

Aus der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
des Universitätsklinikums Würzburg

Direktor: Univ.-Professor Dr. med. dent. Marc Schmitter

**3D-gedruckte Kronen
in der studentischen Lehre zum Erlernen der
Passungsoptimierung**

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Frank Michael del Hougne
aus Alzenau

Würzburg, Juli 2023

Referent: Univ.-Prof. Dr. med. dent. Marc Schmitter

Korreferent/Korreferentin: Univ.-Prof. Dr. med. dent. Gabriel Krastl

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 19.12.2023

Der Promovend ist Zahnarzt.

In Dankbarkeit meiner Familie gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Passung von Kronen und Randschluss	2
1.2	Aufpassen von Kronen.....	4
1.3	3D-Druck.....	5
1.3.1	3D-Druck in der Lehre	5
1.4	Zielsetzung.....	6
2	Material und Methoden.....	7
2.1	Ethikvotum	8
2.2	Herstellung der Kronen und Stümpfe.....	8
2.2.1	Vorbereitungen für die Übungsmaterialien.....	8
2.2.2	3D-Druck der Materialien für das Übungsseminar	10
2.3	Übungsseminar	11
2.4	Fragebogen.....	13
2.5	Auswertung der Passung der Kronen	15
2.5.1	Digitalisierung der Kronen	15
2.5.2	Ausrichten und Überlagern der Kronen	15
2.5.3	Bestimmung der Abweichungswerte	16
2.5.4	Berechnung der mittleren flächenbezogenen Abweichungswerte	19
2.5.5	Berechnung der absoluten flächenbezogenen Abweichungswerte.....	19
2.6	Statistik	20
2.6.1	Auswertung der Kronenpassung	20
2.6.2	Auswertung der Fragebögen.....	20
2.6.3	Diagramme	21
3	Ergebnisse.....	22
3.1	Ergebnisse des Übungsseminars	22
3.1.1	Abweichungswerte der Flächen	22
3.1.2	Lernerfolg	23

3.1.3 Vergleich der Materialien.....	26
3.2 Ergebnisse des Fragebogens	29
3.2.1 Personenbezogene Daten.....	29
3.2.2 Eigenschaften der Druckkronen im Vergleich	31
3.2.3 Eigenschaften der Aufpassmethoden	33
3.2.4 Einschätzung des Lernerfolgs	35
3.2.5 Einschätzung zum Lernprozess	37
3.2.6 Offene Fragen	38
3.2.7 Cronbachs Alpha.....	38
4 Diskussion	39
4.1 Diskussion der Methodik	39
4.1.1 Fallzahl	39
4.1.2 Herstellung der Übungsmaterialien	39
4.1.2.1 Scanner	39
4.1.2.2 3D-Druck.....	40
4.1.3 Übungsseminar	43
4.1.3.1 Aufbau des Übungsseminars.....	43
4.1.3.2 Materialien zum Aufpassen	44
4.1.4 Fragebogen	45
4.2 Diskussion der Auswertung	46
4.3 Diskussion der Ergebnisse	47
4.4 Schlussfolgerung	50
5 Zusammenfassung	51
6 Literaturverzeichnis	52
7 Anhang	60
7.1 Abkürzungsverzeichnis	60
7.2 Abbildungsverzeichnis	62
7.3 Tabellenverzeichnis	63

7.4 Fragebogen.....	64
7.5 Ergebnisse des Übungsseminars	68
7.6 Ergebnisse des Fragebogens	79

1 Einleitung

„Bei künstlichen Kronen handelt es sich um festsitzenden Zahnersatz, der dazu dient, natürliche Zähne (bzw. durch präparative Maßnahmen entsprechend vorbereitete Zahnstümpfe) zu überdecken (überkronen).“ (Strub et al., 2011). Sie können sowohl als definitive als auch provisorische Versorgung aus einer Vielzahl an Materialien hergestellt werden.

Die Überlebensrate von Einzelzahnkronen variiert etwas je nach Lokalisation und verwendetem Material, allerdings beträgt die jährliche Verlustrate circa 1% bis 1,5% (Creugers et al., 1994; Pjetursson, Brägger, et al., 2007; Pjetursson, Sailer, et al., 2007).

Frühe Ansätze von Kronen gab es bereits im 18. Jahrhundert (Strub et al., 2011). „Durch die Entwicklung hochwertiger Werkstoffe und zuverlässiger Techniken können mehr Einflussgrößen kontrolliert werden; eine gute Passung wird hierdurch gefördert. Dies trägt dazu bei, Sekundärkaries und Gingivitis zu verhüten“ (Käyser et al., 1985).

Während früher dentale Restaurationen mittels konventioneller Abformungen und anschließenden händischen Laborarbeiten mit Guss- oder Presstechniken hergestellt wurden, stehen heutzutage neue Möglichkeiten in Form der Digitalisierung bei oder nach der Abformung sowie darauf folgenden Schritten bei Entwurf und Herstellung der Restauration (CAD/CAM, engl.: computer-aided design / computer-aided manufacturing) zur Verfügung (Miyazaki & Hotta, 2011). Die Vorteile der CAD/CAM-Technologie sind die konstante Präzision und Reproduzierbarkeit (Fasbinder, 2010). Es existieren subtraktive und additive CAM-Techniken (Mühlemann et al., 2021).

1.1 Passung von Kronen und Randschluss

Die Ursachen einer schlechten Passung einer Krone können bei jedem Zwischenschritt der Behandlung und der Herstellung entstehen, sowohl bei den zahnärztlichen als auch bei den laborseitigen Schritten. Es können beispielsweise Präparations- und Abformfehler (analog und digital) auf zahnärztlicher Seite auftreten. Dabei kann es je nach verwendetem Abformmaterial oder Anwenderfehlern zu Dimensionsveränderungen oder Deformationen kommen (Strub et al., 2011). Bei digitalen Abformungen stellen weiche Kurven (Fasbinder, 2010) und glatte und regelmäßige Oberflächen (González de Villaumbrosia et al., 2016) wichtige Einflussgrößen dar. Ebenfalls können laborseitig unter anderem die Expansionen von Gipsen und Einbettmassen, Fehler beim Gießen, Pressen, Sintern oder dem CAD/CAM-Fertigen einer Restauration oder der anschließenden Nachbearbeitung die Passung verschlechtern. So kann ein Gussstück auf der Innenseite beispielsweise Gussperlen oder Fahnen aufweisen (Käyser et al., 1985), während das Fräsen bei der CAD/CAM-Fertigung Schwierigkeiten bei komplexen Präparationsgeometrien hat, wie beispielsweise scharfen internen Winkeln oder scharfen Kurven (Fasbinder, 2010).

Störstellen auf der Kroneninnenseite können zu einer verschlechterten Passung der Krone führen, sodass diese teilweise nicht in Endposition gebracht werden kann und einen vergrößerten Randspalt aufweist. Bereits 1985 wurde festgestellt: „Die Qualität des Randschlusses ist ein Maß für die Paßgenauigkeit [...]. Mit dem unbewaffneten Auge ist die Qualität des Randschlusses nicht mehr gut zu beurteilen, weil das Auflösungsvermögen nur bis ca. 50 μ reicht und zervikal die Gingiva den Rand der Krone bedecken kann. Mit einer spitzen Sonde kann man jedoch Diskrepanzen bis ca. 25 μ feststellen. Empirisch wurde ermittelt, daß der Randschluß kleiner als 50 μ sein muß. [...] Doch ist in der Regel die Randgestaltung in der Praxis schlechter als es durch die uns heute zur Verfügung stehenden Materialien und Techniken möglich wäre“ (Käyser et al., 1985). Der Randschluss wird durch die Präparationsform (Marxkors, 1980), welche sich auch nach dem Material der gewünschten Restauration und dem Zement richtet (Käyser et al., 1985), beeinflusst. Weiterhin stellt die Randgenauigkeit eine wichtige Einflussgröße für parodontale Gesundheit dar (Körper, 1995; Rehmann, 2017). Da niemals ein exakter Randschluss vorliegt, entsteht ein Zementspalt mit wechselnder Breite zwischen 10 μ m und mehr als 200 μ m (Käyser et al., 1985). 1980 wurde eine Randfuge von 30 bis 50 μ m gefordert, jedoch zeigten sich in Untersuchungen Randspalte zwischen 70 μ m und 160 μ m (Marxkors, 1980). In einer anderen Untersuchung lag die durchschnittliche Randspaltbreite einer Krone bei 110 μ m

(Kerschbaum, 1998). Andere Autoren nennen 100 µm als maximal tolerierbare Randschlussgröße (Käyser et al., 1985; Naert et al., 2005; Oruç & Tulunoglu, 2000). Eine andere klinische Untersuchung beschrieb die Verwendung von zahnärztlich kalibrierten Messsonden und zeigte bei 11,5% der Kronen einen approximalen Kronenrandspalt unter 100 µm und bei 21,2% einen Randspalt größer oder gleich 500 µm (Witanski, 2008).

Somit variieren die Dimensionen der gewünschten Randschlussgenauigkeit unter Berücksichtigung der labortechnischen und klinischen Möglichkeiten in der Literatur erheblich. Es kann jedoch festgehalten werden, dass der Randspalt „letztendlich [...] möglichst gering sein [sollte] und eine Über- oder Unterextension der Krone vermieden werden [sollte]. Vergrößerte Randspalten haben Einflüsse auf Kariesentstehung, das marginale Parodontium und die Löslichkeit des Befestigungszements“ (Witanski, 2008).

1.2 Aufpassen von Kronen

Unter Berücksichtigung der oben angeführten Aspekte zum Randschluss und der Passung einer Krone sollten vor der angestrebten Eingliederung mögliche Störstellen identifiziert und entfernt werden, um eine bestmögliche Passung der Krone bei möglichst geringem Randspalt zu erzielen.

Bereits bei der Einprobe von Restaurationen vor der Eingliederung wird die Passgenauigkeit und Randlänge geprüft. Neben der Sondierung der Gerüste, als wichtigste Grundlage für eine optimale Passung (Strub et al., 2011), stehen verschiedene Materialien zur Kontrolle der Passung und zum Identifizieren einer Störstelle zur Verfügung.

So wird beschrieben, dass die Passungsprobe mit Fit-Checker® erfolgen kann. Eine potentielle Störstelle wird dadurch sichtbar, mit einem geeigneten Filzstift markiert und anschließend mit rotierenden Instrumenten entfernt (Strub et al., 2011). Bei diesem Material handelt es sich um ein sehr dünnfließendes Vinylpolyethersilikon (GC EUROPE A.G, 2020). Auch andere dünnfließende Abformmaterialien lassen sich dazu verwenden.

Anderenorts wird die Verwendung von Pudersprays beschrieben, jedoch auf die Unhandlichkeit der damit einhergehenden Verunreinigung des Werkstücks hingewiesen (Smith, 1987). Eine Mikropulverschicht wird auf die Innenseite der Krone gesprüht, welche Kontaktpunkte zwischen Kroneninnenseite und Zahnstumpf farblich darstellt (SHERA Werkstoff-Technologie GmbH & Co. KG, 2023).

Für das Entfernen der Störstellen eignen sich bei metallischen Restaurationen kleine kugelförmige Fräsen und bei vollkeramischen Restaurationen kugelförmige Diamanten unter ausreichender Wasserkühlung (Strub et al., 2011).

1.3 3D-Druck

Bei subtraktiver CAM, welche als Goldstandard angesehen wird, wird die gewünschte Form aus einem vorgefertigten Block herausgefräst, wobei bis zu 90% Materialverluste auftreten können (Mühlemann et al., 2021).

Der 3D(dreidimensionale)-Druck nutzt hingegen additive Fertigungstechniken, wobei in der Regel eine schichtweise Herstellung eines Werkstückes aus einem Datensatz erfolgt (International Organization for Standardization, 2021). Additive CAM-Techniken finden in der Zahnmedizin bei der Verarbeitung von Polymeren, Keramiken und Metallen Anwendung, wobei deutlich weniger Materialabfall entsteht (Mühlemann et al., 2021).

Es existiert eine Vielzahl von 3D-Drucktechniken. Stereolithografie (engl.: stereolithography = SLA) und digitale Lichtverarbeitung (engl.: digital light processing = DLP) zählen neben weiteren Techniken zu den häufigsten (Etemad-Shahidi et al., 2020). Bei SLA, bereits 1986 eingeführt, wird ein Photopolymer-Kunstharz lokalisiert von einem UV-Laser gehärtet, während bei DLP das Bild einer gesamten Schicht mittels LED oder Projektor zur Härtung auf das Kunstharz projiziert wird (Stansbury, 2016).

1.3.1 3D-Druck in der Lehre

An der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Universitätsklinikums Würzburg wurden bereits einige Arbeiten durchgeführt, welche die Verwendung von 3D-Druck in der Lehre thematisieren. Dabei wurden unter anderem Lehraspekte (Höhne & Schmitter, 2019), Präparation von Kronen (Höhne, Schwarzbauer, et al., 2020; Jentzsch, 2020), Kariesexkavation (Kurum, 2022), Stiftpräparation (Höhne, Dickhaut, et al., 2020), Präparation einer Adhäsivbrücke (Behr, 2021) und parodontale Schienung (Rehling, 2021) untersucht. Insgesamt zeigte sich dabei immer ein positiver Effekt auf die Lehre durch die Verwendung von 3D-Druck sowie die mögliche Etablierung neuer Lehrmethoden.

1.4 Zielsetzung

Ziel dieser Studie war es, eine Übung in der studentischen Lehre zum Identifizieren und Entfernen von Störstellen zu entwickeln, zu erproben und zu etablieren.

Hierfür wurde ein Modellzahn für eine Kronenversorgung präpariert und digitalisiert. Eine klinisch gut passende Krone wurde mittels CAD/CAM entworfen und hergestellt. Anschließend wurde diese Krone digital modifiziert, um Störstellen auf der Kroneninnenseite hinzufügen zu können. Insgesamt entstanden zwei unterschiedliche Kronen mit jeweils differierenden Störstellen.

Zur Überprüfung der Anwendung der entwickelten Übungskronen wurde ein freiwilliges Übungsseminar mit Studierenden des klinischen Studienabschnittes etabliert, welches an zwei verschiedenen Terminen stattfand. Den Studierenden wurden zwei unterschiedliche Materialien zur Verfügung gestellt, um die Störstellen zu identifizieren und anschließend zu entfernen, bis eine möglichst gute Passung erzielt war. Als Referenz stand jedem Studierenden eine Krone ohne Störstellen zur Verfügung. Insgesamt wurden sechs Kronen aufgepasst.

Im Anschluss an das Übungsseminar durften die Studierenden die Übung, die verwendeten Materialien und ihre Erfahrungen in einem freiwilligen Fragebogen bewerten und Anregungen zur Verbesserung geben.

Um eine kostengünstige und reproduzierbare Herstellung der Übungsmaterialien zu ermöglichen, wurde für die Herstellung der Stümpfe und Kronen ein 3D-Drucker verwendet.

Folgende Haupt- und Nebenzielkriterien sollten in dieser Arbeit geprüft werden:

Hauptzielkriterium

- Überprüfung, ob die Anwendung der Übungskronen einen Lerneffekt (gemessen anhand der Reduktion des erzielten Randspalts und der Innenpassung) beim Aufpassen einer Krone durch 3D-gedruckte Übungsmaterialien erzielt.

Nebenzielkriterium

- Vergleich der Kronenpassung bei der Verwendung zweier Materialien beim Aufpassen von Kronen.

Die Nullhypothese H_0 lautete, dass durch das Übungsseminar keine Optimierung der Kronenpassung zu erzielen ist.

2 Material und Methoden

Die Studie wurde an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Universitätsklinikums Würzburg durchgeführt.

Der schematische Ablauf der Studie mit der Herstellung von Kronen und Stümpfen, dem Übungsseminar sowie deren Auswertung ist in Abbildung 1 dargestellt.

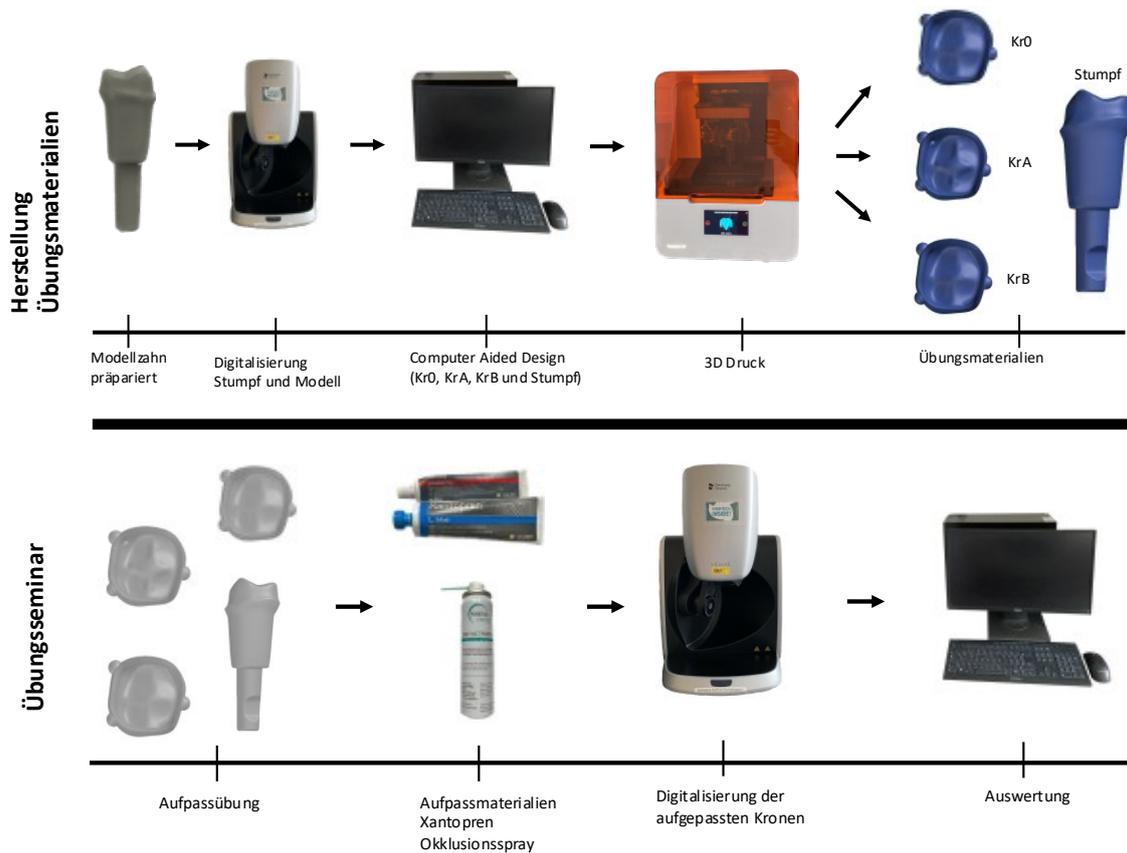


Abbildung 1: Ablauf der Studie
oben: Herstellung der Übungsmaterialien: Referenzkrone Kr0, Kronen mit Störstellen KrA und KrB sowie Zahnstumpf.

unten: Ablauf des Übungsseminars

Quelle: Eigene Abbildung

2.1 Ethikvotum

Eine Stellungnahme (20181116 01) der Ethik-Kommission vom 03.12.2018 liegt bezüglich der Auswertung von anonymisierten Fragebögen und 3D-gedruckten Zähnen vor.

Die Teilnahme der Studierenden am Übungsseminar fand freiwillig statt, ebenso das Ausfüllen des Fragebogens. Die erhobenen Daten wurden vollständig und irreversibel anonymisiert.

2.2 Herstellung der Kronen und Stümpfe

2.2.1 Vorbereitungen für die Übungsmaterialien

Zunächst wurde ein handelsüblicher unpräparierter KaVo-Zahn 36 in einem KaVo-Modell (KaVo Dental GmbH, 2023b) für eine Versorgung mit einer vollkeramischen Krone präpariert. Mittels des streifenlichtbasierten Extraoralscanners (inEos X5, Dentsply Sirona, York, Pennsylvania, USA) wurde anschließend der präparierte KaVo-Zahn 36 digitalisiert. Der Hersteller gibt die Scangenaugigkeit dieses Scanners mit $1,3 \mu\text{m} \pm 0,4 \mu\text{m}$ (DIN EN ISO12836:2015) (Dentsply Sirona, 2023c) an.

Bei der Streifenlichtprojektion wird im optischen 3D-Messverfahren ein streifenförmiges Lichtmuster von einem Projektor auf das zu scannende Objekt projiziert und das Schnittlinienbild von der Kamera erfasst. Dadurch können die 3D-Koordinaten der Objektoberfläche berechnet werden (Carl Zeiss GOM Metrology GmbH, 2023c).

Als Scansoftware wurde inLab SW 20.0 verwendet. Diese Software ermöglicht unter anderem auch den Export der Scandatei in das .stl (Stereolithographie) - Format (Dentsply Sirona, 2023b).

Diese .stl-Datei wurde anschließend in Meshmixer 3.5 (Autodesk Inc., 2023a) weiterverarbeitet (vgl. Abbildung 2), die Präparation wurde nachmodifiziert und Unebenheiten entfernt. Somit konnte ein Datensatz des Zahnstumpfes für das Übungsseminar erstellt werden, welcher es erlaubte, standardisiert und reproduzierbar gedruckte Zahnstümpfe in ausreichender Menge herzustellen.



Abbildung 2: CAD-Modell von Zahnstumpf für KaVo-Modell
Quelle: Eigene Abbildung

Der Zahnstumpf wurde 3D-gedruckt und in das Unterkiefer-KaVo-Modell eingesetzt und anschließend sowohl Ober- als auch Unterkiefer mit dem Laborscanner inEos X5 digitalisiert.

Basierend auf diesem Datensatz konnte eine Restauration in Form einer Einzelzahnkrone entworfen werden (inLab SW 20 (Dentsply Sirona, 2023b)). Die Restaurationsparameter wurden entsprechend einer vollkeramischen Restauration gewählt und der Spacer auf 60 µm eingestellt.

Der Datensatz der Krone wurde als .stl-Datei exportiert und in Autodesk Fusion 360 (Autodesk Inc., 2023b) weiterverarbeitet. Dabei wurden drei Kugeln mit einem Durchmesser von jeweils 2 mm an die Außenfläche der Krone nahe des Kronenrandes hinzugefügt, welche zum exakten Matchen der Kronen notwendig sind. Diese Krone diente als Referenzkrone 0 (Kr0), um eine ideale Passung zu simulieren.

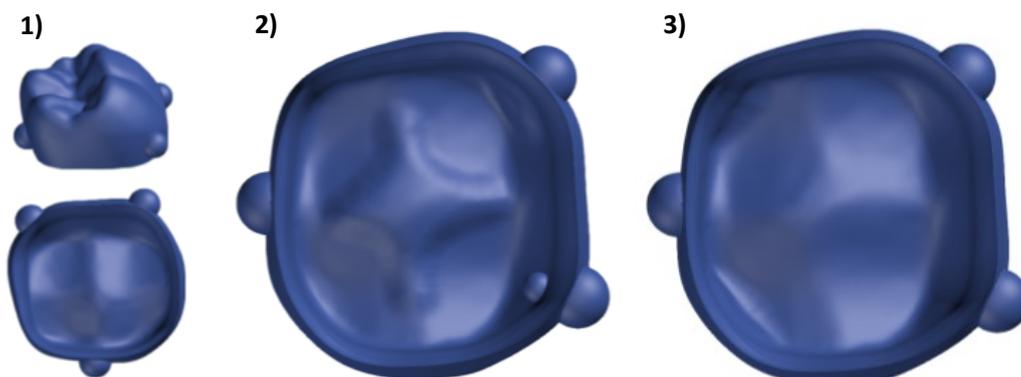


Abbildung 3: CAD-Modelle der Kronen
1) Kr0 (oben: Aufsicht von mesial, unten: Ansicht von basal)
2) KrA (Ansicht von basal)
3) KrB (Ansicht von basal)
Quelle: Eigene Abbildung

Der .stl-Datensatz dieser Krone wurde anschließend digital in mehreren Schritten mit Meshmixer (Autodesk Inc., 2023a) modifiziert, um Datensätze für Kronen mit einer schlechteren Passung zu erzeugen. Es wurden ausschließlich die Innenflächen der Kronen modifiziert, die äußere Form wurde stets beibehalten.

Nach den Scan- und Konstruktionsvorgängen entstanden zwei Datensätze mit unterschiedlichen Störstellen (vgl. Abbildung 3). Die Krone des Typs A enthielt als Störstelle im distobukkalen Bereich eine Kugel sowie Verzüge im Bereich der Zentralfissur und des distovestibulären Höckers. Krone Typ B (KrB) enthielt Störstellen im Rahmen von Verzügen im Bereich des mesio- und distolingualen Höckers. Die eingebrachte kleine Kugel auf der Kroneninenseite sollte eine Gussperle darstellen und die Verzüge sollten Ungenauigkeiten bei der Fertigung oder Dimensionsänderungen und Deformation einer Abformung darstellen (vgl. 1.1).

KrA und KrB wurden probeweise 3D-gedruckt und abschließend auf ihre (gewünschte) schlechte Passung kontrolliert.

2.2.2 3D-Druck der Materialien für das Übungsseminar

Die .stl-Datensätze der Kronen (Kr0, KrA und KrB) sowie des präparierten Zahnstumpfes wurden in Preform 3.21.0 (Formlabs GmbH, 2023d) importiert und für den 3D-Druck mit dem Form 3B (Formlabs GmbH, 2023b) weiterverarbeitet.

Für den Druck der Kronen wurde Rigid 4000 Resin (RS-F2-RGWH-01) (Formlabs GmbH, 2023g) verwendet. Es handelt sich hierbei um ein glasgefülltes Harz, welches nach dem Druck eine glatte und ebene Oberfläche aufweist (Formlabs GmbH, 2023g). Dabei wurde eine Druckauflösung von 50 µm gewählt.

Der präparierte Zahnstumpf wurde aus Model Resin (RS-F2-DMBE-03) (Formlabs GmbH, 2023e) gedruckt. Der Hersteller empfiehlt dieses Material für „präzise Modelle und Stümpfe mit Kontakten und genauen Rändern“ (Formlabs GmbH, 2023e). Hier wurde ebenfalls eine Druckauflösung von 50 µm gewählt.

Gemäß der Herstellervorgaben wurden die gedruckten Materialien im Anschluss wie folgt nachbehandelt: Die Kronen wurden 15 Minuten und die Stümpfe 10 Minuten im Form Wash (Formlabs GmbH, 2023c) mit 100% Isopropanol (VWR International LLC, 2023) gereinigt.

Die für den Druck erforderlichen Stützstrukturen wurden zum Abschluss entfernt.

2.3 Übungsseminar

Studierende des Kurses der Zahnärztlichen Prothetik I und II hatten die Möglichkeit, freiwillig am Übungsseminar teilzunehmen. Die Studierenden hatten die vorklinischen Abschnitte des Studiums erfolgreich absolviert und bereits Erfahrungen bei der Patientenbehandlung sammeln können. Insgesamt nahmen 71 Studierende am Übungsseminar teil.

Da das Ausfüllen des Fragebogens ebenfalls freiwillig war, konnte von 67 Studierenden (45 Frauen und 22 Männer) der Fragebogen erfasst werden.

Die Studierenden von Kurs I und II wurden in jeweils zwei Gruppen eingeteilt und jedem Studierenden wurde eine zufällige Nummer zugeteilt. Das Übungsseminar (vgl. Abbildung 4) fand an zwei Terminen mit einem zeitlichen Abstand von 14 Tagen statt. Dies sollte es ermöglichen, die Auswirkungen eines gegebenenfalls vorhandenen Trainingseffekts zu erfassen. Insgesamt wurden von jedem Studierenden sechs Kronen aufgepasst, dabei wurden zwei verschiedene Hilfsmaterialien verwendet.

