzigen Kolleginnen und Kollegen, die an der Studie teilgenommen haben und somit die Untersuchung durch ihre Teilnahme und die Erstellung dieser Arbeit erst ermöglicht haben.

Ohne die Unterstützung aus der Wirtschaft wäre die Umsetzung dieser Studie nicht möglich gewesen. Hierfür bedanke ich mich bei der Firma VOCO, die im Rahmen der Studie kostenfrei Material und 3D-Drucker zur Verfügung stellten. Ein besonderer persönlicher Dank geht hierbei an Herrn Dr. Martin Danebrock und Herrn Markus Nordmann von der Firma VOCO, die bei Fragen und Diskussionen zur Verfügung standen und mit Knowhow unterstützten. Ein Dank geht auch an die Firma ExoCad, die unkompliziert die Software für die Studierenden zur Verfügung stellte.

Meiner Familie und vor allem meiner Frau möchte ich für die Rückendeckung, Unterstützung und unermüdliche Motivation, sowie Korrekturen dieser Arbeit danken.