	Termin 1	Termin 2
Studierende Schein I		
Gruppe 1	KrA Xantopren KrB Xantopren	KrA Xantopren KrA Okklusionsspray KrB Xantopren KrB Okklusionsspray
Gruppe 2	KrA Okklusionsspray KrB Okklusionsspray	KrA Okklusionsspray KrA Xantopren KrB Okklusionsspray KrB Xantopren
Studierende Schein II		
Gruppe 1	KrA Xantopren KrB Xantopren	KrA Xantopren KrA Okklusionsspray KrB Xantopren KrB Okklusionsspray
Gruppe 2	KrA Okklusionsspray KrB Okklusionsspray	KrA Okklusionsspray KrA Xantopren KrB Okklusionsspray KrB Xantopren

Abbildung 4: Aufbau des Übungsseminars
Quelle: Eigene Abbildung

Die Studierenden erhielten jeweils einen 3D-gedruckten präparierten Zahnstumpf 36, welchen sie in ein sonst vollbezahntes KaVo-Unterkiefermodell montieren konnten. Die Oberkiefer- und Unterkiefermodelle wurden zur patientennahen Simulation in Phantomköpfe (DSE Kompakt, (KaVo Dental GmbH, 2023a)) montiert.

Die Kronen mit Störstellen wurden entsprechend der Reihenfolge (1 bis 6) nummeriert und den Studierenden entsprechend ihrer Nummer zugewiesen. Die Studierenden wussten nicht, wie viele verschiedene Kronentypen mit Störstellen existieren und welche ihnen zugewiesen wurden.

Zum Identifizieren der Störstellen wurden Okklusionsspray (Shera Contact Spray (SHERA Werkstoff-Technologie GmbH & Co. KG, 2023)) und Xantopren (Kulzer GmbH, 2023) verwendet. Eine Verblindung der Studierenden bezüglich des verwendeten Hilfsmaterials (Paste versus Spray) zum Aufpassen der Kronen war nicht möglich.

Die Störstellen wurden mit feinen kugelförmigen Diamantschleifkörpern aus dem Präparationsset (Komet (Gebr. Brasseler GmbH & Co. KG, 2023)) entfernt.

Es gab keine zeitlichen Vorgaben. Die Zielsetzung für das Aufpassen der Kronen lautete, die Störstellen so weit zu entfernen, dass eine möglichst gute Passung der Kronen im Randbereich erreicht wird. Als Referenz dafür stand jeweils eine gekennzeichnete Krone ohne Störstellen (Kr0) zur Verfügung. Die Studierenden erhielten während des Übungsseminars kein Feedback.

2.4 Fragebogen

Ein Fragebogen (vgl. Anhang 7.4) wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Lehre und Ausbildungsforschung (IMLA) der Universität Würzburg entworfen. Der digitale Fragebogen wurde mit EvaSys (Electric Paper Evaluationssysteme, evasys GmbH, 2023) erstellt. Vergleichbare Fragebögen wurden bereits in vorherigen Studien zu 3D-gedruckten Übungszähnen verwendet (Behr, 2021; Höhne, Dickhaut, et al., 2020; Höhne & Schmitter, 2019; Höhne, Schwarzbauer, et al., 2020; Jentzsch, 2020; Rehling, 2021).

Im Anschluss an das Übungsseminar erhielt jeder Studierende einen QR-Code als einmaligen Zugangsschlüssel zu dem freiwilligen Fragebogen.

Der Fragebogen beinhaltete mehrere Abschnitte und bestand aus offenen Fragen und Fragen mit vorgegebenen Auswahlmöglichkeiten. Bei einigen der Fragen mit vorgegebenen Auswahlmöglichkeiten konnten die Studierenden Schulnoten vergeben von 1 bis 6 (sehr gut bis ungenügend).

Im ersten Abschnitt des Fragebogens wurden personenbezogene Daten erfasst. Die Studierenden sollten ihre Teilnehmernummer sowie ihre zugeteilte Gruppe angeben. Weiterhin wurden das Alter, das Geschlecht und die Ausbildung im zahntechnischen Bereich (Fragen 2.3, 2.4, 2.5, 2.6) erfasst. Anschließend konnten die Studierenden ihre eigenen Fähigkeiten und Erfahrungen mit Schulnoten bewerten bzw. einschätzen (Fragen 2.7 bis 2.12).

Der darauffolgende Abschnitt beschäftigte sich mit den Eigenschaften der gedruckten Kronen im Vergleich zu Gusskronen, Keramikronen oder Provisorien. Die Studierenden sollten dabei die Härte der Druckkronen, das realitätsnahe Gefühl beim Einschleifen, beim Aufpassen und bei der Überprüfung des Randschlusses bewerten. Zusätzlich sollte die Handhabbarkeit der Aufpassübung bewertet werden.

Es folgte ein Fragenblock zu den Eigenschaften der Aufpassmethoden der beiden verwendeten Materialien, darunter wie leicht das Aufpassen und das Identifizieren einer Störstelle gefallen waren. Schließlich sollten die Studierenden angeben, welches Material sie künftig selbst verwenden würden.

Ein weiterer Fragenblock beschäftigte sich mit dem Lernergebnis, in dem die Studierenden ihren subjektiven Lernerfolg mit den beiden Materialien bewerten sollten. Zusätzlich sollte bewertet werden, wie gut sie sich durch den Kurs auf das Aufpassen von Kronen vorbereitet fühlten.

Der Lernprozess wurde anschließend thematisiert. Die Studierenden konnten bewerten, ob sie durch die Übung motiviert waren, ihre Fähigkeiten beim Kronenaufpassen zu verbessern. Weiterhin sollte die Verwendung von Druckzähnen und gedruckten Restaurationen als Übung im Studium sowie die ausschließliche Verwendung von Druckzähnen und gedruckten Restaurationen in der Ausbildung als Vorbereitung auf die Patientenbehandlung beurteilt werden.

Abschließend wurden die Studierenden in offenen Fragen (Fragen 7.1 und 7.2) um Verbesserungsvorschläge zu den gedruckten Kronen und um ihre Meinung zu den Vorteilen der Druckzähne und gedruckten Restaurationen in der zahnärztlichen Ausbildung gebeten.

2.5 Auswertung der Passung der Kronen

Zur Auswertung der Passung wurden die aufgepassten Kronen (KrA und KrB) mit der Krone ohne Störstellen (Kr0) verglichen. Dies erfolgte sowohl in den Bereichen der eingebauten Störstellen als auch auf der gesamten Innenfläche, um flächenbezogene Abweichungswerte zu erhalten. Dadurch konnte ermittelt werden, ob die Störstellen adäquat entfernt wurden, die Entfernung unvollständig war oder überextendiert wurde.

2.5.1 Digitalisierung der Kronen

Die bearbeiteten Kronen (KrA und KrB) aus dem Übungsseminar wurden mit dem Laborscanner inEos X5 (Dentsply Sirona, 2023c) und der Software inLab SW 20 (Dentsply Sirona, 2023b) digitalisiert.

Vor dem Scan wurden die Kronen mit 100% Isopropanol (VWR International LLC, 2023) gereinigt, um Rückstände der verwendeten Aufpassmaterialien zu entfernen. Die Kronen wurden jeweils einzeln eingescannt und dazu in dem Modelltopf fixiert. Die Innenfläche der Krone sowie die Kugeln der Außenfläche wurden mit einer dünnen Schicht Scanspray (HinriScan-Spray Basic 400ml, ERNST HINRICHS Dental GmbH, 2023) benetzt. Der Modelltopf wurde magnetisch mittig auf dem Rotationsarm des Scanners positioniert. Die Scans wurden in einem Winkel von 59° durchgeführt. Falls es zu Artefakten oder aufgrund von optischen Unterschnitten zu Fehlern im Scan kam, wurden diese Bereiche manuell angewählt und anschließend der Scan wiederholt und somit vervollständigt. Die Scandatei wurde hochauflösend im .stl-Format exportiert und gesichert.

Um störende Artefakte für das spätere Überlagern der .stl-Dateien zu entfernen, fand anschließend für jede Datei eine Nachbearbeitung mit Meshmixer v3.5 (Autodesk Inc., 2023a) statt. Teilweise wurden Bereiche des Modelltopfs und des Positionierungsmaterials mitgescannt, welche in diesem Arbeitsschritt aus den .stl-Dateien ausgeschnitten wurden.

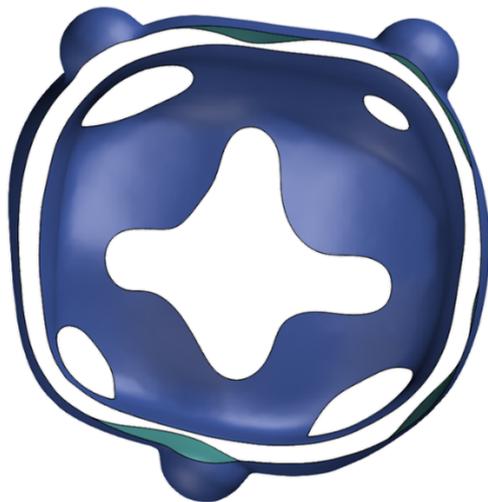
2.5.2 Ausrichten und Überlagern der Kronen

Die aufgepassten Kronen sollten mit der Referenzkrone Kr0 verglichen werden. Für die spätere Bestimmung der Abweichungswerte mussten die Scandaten zunächst räumlich korrekt ausgerichtet werden, damit eine Überlagerung möglich wurde. Hierfür wurden die Kugeln auf der Kronenoberfläche herangezogen.

Die Referenzkrone Kr0 wurde ebenfalls analog zu den anderen Kronen digitalisiert und bearbeitet. Dies sollte dazu dienen, systemische Fehler und Ungenauigkeiten zu reduzieren.

Zur Analyse wurde GOM Inspect 2018 (GOM Software 2018, 2018 Hotfix 5, Rev. 115656, Build 2019-02-15) verwendet, eine Software zur Auswertung von 3D-Daten, welche Form- und Lageberechnungen beherrscht (Carl Zeiss GOM Metrology GmbH, 2023b).

Zunächst wurde aus dem .stl-Datensatz des Scans von Kr0 als Soll-Element eine Matching-Vorlage erzeugt. Dabei wurden der Kronenrand sowie alle Bereiche der Störstellen von KrA und KrB (vgl. Abbildung 5) entfernt. Diese bildete die Referenz für die räumliche Orientierung.



*Abbildung 5: CAD-Modell der Matching-Vorlage (Aufsicht von basal)
Quelle: Eigene Abbildung*

Die .stl-Dateien der aufgepassten Kronen wurden anschließend jeweils als Ist-Element als Netz importiert. Über die Operation „Selektierte Normalen automatisch orientieren“ wurden Netzfehler entfernt und mit dem Befehl „Vorausrichtung“ das Ist-Element nach dem Soll-Element ausgerichtet. Schließlich wurde die Operation „lokales Best-Fit“ mit einem maximalen Abstand von 0,5 mm durchgeführt. Die so ausgerichteten .stl-Datensätze der aufgepassten Kronen konnten erneut gesichert werden.

2.5.3 Bestimmung der Abweichungswerte

Die Flächenanalyse wurde separat für KrA und KrB durchgeführt, da diese unterschiedliche Störstellen enthielten. Es wurde jeweils eine Auswertungsvorlage

erstellt, welche die Areale (Patches) der Störstellen und die restliche Innenfläche beinhaltet (vgl. Abbildung 6). Die Flächenpunkte wurden auf der Innenfläche der Krone gleichmäßig verteilt.

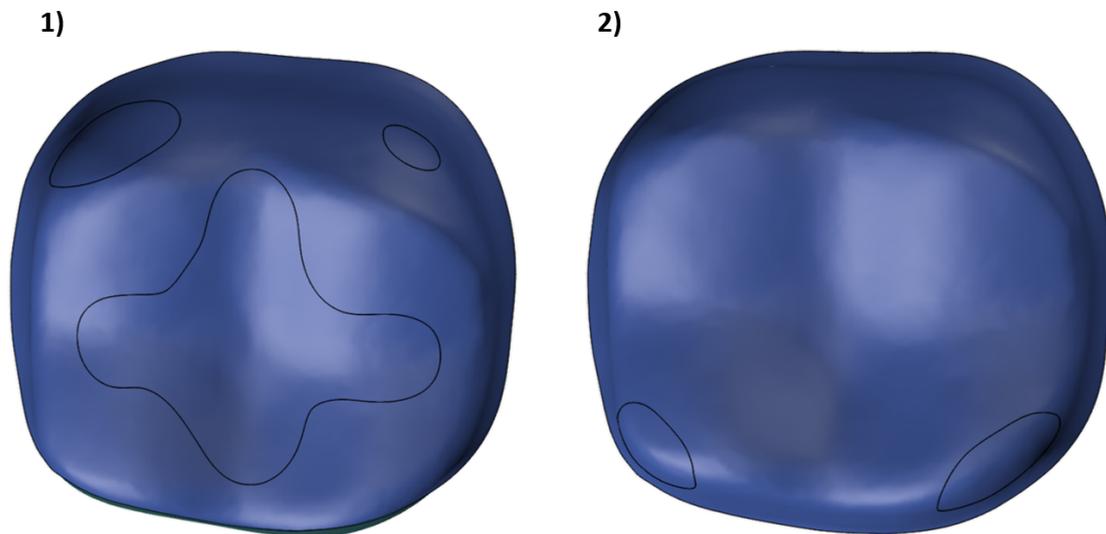


Abbildung 6: CAD-Modell der Auswertungsvorlagen

1) Auswertungsvorlage für KrA

2) Auswertungsvorlage für KrB

Quelle: Eigene Abbildung

Die zuvor vorausgerichteten .stl-Datensätze wurden entsprechend des Kronentyps in die korrekte Auswertungsvorlage als Ist-Element importiert. Über die Operation „Flächenvergleich auf CAD“ (mit den Einstellungen: nur selektierte Patches, maximaler Abstand = 1 mm, maximaler Öffnungswinkel = 70°), jeweils für die Fläche der Störstellen und die restliche Innenfläche, wurde der Abstand der Bildpunkte zwischen Ist- und Soll-Element errechnet.

Abbildung 7 zeigt beispielhaft diesen Schritt an einer unbearbeiteten Krone des Typs KrA. Die Farbskalierung verdeutlicht, dass die Flächen mit den Störstellen positive Abweichungswerte aufweisen (gelb, rot, braun), während die restliche Fläche der Krone kaum Abweichungen aufweist (grün).

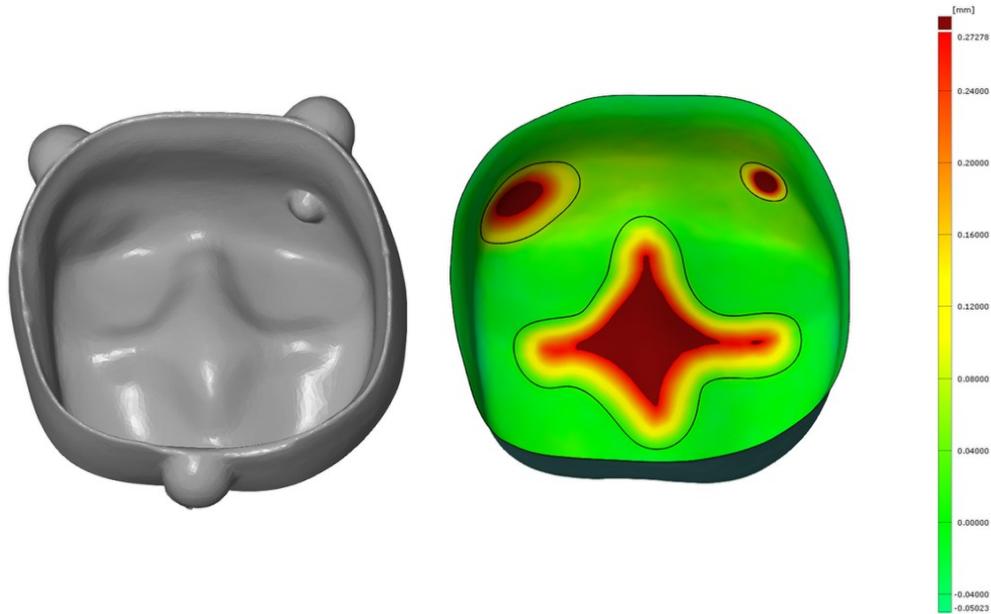


Abbildung 7: Beispielhafte farbliche Darstellung von Abweichungen beim Flächenvergleich
 Quelle: Eigene Abbildung

Die Anzahl der positiven und negativen Abweichungspunkte der einzelnen Flächen der Störstellen sowie der restlichen Innenfläche wurde über die Operation „Nach Wert selektieren“ ermittelt (mit den Einstellungen: Maximum = 5 mm, Minimum = 0 mm und „Bereich invertieren“ deaktiviert bzw. aktiviert, je nachdem ob positive oder negative Abweichungen untersucht wurden). Dies wurde als P_1 (positive Abweichungspunkte) und P_2 (negative Abweichungspunkte) für die jeweilige Fläche jeder Krone in eine Exceltabelle (Microsoft Corporation, 2023) übernommen.

Anschließend wurde über die Operation „Min./Max. Abweichungsfähnchen“ der positive Mittelwert (MW_+) für P_1 und der negative Mittelwert (MW_-) für P_2 der jeweiligen Flächen der jeweiligen Kronen errechnet und ebenfalls in die Exceltabelle übernommen.

Ein positiver Wert steht dabei für eine unzureichende Entfernung der Störstellen und ein negativer Wert repräsentiert eine überextendierte Entfernung der Störstellen.

2.5.4 Berechnung der mittleren flächenbezogenen Abweichungswerte

Die ermittelten Werte wurden anschließend als mittlere positive bzw. negative flächenbezogene Abweichungswerte (AMW_+ und AMW_-) bezogen auf die jeweiligen Flächen errechnet. Hierzu wurden in Relation zu der Gesamtanzahl der zu untersuchenden Punkte AMW_+ und AMW_- über eine Exceloperation errechnet:

$$AMW_+ = MW_+ \times \frac{P_1}{P_1+P_2}$$

$$AMW_- = MW_- \times \frac{P_2}{P_1+P_2}$$

2.5.5 Berechnung der absoluten flächenbezogenen Abweichungswerte

Anschließend wurde der Betrag der Summe von AMW_+ und AMW_- gebildet, als mittlere absolute Flächenabweichung ($GMW_{+/-}$) mit der Exceloperation:

$$GMW_{+/-} = AMW_+ + |AMW_-|$$

Der Betrag von AMW_- musste für das Errechnen von $GMW_{+/-}$ gebildet werden, da andernfalls Über- und Unterentfernung sich rechnerisch ausgeglichen hätten. Dennoch würde das unzureichende Entfernen einer Störstelle ($AMW_+ > 0$) in einer Restauration resultieren, die nicht in Endposition eingliederbar wäre.

$GMW_{+/-}$ gibt somit Auskunft, wie gut die aufgepasste Krone der Referenzkrone Kr0 ähnelt; folglich beträgt nach idealem Aufpassen $GMW_{+/-} = 0$ und bei unvollständiger bzw. überextendierter Entfernung der Störstellen $GMW_{+/-} > 0$.

2.6 Statistik

Es fand eine statistische Beratung zur methodischen und statistischen Unterstützung durch das Institut für Klinische Epidemiologie und Biometrie (IKE-B) der Julius-Maximilians-Universität Würzburg statt.

Für die Verarbeitung der Daten wurde Excel (Version 2301, Microsoft 365 Apps for Enterprise, Microsoft Corporation, 2023) verwendet. Die statistische Auswertung wurde mit IBM SPSS Statistics (Version 29.0.0.0, IBM Deutschland GmbH, 2023) durchgeführt.

2.6.1 Auswertung der Kronenpassung

Für die jeweiligen Auswertungen (vgl. 3.1) wurden zunächst die Werte von AMW_+ , AMW_- und $GMW_{+/-}$ mithilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests auf Normalverteilung getestet. Da keine Normalverteilung der Daten vorlag, kam der nonparametrische Wilcoxon-Mann-Whitney-Test zur Anwendung, um auf Signifikanzen bei der Auswertung von Lernerfolg bzw. der Aufpassmaterialien zu überprüfen. Das Signifikanzniveau wurde bei $\alpha = 0,05$ festgelegt.

2.6.2 Auswertung der Fragebögen

Die ausgefüllten Fragebögen wurden von EvaSys direkt in eine Exceltabelle übertragen und konnten dort zunächst weiterverarbeitet werden. Deskriptive Statistiken der einzelnen Fragen wurden mit SPSS errechnet. Die vergleichenden skalierenden Fragen (Fragen 3.1 bis 5.2) wurden jeweils paarweise untersucht und statistisch ausgewertet. Dazu wurde ebenfalls zunächst mittels Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung geprüft und anschließend ein Chi-Quadrat-Test durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde ebenfalls bei $\alpha = 0,05$ festgelegt. Die Antworten der offenen Fragen wurden auf Ähnlichkeiten und Gemeinsamkeiten untersucht und zusammenfassend dargestellt und diskutiert.

Zur Analyse der Reliabilität wurde Cronbachs Alpha für die Abschnitte 3 bis 6 des Fragebogens ermittelt. Cronbachs Alpha wird in medizinischen Untersuchungen häufig zur Reliabilitätsanalyse angewendet (Zakariya, 2022).

2.6.3 Diagramme

Die graphische Darstellung der Ergebnisse der Auswertung der Kronenpassung sowie des Übungsseminars erfolgte mit Diagrammen, welche mit GraphPad Prism (Version 9.5.1, GraphPad Software, 2023) und Excel erstellt wurden. Es handelte sich um Box-Plots und Balkendiagramme; gegebenenfalls vorliegende statistische Signifikanzen wurden mit * markiert.

Die Box eines Box-Plots beinhaltet die mittleren 50% der Daten, geteilt durch eine horizontale Linie, welche in der Regel den medianen Wert repräsentiert. Die vertikalen Linien an den Enden der Boxen („Whiskers“) stellen jeweils das obere und untere Quartil der Messwerte dar (Williamson et al., 1989).

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse des Übungsseminars

3.1.1 Abweichungswerte der Flächen

Die deskriptive Statistik für AMW_+ , AMW_- und $GMW_{+/-}$ ist für alle Kronen (KrA und KrB) für die Gesamtinnenfläche der Kronen (G) sowie die Areale der Störstellen (P) in Tabelle 1 aufgeführt.

	Mittelwert	Median	Standardabweichung
$G AMW_+$	28	26	11
$G AMW_-$	-30	-25	19
$G GMW_{+/-}$	58	52	22
$P AMW_+$	106	112	39
$P AMW_-$	-13	-5	23
$P GMW_{+/-}$	119	121	32

Tabelle 1: Abweichungswerte der Flächen (Angaben in μm)

G = Gesamtfläche, P = Areale der Störstellen, AMW_+ = mittlerer positiver flächenbezogener Abweichungswert, AMW_- = mittlerer negativer flächenbezogener Abweichungswert, $GMW_{+/-}$ = mittlere absolute Flächenabweichung

Im Bereich der Störstellen ergab sich eine durchschnittliche Oberflächenabweichung von $119 \mu\text{m} \pm 32$ und bezogen auf die Gesamtinnenfläche der Krone $58 \mu\text{m} \pm 22$.

Der Betrag von $P AMW_+$ ist deutlich höher als von $P AMW_-$. Die Entfernung der Störstellen im Bereich der Patches war im Durchschnitt insgesamt weniger überextendiert ($\emptyset P AMW_- = -13 \mu\text{m} \pm 23$) als unvollständig entfernt ($\emptyset P AMW_+ = 106 \mu\text{m} \pm 39$).

Im Durchschnitt zeigte die Gesamtinnenfläche der Krone im Vergleich der Beträge nur eine unwesentlich größere absolute negative Oberflächenabweichung ($\emptyset G AMW_- = -30 \mu\text{m} \pm 19$) als eine absolute positive Oberflächenabweichung ($\emptyset G AMW_+ = 28 \mu\text{m} \pm 11$).

3.1.2 Lernerfolg

Durch den Aufbau des Übungsseminars lässt sich ein Lernerfolg anhand der erzielten Passung der Kronen überprüfen, da die Studierenden zwei Kronen beim ersten Termin und zunächst zwei weitere Kronen beim zweiten Termin, der 14 Tage später stattfand, mit dem gleichen Aufpassmaterial bearbeiteten (vgl. Abbildung 4).

Es konnten somit jeweils die Werte AMW_+ , AMW_- und $GMW_{+/-}$ der Gesamttinnenfläche der Krone (G) sowie der Areale der Störstellen (P) für den ersten Termin (T1) und für den zweiten Termin (T2) verglichen werden.

Bei der deskriptiven Statistik ergaben sich folgende Werte:

	Mittelwert	Median	Standard- abweichung	Interquartil- bereich
<i>GT1 AMW₊</i>	29	27	12	18
<i>GT2 AMW₊</i>	28	26	11	17
<i>GT1 AMW₋</i>	-33	-28	22	29
<i>GT2 AMW₋</i>	-28	-24	17	19
<i>GT1 GMW_{+/-}</i>	61	52	26	28
<i>GT2 GMW_{+/-}</i>	56	51	21	23
<i>PT1 AMW₊</i>	104	109	39	54
<i>PT2 AMW₊</i>	111	117	39	55
<i>PT1 AMW₋</i>	-14	-5	30	14
<i>PT2 AMW₋</i>	-12	-4	19	16
<i>PT1 GMW_{+/-}</i>	118	119	34	40
<i>PT2 GMW_{+/-}</i>	123	124	31	42

Tabelle 2: Abweichungswerte für Termin 1 und Termin 2 (Angaben in μm)

G = Gesamtfläche, P = Areale der Störstellen, T1 = Termin 1, T2 = Termin 2, AMW_+ = mittlerer positiver flächenbezogener Abweichungswert, AMW_- = mittlerer negativer flächenbezogener Abweichungswert, $GMW_{+/-}$ = mittlere absolute Flächenabweichung

Die jeweiligen Datensätze wiesen keine Normalverteilung auf. Die Ergebnisse des Wilcoxon-Mann-Whitney-Tests sind in Tabelle 2 aufgelistet.

	<i>GT1 AMW₊</i> zu <i>GT2 AMW₊</i>	<i>GT1 AMW₋</i> zu <i>GT2 AMW₋</i>	<i>GT1 GMW_{+/-}</i> zu <i>GT2 GMW_{+/-}</i>	<i>PT1 AMW₊</i> zu <i>PT2 AMW₊</i>	<i>PT1 AMW₋</i> zu <i>PT2 AMW₋</i>	<i>PT1 GMW_{+/-}</i> zu <i>PT2 GMW_{+/-}</i>
p-Wert	0,844	0,019	0,030	0,043	0,997	0,114

Tabelle 3: Signifikanzen für Vergleich Termin 1 und Termin 2

G = Gesamtfläche, *P* = Areale der Störstellen, *T1* = Termin 1, *T2* = Termin 2, *AMW₊* = mittlerer positiver flächenbezogener Abweichungswert, *AMW₋* = mittlerer negativer flächenbezogener Abweichungswert, *GMW_{+/-}* = mittlere absolute Flächenabweichung

Die Daten sind in Abbildung 8 als Box-Whisker-Plot dargestellt.

Beim Vergleich der Gesamtinnenflächen ergaben sich für *AMW₊*, *AMW₋* und *GMW_{+/-}* für den zweiten Termin niedrigere Abweichungswerte, welche für *G AMW₋* ($p=0,019$) und *G GMW_{+/-}* ($p=0,030$) jeweils signifikant waren.

Allerdings zeigten *AMW₊* und *GMW_{+/-}* im Bereich der Störstellen eine Verschlechterung von T1 zu T2, welche für *P AMW₊* signifikant ($p=0,043$) war. Der Betrag von *P AMW₋* verringerte sich im Vergleich beider Termine nicht signifikant.

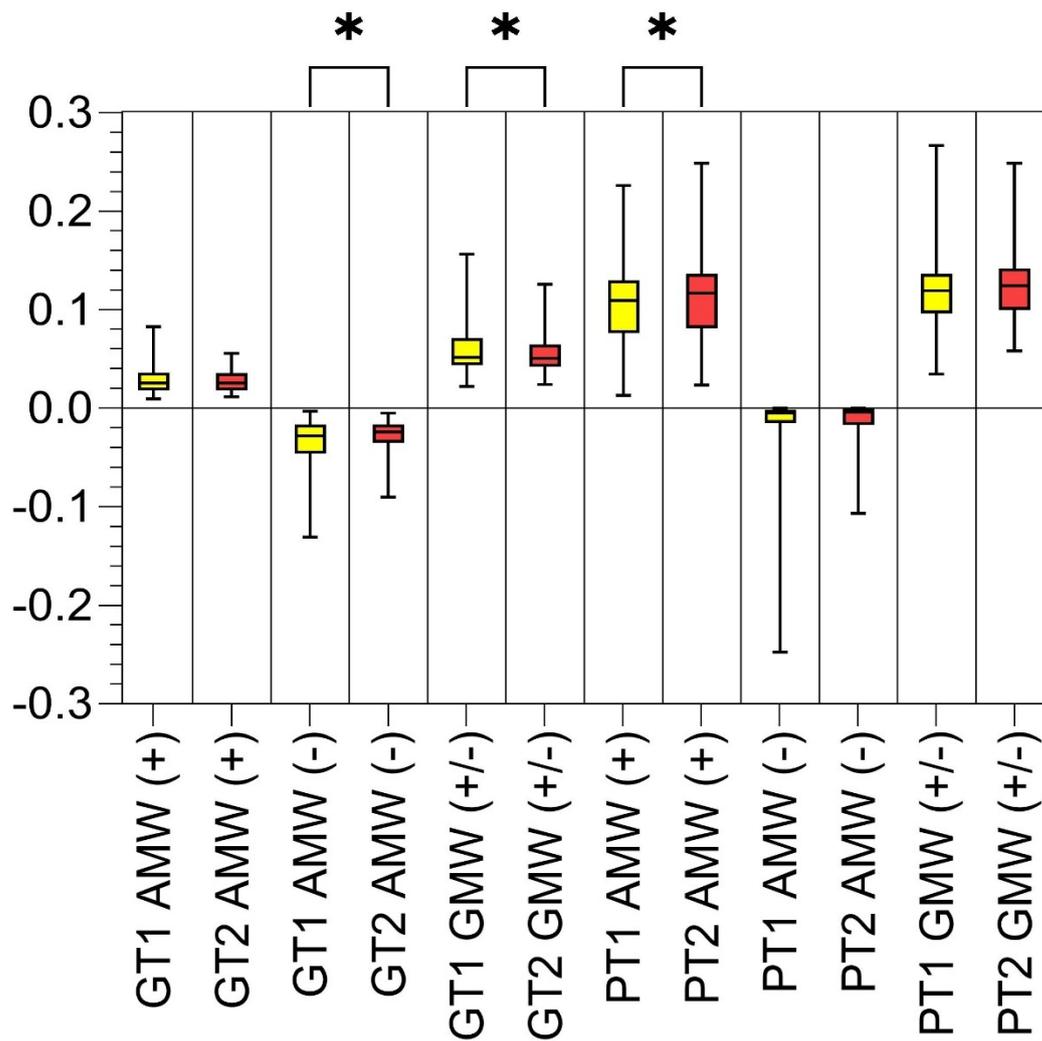


Abbildung 8: Whisker-Box-Plot der Abweichungswerte für T1 und T2
 G = Gesamtfläche, P = Areale der Störstellen, T1 = Termin 1, T2 = Termin 2, AMW+ = mittlerer positiver flächenbezogener Abweichungswert, AMW- = mittlerer negativer flächenbezogener Abweichungswert, GMW+/- = mittlere absolute Flächenabweichung
 Quelle: Eigene Abbildung

3.1.3 Vergleich der Materialien

Der Erfolg des Aufpassens lässt sich für die beiden verwendeten Materialien untersuchen. Dabei gibt $GMW_{+/-}$ Aufschluss über den Gesamterfolg. Zusätzlich kann durch AMW_+ und AMW_- erkannt werden, ob die Materialien zu einer Über- oder Unterextension bei der Entfernung führten. Diese Werte sind jeweils aufgeschlüsselt für die Gesamtinnenfläche der Krone, sowie für die Störstellenbereiche.

	Mittelwert	Median	Standard- abweichung	Interquartil- bereich
$XG AMW_+$	29	28	11	17
$OG AMW_+$	26	24	11	18
$XG AMW_-$	-30	-23	21	24
$OG AMW_-$	-30	-27	17	20
$XG GMW_{+/-}$	59	51	26	27
$OG GMW_{+/-}$	56	52	19	21
$XP AMW_+$	110	116	41	53
$OP AMW_+$	102	107	37	51
$XP AMW_-$	-14	-5	26	14
$OP AMW_-$	-12	-5	20	13
$XP GMW_{+/-}$	124	125	34	42
$OP GMW_{+/-}$	114	116	29	43

Tabelle 4: Abweichungswerte für Xantopren und Okklusionsspray (Angaben in μm)
G = Gesamtfläche, P = Areale der Störstellen, X = Xantopren, O = Okklusionsspray, AMW+ = mittlerer positiver flächenbezogener Abweichungswert, AMW- = mittlerer negativer flächenbezogener Abweichungswert, GMW+/- = mittlere absolute Flächenabweichung

Bei den Daten lag keine Normalverteilung vor. Der Wilcoxon-Mann-Whitney-Test wurde angewendet, um bei dem Vergleich der beiden Materialien die Ergebnisse auf Signifikanzen ($p < 0,05$) zu überprüfen (vgl. Tabelle 5).

	<i>XG AMW₊</i> zu <i>OG AMW₊</i>	<i>XG AMW₋</i> zu <i>OG AMW₋</i>	<i>XG GMW_{+/-}</i> zu <i>OG GMW_{+/-}</i>	<i>XP AMW₊</i> zu <i>OP AMW₊</i>	<i>XP AMW₋</i> zu <i>OP AMW₋</i>	<i>XP GMW_{+/-}</i> zu <i>OP GMW_{+/-}</i>
p-Wert	0,001	0,165	0,899	0,060	0,306	0,003

*Tabelle 5: Signifikanzen für Vergleich Xantopren und Okklusionsspray
G = Gesamtfläche, P = Areale der Störstellen, X = Xantopren, O = Okklusionsspray, AMW+ = mittlerer positiver flächenbezogener Abweichungswert, AMW- = mittlerer negativer flächenbezogener Abweichungswert, GMW+/- = mittlere absolute Flächenabweichung*

Der Vergleich der Materialien ist in Abbildung 9 als Box-Whisker-Plot graphisch dargestellt, und Signifikanzen sind mit * markiert.

Die erzielten Mittelwerte liegen für fast alle Vergleichspaare bei der Gruppe Okklusionsspray niedriger als bei der Gruppe Xantopren, bei *G AMW₋* liegt der gleiche Mittelwert von -30 µm vor. Signifikante Unterschiede zeigten sich für *G AMW₊* (p=0,001) und *P GMW_{+/-}* (p=0,003).

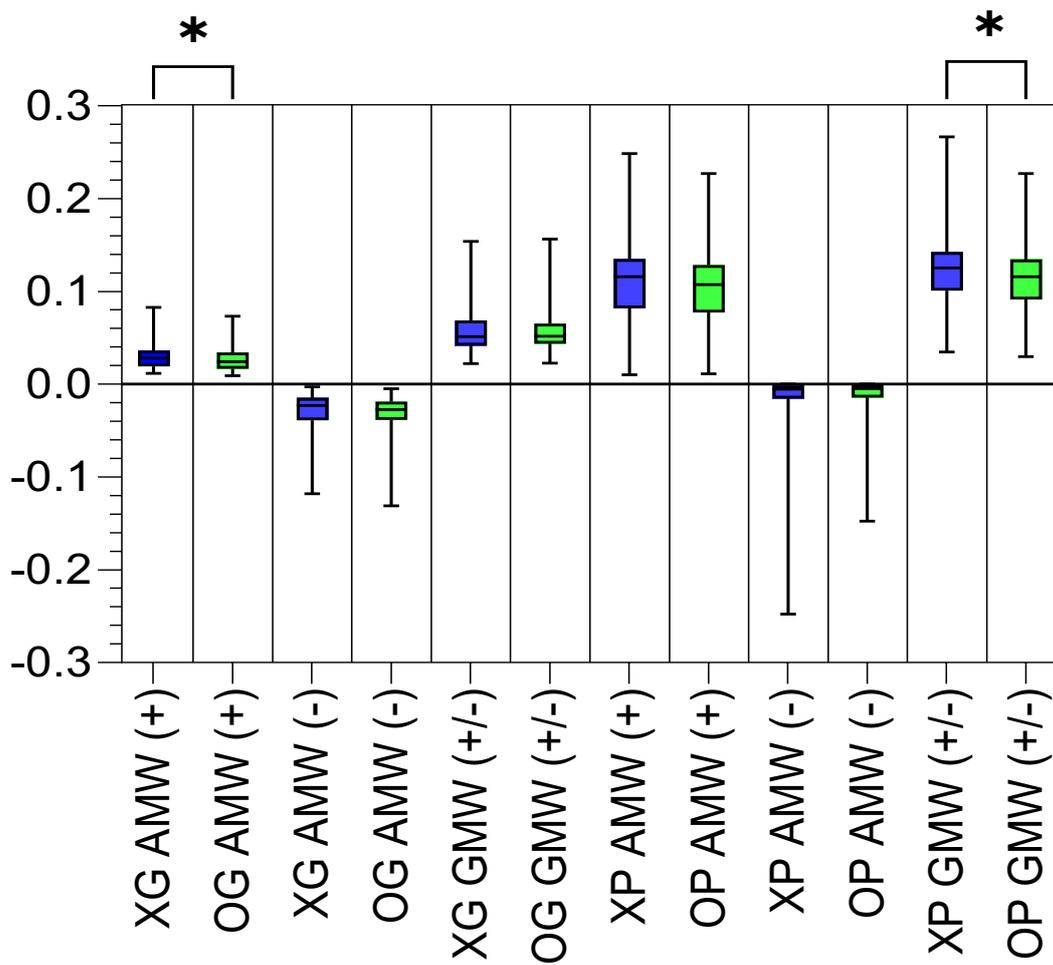


Abbildung 9: Whisker-Box-Plot der Abweichungswerte für Xantopren und Okklusionsspray
 G = Gesamtfläche, P = Areale der Störstellen, X = Xantopren, O = Okklusionsspray, AMW+ = mittlerer positiver flächenbezogener Abweichungswert, AMW- = mittlerer negativer flächenbezogener Abweichungswert, GMW+/- = mittlere absolute Flächenabweichung
 Quelle: Eigene Abbildung

3.2 Ergebnisse des Fragebogens

Die Auswertung des Fragebogens wurde in die einzelnen Abschnitte der Fragen unterteilt.

3.2.1 Personenbezogene Daten

Unter den 67 Studierenden, welche den Fragebogen vollständig ausfüllten, befanden sich 45 Frauen und 22 Männer. Das durchschnittliche Alter betrug 25,8 Jahre.

Der Aspekt der beruflich relevanten Erfahrungen vor dem Studium wurde bei Frage 2.5 von 7 Studierenden mit „ja“ angekreuzt. Unter der Freitextantwort zu Frage 2.6 gaben 5 Studierende bisherige Berufserfahrung als Zahntechniker oder Zahntechnikerin und 2 Studierende als Zahnmedizinischer Fachassistent oder Zahnmedizinische Fachassistentin an.

Der prozentuale Anteil der Schulnoten bei den Antworten zu den Fragen 2.7 bis 2.12 ist in Abbildung 10 als Balkendiagramm visualisiert, auch deren Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichung (SD) sind dort angegeben.

Die Studierenden stimmten der Aussage, dass die zahntechnischen Arbeiten in den vorklinischen Kursen leichtfielen, weitgehend zu (\bar{x} 2,57 \pm 0,92). Der Aussage, dass die Patientenbehandlung in den klinischen Kursen leichtfiel, stimmten die Studierenden ebenfalls weitgehend zu (\bar{x} 2,43 \pm 0,72).

Größere Zustimmung gaben die Studierenden zur Freude an den praktischen Inhalten des Zahnmedizinstudiums (\bar{x} 1,63 \pm 0,64). Die eigenen manuellen Fähigkeiten wurden durchschnittlich als gut eingeschätzt (\bar{x} 2,19 \pm 0,53).

Der Übungsumfang zur Modellation von Kronen im vorklinischen und klinischen Studienabschnitt wurde von den Studierenden als befriedigend bewertet (\bar{x} 2,51 \pm 1,21). Frage 2.12, welche genügend Gelegenheit zum Aufpassen im Verlauf des bisherigen Studiums thematisierte, wurde schlechter bewertet (\bar{x} 3,25 \pm 1,20).

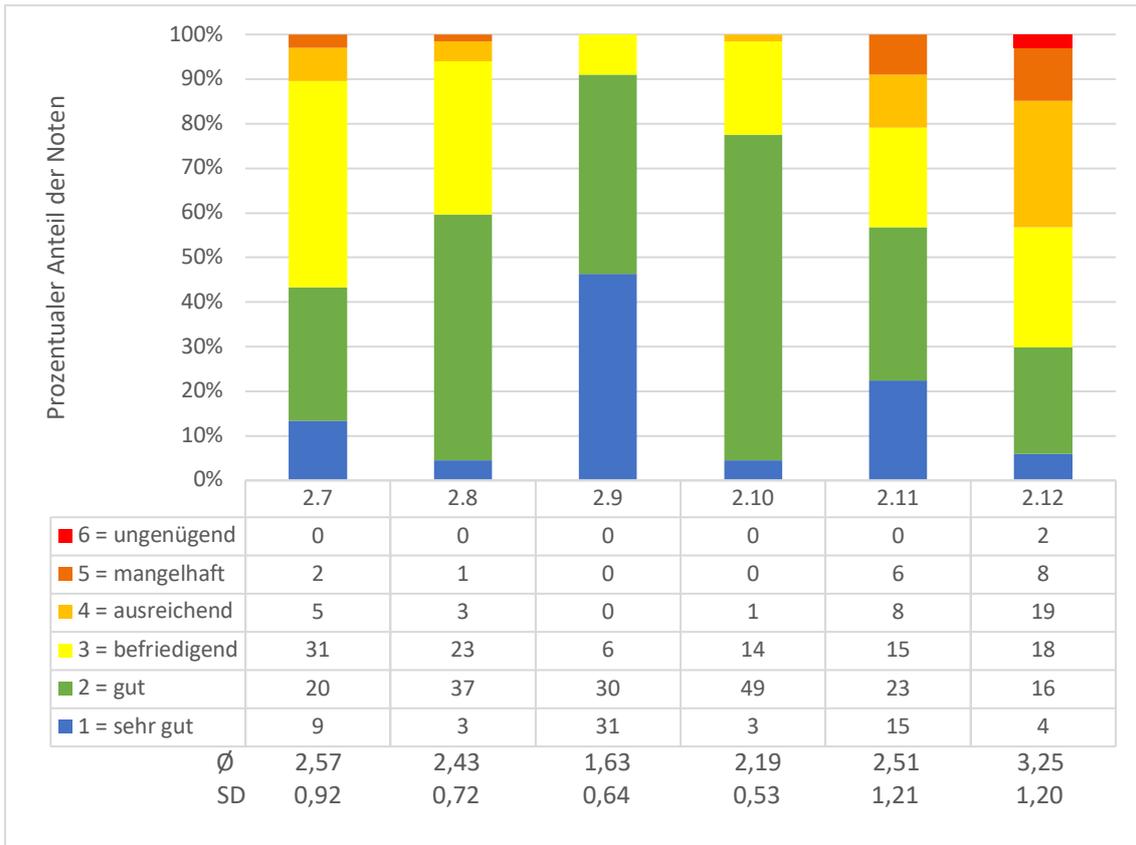


Abbildung 10: Balkendiagramm der Fragen 2.7 bis 2.12

Bewerten Sie in Schulnoten von 1 (sehr gut) bis 6 (ungenügend).

2.7: Die zahntechnischen Arbeiten in den vorklinischen Kursen fielen mir leicht.

2.8: Die Patientenbehandlung in den klinischen Kursen fiel mir leicht.

2.9: Ich habe große Freude an den praktischen Inhalten des Studiums der Zahnmedizin.

2.10: So schätze ich meine manuellen Fähigkeiten ein

2.11: Ich hatte im Verlauf der vorklinischen und klinischen Kurse genügend Gelegenheit Kronen zu modellieren.

2.12: Ich hatte im Verlauf der vorklinischen und klinischen Kurse genügend Gelegenheit Kronen (z.B. Guss oder Keramik) aufzupassen.

Quelle: Eigene Abbildung

3.2.2 Eigenschaften der Druckkronen im Vergleich

In den Fragen 3.1 bis 3.12 wurden von den Studierenden die Eigenschaften der gedruckten Kronen im Vergleich zu Gusskronen, Keramikronen oder Provisorien bewertet.

Mittels Kolmogorov-Smirnov-Test wurde zunächst ermittelt, dass die vorliegenden Daten jeweils nicht normalverteilt waren.

Die Fragenpaare wurden jeweils miteinander verglichen und mittels Chi-Quadrat-Test auf Signifikanz untersucht, wie in Tabelle 6 aufgeführt.

	3.1 zu 3.2	3.3 zu 3.4	3.5 zu 3.6	3.7 zu 3.8	3.9 zu 3.10	3.11 zu 3.12
p-Wert	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,697	0,686

Tabelle 6: Signifikanzen (Fragen 3.1 bis 3.12)

Die Studierenden bewerteten die Härte von Provisorien (\bar{x} 2,72 \pm 0,84) signifikant ($p < 0,001$) besser als die der 3D-gedruckten Kronen (\bar{x} 3,39 \pm 1,21). Beim realitätsnahen Gefühl beim Einschleifen schnitten Guss- und Keramikronen (\bar{x} 2,16 \pm 0,76) signifikant besser ($p < 0,001$) ab als Druckkronen (\bar{x} 3,19 \pm 0,97). Das realitätsnahe Gefühl beim Aufpassen bewerteten die Studierenden bei den Guss- und Keramikronen (\bar{x} 2,07 \pm 0,72) signifikant besser ($p < 0,001$) als bei einer Druckkrone (\bar{x} 2,93 \pm 1,06). Weiterhin wurde der Randschluss von Guss- und Keramikronen (\bar{x} 2,00 \pm 0,95) signifikant besser ($p < 0,001$) bewertet als der von Druckkronen (\bar{x} 3,22 \pm 1,19).

Beim Vergleich der Eignung als Übungsmöglichkeit schnitten Guss- und Keramikronen (\bar{x} 2,34 \pm 0,95) nicht signifikant besser ($p = 0,697$) ab als Druckkronen (\bar{x} 2,55 \pm 0,93). Beim Vergleich der einfachen Handhabung ergab sich für Guss- und Keramikronen (\bar{x} 2,36 \pm 0,88) ein tendenziell besseres Ergebnis ($p = 0,686$) als für Druckkronen (\bar{x} 2,45 \pm 1,00).

Die Ergebnisse dieses Abschnitts des Fragebogens sind in Abbildung 11 dargestellt.

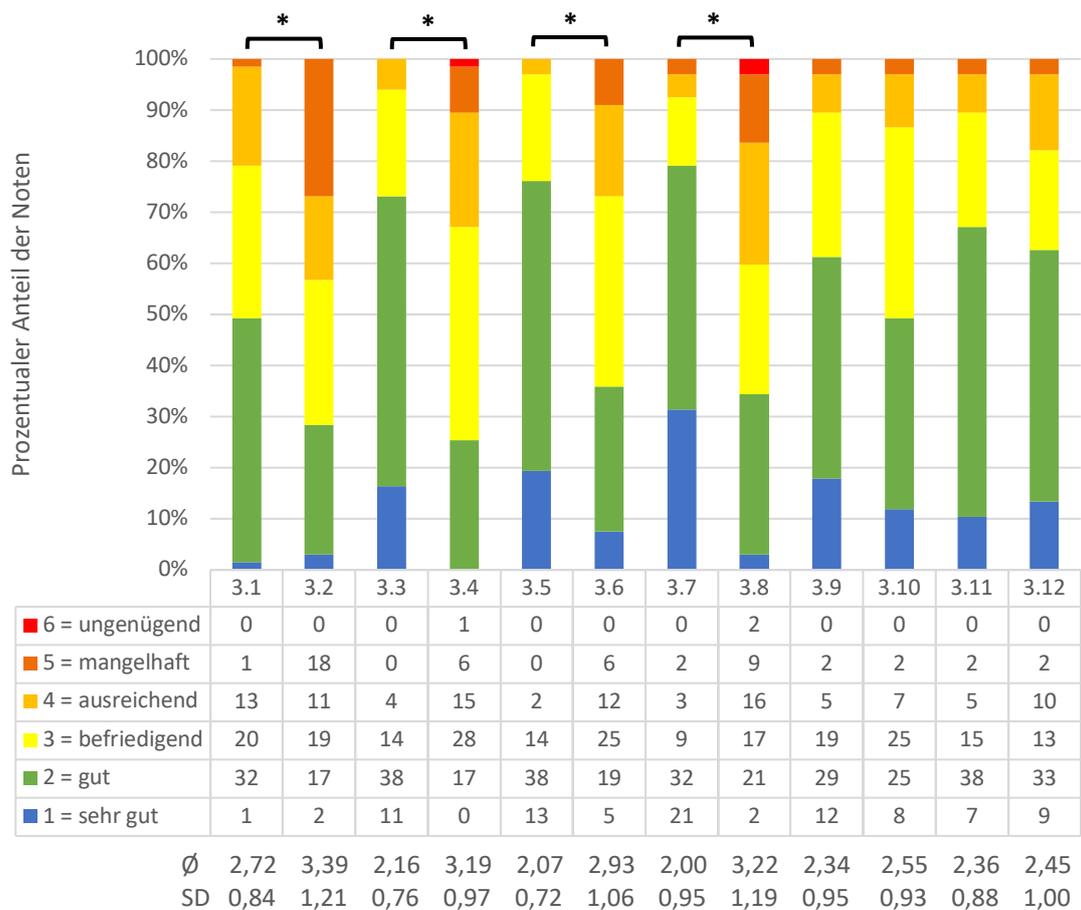


Abbildung 11: Balkendiagramm der Fragen 3.1 bis 3.12

Bitte schätzen Sie folgende Eigenschaften der gedruckten Kronen im Vergleich zu Guss-, Keramikronen oder Provisorien ein. Bewerten Sie in Schulnoten von 1 (sehr gut) bis 6 (ungenügend).

Härte der Druckkronen im Vergleich zu Provisorien

3.1: Provisorien

3.2: Druckkrone

realitätsnahes Gefühl beim Einschleifen

3.3: Guss- und Keramikronen

3.4: Druckkrone

realitätsnahes Gefühl beim Aufpassen

3.5: Guss- und Keramikronen

3.6: Druckkrone

realitätsnahe Details wie Randschluss

3.7: Guss- und Keramikronen

3.8: Druckkrone

geeignete Übungsmöglichkeit

3.9: Guss- und Keramikronen

3.10: Druckkrone

einfache Handhabung

3.11: Guss- und Keramikronen

3.12: Druckkrone

Quelle: Eigene Abbildung

3.2.3 Eigenschaften der Aufpassmethoden

Die Eigenschaften der Aufpassmethoden mit Xantopren und Okklusionsspray wurden in den Fragen 4.1 bis 4.6 von den Studierenden bewertet.

Gemäß Kolmogorov-Smirnov-Test sind die vorliegenden Daten jeweils nicht normalverteilt. Die vergleichenden Fragenpaare wurden mittels Chi-Quadrat-Test auf Signifikanz untersucht, wie in Tabelle 7 aufgeführt.

	4.1 zu 4.2	4.3 zu 4.4	4.5 zu 4.6
p-Wert	<0,001	<0,001	<0,001

Tabelle 7: Signifikanzen (Frage 4.1 bis 4.6)

Die Studierenden empfanden das Aufpassen mit Xantopren (\bar{x} 3,75 \pm 1,35) signifikant schwerer ($p < 0,001$) als mit Okklusionsspray (\bar{x} 1,87 \pm 0,75). Ebenfalls fiel es den Studierenden signifikant schwerer ($p < 0,001$), mit Xantopren (\bar{x} 3,34 \pm 1,40) eine Störstelle schnell zu identifizieren und zu entfernen als mit Okklusionsspray (\bar{x} 2,00 \pm 1,01). Bei der Einschätzung, welches Material die Studierenden selbst verwenden würden, schnitt Xantopren (\bar{x} 3,45 \pm 1,47) signifikant schlechter ($p < 0,001$) ab als Okklusionsspray (\bar{x} 1,76 \pm 0,90).

Die Ergebnisse dieses Abschnitts des Fragebogens sind in Abbildung 12 dargestellt.

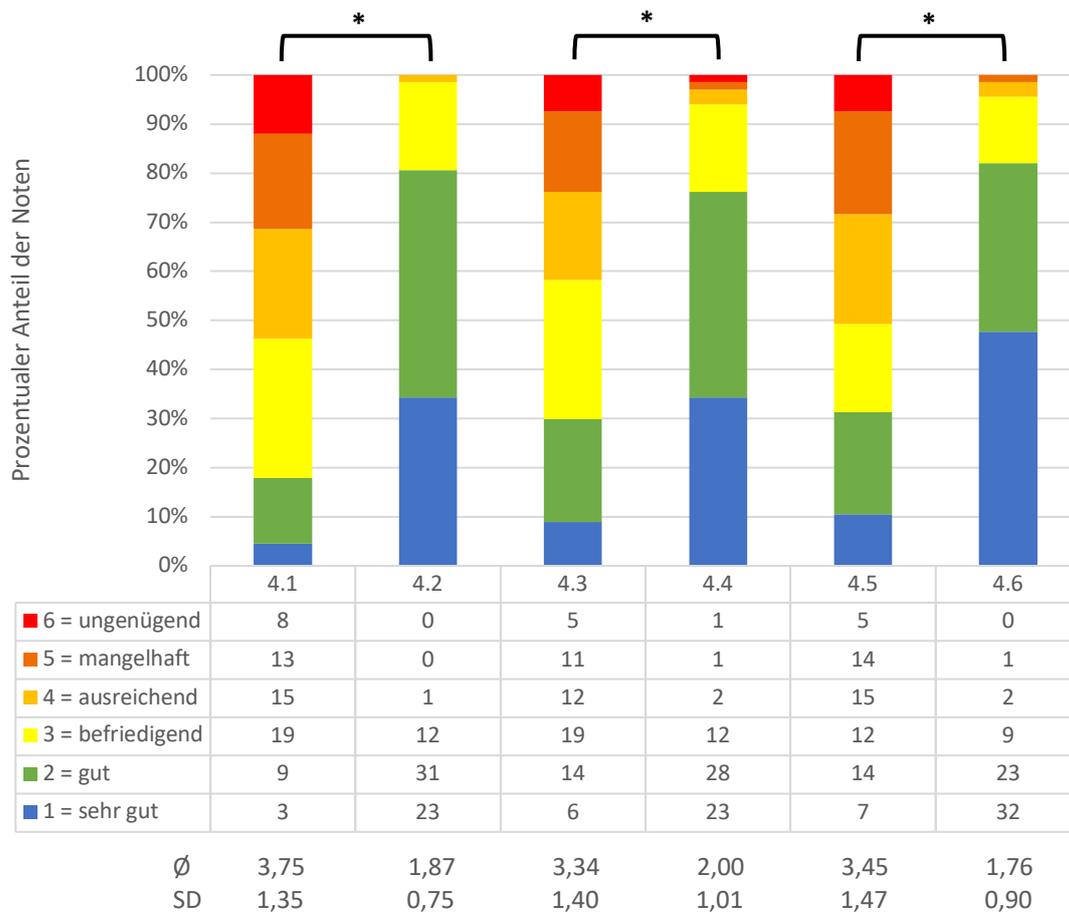


Abbildung 12: Balkendiagramm der Fragen 4.1 bis 4.6

Bitte schätzen Sie folgende Eigenschaften der Aufpassmethoden mit Xantopren und Okkluspray ein. Bewerten Sie in Schulnoten von 1 (sehr gut) bis 6 (ungenügend).

Mir fällt das Aufpassen mit diesem Material leichter.

4.1 Xantopren

4.2 Okkluspray

Es fällt mir mit diesem Material leichter eine Störstelle zu identifizieren und entfernen.

4.3 Xantopren

4.4 Okkluspray

Dieses Material würde ich selbst verwenden

4.5 Xantopren

4.6 Okkluspray

Quelle: Eigene Abbildung

3.2.4 Einschätzung des Lernerfolgs

Im Abschnitt 5 des Fragebogens sollten die Studierenden den Lernerfolg mit den jeweiligen Materialien und durch das Übungsseminar bewerten.

Die Daten waren gemäß Kolmogorov-Smirnov-Test nicht normalverteilt. Für die zwischen beiden Materialien vergleichenden Fragen 5.1 und 5.2 wurde erneut der Chi-Quadrat-Test angewendet, vgl. Tabelle 8.

	5.1 zu 5.2
p-Wert	<0,001

Tabelle 8: Signifikanz (Frage 5.1 bis 5.2)

Die Studierenden bewerteten ihren subjektiven Lernerfolg mit Xantopren (\bar{x} 3,43 \pm 1,30) signifikant schlechter ($p < 0,001$) als mit Okklusionsspray (\bar{x} 2,16 \pm 0,89). Durch das Übungsseminar fühlten sich die Studierenden durchschnittlich gut vorbereitet auf das Aufpassen von Kronen (\bar{x} 2,33 \pm 0,95).

Die Ergebnisse dieses Abschnitts des Fragebogens sind in Abbildung 13 dargestellt.

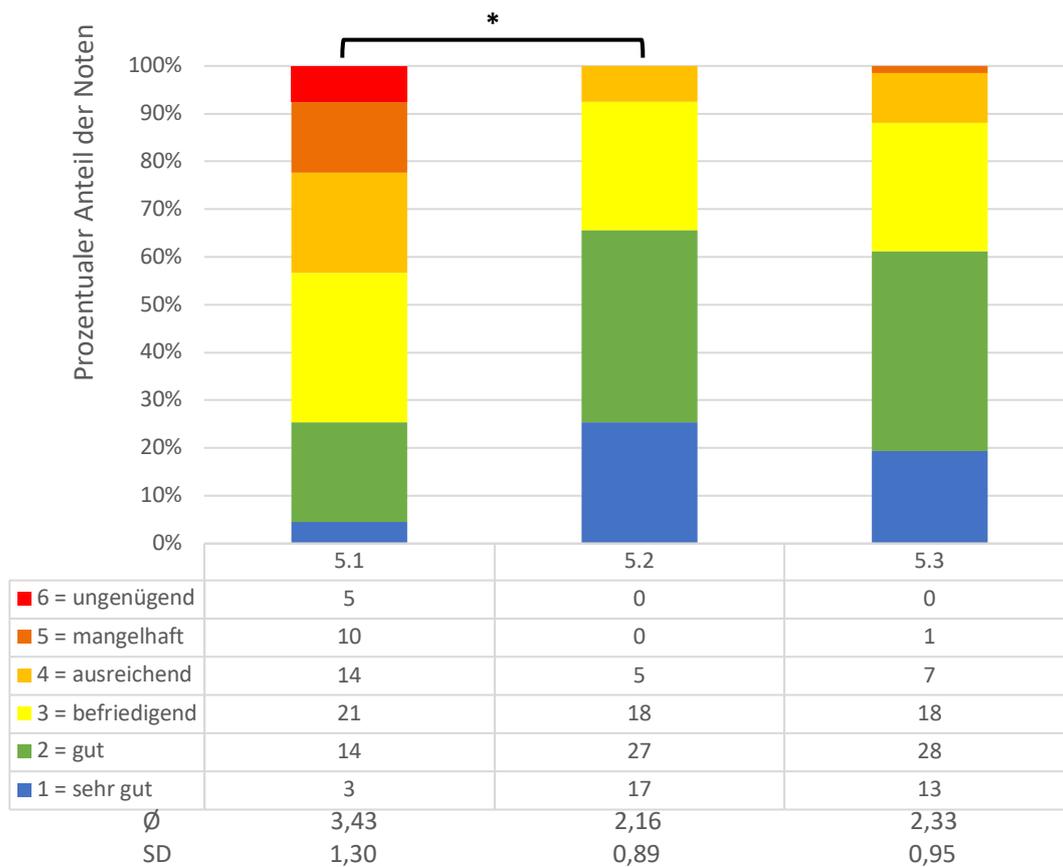


Abbildung 13: Balkendiagramm der Fragen 5.1 bis 5.3
 Bewerten Sie in Schulnoten von 1 (sehr gut) bis 6 (ungenügend).
 Mein subjektiver Lernerfolg...
 5.1 ...war mit Xantopren am größten.
 5.2 ...war mit Okkluspray am größten.
 Nach dem Kurs fühle ich mich...
 5.3 ...gut vorbereitet auf das Aufpassen von Kronen.
 Quelle Eigene Abbildung

3.2.5 Einschätzung zum Lernprozess

Bei den Fragen 6.1 bis 6.3 konnten die Studierenden den Lernprozess bewerten. Hierbei lag ebenfalls keine Normalverteilung der Daten vor (Kolmogorov-Smirnov-Test).

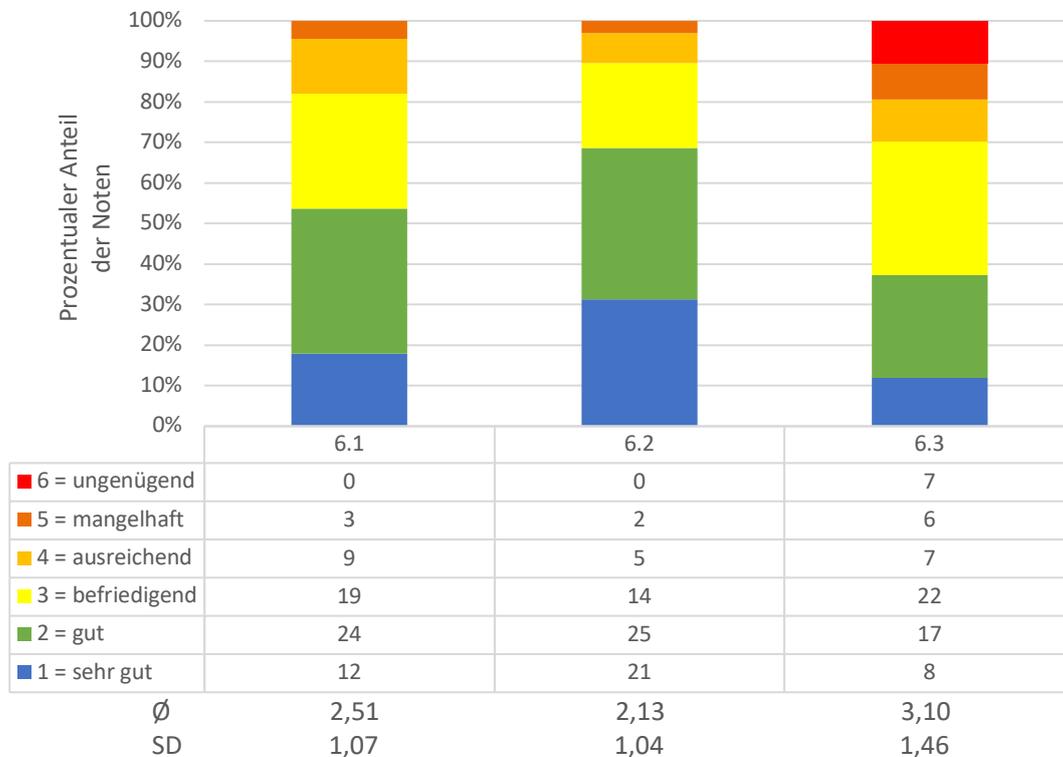


Abbildung 14: Balkendiagramm der Fragen 6.1 bis 6.3

Bewerten Sie in Schulnoten von 1 (sehr gut) bis 6 (ungenügend).

6.1 Die Übung hat bei mir den Enthusiasmus geweckt, meine Fähigkeiten beim Kronenaufpassen zu verbessern.

6.2 Für mein Studium wünsche ich mir mehr Übungen mit Druckzähnen bzw. gedruckten Restaurationen.

6.3 Ich kann mir die gesamte Ausbildung in Vorbereitung auf die Patientenbehandlung ausschließlich mit den Druckzähnen und gedruckten Restaurationen vorstellen.

Quelle: Eigene Abbildung

Den durch die Übung geweckten Enthusiasmus, die eigenen Fähigkeiten beim Kronenaufpassen zu verbessern, bewerteten die Studierenden als befriedigend (\bar{x} 2,51 \pm 1,07). Für das Studium wünschen sie sich mehr Übungen mit Druckzähnen bzw. gedruckten Restaurationen (\bar{x} 2,13 \pm 1,04). Zurückhaltendere Zustimmung zeigte sich bei der Frage, ob die Studierenden sich die gesamte Ausbildung in Vorbereitung auf die Patientenbehandlung ausschließlich mit den Druckzähnen und gedruckten Restaurationen vorstellen können (\bar{x} 3,10 \pm 1,46).

3.2.6 Offene Fragen

In Frage 7.1 wurden die Studierenden nach Verbesserungsvorschlägen zu den gedruckten Kronen gefragt.

53 Studierende wünschten sich bessere Materialeigenschaften der Druckkrone und 34 Studierende gaben Schwierigkeiten mit der Randstabilität des Materials an. Weiterhin empfanden 3 Studierende die Störstellen als zu offensichtlich und zu leicht zu identifizieren. Individuellere Restaurationen, gegebenenfalls mit Bemalung, schlugen 3 Studierende vor. Jeweils einmal wurde vorgeschlagen, die Übung bereits früher im Studium durchzuführen sowie die Übung durch individualisierte Modelle mit Abrasionen und Elongationen realitätsnaher zu gestalten.

Bei Frage 7.2 konnten die Studierenden ihre Meinung zu Vorteilen in der zahnärztlichen Ausbildung durch Druckzähne und gedruckte Restaurationen angeben. 30 Studierende sahen die Übung als geeignet an für die studentische Ausbildung und 16 Studierende nannten die sowohl in der Produktion als auch für die Studierenden dadurch resultierenden finanziellen Vorteile. Die Studierenden nahmen die Übungsmaterialien als schnell bzw. einfach zu produzieren wahr (N=13) und nannten die Reproduzierbarkeit der Übung als Vorteil (N=12). 8 Studierende sahen als vorteilhaft an, dass weitere bzw. verschiedene und individuellere Übungen möglich wären und 3 Studierende nannten den Vorteil der Fairness durch die Reproduzierbarkeit der Übungsmethodik.

3.2.7 Cronbachs Alpha

Für die Abschnitte 3 bis 6 des Fragebogens ergab die Analyse der Reliabilität mittels Cronbachs Alpha einen Wert von $\alpha = 0,852$ und kann somit als gut bzw. hoch interpretiert werden (Blanz, 2021).

4 Diskussion

In einem Übungsseminar konnten Studierende das Aufpassen von Kronen üben. Dazu wurden zwei Kronentypen mit Störstellen entworfen und die Übungsmaterialien mittels 3D-Druck hergestellt. In dem Übungsseminar standen zum Identifizieren der Störstellen zwei Materialien zur Verfügung. Nach Abschluss der Übung konnten die Studierenden einen studienbezogenen Fragebogen ausfüllen. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte einerseits durch Digitalisierung und 3D-Analysesoftware, andererseits durch die Auswertung des Fragebogens.

4.1 Diskussion der Methodik

4.1.1 Fallzahl

Es wurden alle 71 Studierenden der Kurse der Zahnärztlichen Prothetik I und II eingeladen, an dem freiwilligen Übungsseminar teilzunehmen. Die Studierenden hatten sowohl Erfahrung im vorklinischen Studienabschnitt als auch im klinischen Studienabschnitt gesammelt. Alle 71 Studierenden nahmen freiwillig teil, pro Person wurden 6 Kronen bearbeitet. Insgesamt wurden 426 Kronen zur Auswertung digitalisiert. Die ebenfalls freiwillige Teilnahme an der Beantwortung eines Fragebogens wurde von 67 Studierenden wahrgenommen.

Bezüglich der Fallzahl wurde das Institut für Klinische Epidemiologie und Biometrie (IKE-B) der Julius-Maximilians-Universität Würzburg beratend hinzugezogen.

4.1.2 Herstellung der Übungsmaterialien

Die Herstellung der Übungsmaterialien (vgl. 2.2) fand im digitalen Workflow unter Zuhilfenahme von Scannern, 3D-Druckern sowie geeigneter Software statt.

4.1.2.1 Scanner

Bei dem in dieser Untersuchung verwendeten Laborscanner inEos X5 handelt es sich um einen Streifenlichtscanner mit Blaulicht, bei dem der Hersteller eine Scangenaugigkeit von $1,3 \mu\text{m} \pm 0,4 \mu\text{m}$ angibt, sowie eine Überprüfung der Scangenaugigkeit gemäß DIN EN ISO 12836.2015 (Dentsply Sirona, 2023c).

Laborscanner nutzen unterschiedliche Scantechniken. Jin-Hun et al. beschreiben in einer Publikation diese Scantechniken, unter anderem Weißlicht, Laser und Blaulicht (Jin-Hun et al., 2015). Jede Scantechnologie ist mit Vor- und Nachteilen assoziiert: Laserscanner erfassen Objekte mittels Linienmuster, die abgefahren werden. Dies geht mit langsamen Geschwindigkeiten, größeren Scanfehlern und geringerer

Wiederholgenauigkeit beim anfänglichen Scannen einher. Weißlichtscanner haben hingegen Schwierigkeiten bei der Erfassung enger und steiler Scanareale. Zum Zeitpunkt der Publikation von Jin-Hun et al. im Jahr 2015 stellten Blaulichtscanner eine neuartige Entwicklung dar, welche Verbesserungen bieten sollten (Jin-Hun et al., 2015), indem sie u.a. eine bessere Präzision, Genauigkeit und Richtigkeit der Scans erzielen.

Gemäß ICH Q2(R1) (International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use (ICH), 2005) kann mit dem Begriff Präzision (engl.: precision) eine Aussage über das Maß an Übereinstimmung unabhängiger Testergebnisse getroffen werden, während die Richtigkeit (engl.: trueness) eine Aussage über das Maß an Übereinstimmung des Durchschnittswerts einer Testreihe und der Referenz macht, und die Genauigkeit (engl.: accuracy) das Maß an Übereinstimmung zwischen Testergebnis und Referenz angibt. Diese Begriffe werden bei der Beurteilung von Digitalisierungsgeräten, wie z.B. Laborscannern, angewendet.

Bei einer Untersuchung (Ebeid et al., 2022) mehrerer Laborscanner erzielte der in der vorliegenden Studie verwendete inEos X5 eine Richtigkeit von 27,4 µm bei einem Scanwinkel von 30° und eine Richtigkeit von 29,6 µm bei einem Scanwinkel von 45° sowie eine Präzision von 17,6 µm bei 30° und eine Präzision von 18,3 µm bei 45°. Ein weiterer In-vitro-Vergleich mit sieben Scannern zeigte bei dem inEos eine Präzision von 44,94 µm und eine Richtigkeit von 48,66 µm, während der mit Blaulicht-LED arbeitende 3shape E3 (3Shape A/S, 2023) mit einer Präzision von 35,34 µm und einer Richtigkeit von 35,37 µm die besten Werte erzielte (Vafaei et al., 2021).

Insgesamt erlauben Laborscanner präzisere Scans als Intraoralscanner (Ebeid et al., 2022) und bieten ein akzeptables Level an Genauigkeit (Mandelli et al., 2017). Glatte und gleichmäßige Oberflächen verbessern scannerunabhängig die Genauigkeit (González de Villaumbrosia et al., 2016). Dies stellte in der vorliegenden Studie eine Herausforderung dar, da die Kroneninnenflächen in Folge der Aufpassversuche der Studierenden teilweise uneben waren und Unterschnitte aufwiesen. Die dünn auslaufenden Kronenränder stellten ebenfalls eine Herausforderung für den Scanner dar. Häufiger kam es zu fehlenden Arealen beim Scan, welche dann manuell selektiert und nachgescannt werden mussten.

4.1.2.2 3D-Druck

Der 3D-Drucker Form 3B (Formlabs GmbH, 2023b) ist ein SLA-Drucker mit einem 250 mW Laser, welcher je nach verwendetem Kunstharz in einer XY-Auflösung von 25 µm und einer Schichtdicke von bis zu 25 µm drucken kann (Formlabs GmbH, 2023b).

Derzeit (Stand: Juli 2023) vertreibt der Hersteller den Nachfolger des Form 3B, den Form 3B+. Die Anschaffungskosten für einen Form 3B+ betragen ca. 6900 Euro (Stand: April 2023) (Formlabs GmbH, 2023a).

In einer systematischen Übersichtsarbeit wurden verschiedene 3D-Drucktechniken zusammengefasst (Etemad-Shahidi et al., 2020). Die Autoren folgerten aus der Zusammenfassung der analysierten Primärpublikationen, dass die SLA-Technik mit am häufigsten untersucht wurde und akzeptable Ergebnisse produziere und wie auch die DLP-Technik vielseitig eingesetzt werden könne. Die Drucker von Formlabs fanden bereits in verschiedenen Publikationen Verwendung, unter anderem der Form 2, eine vom Hersteller vertriebene Vorgängerversion des Form 3B, bei Untersuchungen zu den mechanischen und biologischen Eigenschaften von 3D-gedruckten Materialien (Atria et al., 2022) oder bei einer Veröffentlichung zum Vergleich von Intraoralscannern zur Herstellung eines Referenzmodells (Amornvit et al., 2021).

Neben der Herstellung von Übungsmaterialien und Modellen kann mit dem Form 3B bzw. 3B+ auch Zahnersatz, wie Kronen, Prothesen oder Okklusionsschienen für die Anwendung am Patienten, hergestellt werden. Daher wird dieser von der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik des Universitätsklinikums Würzburg erfolgreich in der Patientenbehandlung eingesetzt (Höhne & Schmitter, 2022) und stand somit auch für dieses Übungsseminar zur Verfügung.

Übungsmaterialien können mit einem 3D-Drucker kosteneffizient hergestellt werden (Jentsch, 2020). Beispielsweise würde allein die Anschaffung von 71 KaVo-Zähnen bereits ca. 182 Euro kosten. Die Herstellung der 71 Stümpfe für das Übungsseminars mit Model Resin verursacht hingegen lediglich Kosten in Höhe von ca. 21 Euro. Die 497 Kronen (6 Kronen mit Störstellen sowie eine Referenzkrone ohne Störstellen pro Person; insgesamt 71 Studierende), welche für das Übungsseminar produziert wurden, benötigten ca. 248 ml Kunstharz. Der Hersteller vertreibt Rigid 4000 Resin für ca. 237 Euro pro Liter (Stand: April 2023, Formlabs GmbH, 2023g). Es entstanden für die Herstellung der Kronen Kosten in Höhe von ca. 59 Euro. Demnach betrugen die Harzkosten ca. 1,13 Euro pro Studierenden. Dennoch erforderte die Herstellung der Übungsmaterialien einen erheblichen zeitlichen Aufwand beim Entwerfen, 3D-Drucken und Nachbearbeiten. Ebenfalls müssen die Anschaffungskosten des 3D-Druckers, des Scanners sowie der Software berücksichtigt werden.

Bei der SLA-Technik wird mittels Lasertechnik ein flüssiges Kunstharz, welches Photoinitiatoren enthält, zu einem Festkörper gehärtet (Etemad-Shahidi et al., 2020).

Formlabs vertreibt verschiedene Kunstharze mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften. Das für die Herstellung der Kronen verwendete Kunstharz Rigid 4000 Resin wird vom Hersteller als für steife und feste Teile bei minimaler Durchbiegung geeignetes Material beschrieben (Formlabs GmbH, 2023g). Bei der Bewertung der Aufpassübung kritisierten die Studierenden das Material und wünschten sich (N=53) bessere Materialeigenschaften und empfanden (N=34) Schwierigkeiten bei der Randstabilität.

Da der SLA-Druck Materialien verwendet, welche auf Kunstharzen basieren, können lediglich zusätzliche Stoffe diesen Kunstharzen beigemischt werden, um die mechanischen Eigenschaften zu verändern. Der Hersteller verfolgt diesen Ansatz und vertreibt Permanent Crown Resin mit beigemengten Keramikfüllkörpern. Dieses Material besitzt bessere mechanische Eigenschaften und ist für die Herstellung von Einzelzahnrestorationen und die intraorale Eingliederung freigegeben (Formlabs GmbH, 2023f). Ein weiterer Ansatz zur Modifikation und Verbesserung der Materialeigenschaften stellt das Beimischen von Gips oder Kevlar zu einem Kunstharz dar (Hao et al., 2018), wobei diese durch das Beimengen von Gips sowie eine reduzierte UV-Härtungszeit verbessert werden konnten.

Um eine besonders realitätsnahe Simulation zu erzielen, könnten die Übungsmaterialien aus Keramik oder Metall hergestellt werden. Dies würde jedoch einen deutlich größeren finanziellen und zeitlichen Aufwand verursachen. Beispielsweise würden sich auch subtraktive Fertigungstechnik eignen, um reproduzierbare Übungsmaterialien herzustellen. Die 5-achsige Fräsmaschine inLab MC X5 (Dentsply Sirona, 2023a), welche in einer Untersuchung eine Präzision von 3,78 µm bei Glaskeramikkronen und 4,12 µm bei Zirkoniumdioxidkeramikkronen erreicht (Al Hamad et al., 2021), könnte hierfür in Betracht gezogen werden.

1993 wurde die Notwendigkeit des Spacers für eine optimale Passung beschrieben. Dieser Spacer ist aufgrund des Platzbedarfs des Zements, der Rauigkeit des Zahns und der Restauration notwendig (Grajower & Lewinstein, 1983). Grajower et al. empfahlen 50 µm als arbiträre Dicke des Spacers. Auch die Lokalisation des Spacers hat Einfluss auf die Passung der Restauration, sodass die beste Passung erzielt werden kann, wenn der Spacer den Stumpf bis 0,5 mm oberhalb der Präparationsgrenze komplett bedeckt (Olivera & Saito, 2006). Eine Untersuchung stellte jedoch die Unfähigkeit eines 3D-Druckers fest, einen gleichmäßigen Spalt zwischen Krone und Stumpf zu reproduzieren (Hoang et al., 2015). Der Spacer der im Übungsseminar verwendeten Kronen wurde

daher auf 60 µm eingestellt. Diese Größe beeinflusst das Ausmaß des erforderlichen Aufpassens für eine gute Passung. In Hinblick auf die bereits diskutierten Limitationen, insbesondere die Materialeigenschaften der Druckkronen, stellt jedoch der eingestellte Wert des Spacers eine eher untergeordnete Einflussgröße auf die Genauigkeit der Auswertungsmethodik dar. Immerhin zeigte eine Untersuchung, dass das begrenzte Vergrößern des Spacers den Halt einer zementierten Krone nicht maßgeblich beeinträchtigt (Passon et al., 1992).

4.1.3 Übungsseminar

4.1.3.1 Aufbau des Übungsseminars

Der Aufbau des Übungsseminars wurde unter Berücksichtigung der Zielsetzung dieser Untersuchung gestaltet. Die Aufteilung in zwei Termine mit einem Abstand von 14 Tagen sollte einen möglichen Lernerfolg sichtbar machen. Ebenfalls sollten alle Studierenden mit beiden Aufpassmaterialien arbeiten.

Bei einer Untersuchung (Xie et al.) wurde ein anderer Ansatz gewählt: Zwar wurden auch hier die Teilnehmenden in zwei Gruppen aufgeteilt, jedoch wurde nur eine Gruppe geschult. Anschließend wurde ein Übungskurs mit beiden Gruppen durchgeführt und somit der Erfolg der Schulung evaluiert. Dieser Aufbau eignete sich bei dem für die vorliegende Arbeit durchgeführten Übungsseminar mit Aufpassübung nicht, da alle Studierenden gleiche Übungsmöglichkeiten erhalten sollten. Ebenfalls fand keine erneute Schulung der Studierenden statt, da die zugrunde liegenden Kenntnisse bereits in früheren Studienabschnitten unterrichtet wurden.

Intensive Lehre in kleinen Gruppen kann die Leistung der Studierenden verbessern (Burgess et al., 2014). Eine kleinere Gruppengröße als in diesem Übungsseminar würde zwar die Betreuung intensivieren, aber gleichzeitig einen größeren personellen und zeitlichen Aufwand verursachen. Vergleichbare Übungsseminare mit Studierenden erzeugten ebenfalls einen großen Zeitaufwand bei der Betreuung und Kosten der Ausrüstung, sodass Outsourcing bei Herstellung und Digitalisierung der Übungsmaterialien in Betracht gezogen werden kann (Schwindling et al., 2015).

In der vorliegenden Studie wurden zwei Kronentypen mit Störstellen entworfen. Die Studierenden wussten nicht, dass die sechs zu bearbeitenden Kronen nur aus KrA und KrB bestehen. Somit sollte sichergestellt werden, dass bei jeder Krone erneut nach Störstellen gesucht wird und kein Lerneffekt bezüglich der Lokalisation der Störstellen

aufgebaut wird. Allerdings präsentierte KrA die Störstelle in Form einer Gussperle als markantes Merkmal und war bereits bei der ersten Inspektion leicht zu identifizieren.

4.1.3.2 Materialien zum Aufpassen

Bei den beiden im Übungsseminar verwendeten Materialien zum Aufpassen von Kronen handelt es sich um die auch sonst in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Universitätsklinikums Würzburg üblicherweise verwendeten Materialien.

Xantopren findet auch bei mukodynamischen Abformungen in der Totalprothetik Anwendung (Barrenäs & Odman, 1989). Es handelt sich um ein kondensationsvernetztes Silikon, bei dem Ethanol abgeschieden wird, mit einer zufriedenstellenden Dimensionsstabilität für bis zu 30 Minuten (Fonte-Boa et al., 2011). Die Studierenden mussten Xantopren per Hand anmischen, allerdings vertreibt der Hersteller auch Produkte für eine Mischpistole mit Kartuschen, was die Handhabung vereinfacht und reproduzierbare Materialeigenschaften liefert.

Okklusionssprays sind in der Literatur seltener vertreten und fanden beispielsweise andernorts Anwendung zur Simulation eines Biofilms (Tuna et al., 2019). Okklusionssprays lassen sich zeitsparend auftragen (Kious et al., 2014). Allerdings wurde bereits 1987 die Unhandlichkeit und die zurückbleibende Verunreinigung des Werkstückes bei der Verwendung von Okklusionsspray beschrieben (Smith, 1987). Darüber hinaus gestaltet sich die Anwendung in feuchten Milieus schwierig (Kious et al., 2014). Daraus resultiert eine deutliche Einschränkung der Aussagekraft dieser Untersuchung aufgrund der artifiziell trockenen Konditionen beim Arbeiten im Phantomkopf.

Bei einem Vergleich von Fit Checker und Okklusionsspray zur Schichtdicke und deren Relevanz bei der Zementierung erzeugte das niedrigvisköse Material Fit Checker eine signifikant niedrigere Schichtdicke als Okklusionsspray (Kious et al., 2014). Weiterhin kamen Kious et al. zu dem Schluss, dass basierend auf ISO 9917 (International Organization for Standardization, 2007), welche eine maximale Schichtdicke von 25 µm für wasserbasierte Zemente fordert, mit Okklusionsspray keine akzeptable Schichtdicke erzielt werden kann. Zusätzlich erläuterten die Autoren die Schwierigkeit, eine gleichmäßige Schichtdicke von Okklusionsspray aufzutragen, und legten dar, dass das nicht-parallele Positionieren zur Einschubachse der Restauration auf dem Stumpf zu Störungen der Auswertbarkeit führt. Kious et al. führten weiterhin an, dass Fit Checker hingegen zusätzlich Aufschluss über die Zementdicke bei Zementierung und die Qualität des Randschlusses gibt. Ähnliche Schlussfolgerungen lieferte eine weitere Studie

(Habib et al., 2020) – die Autoren erläuterten ebenfalls die bereits genannten Schwierigkeiten mit Okklusionssprays, während ein Silikon aus einer Mischpistole sich am besten eignete.

4.1.4 Fragebogen

Fragebögen wurden bereits bei ähnlichen, lehrbezogenen Untersuchungen verwendet (Behr, 2021; Höhne, Dickhaut, et al., 2020; Höhne & Schmitter, 2019; Höhne, Schwarzbauer, et al., 2020; Jentzsch, 2020; Rehling, 2021). Der Fragebogen wurde an die vorliegende Studie angepasst, wobei das Institut für Klinische Epidemiologie und Biometrie (IKE-B) der Julius-Maximilians-Universität Würzburg beratend zur Seite stand. Auch in anderen Fachgebieten wurden Übungsseminare mithilfe von Fragebögen und EvaSys evaluiert (Oechsner et al., 2013; Offergeld et al., 2023).

Zur Erfassung skaliert Antworten stehen unterschiedliche Möglichkeiten zur Verfügung: Neben numerischen Ratingskalen (engl.: Numeric Rating Scale, NRS) können auch visuelle Analogskalen (engl.: Visual Analog Scale, VAS), welche erstmals 1921 (Hayes, 1921) beschrieben wurden, verwendet werden. Üblicherweise wird den Teilnehmenden der Studie hier eine 10 cm lange horizontale Linie mit zwei deskriptiven Beschreibungen an deren Enden (z.B. „kein Schmerz“ und „stärkster vorstellbarer Schmerz“) zur Verfügung gestellt. In einer Veröffentlichung zur Erfassung von Schmerzintensität mit eindimensionalen Skalen wurden NRS, VAS sowie verbale Ratingskalen (engl.: Verbal Rating Scale, VRS) als Messinstrument untersucht (Schmitter et al., 2013). Schmitter et al. befanden VAS als reliables, valides und objektives Messinstrument. Mit VAS können kontinuierliche Werte ermittelt werden - anders als in dem in vorliegender Arbeit verwendeten Fragebogen, welcher vorgegebene diskrete Auswahlmöglichkeiten mit Schulnoten enthielt. Künftige Fragebögen bei Übungsseminaren könnten daher visuelle Analogskalen verwenden, da diese über eine hohe Validität verfügen (Yeung & Wong, 2019) und eine differenziertere statistische Auswertung ermöglichen.

4.2 Diskussion der Auswertung

Neben den bereits diskutierten Faktoren, unter anderem die Genauigkeit des Drucks und die Materialeigenschaften der Kronen, wurde die Auswertung durch die Scangenaugigkeit des Laborscanners beeinflusst, welche der Hersteller mit $1,3 \mu\text{m} \pm 0,4 \mu\text{m}$ (DIN EN ISO12836:2015) angibt (Dentsply Sirona, 2023c). Neben der hier verwendeten Methodik, die Kronen mittels Scanner zu digitalisieren, finden sich in der Literatur weitere Methoden zur Evaluation der Passung einer Krone. So wurde beispielsweise die Verwendung eines Rasterelektronenmikroskops beschrieben (Ortega et al., 2017). In einer weiteren Publikation (Peng et al., 2020) wurde die interne Passung mittels Silikon-Replika-Technik und Mikro-Computertomographie untersucht sowie die Messung der Randspaltbreite mittels Vinylpolysiloxan-Abdrucktechnik und optischer Kohärenztomographie. Peng, Chung et al. fanden beim Vergleich der verschiedenen Evaluationsmethoden niedrige Korrelationen. Die häufig angewendete Silikon-Replika-Technik beinhaltet mögliche Fehlerquellen beim Umgang mit dem Silikon, sodass bei einer digitalen Auswertung die manuellen Fehlerquellen eliminiert werden können (Dahl et al., 2017).

In der vorliegenden Untersuchung konnten in der Auswertung zwar die Oberflächenabweichung und über- oder unterextendiertes Entfernen der Störstellen untersucht werden, jedoch konnte mit der verwendeten Methodik kein Rückschluss auf die Randspaltbreite gezogen werden. Somit stellen die in der Literatur beschriebenen Techniken anregende Alternativen dar, um neben der Kroneninnenfläche auch die Randspaltbreite zu ermitteln und weiterführende Aussagekraft über interne Passung und Randspaltbreite zu erhalten.

GOM Inspect 2018 (GOM Software 2018, 2018 Hotfix 5, Rev. 115656, Build 2019-02-15) ist für die Analyse und Auswertung der 3D-Datensätze geeignet. „In Branchen wie Automobil, Luft- und Raumfahrt, Energie und Konsumgüter sind international über 17.000 Systeminstallationen von GOM Metrology im Einsatz“ (Carl Zeiss GOM Metrology GmbH, 2023a). Bei einer Publikation zur Bewertung des Einflusses verschiedener Analysesoftware, unter anderem auch GOM Inspect, bei der Bewertung von dentalen Scannern (Son et al., 2021) wurde festgestellt, dass bei der Beurteilung von ganzen Kiefern der Einfluss der Analysesoftware vernachlässigt werden kann, jedoch bei der Beurteilung von kleinen Arealen Unterschiede je nach verwendeter Software auftreten. Auch in anderen Publikationen zur Auswertung von dreidimensionalen Datensätzen kam GOM Inspect zur Anwendung, beispielsweise bei

Untersuchungen zur Genauigkeit von Intraoralscannern (Sacher et al., 2021; Schmidt et al., 2021). Somit erschien GOM Inspect auch für die Anforderungen in dieser Studie gut geeignet.

4.3 Diskussion der Ergebnisse

Das Hauptziel in der vorliegenden Untersuchung war die Erfassung des Lernerfolgs der Studierenden beim Aufpassen einer Krone durch 3D-gedruckte Übungsmaterialien. Die Auswertung des Übungsseminars konnte diesen Lernerfolg nachweisen ($G\ AMW_-$ $p=0,019$, $G\ GMW_{+/-}$ $p=0,030$) werden.

Bei T2 zeigte sich eine signifikante Verschlechterung ($p=0,043$) von $P\ AMW_+$, gleichbedeutend mit der unvollständigen Entfernung der Störstellen. Weiterhin ergab der Vergleich von $P\ GMW_{+/-}$, dass im Bereich der Störstellen eine nicht signifikante ($p=0,114$) Verschlechterung der mittleren absoluten Flächenabweichung auftrat. Ein möglicher Erklärungsansatz kann die Ermüdung der Studierenden sein, welche durch wiederholende Aktivitäten innerhalb kurzer Zeit auftreten kann, wie bereits in einer anderen Untersuchung beschrieben wurde (Anamali et al., 2021).

Eine signifikante Verbesserung zwischen beiden Terminen für $G\ AMW_-$ ($p=0,019$) und $G\ GMW_{+/-}$ ($p=0,030$) kann hinsichtlich der signifikanten Verbesserung der mittleren absoluten Flächenabweichung der Kroneninnenfläche als Lernerfolg betrachtet werden. Bezüglich der signifikanten Verbesserung von $G\ AMW_-$ waren die Studierenden zurückhaltender in Bezug auf eine übermäßige Materialentfernung der Gesamttinnenfläche der Krone. Abbildung 8 zeigt dennoch, dass der Bereich der Whiskers von $G\ AMW_+$, $G\ AMW_-$ und $G\ GMW_{+/-}$ sowie $P\ AMW_-$ und $P\ GMW_{+/-}$ für den zweiten Termin kleiner wurde, sodass ebenfalls eine geringere Streuung der Ergebnisse auftrat. Zwar kann die signifikante Verbesserung von $G\ GMW_{+/-}$ als Lernerfolg betrachtet werden, dennoch trübt die nicht signifikante Verschlechterung von $P\ GMW_{+/-}$ das Resümee.

Tran et al. nannten bei einem Übungsseminar zur Kronenpräparation mögliche Einflussfaktoren. So diskutierten sie ihre Ergebnisse in Hinblick auf den Hawththoneffekt: Die Teilnehmenden ändern ihr natürliches Verhalten, da sie an einer Studie teilnehmen und unter Beobachtung stehen (Tran et al., 2017). Inwieweit die Studierenden ihr Verhalten bei dem Aufpassen der Kronen veränderten, kann nicht abschließend beurteilt werden.

Die klinische Kompetenz kann gemäß des Konzepts der Miller-Pyramide in die vier Stufen Wissen (engl.: Knows), Kompetenz (engl.: Knows how), Demonstration des Erlernten (engl.: Shows how) und Handlungskompetenz (engl.: Does) eingeteilt werden (Al-Eraky & Marei, 2016). Auch andere Untersuchungen mit Studierenden (Al-Koky et al., 2023) diskutierten, dass Studierende zwar das korrekte Wissen besitzen, allerdings Schwierigkeiten bei der klinischen Anwendung haben und somit mehr Übungsmöglichkeiten und Zeit benötigen, um weitere Sicherheit zu entwickeln. In Hinblick auf das Aufpassen von Kronen verdeutlicht sich, dass die Studierenden zwar die Grundkenntnisse beherrschen, dennoch von Übungen profitieren.

Die Auswertung des Fragebogens ergab ein positives Feedback der Studierenden zum Lernerfolg. Diese fühlten sich durch das Übungsseminar durchschnittlich gut ($\bar{x} = 2,33 \pm 0,95$) vorbereitet. Dies stellt ein erfreuliches Resultat dar, insbesondere in Hinblick auf die von den Studierenden nur als befriedigend ($\bar{x} = 3,25 \pm 1,20$) bewertete bisherige Gelegenheit zum Aufpassen von Kronen im Studium. Die positive Bewertung des Lernprozesses ist ermutigend, da sowohl Enthusiasmus geweckt wurde ($\bar{x} = 2,51 \pm 1,07$) als auch der Wunsch nach weiteren Übungen mit Druckzähnen bzw. gedruckten Restaurationen bestand ($\bar{x} = 2,13 \pm 1,04$). Beispielsweise erläuterte eine Publikation zu einem Übungsseminar mit 3D-gedruckten Übungszähnen zum Training von Wurzelkanalbehandlungen ebenfalls, dass durch 3D-Druck Übungsmaterialien leichter zur Verfügung stehen und standardisierte Trainingsmöglichkeiten für die Studierenden entstehen (Kolling, 2022). In einer Publikation aus der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Universitätsklinikums Würzburg wurde hervorgehoben, dass 3D-gedruckte Übungsmaterialien vielseitige Übungsmöglichkeiten für Studierende ermöglichen (Höhne & Schmitter, 2019). Die zurückhaltende Zustimmung auf die Frage, ob eine ausschließliche Vorbereitung auf die Patientenbehandlung mit den Druckzähnen und gedruckten Restaurationen vorstellbar wäre ($\bar{x} = 3,10 \pm 1,46$), sollte als Anreiz für weitere Übungsseminare mit verbesserten Materialien und abwechslungsreichen Übungen interpretiert werden.

Sowohl im Übungsseminar als auch im Fragebogen erzielten die beiden Aufpassmaterialien teils signifikant unterschiedliche Ergebnisse. Im Bereich der Störstellen erzielten die Studierenden mit Okklusionsspray ($\bar{x} = 114 \mu\text{m} \pm 29$) eine signifikant geringere mittlere absolute Flächenabweichung als mit Xantopren ($\bar{x} = 124 \mu\text{m} \pm 0,034$). Die Studierenden bewerteten zum Teil Xantopren signifikant schlechter als Okklusionsspray. Die Ergebnisse waren teilweise signifikant schlechter als mit

Okklusionsspray, allerdings wurde in dieser Übung keine Behandlungserfahrung berücksichtigt. Das zeigte sich insbesondere bei den Fragen 4.1 und 4.2, da die Studierenden das Aufpassen mit Xantopren ($\bar{x} = 3,75 \pm 1,35$) signifikant schwerer empfanden als mit Okklusionsspray ($\bar{x} = 1,87 \pm 0,75$). Somit stimmten die Einschätzungen der Studierenden im Fragebogen mit den Auswertungen des Übungsseminars überein. In der Literatur (Strub et al., 2011) wird durchaus ein dünnfließendes Abformmaterial, wie z.B. Fit-Checker, zum Identifizieren von Störstellen empfohlen. Weiterhin entspricht dies ebenfalls der Lehrmeinung in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Uniklinikums Würzburg. Die Verwendung von Okklusionsspray wird hierbei den laborseitigen Arbeitsschritten zugeordnet und findet in der Patientenbehandlung keine Anwendung, da die zurückbleibende Verschmutzung durch das farbige Pulver zum Teil nur schwierig zu entfernen ist, wie auch in der Literatur beschrieben (Smith, 1987). Weitere Limitationen der Materialien zum Aufpassen wurden bereits diskutiert (vgl. 4.1.3.2).

Bezugnehmend auf die bereits angeführten Alternativen bei der Evaluation der Passung (vgl. 4.2) muss somit in Hinblick auf die Ergebnisse ebenfalls dargelegt werden, dass zwar Oberflächenabweichungen bestimmt wurden, jedoch daraus kein direkter Rückschluss auf Passung gezogen werden kann. Zwar wäre eine Restauration bei Überentfernen in den Arealen der Störstellen theoretisch in Endposition eingliederbar, jedoch würde die allgemeine interne Passung darunter leiden. Bei einem unvollständigen Entfernen der Störstellen wäre keine Eingliederung in Endposition möglich. Die Auswertung wurde deshalb separat für positive und negative Oberflächenabweichungswerte durchgeführt.

Die Materialeigenschaften der Druckkronen wurden bereits diskutiert (vgl. 4.1.2.2). Dennoch zeigte dieser Abschnitt des Fragebogens, dass die Studierenden Härte, realitätsnahes Gefühl beim Einschleifen, realitätsnahes Gefühl beim Aufpassen und realitätsnahe Details wie Randschluss bei den Druckkronen signifikant schlechter bewerteten als bei Guss- und Keramikkrone. Bei der Bewertung einer geeigneten Übungsmöglichkeit und einer einfachen Handhabung schnitten die Druckkronen nicht signifikant schlechter ab im Vergleich zu Guss- oder Keramikkrone. Die Eignung als Übungsmöglichkeit wurde immerhin als befriedigend ($\bar{x} = 2,55 \pm 0,93$) bewertet. Druckkronen mit besseren Materialeigenschaften sollten in Erwägung gezogen werden, um den Eigenschaften von Guss- oder Keramikkrone näher zu kommen und gegebenenfalls bessere Bewertungen der Studierenden zu erzielen. Dennoch stellen

Druckkronen eine kostengünstige und reproduzierbare Möglichkeit zur Herstellung von Übungsmaterialien dar, um solche Übungsseminare zu ermöglichen (vgl. 4.1.2.2). Für künftige Übungsseminare sollten weitere Materialien bei der Herstellung von Druckkronen in Betracht gezogen werden.

4.4 Schlussfolgerung

Das freiwillige Übungsseminar sollte den Studierenden ermöglichen, ihre Fähigkeiten beim Aufpassen von Kronen zu verbessern.

Bezüglich der Zielsetzung der Arbeit zeigte die Auswertung der Übungsmaterialien einen signifikanten Lernerfolg, die Nullhypothese konnte abgelehnt werden. Die Studierenden gaben ebenfalls positive Rückmeldung zu Lernprozess und Lernerfolg. Die beiden zur Verfügung gestellten Materialien führten teilweise zu signifikant unterschiedlichen Ergebnissen bei der Auswertung der Oberflächenabweichung. Dies deckte sich mit der Wahrnehmung der Studierenden, da auch der Fragebogen teils signifikante Unterschiede bei der Bewertung der Aufpassmaterialien aufzeigte. Die Studierenden bewerteten die Druckkronen teilweise signifikant schlechter als konventionelle Guss- oder Keramikronen, wobei hauptsächlich die Materialeigenschaften und die Randgenauigkeit der Druckkrone als Verbesserungsvorschläge angeführt wurden.

Durch den 3D-Druck wurde eine kostengünstige und standardisierte Herstellung von Übungsmaterialien ermöglicht, jedoch waren die Materialeigenschaften der Kronen nicht optimal.

Beide Materialien zum Aufpassen der Kronen eigneten sich zum Identifizieren von Störstellen. Insgesamt zeigte Okklusionsspray zwar bessere Ergebnisse im Übungsseminar und im Fragebogen, jedoch muss dies unter Berücksichtigung des In-vitro-Charakters der vorliegenden Studie kritisch diskutiert werden.

5 Zusammenfassung

71 Studierende nahmen am Universitätsklinikum Würzburg in der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik an einem freiwilligen Übungsseminar zum Aufpassen von Kronen mit Störstellen, die im 3D-Druckverfahren hergestellt wurden, teil. Das Übungsseminar fand an zwei Terminen statt. Zum Identifizieren der Störstellen standen Xantopren und Okklusionsspray zur Verfügung. Nach dem praktischen Teil der Übung wurde ein Fragebogen ausgefüllt. Zusätzlich wurden die aufgepassten Kronen mittels Laborscanner digitalisiert und mit einer Krone ohne Störstellen überlagert. Dadurch konnten positive und negative Oberflächenabweichungen für die Bereiche der Störstellen sowie der Gesamtinnenfläche der Kronen ermittelt werden.

Die flächenbezogenen Abweichungswerte zeigten einen signifikanten Lernerfolg – gemessen anhand der Passungsparameter - zwischen den beiden Terminen des Übungsseminars ($G\ AMW_-$ $p=0,019$, $G\ GMW_{+/-}$ $p=0,030$). Hierbei erreichten Kronen, die mit Okklusionsspray aufgepasst wurden, signifikant geringere flächenbezogene Abweichungswerte im Vergleich zu Kronen, die mit Xantopren aufgepasst wurden ($G\ AMW_+$ $p=0,001$, $P\ GMW_{+/-}$ $p=0,003$).

Die Auswertung der mit Schulnoten skalierten Fragen ergab signifikante Unterschiede bei der Bewertung der Härte (Provisorien Ø 2,7, Druckkrone Ø 3,4, $p<0,001$), eines realitätsnahen Gefühls beim Einschleifen (Guss- und Keramikkrone Ø 2,2, Druckkrone Ø 3,2, $p<0,001$) bzw. beim Aufpassen (Guss- und Keramikkrone Ø 2,1, Druckkrone Ø 2,9, $p<0,001$) und Details wie Randschluss (Guss- und Keramikkrone Ø 2,0, Druckkrone Ø 3,2, $p<0,001$). Beim Vergleich der Aufpassmethoden im Fragebogen ergaben die Einfachheit beim Aufpassen (Xantopren Ø 3,8, Okklusionsspray Ø 1,9, $p<0,001$), das Identifizieren der Störstellen (Xantopren Ø 3,3, Okklusionsspray Ø 2,0, $p<0,001$) und das präferierte Material (Xantopren Ø 3,5, Okklusionsspray Ø 1,8, $p<0,001$) signifikante Unterschiede. Der subjektive Lernerfolg mit den Materialien zeigte ebenfalls signifikante Unterschiede (Xantopren Ø 3,4, Okklusionsspray Ø 2,2, $p<0,001$). Insbesondere die Materialeigenschaften und die Randgenauigkeit der Druckkronen wurden häufig kritisiert (N=34), die schnelle und einfache Möglichkeit zur Herstellung von Übungsmaterialien (N=13) sowie deren Reproduzierbarkeit wurden von den Studierenden hingegen begrüßt (N=12).

6 Literaturverzeichnis

- 3Shape A/S. (2023). *3Shape Laborscanner der E-Serie Ein Laborscanner für jeden Bedarf*.
<https://www.3shape.com/de/scanners/e-series>
- Al-Eraky, M., & Marei, H. (2016). A fresh look at Miller's pyramid: assessment at the 'Is' and 'Do' levels. *Med Educ*, 50(12), 1253-1257.
<https://doi.org/10.1111/medu.13101>
- Al-Koky, M., Daud, A., & Neville, P. (2023). Dental students' self-reported confidence level in restorative crown and bridge procedures: A UK quantitative study. *Eur J Dent Educ*, 27(1), 187-194. <https://doi.org/10.1111/eje.12792>
- Al Hamad, K. Q., Al-Rashdan, R. B., Al-Rashdan, B. A., & Baba, N. Z. (2021). Effect of Milling Protocols on Trueness and Precision of Ceramic Crowns. *Journal of Prosthodontics*, 30(2), 171-176.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jopr.13245>
- Amornvit, P., Rokaya, D., & Sanohkan, S. (2021). Comparison of Accuracy of Current Ten Intraoral Scanners. *Biomed Res Int*, 2021, 2673040.
<https://doi.org/10.1155/2021/2673040>
- Anamali, S., Pendleton, C., Xie, X., Smith, A., & Jain, A. (2021). Training in radiographic caries detection and staging using an interactive tool. *European Journal of Dental Education*, 26. <https://doi.org/10.1111/eje.12754>
- Atria, P. J., Bordin, D., Marti, F., Nayak, V. V., Conejo, J., Benalcázar Jalkh, E., Witek, L., & Sampaio, C. S. (2022). 3D-printed resins for provisional dental restorations: Comparison of mechanical and biological properties. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34(5), 804-815.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jerd.12888>
- Autodesk Inc. (2023a). *Autodesk Meshmixer free software for making awesome stuff*.
Abgerufen am 19.02.2023 von <https://meshmixer.com/>
- Autodesk Inc. (2023b). *FUSION 360 FÜR PRIVATANWENDER Integrierte Software für CAD, CAM und Leiterplattenkonstruktion*. <https://www.autodesk.de/products/fusion-360/personal>
- Barrenäs, L., & Odman, P. (1989). Myodynamic and conventional construction of complete dentures: a comparative study of comfort and function. *J Oral Rehabil*, 16(5), 457-465. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1989.tb01366.x>
- Behr, G. (2021). *Die „Malen nach Zahlen“ Methode zur Lehre der Präparation einer einflügeligen Adhäsivbrücke aus Zirkoniumdioxidkeramik*
- Blanz, M. (2021). *Forschungsmethoden und Statistik für die Soziale Arbeit Grundlagen und Anwendungen* (Vol. 2. Auflage). W. Kohlhammer Verlag.

- Burgess, A. W., McGregor, D. M., & Mellis, C. M. (2014). Applying established guidelines to team-based learning programs in medical schools: a systematic review. *Acad Med*, 89(4), 678-688. <https://doi.org/10.1097/acm.0000000000000162>
- Carl Zeiss GOM Metrology GmbH. (2023a). *GOM – präzise industrielle 3D-Messtechnik*. <https://www.gom.com/de-de/unternehmen>
- Carl Zeiss GOM Metrology GmbH. (2023b). *GOM Inspect Pro Industriestandard für 3D-Inspektion und Auswertung*. Abgerufen am 19.02.2023 von <https://www.gom.com/de-de/produkte/zeiss-quality-suite/gom-inspect-pro>
- Carl Zeiss GOM Metrology GmbH. (2023c). *Triangulation: bewährtes Messprinzip mit Zukunft*. Carl Zeiss GOM Metrology GmbH. <https://www.gom.com/de-de/themen/triangulation>
- Creugers, N. H. J., Käyser, A. F., & van't Hof, M. A. (1994). A meta-analysis of durability data on conventional fixed bridges. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 22(6), 448-452. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1600-0528.1994.tb00795.x>
- Dahl, B. E., Rønold, H. J., & Dahl, J. E. (2017). Internal fit of single crowns produced by CAD-CAM and lost-wax metal casting technique assessed by the triple-scan protocol. *J Prosthet Dent*, 117(3), 400-404. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.06.017>
- Dentsply Sirona. (2023a). *DENTAL-FRÄSMASCHINE inLab MC X5*. <https://www.dentsplysirona.com/de-de/entdecken/produktmarken-entdecken/inlab-mc-x5.html>
- Dentsply Sirona. (2023b). *inLab CAD Software*. Abgerufen am 19.02.2023 von <https://www.dentsplysirona.com/de-de/entdecken/produktmarken-entdecken/inlab-cad-software.html>
- Dentsply Sirona. (2023c). *Scanner für Dentallabore inEos X5*. Abgerufen am 19.02.2023 von <https://www.dentsplysirona.com/de-de/discover/discover-by-brand/ineos-x5.html>
- Ebeid, K., Nouh, I., Ashraf, Y., & Cesar, P. F. (2022). Accuracy of different laboratory scanners for scanning of implant-supported full arch fixed prosthesis. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34(5), 843-848. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jerd.12918>
- ERNST HINRICHS Dental GmbH. (2023). *HinriScan-Spray Basic, 400 ml Dose Art-Nr.: 720022*. <https://www.hinrichs-dental-shop.de/hinriscan-spray-basic-400-ml-dose-p-1784.html>
- Etemad-Shahidi, Y., Qallandar, O. B., Evenden, J., Alifui-Segbaya, F., & Ahmed, K. E. (2020). Accuracy of 3-Dimensionally Printed Full-Arch Dental Models: A Systematic Review. *J Clin Med*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/jcm9103357>
- evasys GmbH. (2023). *evasys*. <https://evasys.de/evasys/>

- Fasbinder, D. J. (2010). Digital dentistry: innovation for restorative treatment. *Compend Contin Educ Dent*, 31 Spec No 4, 2-11; quiz 12.
- Fonte-Boa, J. C., Mota, J. M., Poletto, L. T., Carvalho, M. C., Cortés, M. E., Sinisterra, R. D., & Leal, S. F. (2011). Condensation silicones: do new materials really presents better dimensional stability? *Acta Odontol Latinoam*, 24(1), 61-65.
- Formlabs GmbH. (2023a). *Form 3B+ Basic Dental Package PKG-F3B-WSVC-DSP-BASIC*. <https://dental.formlabs.com/de/shop/3d-printers/form-3b-dental-package/#/>
- Formlabs GmbH. (2023b). *Form 3B+ Ein fortschrittlicher Desktop-3D-Drucker speziell für das Gesundheitswesen*. Abgerufen am 19.02.2023 von <https://formlabs.com/de/3d-printers/form-3b/>
- Formlabs GmbH. (2023c). *Form Wash + Form Cure Optimale Druckergebnisse bei weniger Aufwand*. Abgerufen am 19.02.2023 von <https://formlabs.com/de/post-processing/wash-cure/>
- Formlabs GmbH. (2023d). *Formlabs Software Einrichtung, Management und Überwachung von 3D-Druck einfach gemacht*. Abgerufen am 19.02.2023 von <https://formlabs.com/de/software/#preform>
- Formlabs GmbH. (2023e). *Model Resin 1 L*. Abgerufen am 19.02.2023 von <https://formlabs.com/de/shop/materials/model-resin/>
- Formlabs GmbH. (2023f). *Permanent Crown Resin 1kg (0.7L) RS-F2-PC-PKG*. Abgerufen am 11.04.2023 von <https://dental.formlabs.com/de/shop/materials/permanent-crown-resin/>
- Formlabs GmbH. (2023g). *Rigid 4000 Resin 1 L*. Abgerufen am 19.02.2023 von <https://formlabs.com/de/shop/materials/rigid-resin/>
- GC EUROPE A.G. (2020). *FIT CHECKER ADVANCED VPES-Silikon zur Überprüfung der Genauigkeit*. Abgerufen am 28.02.2023 von <https://www.gc.dental/europe/de-DE/products/fitcheckeradvanced>
- Gebr. Brasseler GmbH & Co. KG. (2023). *Komet Dental Shop*. <https://www.kometstore.de/V2/de-de>
- González de Villaumbrosia, P., Martínez-Rus, F., García-Orejas, A., Salido, M. P., & Pradíes, G. (2016). In vitro comparison of the accuracy (trueness and precision) of six extraoral dental scanners with different scanning technologies. *J Prosthet Dent*, 116(4), 543-550.e541. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.01.025>
- Grajower, R., & Lewinstein, I. (1983). A mathematical treatise on the fit of crown castings. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 49(5), 663-674. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-3913\(83\)90393-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-3913(83)90393-1)
- GraphPad Software. (2023). *GraphPad Prism* <https://www.graphpad.com/>
- Habib, S. R., Ansari, A. S., Bajunaid, S. O., Alshahrani, A., & Javed, M. Q. (2020). Evaluation of Film Thickness of Crown Disclosing Agents and Their Comparison with Cement

- Film Thickness after Final Cementation. *Eur J Dent*, 14(2), 224-232. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1708560>
- Hao, J., Nangunoori, R., Wu, Y. Y., Rajaraman, M., Cook, D., Yu, A., Cheng, B., & Shimada, K. (2018). Material characterization and selection for 3D-printed spine models. *3D Print Med*, 4(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s41205-018-0032-9>
- Hayes, M. H. S. P., D. G., . (1921). Experimental development of the graphic rating method. *Psychol. Bull.*, 18, 98–99.
- Hoang, L. N., Thompson, G. A., Cho, S. H., Berzins, D. W., & Ahn, K. W. (2015). Die spacer thickness reproduction for central incisor crown fabrication with combined computer-aided design and 3D printing technology: an in vitro study. *J Prosthet Dent*, 113(5), 398-404. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.11.004>
- Höhne, C., Dickhaut, N., & Schmitter, M. (2020). Introduction of a new teaching concept for dentin post preparation with 3D printed teeth. *Eur J Dent Educ*, 24(3), 499-506. <https://doi.org/10.1111/eje.12528>
- Höhne, C., & Schmitter, M. (2019). 3D Printed Teeth for the Preclinical Education of Dental Students. *J Dent Educ*, 83(9), 1100-1106. <https://doi.org/10.21815/jde.019.103>
- Höhne, C., & Schmitter, M. (2022). Control of occlusal rehabilitation with 3D-printed crowns. *Int J Comput Dent*, 25(3), 325-332. <https://doi.org/10.3290/j.ijcd.b3380909>
- Höhne, C., Schwarzbauer, R., & Schmitter, M. (2020). Introduction of a new teaching concept for crown preparation with 3D printed teeth. *Eur J Dent Educ*, 24(3), 526-534. <https://doi.org/10.1111/eje.12532>
- IBM Deutschland GmbH. (2023). *IBM SPSS-Software*. <https://www.ibm.com/de-de/spss>
- International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use (ICH). (2005). *ICH HARMONISED TRIPARTITE GUIDELINE: VALIDATION OF ANALYTICAL PROCEDURES: TEXT AND METHODOLOGY Q2(R1)*.
- International Organization for Standardization. (2007). *ISO 9917:2007, Dentistry-water-based cements*.
- International Organization for Standardization. (2021). *ISO/ASTM 52900:2021 Additive manufacturing — General principles — Fundamentals and vocabulary*. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:74514:en>
- Jentzsch, A. (2020). *Die „Malen nach Zahlen“ Methode zur Verbesserung der Präparation einer Vollgusskrone der Studenten*
- Jin-Hun, J., Byeong-Yeol, C., Chong-Myeong, K., Ji-Hwan, K., Hae-Young, K., & Woong-Chul, K. (2015). Three-dimensional evaluation of the repeatability of scanned conventional impressions of prepared teeth generated with white- and blue-light

- scanners. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 114(4), 549-553. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.04.019>
- KaVo Dental GmbH. (2023a). *DSE™ Expert KaVo Simulationseinheit für die moderne dentale Ausbildung*. <https://www.kavo.com/de-de/produkte/zahnaerztliche-ausbildung/simulationseinheiten/dse-expert>
- KaVo Dental GmbH. (2023b). *Studien- und Zahnmodelle Realistisch präparieren mit den KaVo Zahnmodellen*. <https://www.kavo.com/de-de/produkte/zahnaerztliche-ausbildung/studien-und-zahnmodelle>
- Käyser, A. F., Plasmans, P. J., & Snoek, P. A. (1985). *Kronen- und Brückenprothetik* (T. Kerschbaum, Trans.). Deutscher Ärzte-Verlag GmbH.
- Kerschbaum, T. P., C.;. (1998). Kronenrandschluß und -konturqualität in fünf Dentallaboratorien. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, 53(9), 0-0. <https://doi.org/3670535>
- Kious, A. R., Myers, M. L., Brackett, W. W., & Haywood, V. B. (2014). Film thickness of crown disclosing material and its relevance to cementation. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(5), 1246-1249. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.06.005>
- Kolling, M. B., J.; Hofmann, N.; Keß, S.; Krastl, G.; Soliman, S.; König, S.;. (2022). Students' perception of three-dimensionally printed teeth in endodontic training. *Eur J Dent Educ*, 26(4), 653-661. <https://doi.org/10.1111/eje.12743>
- Körber, K. (1995). *Zahnärztliche Prothetik* (Vol. 4). Georg Thieme Verlag Stuttgart.
- Kulzer GmbH. (2023). *Optosil® / Xantopren® C-Silikone in bewährter Qualität*. Abgerufen am 27.02.2023 von <https://kulzer.de/de/de/produkte/optosil-xantopren.html>
- Kurum, T. (2022). *Simulation der Kariesentfernung an 3D-gedruckten Molaren: Analyse der Reliabilität und der Validität* [Universität Würzburg, Medizinische Fakultät].
- Mandelli, F., Gherlone, E., Gastaldi, G., & Ferrari, M. (2017). Evaluation of the accuracy of extraoral laboratory scanners with a single-tooth abutment model: A 3D analysis. *J Prosthodont Res*, 61(4), 363-370. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2016.09.002>
- Marxkors, R. (1980). Der Randschluß der Gußkronen. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, 35(9), 913-915.
- Microsoft Corporation. (2023). Microsoft Excel. <https://www.microsoft.com/de-de/microsoft-365/p/excel/cfq7ttc0hr4r>
- Miyazaki, T., & Hotta, Y. (2011). CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. *Australian Dental Journal*, 56(s1), 97-106. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01300.x>
- Mühlemann, S., Hjerppe, J., Hämmerle, C. H. F., & Thoma, D. S. (2021). Production time, effectiveness and costs of additive and subtractive computer-aided manufacturing (CAM) of implant prostheses: A systematic review. *Clinical Oral*

- Naert, I., Van der Donck, A., & Beckers, L. (2005). Precision of fit and clinical evaluation of all-ceramic full restorations followed between 0.5 and 5 years. *J Oral Rehabil*, 32(1), 51-57. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2004.01374.x>
- Oechsner, W., Geiler, S., & Huber-Lang, M. (2013). The impact of a dedicated training program for oral examiners at a medical school in Germany: a survey among participants from operative and non-operative disciplines. *Patient Saf Surg*, 7(1), 22. <https://doi.org/10.1186/1754-9493-7-22>
- Offergeld, C., Hofauer, B., Poxleitner, P., Lagrèze, W., Schnell, O., Petersen, N., Lang, F., Burkhardt, V., Pfeiffer, J., & Albrecht, T. (2023). [Traumatology-an interdisciplinary task: exclusively for educational purposes?]. *Hno*, 71(1), 8-14. <https://doi.org/10.1007/s00106-022-01255-w> (Traumatologie – eine interdisziplinäre Aufgabe: nur in der Lehre?)
- Olivera, A. B., & Saito, T. (2006). The Effect of Die Spacer on Retention and Fitting of Complete Cast Crowns. *Journal of Prosthodontics*, 15(4), 243-249. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2006.00113.x>
- Ortega, R., Gonzalo, E., Gomez-Polo, M., Lopez-Suarez, C., & Suarez, M. J. (2017). SEM evaluation of the precision of fit of CAD/CAM zirconia and metal-ceramic posterior crowns. *Dent Mater J*, 36(4), 387-393. <https://doi.org/10.4012/dmj.2016-305>
- Oruç, S., & Tulunoglu, Y. (2000). Fit of titanium and a base metal alloy metal-ceramic crown. *J Prosthet Dent*, 83(3), 314-318. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(00\)70134-x](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(00)70134-x)
- Passon, C., Lambert, R. H., Lambert, R. L., & Newman, S. (1992). The effect of multiple layers of die-spacer on crown retention. *Oper Dent*, 17(2), 42-49.
- Peng, C. C., Chung, K. H., & Ramos, V., Jr. (2020). Assessment of the Adaptation of Interim Crowns using Different Measurement Techniques. *J Prosthodont*, 29(1), 87-93. <https://doi.org/10.1111/jopr.13122>
- Pjetursson, B. E., Brägger, U., Lang, N. P., & Zwahlen, M. (2007). Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs). *Clinical Oral Implants Research*, 18(s3), 97-113. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2007.01439.x>
- Pjetursson, B. E., Sailer, I., Zwahlen, M., & Hämmerle, C. H. F. (2007). A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal–ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part I: single crowns. *Clinical Oral Implants Research*, 18(s3), 73-85. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2007.01467.x>

- Rehling, S. A. (2021). *Etablierung eines neuen Lehrkonzeptes für die Schienung von parodontal gelockerten Zähnen mithilfe des 3D-Druckverfahrens*
- Rehmann, P. S., Yvonne; Wöstmann, Bernd. (2017). Klinische Bewährung von überkronten Zähnen anhand von parodontalen Parametern. *ZWR – Das Deutsche Zahnärzteblatt*, 126, 270–276.
- Sacher, M., Schulz, G., Deyhle, H., Jäger, K., & Müller, B. (2021). Accuracy of commercial intraoral scanners. *J Med Imaging (Bellingham)*, 8(3), 035501. <https://doi.org/10.1117/1.Jmi.8.3.035501>
- Schmidt, A., Benedickt, C. R., Schlenz, M. A., Rehmann, P., & Wöstmann, B. (2021). Accuracy of four different intraoral scanners according to different preparation geometries. *Int J Prosthodont*, 34(6), 756–762. <https://doi.org/10.11607/ijp.6233>
- Schmitter, M., List, T., & Wirz, S. (2013). [The assessment of pain intensity using one-dimensional scales]. *Z Evid Fortbild Qual Gesundheitswes*, 107(4-5), 279-284. <https://doi.org/10.1016/j.zefq.2013.05.008> (Erfassung der Schmerzintensität mit eindimensionalen Skalen.)
- Schwindling, F. S., Deisenhofer, U. K., Porsche, M., Rammelsberg, P., Kappel, S., & Stober, T. (2015). Establishing CAD/CAM in Preclinical Dental Education: Evaluation of a Hands-On Module. *J Dent Educ*, 79(10), 1215-1221.
- SHERA Werkstoff-Technologie GmbH & Co. KG. (2023). *Shera - Contactspray*. Abgerufen am 27.02.2023 von <https://shop.shera.de/contactspray-9141.html>
- Smith, B. G. N. (1987). *Zahnärztliche Therapie mit Kronen und Brücken*. Deutscher Ärzte-Verlag GmbH.
- Son, K., Lee, W. S., & Lee, K. B. (2021). Effect of Different Software Programs on the Accuracy of Dental Scanner Using Three-Dimensional Analysis. *Int J Environ Res Public Health*, 18(16). <https://doi.org/10.3390/ijerph18168449>
- Stansbury, J. W. I., Mike J.; . (2016). 3D printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities. *Dental Materials*, 32(1), 54-64. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.09.018>
- Strub, J. R., Kern, M., Türp, J. C., Witowski, S., Heydecke, G., & Wolfart, S. (2011). *Curriculum Prothetik*. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin.
- Tran, J., Dudley, J., & Richards, L. (2017). All-ceramic crown preparations: An alternative technique. *Aust Dent J*, 62(1), 65-70. <https://doi.org/10.1111/adj.12433>
- Tuna, T., Kuhlmann, L., Bishti, S., Sirazitdinova, E., Deserno, T., & Wolfart, S. (2019). Removal of simulated biofilm at different implant crown designs with interproximal oral hygiene aids: An in vitro study. *Clin Oral Implants Res*, 30(7), 627-636. <https://doi.org/10.1111/clr.13448>

- Vafaei, F., Firouz, F., Mohajeri, M., Hashemi, R., & Ghorbani Gholiabad, S. (2021). In vitro Comparison of the Accuracy (Precision and Trueness) of Seven Dental Scanners. *J Dent (Shiraz)*, 22(1), 8-13. <https://doi.org/10.30476/dentjods.2020.83485.1047>
- VWR International LLC. (2023). *VWR TM*. <https://de.vwr.com/store/>
- Williamson, D. F., Parker, R. A., & Kendrick, J. S. (1989). The box plot: a simple visual method to interpret data. *Ann Intern Med*, 110(11), 916-921. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-110-11-916>
- Witanski, K. A. (2008). *Zur klinischen Beurteilbarkeit des Kronenrandschusses im Approximalraum mittels kalibrierter Zahnärztlicher Sonden* [Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster].
- Xie, K., Li, Y., & Wang, X. Evaluation of a broken instrument removal training course for general dentistry residents. *European Journal of Dental Education*, n/a(n/a). <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/eje.12866>
- Yeung, A. W. K., & Wong, N. S. M. (2019). The Historical Roots of Visual Analog Scale in Psychology as Revealed by Reference Publication Year Spectroscopy [Systematic Review]. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00086>
- Zakariya, Y. F. (2022). Cronbach's alpha in mathematics education research: Its appropriateness, overuse, and alternatives in estimating scale reliability. *Front Psychol*, 13, 1074430. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1074430>

7 Anhang

7.1 Abkürzungsverzeichnis

3D	dreidimensional
CAD	computer aided design
CAM	computer aided manufacturing
SLA	Stereolithografie (engl.: stereolithography)
DLP	digitale Lichtverarbeitung (engl.: digital light processing)
Kr0	Referenzkrone
KrA	Krone mit Störstellen Typ A
KrB	Krone mit Störstellen Typ B
stl	Stereolithographie
P_1	positive Abweichungspunkte
P_2	negative Abweichungspunkte
MW_+	positiver Mittelwert
MW_-	negativer Mittelwert
AMW_+	mittlerer positiver flächenbezogener Abweichungswert
AMW_-	mittlerer negativer flächenbezogener Abweichungswert
$GMW_{+/-}$	mittlere absolute Flächenabweichung
P	Störstellenareal, Patch
G	Gesamtinnenfläche der Krone
X	Xantopren
O	Okklusionsspray
T1	Termin 1
T2	Termin 2
Ø	Mittelwert

SD	Standardabweichung
NRS	numerische Ratingskala (engl.: Numeric Rating Scale)
VAS	visuelle Analogskala (engl: Visual Analog Scale)
VRS	verbale Ratingskala (engl.: Verbal Rating Scale)

7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ablauf der Studie	7
Abbildung 2: CAD-Modell von Zahnstumpf für KaVo-Modell.....	9
Abbildung 3: CAD-Modelle der Kronen	9
Abbildung 4: Aufbau des Übungsseminars	11
Abbildung 5: CAD-Modell der Matching Vorlage	16
Abbildung 6: CAD-Modell der Auswertungsvorlagen	17
Abbildung 7: Beispielhafte farbliche Darstellung von Abweichungen beim Flächenvergleich.....	18
Abbildung 8: Whisker-Box-Plot der Abweichungswerte für T1 und T2.....	25
Abbildung 9: Whisker-Box-Plot der Abweichungswerte für Xantopren und Okklusionsspray	28
Abbildung 10: Balkendiagramm der Fragen 2.7 bis 2.12	30
Abbildung 11: Balkendiagramm der Fragen 3.1 bis 3.12	32
Abbildung 12: Balkendiagramm der Fragen 4.1 bis 4.6	34
Abbildung 13: Balkendiagramm der Fragen 5.1 bis 5.3	36
Abbildung 14: Balkendiagramm der Fragen 6.1 bis 6.3	37

7.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abweichungswerte der Flächen.....	22
Tabelle 2: Abweichungswerte für Termin 1 und Termin 2	23
Tabelle 3: Signifikanzen für Vergleich Termin 1 und Termin 2.....	24
Tabelle 4: Abweichungswerte für Xantopren und Okklusionsspray	26
Tabelle 5: Signifikanzen für Vergleich Xantopren und Okklusionsspray	27
Tabelle 6: Signifikanzen (Fragen 3.1 bis 3.12)	31
Tabelle 7: Signifikanzen (Frage 4.1 bis 4.6)	33
Tabelle 8: Signifikanz (Frage 5.1 bis 5.2)	35

7.4 Fragebogen

MUSTER

EvaSys	Würzburger Kronen - Aufpassübung	
Universitätsklinikum Würzburg	Michael del Hougne - Christian Höhne	
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik	Aufpassübung gedruckte Kronen	

Bitte so markieren: Bitte verwenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.
 Korrektur: Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.

1. Einleitung

Sehr geehrte Studierende,

im Rahmen einer Studie, die sich mit der Verwendung von Druckzähnen und gedruckten Restaurationen in der prothetischen Ausbildung beschäftigt, möchten wir gerne von Ihnen erfahren, wie Sie die Arbeit mit diesen einschätzen. Bitte beantworten Sie sorgfältig die nachfolgenden Fragen.

2. Personenbezogene Daten

2.1 Bitte geben Sie Ihre **Nummer** (Teilnehmerliste) an.

.....

2.2 Welches **Material zum Aufpassen** wurde zuerst verwendet? Gruppe1: Xantopren Gruppe2: Okkluspray

2.3 Bitte geben Sie Ihr **Geschlecht** an. weiblich männlich divers

2.4 Bitte geben Sie Ihr **Alter** an.

.....

2.5 Haben Sie vor dem Zahnmedizinstudium eine **Ausbildung im zahntechnischen Bereich** abgeschlossen? Ja Nein

2.6 Wenn ja, welche?

Bewerten Sie in **Schulnoten** von 1 (sehr gut) bis 6 (ungenügend).

		1	2	3	4	5	6
2.7 Die zahntechnische Arbeiten in den vorklinischen Kursen fielen mir leicht.	<input type="checkbox"/>						
2.8 Die Patientenbehandlung in den klinischen Kursen fiel mir leicht.	<input type="checkbox"/>						
2.9 Ich habe große Freude an den praktischen Inhalten des Studiums der Zahnmedizin.	<input type="checkbox"/>						
2.10 So schätze ich meine manuellen Fertigkeiten ein.	<input type="checkbox"/>						

F17934U0P1PLDVG
18.04.2023, Seite 1/4

MUSTER

MUSTER

2. Personenbezogene Daten [Fortsetzung]

2.11 Ich hatte im Verlauf der vorklinischen und klinischen Kurse genügend Gelegenheit Kronen zu modellieren.

2.12 Ich hatte im Verlauf der vorklinischen und klinischen Kurse genügend Gelegenheit Kronen (z.B. Guss oder Keramik) aufzupassen.

3. Eigenschaften der Druckkronen im Vergleich zu Guss-, Keramikronen oder Provisorien

Bitte schätzen Sie folgende Eigenschaften der gedruckten Kronen im Vergleich zu Guss-, Keramikronen oder Provisorien ein. Bewerten Sie in Schulnoten von 1 (sehr gut) bis 6 (ungenügend).

Härte der Druckkronen im Vergleich zu Provisorien

	1	2	3	4	5	6
3.1 Provisorien	<input type="checkbox"/>					
3.2 Druckkrone	<input type="checkbox"/>					

realitätsnahes Gefühl beim Einschleifen

	1	2	3	4	5	6
3.3 Guss- und Keramikronen	<input type="checkbox"/>					
3.4 Druckkrone	<input type="checkbox"/>					

realitätsnahes Gefühl beim Aufpassen

	1	2	3	4	5	6
3.5 Guss- und Keramikronen	<input type="checkbox"/>					
3.6 Druckkrone	<input type="checkbox"/>					

realitätsnahe Details wie Randschluss

	1	2	3	4	5	6
3.7 Guss- und Keramikronen	<input type="checkbox"/>					
3.8 Druckkrone	<input type="checkbox"/>					

geeignete Übungsmöglichkeit

	1	2	3	4	5	6
3.9 Guss- und Keramikronen	<input type="checkbox"/>					
3.10 Druckkrone	<input type="checkbox"/>					

einfache Handhabung

	1	2	3	4	5	6
3.11 Guss- und Keramikronen	<input type="checkbox"/>					
3.12 Druckkrone	<input type="checkbox"/>					

MUSTER

3. Eigenschaften der Druckkronen im Vergleich zu Guss-, Keramikronen oder Provisorien [Fortsetzung]

4. Eigenschaften der Aufpassmethoden Xantopren/Okkluspray

Bitte schätzen Sie folgende **Eigenschaften der Aufpassmethoden mit Xantopren und Okkluspray** ein. Bewerten Sie in **Schulnoten** von 1 (sehr gut) bis 6 (ungenügend).

Mir fällt das Aufpassen mit diesem Material **leichter**.

	1	2	3	4	5	6
4.1 Xantopren	<input type="checkbox"/>					
4.2 Okkluspray	<input type="checkbox"/>					

Es fällt mir mit diesem Material leichter eine **Störstelle schnell zu identifizieren und entfernen**.

	1	2	3	4	5	6
4.3 Xantopren	<input type="checkbox"/>					
4.4 Okkluspray	<input type="checkbox"/>					

Dieses Material würde **ich selbst verwenden**.

	1	2	3	4	5	6
4.5 Xantopren	<input type="checkbox"/>					
4.6 Okkluspray	<input type="checkbox"/>					

5. Einschätzung zum Lernergebnis

Bewerten Sie in **Schulnoten** von 1 (sehr gut) bis 6 (ungenügend).

Mein subjektiver Lernerfolg ...

	1	2	3	4	5	6
5.1 ... war mit Xantopren am größten.	<input type="checkbox"/>					
5.2 ... war mit Okkluspray am größten.	<input type="checkbox"/>					

Nach dem Kurs fühle ich mich ...

	1	2	3	4	5	6
5.3 ... gut vorbereitet auf das Aufpassen von Kronen .	<input type="checkbox"/>					

6. Einschätzung zum Lernprozess

Bewerten Sie in **Schulnoten** von 1 (sehr gut) bis 6 (ungenügend).

	1	2	3	4	5	6
6.1 Die Übung hat bei mir den Enthusiasmus geweckt, meine Fähigkeiten beim Kronenaufpassen zu verbessern .	<input type="checkbox"/>					

MUSTER

EvaSys

Würzburger Kronen - Aufpassübung



6. Einschätzung zum Lernprozess [Fortsetzung]

6.2 Für mein Studium wünsche ich mir mehr **Übungen mit Druckzähnen bzw. gedruckten Restaurationen.**

6.3 Ich kann mir die **gesamte Ausbildung** in Vorbereitung auf die Patientenbehandlung ausschließlich mit den **Druckzähnen und gedruckten Restaurationen** vorstellen.

7. Offene Fragen

7.1 Was könnte man an den **gedruckten Kronen** noch verbessern?

7.2 Welche **Vorteile** bieten Ihrer Meinung nach die **Druckzähne und gedruckten Restaurationen** in der zahnärztlichen Ausbildung?

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

7.5 Ergebnisse des Übungsseminars

Stud. Nr.	KrA						KrB					
	Krone Nr.	Material	Fläche	AMW (+) (mm)	AMW (-) (mm)	GMW (+/-) (mm)	Krone Nr.	Material	Fläche	AMW (+) (mm)	AMW (-) (mm)	GMW (+/-) (mm)
1	1	x	GESAMT	0,043	-0,014	0,057	2	x	GESAMT	0,024	-0,023	0,047
1	1	x	PATCHES	0,103	-0,005	0,109	2	x	PATCHES	0,146	0,000	0,146
1	3	x	GESAMT	0,035	-0,009	0,044	4	x	GESAMT	0,018	-0,010	0,028
1	3	x	PATCHES	0,143	-0,002	0,145	4	x	PATCHES	0,124	0,000	0,125
1	5	o	GESAMT	0,036	-0,009	0,044	6	o	GESAMT	0,020	-0,018	0,038
1	5	o	PATCHES	0,144	0,000	0,144	6	o	PATCHES	0,123	-0,001	0,124
2	1	x	GESAMT	0,029	-0,008	0,037	2	x	GESAMT	0,016	-0,026	0,043
2	1	x	PATCHES	0,104	-0,001	0,105	2	x	PATCHES	0,130	-0,002	0,132
2	3	x	GESAMT	0,034	-0,009	0,044	4	x	GESAMT	0,037	-0,017	0,054
2	3	x	PATCHES	0,082	-0,013	0,094	4	x	PATCHES	0,205	0,000	0,205
2	5	o	GESAMT	0,021	-0,017	0,039	6	o	GESAMT	0,034	-0,010	0,044
2	5	o	PATCHES	0,012	-0,050	0,062	6	o	PATCHES	0,019	-0,010	0,030
3	1	x	GESAMT	0,043	-0,008	0,050	2	x	GESAMT	0,025	-0,047	0,072
3	1	x	PATCHES	0,128	-0,001	0,130	2	x	PATCHES	0,065	-0,011	0,076
3	3	x	GESAMT	0,037	-0,043	0,080	4	x	GESAMT	0,012	-0,013	0,025
3	3	x	PATCHES	0,138	-0,017	0,155	4	x	PATCHES	0,064	-0,015	0,078
3	5	o	GESAMT	0,032	-0,015	0,046	6	o	GESAMT	0,019	-0,024	0,043
3	5	o	PATCHES	0,122	-0,008	0,130	6	o	PATCHES	0,078	0,000	0,078
4	1	x	GESAMT	0,040	-0,009	0,049	2	x	GESAMT	0,019	-0,013	0,032
4	1	x	PATCHES	0,138	-0,001	0,139	2	x	PATCHES	0,124	0,000	0,124
4	3	x	GESAMT	0,037	-0,010	0,048	4	x	GESAMT	0,032	-0,009	0,041
4	3	x	PATCHES	0,137	-0,003	0,140	4	x	PATCHES	0,142	-0,001	0,143
4	5	o	GESAMT	0,037	-0,018	0,055	6	o	GESAMT	0,028	-0,016	0,045
4	5	o	PATCHES	0,150	-0,001	0,151	6	o	PATCHES	0,176	0,000	0,176
5	1	x	GESAMT	0,083	-0,068	0,151	2	x	GESAMT	0,048	-0,084	0,132
5	1	x	PATCHES	0,226	-0,017	0,243	2	x	PATCHES	0,034	-0,065	0,099
5	3	x	GESAMT	0,036	-0,034	0,070	4	x	GESAMT	0,027	-0,037	0,064
5	3	x	PATCHES	0,120	-0,011	0,131	4	x	PATCHES	0,070	-0,007	0,077
5	5	o	GESAMT	0,035	-0,032	0,067	6	o	GESAMT	0,029	-0,049	0,078
5	5	o	PATCHES	0,122	-0,017	0,139	6	o	PATCHES	0,050	-0,026	0,077
6	1	x	GESAMT	0,039	-0,012	0,051	2	x	GESAMT	0,020	-0,019	0,039
6	1	x	PATCHES	0,134	-0,003	0,137	2	x	PATCHES	0,109	0,000	0,109
6	3	x	GESAMT	0,034	-0,018	0,052	4	x	GESAMT	0,020	-0,016	0,035
6	3	x	PATCHES	0,135	-0,002	0,137	4	x	PATCHES	0,113	0,000	0,113
6	5	o	GESAMT	0,032	-0,031	0,063	6	o	GESAMT	0,015	-0,059	0,074

6	5	o	PATCHES	0,114	-0,013	0,127	6	o	PATCHES	0,078	-0,009	0,087
7	1	x	GESAMT	0,041	-0,021	0,062	2	x	GESAMT	0,024	-0,023	0,047
7	1	x	PATCHES	0,139	-0,006	0,144	2	x	PATCHES	0,108	-0,002	0,110
7	3	x	GESAMT	0,047	-0,064	0,111	4	x	GESAMT	0,023	-0,015	0,038
7	3	x	PATCHES	0,164	-0,017	0,180	4	x	PATCHES	0,172	-0,002	0,175
7	5	o	GESAMT	0,032	-0,020	0,053	6	o	GESAMT	0,058	-0,034	0,093
7	5	o	PATCHES	0,125	-0,009	0,134	6	o	PATCHES	0,227	0,000	0,227
8	1	x	GESAMT	0,038	-0,012	0,050	2	x	GESAMT	0,016	-0,014	0,031
8	1	x	PATCHES	0,122	-0,006	0,128	2	x	PATCHES	0,100	-0,001	0,101
8	3	x	GESAMT	0,018	-0,026	0,044	4	x	GESAMT	0,013	-0,024	0,037
8	3	x	PATCHES	0,060	-0,032	0,092	4	x	PATCHES	0,055	-0,050	0,105
8	5	o	GESAMT	0,035	-0,016	0,051	6	o	GESAMT	0,015	-0,021	0,036
8	5	o	PATCHES	0,118	-0,002	0,121	6	o	PATCHES	0,099	-0,004	0,103
9	1	x	GESAMT	0,036	-0,031	0,067	2	x	GESAMT	0,035	-0,040	0,075
9	1	x	PATCHES	0,083	-0,042	0,125	2	x	PATCHES	0,062	-0,019	0,081
9	3	x	GESAMT	0,025	-0,091	0,116	4	x	GESAMT	0,038	-0,031	0,069
9	3	x	PATCHES	0,044	-0,107	0,151	4	x	PATCHES	0,067	-0,037	0,104
9	5	o	GESAMT	0,021	-0,042	0,063	6	o	GESAMT	0,030	-0,035	0,065
9	5	o	PATCHES	0,011	-0,073	0,085	6	o	PATCHES	0,044	-0,047	0,091
10	1	x	GESAMT	0,024	-0,011	0,035	2	x	GESAMT	0,028	-0,017	0,045
10	1	x	PATCHES	0,072	-0,002	0,074	2	x	PATCHES	0,031	-0,003	0,035
10	3	x	GESAMT	0,029	-0,025	0,054	4	x	GESAMT	0,024	-0,074	0,097
10	3	x	PATCHES	0,065	-0,013	0,078	4	x	PATCHES	0,116	-0,011	0,127
10	5	o	GESAMT	0,027	-0,023	0,050	6	o	GESAMT	0,024	-0,028	0,052
10	5	o	PATCHES	0,089	-0,024	0,113	6	o	PATCHES	0,136	0,000	0,136
11	1	x	GESAMT	0,065	-0,038	0,103	2	x	GESAMT	0,029	-0,015	0,045
11	1	x	PATCHES	0,170	-0,013	0,183	2	x	PATCHES	0,107	-0,008	0,115
11	3	x	GESAMT	0,033	-0,030	0,063	4	x	GESAMT	0,025	-0,021	0,046
11	3	x	PATCHES	0,075	-0,025	0,100	4	x	PATCHES	0,091	-0,034	0,125
11	5	o	GESAMT	0,025	-0,045	0,070	6	o	GESAMT	0,019	-0,012	0,031
11	5	o	PATCHES	0,073	-0,022	0,096	6	o	PATCHES	0,138	-0,001	0,139
12	1	x	GESAMT	0,058	-0,044	0,103	2	x	GESAMT	0,033	-0,067	0,100
12	1	x	PATCHES	0,149	-0,023	0,173	2	x	PATCHES	0,052	-0,044	0,096
12	3	x	GESAMT	0,053	-0,045	0,098	4	x	GESAMT	0,044	-0,082	0,126
12	3	x	PATCHES	0,036	-0,083	0,118	4	x	PATCHES	0,134	-0,004	0,137
12	5	o	GESAMT	0,058	-0,040	0,098	6	o	GESAMT	0,073	-0,024	0,097
12	5	o	PATCHES	0,039	-0,063	0,103	6	o	PATCHES	0,105	-0,010	0,115
13	1	x	GESAMT	0,037	-0,052	0,089	2	x	GESAMT	0,028	-0,059	0,088
13	1	x	PATCHES	0,103	-0,022	0,125	2	x	PATCHES	0,013	-0,148	0,161
13	3	x	GESAMT	0,056	-0,032	0,088	4	x	GESAMT	0,019	-0,014	0,033
13	3	x	PATCHES	0,142	-0,029	0,171	4	x	PATCHES	0,038	-0,021	0,058
13	5	o	GESAMT	0,030	-0,030	0,060	6	o	GESAMT	0,025	-0,049	0,074
13	5	o	PATCHES	0,079	-0,016	0,095	6	o	PATCHES	0,058	-0,033	0,092

14	1	x	GESAMT	0,032	-0,013	0,046	2	x	GESAMT	0,020	-0,003	0,023
14	1	x	PATCHES	0,110	-0,007	0,116	2	x	PATCHES	0,151	0,000	0,151
14	3	x	GESAMT	0,030	-0,014	0,044	4	x	GESAMT	0,023	-0,008	0,031
14	3	x	PATCHES	0,112	-0,013	0,125	4	x	PATCHES	0,125	-0,004	0,129
14	5	o	GESAMT	0,050	-0,012	0,062	6	o	GESAMT	0,041	-0,005	0,046
14	5	o	PATCHES	0,100	-0,008	0,108	6	o	PATCHES	0,132	-0,001	0,133
15	1	x	GESAMT	0,038	-0,019	0,057	2	x	GESAMT	0,012	-0,014	0,026
15	1	x	PATCHES	0,149	-0,002	0,152	2	x	PATCHES	0,114	0,000	0,114
15	3	x	GESAMT	0,040	-0,010	0,051	4	x	GESAMT	0,037	-0,005	0,042
15	3	x	PATCHES	0,149	-0,002	0,151	4	x	PATCHES	0,172	0,000	0,172
15	5	o	GESAMT	0,055	-0,009	0,064	6	o	GESAMT	0,026	-0,016	0,041
15	5	o	PATCHES	0,140	-0,003	0,143	6	o	PATCHES	0,131	0,000	0,131
16	1	x	GESAMT	0,035	-0,014	0,048	2	x	GESAMT	0,027	-0,028	0,055
16	1	x	PATCHES	0,116	-0,009	0,125	2	x	PATCHES	0,125	-0,001	0,125
16	3	x	GESAMT	0,031	-0,016	0,046	4	x	GESAMT	0,019	-0,027	0,047
16	3	x	PATCHES	0,110	-0,001	0,111	4	x	PATCHES	0,130	0,000	0,131
16	5	o	GESAMT	0,044	-0,009	0,053	6	o	GESAMT	0,011	-0,032	0,044
16	5	o	PATCHES	0,084	-0,005	0,089	6	o	PATCHES	0,072	-0,008	0,080
17	1	x	GESAMT	0,052	-0,055	0,106	2	x	GESAMT	0,056	-0,083	0,139
17	1	x	PATCHES	0,187	-0,005	0,192	2	x	PATCHES	0,061	-0,030	0,090
17	3	x	GESAMT	0,054	-0,046	0,100	4	x	GESAMT	0,041	-0,030	0,071
17	3	x	PATCHES	0,171	-0,014	0,185	4	x	PATCHES	0,062	-0,033	0,096
17	5	o	GESAMT	0,013	-0,034	0,047	6	o	GESAMT	0,032	-0,032	0,065
17	5	o	PATCHES	0,031	-0,062	0,092	6	o	PATCHES	0,060	-0,011	0,071
18	1	x	GESAMT	0,041	-0,039	0,080	2	x	GESAMT	0,018	-0,020	0,037
18	1	x	PATCHES	0,157	-0,002	0,159	2	x	PATCHES	0,105	-0,003	0,108
18	3	x	GESAMT	0,036	-0,016	0,052	4	x	GESAMT	0,019	-0,043	0,063
18	3	x	PATCHES	0,143	-0,001	0,145	4	x	PATCHES	0,084	-0,010	0,095
18	5	o	GESAMT	0,033	-0,049	0,082	6	o	GESAMT	0,019	-0,061	0,080
18	5	o	PATCHES	0,121	-0,007	0,127	6	o	PATCHES	0,077	-0,013	0,090
19	1	x	GESAMT	0,030	-0,010	0,040	2	x	GESAMT	0,017	-0,030	0,047
19	1	x	PATCHES	0,118	0,000	0,118	2	x	PATCHES	0,133	0,000	0,133
19	3	x	GESAMT	0,026	-0,016	0,042	4	x	GESAMT	0,028	-0,073	0,101
19	3	x	PATCHES	0,073	-0,021	0,094	4	x	PATCHES	0,024	-0,094	0,118
19	5	o	GESAMT	0,028	-0,016	0,044	6	o	GESAMT	0,019	-0,026	0,045
19	5	o	PATCHES	0,105	-0,002	0,107	6	o	PATCHES	0,087	-0,009	0,095
20	1	x	GESAMT	0,036	-0,017	0,053	2	x	GESAMT	0,022	-0,065	0,087
20	1	x	PATCHES	0,131	-0,003	0,134	2	x	PATCHES	0,104	-0,006	0,111
20	3	x	GESAMT	0,017	-0,023	0,040	4	x	GESAMT	0,014	-0,041	0,055
20	3	x	PATCHES	0,050	-0,010	0,060	4	x	PATCHES	0,106	-0,001	0,107
20	5	o	GESAMT	0,028	-0,044	0,071	6	o	GESAMT	0,013	-0,028	0,042
20	5	o	PATCHES	0,107	-0,005	0,111	6	o	PATCHES	0,094	0,000	0,094
21	1	o	GESAMT	0,031	-0,028	0,060	2	o	GESAMT	0,012	-0,031	0,043

21	1	o	PATCHES	0,122	-0,005	0,127	2	o	PATCHES	0,058	-0,010	0,068
21	3	o	GESAMT	0,039	-0,018	0,057	4	o	GESAMT	0,018	-0,017	0,035
21	3	o	PATCHES	0,141	0,000	0,141	4	o	PATCHES	0,152	0,000	0,152
21	5	x	GESAMT	0,034	-0,016	0,050	6	x	GESAMT	0,016	-0,038	0,054
21	5	x	PATCHES	0,131	-0,001	0,132	6	x	PATCHES	0,109	0,000	0,110
22	1	o	GESAMT	0,017	-0,048	0,065	2	o	GESAMT	0,015	-0,030	0,044
22	1	o	PATCHES	0,023	-0,052	0,076	2	o	PATCHES	0,039	-0,015	0,054
22	3	o	GESAMT	0,018	-0,031	0,049	4	o	GESAMT	0,017	-0,031	0,048
22	3	o	PATCHES	0,050	-0,022	0,072	4	o	PATCHES	0,107	-0,002	0,109
22	5	x	GESAMT	0,018	-0,028	0,046	6	x	GESAMT	0,021	-0,054	0,076
22	5	x	PATCHES	0,038	-0,011	0,049	6	x	PATCHES	0,110	-0,006	0,115
23	1	o	GESAMT	0,033	-0,021	0,054	2	o	GESAMT	0,016	-0,026	0,042
23	1	o	PATCHES	0,132	-0,002	0,133	2	o	PATCHES	0,092	-0,010	0,102
23	3	o	GESAMT	0,038	-0,022	0,060	4	o	GESAMT	0,022	-0,019	0,041
23	3	o	PATCHES	0,145	-0,003	0,148	4	o	PATCHES	0,162	0,000	0,162
23	5	x	GESAMT	0,035	-0,020	0,056	6	x	GESAMT	0,017	-0,020	0,037
23	5	x	PATCHES	0,142	-0,001	0,143	6	x	PATCHES	0,100	-0,001	0,101
24	1	o	GESAMT	0,041	-0,032	0,073	2	o	GESAMT	0,016	-0,032	0,048
24	1	o	PATCHES	0,152	-0,001	0,153	2	o	PATCHES	0,104	0,000	0,104
24	3	o	GESAMT	0,042	-0,014	0,056	4	o	GESAMT	0,020	-0,016	0,036
24	3	o	PATCHES	0,165	0,000	0,165	4	o	PATCHES	0,150	0,000	0,150
24	5	x	GESAMT	0,036	-0,014	0,051	6	x	GESAMT	0,021	-0,015	0,035
24	5	x	PATCHES	0,135	0,000	0,136	6	x	PATCHES	0,156	0,000	0,156
25	1	o	GESAMT	0,036	-0,053	0,090	2	o	GESAMT	0,012	-0,037	0,049
25	1	o	PATCHES	0,124	-0,025	0,149	2	o	PATCHES	0,051	-0,043	0,094
25	3	o	GESAMT	0,028	-0,024	0,052	4	o	GESAMT	0,014	-0,019	0,033
25	3	o	PATCHES	0,107	-0,006	0,113	4	o	PATCHES	0,114	-0,004	0,118
25	5	x	GESAMT	0,035	-0,018	0,053	6	x	GESAMT	0,015	-0,022	0,037
25	5	x	PATCHES	0,131	-0,004	0,135	6	x	PATCHES	0,093	-0,012	0,104
26	1	o	GESAMT	0,024	-0,047	0,071	2	o	GESAMT	0,021	-0,016	0,037
26	1	o	PATCHES	0,076	-0,009	0,086	2	o	PATCHES	0,169	0,000	0,169
26	3	o	GESAMT	0,036	-0,017	0,053	4	o	GESAMT	0,021	-0,025	0,047
26	3	o	PATCHES	0,139	-0,004	0,143	4	o	PATCHES	0,146	0,000	0,146
26	5	x	GESAMT	0,035	-0,026	0,061	6	x	GESAMT	0,034	-0,022	0,056
26	5	x	PATCHES	0,116	-0,013	0,129	6	x	PATCHES	0,010	-0,026	0,036
27	1	o	GESAMT	0,036	-0,013	0,049	2	o	GESAMT	0,017	-0,027	0,044
27	1	o	PATCHES	0,149	0,000	0,149	2	o	PATCHES	0,127	0,000	0,127
27	3	o	GESAMT	0,035	-0,023	0,057	4	o	GESAMT	0,014	-0,023	0,037
27	3	o	PATCHES	0,131	-0,003	0,135	4	o	PATCHES	0,099	-0,003	0,102
27	5	x	GESAMT	0,037	-0,014	0,051	6	x	GESAMT	0,016	-0,012	0,028
27	5	x	PATCHES	0,147	-0,001	0,148	6	x	PATCHES	0,130	0,000	0,130
28	1	o	GESAMT	0,042	-0,058	0,101	2	o	GESAMT	0,019	-0,035	0,054
28	1	o	PATCHES	0,136	-0,014	0,150	2	o	PATCHES	0,130	-0,005	0,134

28	3	o	GESAMT	0,034	-0,078	0,112	4	o	GESAMT	0,013	-0,035	0,047
28	3	o	PATCHES	0,103	-0,027	0,130	4	o	PATCHES	0,072	-0,027	0,099
28	5	x	GESAMT	0,034	-0,018	0,052	6	x	GESAMT	0,020	-0,038	0,059
28	5	x	PATCHES	0,127	-0,008	0,135	6	x	PATCHES	0,082	-0,014	0,096
29	1	o	GESAMT	0,040	-0,011	0,051	2	o	GESAMT	0,014	-0,024	0,037
29	1	o	PATCHES	0,142	-0,002	0,144	2	o	PATCHES	0,051	-0,017	0,069
29	3	o	GESAMT	0,034	-0,033	0,067	4	o	GESAMT	0,015	-0,027	0,042
29	3	o	PATCHES	0,125	-0,019	0,144	4	o	PATCHES	0,083	-0,008	0,092
29	5	x	GESAMT	0,038	-0,032	0,070	6	x	GESAMT	0,023	-0,059	0,082
29	5	x	PATCHES	0,144	-0,011	0,155	6	x	PATCHES	0,134	-0,002	0,136
30	1	o	GESAMT	0,045	-0,056	0,101	2	o	GESAMT	0,022	-0,027	0,049
30	1	o	PATCHES	0,147	-0,009	0,156	2	o	PATCHES	0,085	-0,012	0,097
30	3	o	GESAMT	0,039	-0,021	0,060	4	o	GESAMT	0,020	-0,031	0,051
30	3	o	PATCHES	0,152	-0,002	0,154	4	o	PATCHES	0,109	-0,001	0,110
30	5	x	GESAMT	0,041	-0,039	0,080	6	x	GESAMT	0,015	-0,041	0,056
30	5	x	PATCHES	0,149	-0,003	0,151	6	x	PATCHES	0,073	-0,006	0,079
31	1	o	GESAMT	0,039	-0,046	0,085	2	o	GESAMT	0,010	-0,042	0,053
31	1	o	PATCHES	0,141	-0,013	0,154	2	o	PATCHES	0,036	-0,048	0,084
31	3	o	GESAMT	0,035	-0,020	0,055	4	o	GESAMT	0,014	-0,019	0,033
31	3	o	PATCHES	0,136	0,000	0,137	4	o	PATCHES	0,081	-0,001	0,081
31	5	x	GESAMT	0,034	-0,026	0,060	6	x	GESAMT	0,019	-0,023	0,042
31	5	x	PATCHES	0,127	-0,002	0,129	6	x	PATCHES	0,151	0,000	0,151
32	1	o	GESAMT	0,033	-0,032	0,065	2	o	GESAMT	0,017	-0,050	0,066
32	1	o	PATCHES	0,118	-0,008	0,127	2	o	PATCHES	0,033	-0,042	0,075
32	3	o	GESAMT	0,031	-0,020	0,051	4	o	GESAMT	0,015	-0,027	0,042
32	3	o	PATCHES	0,123	-0,002	0,125	4	o	PATCHES	0,113	-0,001	0,115
32	5	x	GESAMT	0,035	-0,019	0,053	6	x	GESAMT	0,015	-0,024	0,040
32	5	x	PATCHES	0,131	-0,008	0,140	6	x	PATCHES	0,092	-0,007	0,099
33	1	o	GESAMT	0,035	-0,026	0,061	2	o	GESAMT	0,016	-0,033	0,049
33	1	o	PATCHES	0,117	-0,002	0,119	2	o	PATCHES	0,110	0,000	0,110
33	3	o	GESAMT	0,019	-0,046	0,066	4	o	GESAMT	0,016	-0,046	0,062
33	3	o	PATCHES	0,046	-0,013	0,059	4	o	PATCHES	0,073	-0,003	0,076
33	5	x	GESAMT	0,031	-0,047	0,078	6	x	GESAMT	0,028	-0,058	0,086
33	5	x	PATCHES	0,079	-0,012	0,091	6	x	PATCHES	0,088	-0,008	0,096
35	1	o	GESAMT	0,039	-0,063	0,102	2	o	GESAMT	0,019	-0,034	0,053
35	1	o	PATCHES	0,137	-0,011	0,148	2	o	PATCHES	0,110	0,000	0,110
35	3	o	GESAMT	0,038	-0,019	0,057	4	o	GESAMT	0,018	-0,015	0,033
35	3	o	PATCHES	0,147	0,000	0,147	4	o	PATCHES	0,128	0,000	0,128
35	5	x	GESAMT	0,033	-0,014	0,048	6	x	GESAMT	0,021	-0,022	0,043
35	5	x	PATCHES	0,132	-0,007	0,139	6	x	PATCHES	0,108	-0,001	0,109
38	1	o	GESAMT	0,029	-0,026	0,055	2	o	GESAMT	0,018	-0,018	0,036
38	1	o	PATCHES	0,117	-0,003	0,119	2	o	PATCHES	0,073	-0,018	0,091
38	3	o	GESAMT	0,034	-0,035	0,069	4	o	GESAMT	0,017	-0,022	0,039

38	3	o	PATCHES	0,128	-0,004	0,133	4	o	PATCHES	0,110	-0,006	0,116
38	5	x	GESAMT	0,035	-0,056	0,091	6	x	GESAMT	0,023	-0,035	0,059
38	5	x	PATCHES	0,124	-0,011	0,135	6	x	PATCHES	0,127	-0,013	0,140
39	1	o	GESAMT	0,020	-0,026	0,046	2	o	GESAMT	0,010	-0,042	0,052
39	1	o	PATCHES	0,058	-0,009	0,067	2	o	PATCHES	0,074	-0,002	0,077
39	3	o	GESAMT	0,035	-0,021	0,056	4	o	GESAMT	0,020	-0,024	0,044
39	3	o	PATCHES	0,126	-0,001	0,127	4	o	PATCHES	0,137	0,000	0,137
39	5	x	GESAMT	0,029	-0,034	0,063	6	x	GESAMT	0,017	-0,028	0,044
39	5	x	PATCHES	0,105	-0,007	0,111	6	x	PATCHES	0,112	0,000	0,112
40	1	o	GESAMT	0,037	-0,033	0,070	2	o	GESAMT	0,016	-0,040	0,057
40	1	o	PATCHES	0,120	-0,005	0,125	2	o	PATCHES	0,053	-0,014	0,068
40	3	o	GESAMT	0,031	-0,033	0,065	4	o	GESAMT	0,015	-0,036	0,051
40	3	o	PATCHES	0,107	-0,005	0,112	4	o	PATCHES	0,085	-0,003	0,088
40	5	x	GESAMT	0,025	-0,031	0,057	6	x	GESAMT	0,024	-0,029	0,053
40	5	x	PATCHES	0,072	-0,016	0,088	6	x	PATCHES	0,164	0,000	0,164
41	1	x	GESAMT	0,035	-0,014	0,050	2	x	GESAMT	0,020	-0,009	0,029
41	1	x	PATCHES	0,131	0,000	0,132	2	x	PATCHES	0,110	0,000	0,110
41	3	x	GESAMT	0,036	-0,010	0,046	4	x	GESAMT	0,019	-0,013	0,032
41	3	x	PATCHES	0,147	-0,001	0,148	4	x	PATCHES	0,111	0,000	0,111
41	5	o	GESAMT	0,035	-0,020	0,055	6	o	GESAMT	0,012	-0,034	0,046
41	5	o	PATCHES	0,140	-0,004	0,144	6	o	PATCHES	0,064	-0,005	0,069
42	1	x	GESAMT	0,016	-0,036	0,052	2	x	GESAMT	0,022	-0,019	0,040
42	1	x	PATCHES	0,051	-0,025	0,076	2	x	PATCHES	0,130	-0,004	0,135
42	3	x	GESAMT	0,037	-0,011	0,047	4	x	GESAMT	0,019	-0,010	0,030
42	3	x	PATCHES	0,148	0,000	0,148	4	x	PATCHES	0,162	0,000	0,162
42	5	o	GESAMT	0,022	-0,014	0,036	6	o	GESAMT	0,015	-0,026	0,041
42	5	o	PATCHES	0,080	-0,004	0,084	6	o	PATCHES	0,115	-0,002	0,117
43	1	x	GESAMT	0,038	-0,024	0,062	2	x	GESAMT	0,026	-0,022	0,047
43	1	x	PATCHES	0,116	-0,022	0,138	2	x	PATCHES	0,117	-0,002	0,119
43	3	x	GESAMT	0,012	-0,028	0,040	4	x	GESAMT	0,013	-0,022	0,035
43	3	x	PATCHES	0,026	-0,048	0,073	4	x	PATCHES	0,053	-0,038	0,091
43	5	o	GESAMT	0,028	-0,017	0,044	6	o	GESAMT	0,011	-0,039	0,050
43	5	o	PATCHES	0,112	-0,007	0,119	6	o	PATCHES	0,043	-0,059	0,102
44	1	x	GESAMT	0,053	-0,046	0,099	2	x	GESAMT	0,022	-0,012	0,035
44	1	x	PATCHES	0,145	-0,024	0,169	2	x	PATCHES	0,129	-0,001	0,129
44	3	x	GESAMT	0,036	-0,039	0,075	4	x	GESAMT	0,014	-0,033	0,047
44	3	x	PATCHES	0,108	-0,021	0,129	4	x	PATCHES	0,047	-0,057	0,104
44	5	o	GESAMT	0,039	-0,053	0,092	6	o	GESAMT	0,016	-0,034	0,050
44	5	o	PATCHES	0,120	-0,034	0,153	6	o	PATCHES	0,055	-0,020	0,076
45	1	x	GESAMT	0,031	-0,010	0,041	2	x	GESAMT	0,015	-0,017	0,032
45	1	x	PATCHES	0,109	-0,005	0,114	2	x	PATCHES	0,098	0,000	0,098
45	3	x	GESAMT	0,018	-0,022	0,040	4	x	GESAMT	0,020	-0,030	0,050
45	3	x	PATCHES	0,041	-0,026	0,067	4	x	PATCHES	0,078	-0,004	0,082

45	5	o	GESAMT	0,028	-0,017	0,045	6	o	GESAMT	0,014	-0,031	0,045
45	5	o	PATCHES	0,103	-0,003	0,106	6	o	PATCHES	0,104	-0,005	0,110
46	1	x	GESAMT	0,025	-0,017	0,042	2	x	GESAMT	0,018	-0,015	0,034
46	1	x	PATCHES	0,094	-0,003	0,096	2	x	PATCHES	0,108	-0,005	0,113
46	3	x	GESAMT	0,043	-0,025	0,068	4	x	GESAMT	0,014	-0,028	0,042
46	3	x	PATCHES	0,154	-0,002	0,156	4	x	PATCHES	0,108	-0,008	0,116
46	5	o	GESAMT	0,032	-0,020	0,052	6	o	GESAMT	0,013	-0,036	0,050
46	5	o	PATCHES	0,131	-0,003	0,133	6	o	PATCHES	0,066	-0,022	0,088
47	1	x	GESAMT	0,026	-0,014	0,040	2	x	GESAMT	0,013	-0,010	0,022
47	1	x	PATCHES	0,077	-0,007	0,084	2	x	PATCHES	0,075	-0,006	0,082
47	3	x	GESAMT	0,025	-0,023	0,048	4	x	GESAMT	0,022	-0,020	0,042
47	3	x	PATCHES	0,082	-0,015	0,097	4	x	PATCHES	0,112	0,000	0,112
47	5	o	GESAMT	0,021	-0,022	0,043	6	o	GESAMT	0,012	-0,016	0,028
47	5	o	PATCHES	0,067	-0,008	0,075	6	o	PATCHES	0,085	-0,001	0,086
48	1	x	GESAMT	0,029	-0,011	0,040	2	x	GESAMT	0,013	-0,038	0,051
48	1	x	PATCHES	0,097	-0,005	0,101	2	x	PATCHES	0,071	-0,032	0,104
48	3	x	GESAMT	0,034	-0,016	0,050	4	x	GESAMT	0,015	-0,050	0,065
48	3	x	PATCHES	0,129	-0,011	0,140	4	x	PATCHES	0,066	-0,036	0,101
48	5	o	GESAMT	0,035	-0,022	0,057	6	o	GESAMT	0,009	-0,014	0,023
48	5	o	PATCHES	0,129	-0,008	0,136	6	o	PATCHES	0,065	-0,018	0,082
49	1	x	GESAMT	0,048	-0,077	0,125	2	x	GESAMT	0,025	-0,080	0,105
49	1	x	PATCHES	0,160	0,000	0,161	2	x	PATCHES	0,126	0,000	0,126
49	3	x	GESAMT	0,038	-0,018	0,055	4	x	GESAMT	0,024	-0,042	0,066
49	3	x	PATCHES	0,133	0,000	0,133	4	x	PATCHES	0,161	0,000	0,161
49	5	o	GESAMT	0,028	-0,049	0,076	6	o	GESAMT	0,024	-0,042	0,066
49	5	o	PATCHES	0,088	-0,013	0,101	6	o	PATCHES	0,065	-0,067	0,132
50	1	x	GESAMT	0,038	-0,028	0,066	2	x	GESAMT	0,027	-0,028	0,055
50	1	x	PATCHES	0,072	-0,044	0,115	2	x	PATCHES	0,168	0,000	0,168
50	3	x	GESAMT	0,021	-0,022	0,044	4	x	GESAMT	0,056	-0,053	0,109
50	3	x	PATCHES	0,060	-0,038	0,098	4	x	PATCHES	0,249	0,000	0,249
50	5	o	GESAMT	0,021	-0,027	0,047	6	o	GESAMT	0,018	-0,043	0,061
50	5	o	PATCHES	0,059	-0,014	0,074	6	o	PATCHES	0,018	-0,020	0,038
52	1	x	GESAMT	0,027	-0,016	0,042	2	x	GESAMT	0,032	-0,020	0,052
52	1	x	PATCHES	0,071	-0,004	0,076	2	x	PATCHES	0,164	0,000	0,164
52	3	x	GESAMT	0,018	-0,030	0,047	4	x	GESAMT	0,019	-0,015	0,033
52	3	x	PATCHES	0,039	-0,086	0,125	4	x	PATCHES	0,129	0,000	0,129
52	5	o	GESAMT	0,013	-0,054	0,067	6	o	GESAMT	0,019	-0,029	0,047
52	5	o	PATCHES	0,014	-0,109	0,123	6	o	PATCHES	0,135	0,000	0,136
53	1	x	GESAMT	0,024	-0,074	0,098	2	x	GESAMT	0,024	-0,048	0,071
53	1	x	PATCHES	0,050	-0,028	0,078	2	x	PATCHES	0,118	-0,013	0,131
53	3	x	GESAMT	0,032	-0,025	0,057	4	x	GESAMT	0,016	-0,072	0,087
53	3	x	PATCHES	0,090	-0,011	0,101	4	x	PATCHES	0,059	-0,027	0,086
53	5	o	GESAMT	0,030	-0,045	0,075	6	o	GESAMT	0,016	-0,019	0,034

53	5	o	PATCHES	0,094	-0,009	0,103	6	o	PATCHES	0,096	-0,008	0,104
54	1	x	GESAMT	0,032	-0,017	0,049	2	x	GESAMT	0,019	-0,011	0,030
54	1	x	PATCHES	0,105	-0,015	0,120	2	x	PATCHES	0,124	-0,007	0,132
54	3	x	GESAMT	0,034	-0,016	0,050	4	x	GESAMT	0,014	-0,010	0,024
54	3	x	PATCHES	0,127	-0,021	0,148	4	x	PATCHES	0,106	0,000	0,106
54	5	o	GESAMT	0,034	-0,018	0,052	6	o	GESAMT	0,019	-0,018	0,037
54	5	o	PATCHES	0,129	-0,010	0,139	6	o	PATCHES	0,123	-0,003	0,126
55	1	x	GESAMT	0,038	-0,028	0,065	2	x	GESAMT	0,019	-0,011	0,030
55	1	x	PATCHES	0,129	-0,005	0,134	2	x	PATCHES	0,109	0,000	0,109
55	3	x	GESAMT	0,045	-0,006	0,051	4	x	GESAMT	0,017	-0,013	0,030
55	3	x	PATCHES	0,130	0,000	0,131	4	x	PATCHES	0,123	0,000	0,124
55	5	o	GESAMT	0,032	-0,011	0,043	6	o	GESAMT	0,018	-0,011	0,029
55	5	o	PATCHES	0,112	0,000	0,112	6	o	PATCHES	0,117	0,000	0,117
56	1	x	GESAMT	0,022	-0,017	0,039	2	x	GESAMT	0,017	-0,032	0,049
56	1	x	PATCHES	0,079	-0,005	0,084	2	x	PATCHES	0,136	-0,005	0,141
56	3	x	GESAMT	0,039	-0,015	0,054	4	x	GESAMT	0,015	-0,023	0,038
56	3	x	PATCHES	0,150	-0,004	0,154	4	x	PATCHES	0,106	-0,002	0,109
56	5	o	GESAMT	0,031	-0,022	0,052	6	o	GESAMT	0,014	-0,021	0,036
56	5	o	PATCHES	0,117	-0,003	0,120	6	o	PATCHES	0,102	0,000	0,102
57	1	x	GESAMT	0,048	-0,031	0,079	2	x	GESAMT	0,025	-0,063	0,088
57	1	x	PATCHES	0,159	-0,005	0,163	2	x	PATCHES	0,084	-0,017	0,101
57	3	x	GESAMT	0,039	-0,012	0,050	4	x	GESAMT	0,019	-0,040	0,059
57	3	x	PATCHES	0,137	-0,005	0,141	4	x	PATCHES	0,119	-0,001	0,120
57	5	o	GESAMT	0,039	-0,007	0,046	6	o	GESAMT	0,015	-0,021	0,036
57	5	o	PATCHES	0,131	-0,001	0,132	6	o	PATCHES	0,108	-0,001	0,108
58	1	o	GESAMT	0,035	-0,013	0,047	2	o	GESAMT	0,016	-0,028	0,044
58	1	o	PATCHES	0,125	-0,002	0,127	2	o	PATCHES	0,107	0,000	0,107
58	3	o	GESAMT	0,036	-0,021	0,057	4	o	GESAMT	0,014	-0,024	0,038
58	3	o	PATCHES	0,131	-0,003	0,134	4	o	PATCHES	0,098	0,000	0,098
58	5	x	GESAMT	0,035	-0,008	0,043	6	x	GESAMT	0,012	-0,015	0,028
58	5	x	PATCHES	0,124	-0,003	0,127	6	x	PATCHES	0,054	-0,011	0,065
59	1	o	GESAMT	0,028	-0,022	0,049	2	o	GESAMT	0,012	-0,036	0,049
59	1	o	PATCHES	0,103	-0,001	0,104	2	o	PATCHES	0,076	-0,005	0,081
59	3	o	GESAMT	0,033	-0,011	0,044	4	o	GESAMT	0,013	-0,024	0,037
59	3	o	PATCHES	0,120	0,000	0,120	4	o	PATCHES	0,097	0,000	0,097
59	5	x	GESAMT	0,041	-0,027	0,068	6	x	GESAMT	0,021	-0,012	0,033
59	5	x	PATCHES	0,154	0,000	0,154	6	x	PATCHES	0,158	0,000	0,158
60	1	o	GESAMT	0,040	-0,015	0,055	2	o	GESAMT	0,022	-0,060	0,082
60	1	o	PATCHES	0,137	-0,005	0,141	2	o	PATCHES	0,101	-0,002	0,103
60	3	o	GESAMT	0,037	-0,044	0,082	4	o	GESAMT	0,023	-0,037	0,060
60	3	o	PATCHES	0,138	-0,013	0,151	4	o	PATCHES	0,098	-0,004	0,102
60	5	x	GESAMT	0,032	-0,020	0,052	6	x	GESAMT	0,014	-0,021	0,035
60	5	x	PATCHES	0,128	-0,010	0,138	6	x	PATCHES	0,059	-0,023	0,082

61	1	o	GESAMT	0,023	-0,015	0,038	2	o	GESAMT	0,017	-0,018	0,035
61	1	o	PATCHES	0,081	-0,001	0,082	2	o	PATCHES	0,109	-0,002	0,110
61	3	o	GESAMT	0,024	-0,034	0,059	4	o	GESAMT	0,016	-0,039	0,054
61	3	o	PATCHES	0,079	-0,003	0,082	4	o	PATCHES	0,093	-0,006	0,099
61	5	x	GESAMT	0,036	-0,016	0,051	6	x	GESAMT	0,018	-0,042	0,060
61	5	x	PATCHES	0,095	-0,005	0,100	6	x	PATCHES	0,141	0,000	0,141
62	1	o	GESAMT	0,039	-0,022	0,061	2	o	GESAMT	0,022	-0,044	0,066
62	1	o	PATCHES	0,114	-0,008	0,123	2	o	PATCHES	0,076	-0,007	0,082
62	3	o	GESAMT	0,035	-0,030	0,065	4	o	GESAMT	0,028	-0,058	0,086
62	3	o	PATCHES	0,128	-0,004	0,131	4	o	PATCHES	0,080	-0,016	0,096
62	5	x	GESAMT	0,038	-0,044	0,083	6	x	GESAMT	0,029	-0,068	0,097
62	5	x	PATCHES	0,138	-0,014	0,152	6	x	PATCHES	0,030	-0,043	0,073
63	1	o	GESAMT	0,028	-0,039	0,067	2	o	GESAMT	0,020	-0,014	0,034
63	1	o	PATCHES	0,086	-0,002	0,088	2	o	PATCHES	0,139	0,000	0,139
63	3	o	GESAMT	0,034	-0,012	0,046	4	o	GESAMT	0,020	-0,021	0,041
63	3	o	PATCHES	0,117	-0,003	0,119	4	o	PATCHES	0,126	0,000	0,126
63	5	x	GESAMT	0,033	-0,018	0,051	6	x	GESAMT	0,023	-0,039	0,062
63	5	x	PATCHES	0,128	-0,003	0,130	6	x	PATCHES	0,122	-0,009	0,131
64	1	o	GESAMT	0,037	-0,050	0,086	2	o	GESAMT	0,014	-0,025	0,040
64	1	o	PATCHES	0,126	-0,015	0,141	2	o	PATCHES	0,079	-0,030	0,109
64	3	o	GESAMT	0,039	-0,032	0,071	4	o	GESAMT	0,019	-0,035	0,054
64	3	o	PATCHES	0,117	-0,006	0,123	4	o	PATCHES	0,057	-0,025	0,082
64	5	x	GESAMT	0,043	-0,015	0,058	6	x	GESAMT	0,017	-0,013	0,031
64	5	x	PATCHES	0,148	-0,013	0,161	6	x	PATCHES	0,065	-0,013	0,078
65	1	o	GESAMT	0,013	-0,056	0,068	2	o	GESAMT	0,026	-0,131	0,157
65	1	o	PATCHES	0,019	-0,147	0,166	2	o	PATCHES	0,122	-0,008	0,130
65	3	o	GESAMT	0,035	-0,018	0,053	4	o	GESAMT	0,045	-0,046	0,091
65	3	o	PATCHES	0,124	-0,017	0,141	4	o	PATCHES	0,156	-0,004	0,160
65	5	x	GESAMT	0,032	-0,038	0,070	6	x	GESAMT	0,017	-0,065	0,082
65	5	x	PATCHES	0,091	-0,056	0,147	6	x	PATCHES	0,033	-0,049	0,082
66	1	o	GESAMT	0,030	-0,050	0,080	2	o	GESAMT	0,019	-0,065	0,084
66	1	o	PATCHES	0,086	-0,038	0,124	2	o	PATCHES	0,078	-0,013	0,092
66	3	o	GESAMT	0,045	-0,045	0,089	4	o	GESAMT	0,034	-0,084	0,118
66	3	o	PATCHES	0,138	-0,022	0,160	4	o	PATCHES	0,087	-0,024	0,111
66	5	x	GESAMT	0,036	-0,118	0,154	6	x	GESAMT	0,032	-0,098	0,129
66	5	x	PATCHES	0,086	-0,076	0,161	6	x	PATCHES	0,110	-0,018	0,128
67	1	o	GESAMT	0,033	-0,019	0,052	2	o	GESAMT	0,015	-0,029	0,044
67	1	o	PATCHES	0,126	-0,001	0,127	2	o	PATCHES	0,125	0,000	0,125
67	3	o	GESAMT	0,042	-0,008	0,050	4	o	GESAMT	0,021	-0,016	0,038
67	3	o	PATCHES	0,122	-0,001	0,123	4	o	PATCHES	0,123	0,000	0,124
67	5	x	GESAMT	0,040	-0,013	0,054	6	x	GESAMT	0,024	-0,016	0,040
67	5	x	PATCHES	0,149	-0,001	0,149	6	x	PATCHES	0,132	0,000	0,132
68	1	o	GESAMT	0,034	-0,012	0,046	2	o	GESAMT	0,013	-0,020	0,033

68	1	o	PATCHES	0,120	-0,002	0,122	2	o	PATCHES	0,086	0,000	0,086
68	3	o	GESAMT	0,032	-0,010	0,042	4	o	GESAMT	0,022	-0,012	0,034
68	3	o	PATCHES	0,120	-0,001	0,121	4	o	PATCHES	0,107	0,000	0,107
68	5	x	GESAMT	0,035	-0,007	0,042	6	x	GESAMT	0,013	-0,017	0,030
68	5	x	PATCHES	0,131	-0,002	0,133	6	x	PATCHES	0,087	-0,004	0,091
69	1	o	GESAMT	0,038	-0,025	0,063	2	o	GESAMT	0,021	-0,050	0,070
69	1	o	PATCHES	0,141	-0,001	0,142	2	o	PATCHES	0,091	-0,004	0,094
69	3	o	GESAMT	0,035	-0,032	0,067	4	o	GESAMT	0,014	-0,038	0,051
69	3	o	PATCHES	0,140	0,000	0,140	4	o	PATCHES	0,076	-0,011	0,087
69	5	x	GESAMT	0,039	-0,023	0,062	6	x	GESAMT	0,017	-0,060	0,077
69	5	x	PATCHES	0,146	-0,003	0,149	6	x	PATCHES	0,087	-0,007	0,094
70	1	o	GESAMT	0,016	-0,042	0,058	2	o	GESAMT	0,026	-0,047	0,073
70	1	o	PATCHES	0,031	-0,029	0,060	2	o	PATCHES	0,027	-0,018	0,045
70	3	o	GESAMT	0,024	-0,046	0,071	4	o	GESAMT	0,023	-0,043	0,066
70	3	o	PATCHES	0,051	-0,037	0,088	4	o	PATCHES	0,062	-0,030	0,091
70	5	x	GESAMT	0,017	-0,045	0,062	6	x	GESAMT	0,026	-0,061	0,087
70	5	x	PATCHES	0,026	-0,068	0,094	6	x	PATCHES	0,083	-0,042	0,126
71	1	o	GESAMT	0,024	-0,052	0,077	2	o	GESAMT	0,013	-0,046	0,059
71	1	o	PATCHES	0,064	-0,032	0,096	2	o	PATCHES	0,045	-0,059	0,105
71	3	o	GESAMT	0,032	-0,011	0,044	4	o	GESAMT	0,021	-0,030	0,051
71	3	o	PATCHES	0,125	-0,006	0,131	4	o	PATCHES	0,083	-0,003	0,086
71	5	x	GESAMT	0,036	-0,011	0,047	6	x	GESAMT	0,022	-0,025	0,047
71	5	x	PATCHES	0,128	-0,014	0,141	6	x	PATCHES	0,092	-0,003	0,094
72	1	o	GESAMT	0,015	-0,037	0,052	2	o	GESAMT	0,021	-0,080	0,101
72	1	o	PATCHES	0,027	-0,099	0,127	2	o	PATCHES	0,120	0,000	0,120
72	3	o	GESAMT	0,018	-0,038	0,055	4	o	GESAMT	0,023	-0,077	0,100
72	3	o	PATCHES	0,058	-0,033	0,092	4	o	PATCHES	0,134	0,000	0,134
72	5	x	GESAMT	0,019	-0,037	0,056	6	x	GESAMT	0,017	-0,036	0,053
72	5	x	PATCHES	0,062	-0,016	0,078	6	x	PATCHES	0,129	0,000	0,129
73	1	o	GESAMT	0,027	-0,034	0,061	2	o	GESAMT	0,011	-0,037	0,049
73	1	o	PATCHES	0,097	-0,013	0,110	2	o	PATCHES	0,038	-0,024	0,061
73	3	o	GESAMT	0,038	-0,028	0,066	4	o	GESAMT	0,021	-0,027	0,049
73	3	o	PATCHES	0,128	-0,003	0,132	4	o	PATCHES	0,085	-0,040	0,125
73	5	x	GESAMT	0,040	-0,008	0,048	6	x	GESAMT	0,018	-0,043	0,061
73	5	x	PATCHES	0,143	-0,003	0,145	6	x	PATCHES	0,125	-0,001	0,126
74	1	o	GESAMT	0,044	-0,005	0,049	2	o	GESAMT	0,021	-0,018	0,039
74	1	o	PATCHES	0,147	0,000	0,147	2	o	PATCHES	0,136	0,000	0,136
74	3	o	GESAMT	0,034	-0,006	0,041	4	o	GESAMT	0,019	-0,024	0,043
74	3	o	PATCHES	0,134	-0,001	0,135	4	o	PATCHES	0,120	0,000	0,121
74	5	x	GESAMT	0,035	-0,022	0,057	6	x	GESAMT	0,017	-0,021	0,038
74	5	x	PATCHES	0,122	-0,003	0,125	6	x	PATCHES	0,122	-0,001	0,123
75	1	x	GESAMT	0,036	-0,102	0,138	2	x	GESAMT	0,038	-0,084	0,121
75	1	x	PATCHES	0,019	-0,247	0,266	2	x	PATCHES	0,119	-0,005	0,123

75	3	x	GESAMT	0,040	-0,029	0,069	4	x	GESAMT	0,041	-0,046	0,087
75	3	x	PATCHES	0,126	-0,039	0,165	4	x	PATCHES	0,237	0,000	0,237
75	5	o	GESAMT	0,036	-0,019	0,055	6	o	GESAMT	0,025	-0,026	0,051
75	5	o	PATCHES	0,142	-0,009	0,151	6	o	PATCHES	0,084	-0,065	0,149

7.6 Ergebnisse des Fragebogens

2.2	1	27	2		3	2	1	2	1	1	2	4	1	5	1	4	1	3	1	4	3	2	4	1	4	1	4	1	4	1	3	3	3	3	5
2.3	1	1	25	2		1	2	1	2	2	2	4	2	4	1	3	1	5	2	4	2	2	3	1	3	2	3	2	3	2	2	2	2	3	
2.4	2	2	25	2		3	2	1	3	2	2	2	2	2	4	2	4	3	3	2	4	1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	3		
2.5	1	1	30	2		2	3	2	3	4	4	3	2	2	3	2	2	3	3	2	2	4	1	4	2	5	1	4	1	4	3	1	1	1	
2.6	1	2	29	2		2	2	2	1	3	3	2	2	3	2	3	2	4	2	3	3	2	2	1	2	1	1	2	3	2	2	4	3	2	
2.7	1	1	22	2		3	2	1	2	3	4	2	3	1	3	1	3	3	3	2	3	4	3	4	2	2	3	3	3	3	4	4	4	3	
2.8	1	1	24	2		2	2	1	2	3	3	2	3	3	3	2	3	2	4	2	3	2	2	3	1	5	1	4	1	4	1	2	2	2	5
2.9	2	1	24	2		3	3	2	3	2	3	4	3	3	2	3	2	5	2	2	3	2	3	3	2	4	2	4	2	4	2	2	1	2	
2.10	1	1	30	1	ZT	1	2	2	2	2	2	4	2	3	2	3	2	5	2	2	2	2	3	2	3	2	3	2	3	2	1	2	2	3	
2.11	1	2	24	2		3	2	3	2	3	4	4	4	3	3	1	1	3	2	2	2	2	4	1	4	1	4	1	4	2	2	2	3	2	
2.12	2	2	21	2		2	1	2	1	2	3	4	2	2	4	2	3	1	3	3	1	2	2	1	4	1	4	1	5	1	3	1	3	1	4
3.1	1	1	22	2		2	2	1	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3	2	3	2	2	3	2	3	2	3	1	4	2	2	2	2	3	
3.2	1	1	27	2		2	2	1	2	2	3	2	3	2	2	3	1	3	2	2	2	2	2	2	1	2	2	3	2	3	2	1	1	1	
3.3	2	2	23	2		3	3	2	2	3	2	2	2	3	4	3	4	3	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	4	3	3	3	2	1	
3.4	1	2	22	2		4	2	1	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	2	3	2	2	
3.5	1	2	23	2		1	1	1	2	1	3	4	3	2	4	1	3	2	4	1	1	2	2	4	2	4	1	4	1	2	1	2	1	3	
3.6	2	2	22	2		3	3	1	2	1	3	3	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	3	2	2	2	1	1	2	1	2	1	3	
3.7	2	1	31	2		2	4	1	2	2	3	4	3	2	4	3	2	4	3	3	2	3	2	3	2	3	1	2	2	3	2	1	2	3	
3.8	1	1	24	2		3	2	1	2	2	4	2	2	2	3	2	2	5	2	2	2	2	4	2	3	1	3	2	4	2	3	2	1	4	
3.9	2	1	23	2		3	2	3	2	4	4	3	3	2	3	3	4	3	4	3	3	3	5	2	4	2	5	3	5	3	3	3	3	3	
3.10	1	1	26	1	ZT	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	3	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	

1	2	23	2		2	5	3	2	5	4	2	5	2	4	2	2	5	4	3	3	2	5	4	2	2	5	5	2	1	4	3	1	5	2	
2	1	22	2		2	2	2	3	1	5	3	5	2	3	2	5	1	5	1	1	2	2	6	3	5	2	4	1	4	2	2	4	4	3	
1	1	31	1	ZMF	2	3	1	2	2	2	2	5	2	3	2	4	1	3	1	3	1	1	1	2	1	2	1	2	2	3	1	4	3	5	
2	1	29	2		3	3	1	3	3	3	2	3	2	3	2	2	2	3	2	2	2	3	2	3	2	4	1	2	2	1	2	2	3		
2	1	28	2		3	3	3	3	3	4	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	3	2	3	2	3	2	3	3	2	2	2	
2	1	24	2		3	2	2	2	4	3	1	2	1	2	2	1	3	2	2	2	1	1	3	2	3	1	2	2	3	2	1	2	1	1	
1	2	22	2		3	1	1	2	2	2	4	3	2	3	2	2	3	2	2	2	2	3	4	2	3	1	3	1	3	2	2	3	1	2	
2	1	25	1	ZT	1	3	2	2	3	3	3	2	3	3	2	1	2	3	1	3	2	3	5	1	5	1	6	1	6	1	3	3	1	3	
2	2	25	2		3	2	2	2	3	3	3	3	2	4	3	3	3	4	3	3	3	4	5	1	5	1	5	1	4	3	3	4	4	4	
2	1	29	2		3	3	2	2	5	5	3	4	2	3	3	3	2	4	4	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	2	2	2	1	4	
2	1	31	2		2	2	1	2	4	5	3	5	3	5	2	4	2	2	1	2	1	1	4	1	4	2	2	1	5	2	2	1	1	6	
1	1	24	1		3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	4	3	3	3	3	2	2	3	4	3	4	3	3	4	2	3	2	3	
1	1	30	2		4	2	1	2	1	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	1	5	1	5	1	2	2	2	2	
2	2	26	2		3	2	1	2	2	2	2	3	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	3	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	
2	1	23	2		2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2	2	1	2	2	3	2	1	4	1	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	
1	1	24	2		2	2	1	2	2	4	2	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	3	2	3	2	2	2	2	3	3	
2	1	27	2		3	3	1	2	2	2	2	5	1	4	2	4	2	3	2	3	2	3	6	1	2	6	5	2	5	2	2	2	2	2	
2	2	23	2		3	3	2	2	2	5	2	5	2	4	2	2	1	5	2	3	2	4	5	2	4	2	4	2	5	2	3	4	2	2	
1	2	25	2		3	3	2	3	4	5	2	5	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	2	4	2	4	1	4	3	4	4	2	2	
1	1	23	2		5	2	3	3	5	5	4	5	4	5	4	5	5	5	3	3	5	3	4	2	3	1	3	2	4	3	3	3	2	4	
1	2	24	2		4	2	2	2	1	4	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	1	3	1	4	1	3	1	2	2	3	5
2	1	24	2		3	3	2	3	3	2	2	5	2	5	2	5	3	5	2	5	4	2	5	2	3	2	3	2	3	2	4	4	3	6	
1	1	24	2		3	3	2	3	2	3	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	4	2	5	2	3	2	4	2	3	2	3	4	4	6	
1	1	22	2		5	3	2	2	2	3	2	5	3	3	3	3	2	3	2	2	3	3	6	3	4	3	5	2	3	3	3	3	3	2	
1	2	29	1		3	2	2	4	1	2	3	3	1	3	1	3	1	2	3	1	5	1	6	1	6	1	6	1	3	2	1	5	2	5	
2	1	22	2		2	2	2	2	1	4	2	5	2	5	2	5	1	6	3	3	2	5	6	2	5	2	6	1	5	1	4	3	2	6	

1	1	35	2		3	3	1	2	1	2	3	5	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	3
1	1	24	2		2	3	2	2	2	4	3	5	4	4	2	3	2	4	2	3	2	4	6	2	6	2	6	1	6	2	3	3	2	5
1	2	28	2		2	2	2	2	3	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	
1	1	28	2		3	2	2	2	1	3	3	5	1	3	1	3	1	3	1	3	2	4	3	1	3	1	3	2	3	1	1	1	3	3
1	1	23	2		2	2	1	2	5	4	2	4	2	3	2	2	4	2	2	2	2	2	5	2	5	1	4	2	5	1	3	2	1	3
2	1	25	1	ZMF	1	2	1	1	4	4	3	5	2	4	2	4	2	2	1	2	4	2	5	2	5	2	4	2	3	3	1	5	2	2
1	1	23	2		3	3	2	3	3	5	4	2	4	2	3	3	2	2	2	2	3	2	5	1	5	1	5	1	5	2	2	2	2	3
2	1	24	2		4	2	2	3	5	6	3	3	2	3	2	2	2	2	4	2	4	2	4	1	3	2	5	1	3	2	2	2	1	1
1	2	38	2		3	2	1	2	3	3	2	3	2	3	2	2	2	3	3	2	2	2	3	2	3	2	4	1	2	3	2	2	2	3
2	1	31	1	ZT	1	2	1	2	1	2	3	4	1	3	1	4	1	3	2	2	2	3	6	1	6	2	6	1	6	2	2	3	3	6
2	2	23	2		3	2	2	2	3	4	4	4	2	4	2	5	2	4	2	4	2	2	5	2	1	3	4	1	4	1	2	3	3	4
1	1	27	2		2	3	2	2	4	5	3	5	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	3	3	4	4	3	4	3	3	4
1	2	24	2		3	4	2	2	3	4	2	5	2	4	2	4	2	6	3	4	2	4	4	2	5	2	5	2	4	4	4	5	5	6
2	1	23	2		2	4	1	2	2	6	3	3	1	6	2	4	1	4	5	5	2	4	6	2	6	1	5	1	6	2	5	3	4	6
2	1	24	2		3	2	1	2	4	4	4	3	2	3	2	3	3	5	3	3	2	4	5	2	5	2	5	1	5	2	3	3	2	3
1	1	29	2		2	3	3	2	2	3	3	4	3	3	3	3	3	4	2	3	2	3	3	2	2	3	2	2	3	2	3	1	1	1
1	2	31	1	ZT	1	3	1	2	2	2	4	2	2	2	3	2	1	2	3	1	3	2	5	1	5	1	5	1	5	1	1	2	1	1
2	1	29	2		4	3	2	3	1	4	2	3	3	3	3	4	2	5	4	2	3	2	2	3	1	3	1	2	2	3	2	3	2	2
2	1	23	2		3	3	1	3	5	4	4	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	5	3	6	3	5	3	6	4	4	2	1	2
1	1	32	1	ZT	1	2	1	2	1	1	5	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	2	1	3	1	1	1	1	3