

Aus dem Institut für Zahnärztliche Prothetik, Alterszahnmedizin und Funktionslehre  
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Möglichkeiten der visuellen Beurteilung des  
Kronenstumpfpräparationswinkels**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Jelka Plake  
aus Hamburg

Datum der Promotion: 03.12.2021

## **WIDMUNG**

Für Maja.

## **VORWORT**

Teilergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden von der Verfasserin veröffentlicht in:

Erhatič J, Blankenstein F: Der Stumpfpräparationswinkel für konventionelle Zementierung – Definition und Realisierbarkeit. Dtsch Zahnärztl Z 2013; 68: 170-176.

Mit freundlicher Genehmigung des Deutschen Ärzteverlags.

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>WIDMUNG .....</b>	<b>II</b>
<b>VORWORT.....</b>	<b>III</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS.....</b>	<b>IV</b>
<b>1 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>1</b>
<b>2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>2</b>
<b>3 TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>4</b>
<b>4 ABSTRAKT .....</b>	<b>5</b>
<b>5 ABSTRACT .....</b>	<b>6</b>
<b>6 EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG .....</b>	<b>7</b>
<b>7 LITERATURÜBERSICHT .....</b>	<b>9</b>
7.1 Literaturrecherche zum geforderten Präparationswinkel.....	9
7.1.1 PubMed.....	9
7.1.2 Prothetische Lehr- und Fachbücher .....	9
7.2 Auswertung Literaturrecherche.....	18
7.2.1 Definitionsproblem des Präparationswinkels.....	18
7.2.2 Verwendete Definitionen .....	19
7.2.3 Größe des Konvergenzwinkels .....	22
7.2.3.1 Forderungen in Lehr- und Fachbüchern .....	22
7.2.3.2 Forderungen in der wissenschaftlichen Literatur .....	24
7.2.4 Klinische Umsetzung des Konvergenzwinkels .....	25
7.2.5 Visuelle Erfassbarkeit des Konvergenzwinkels .....	27

<b>8</b>	<b>ZIELSETZUNG UND ARBEITSHYPOTHESEN .....</b>	<b>29</b>
<b>9</b>	<b>MATERIAL UND METHODE .....</b>	<b>30</b>
9.1	Studienteilnehmende .....	30
9.2	Herstellung der Duplikatprothese mit Präparationsstümpfen .....	30
9.3	Herstellung und Einsatz der Hilfsmittel .....	32
9.3.1	Erste Messreihe: Hilfsmittel Spiegel .....	32
9.3.2	Zweite Messreihe: Hilfsmittel Uhr und Präparationsstumpf-Skala .....	33
9.4	Versuchsablauf .....	35
9.5	Statistische Datenanalyse .....	36
<b>10</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>38</b>
10.1	Visuelle Erkennbarkeit des Präparationswinkels .....	38
10.2	Vergleich: Einfluss der unterschiedlichen Studiensemester .....	41
10.3	Vergleich der Ergebnisse in Ober- und Unterkiefer .....	44
10.4	Vergleich: Einfluss der unterschiedlichen Spiegel und weiterer Hilfsmittel .....	48
10.5	Vergleich: Einfluss des Geschlechtes auf die Beurteilung des Präparationswinkels .....	56
<b>11</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>57</b>
11.1	Diskussion der Methodik .....	57
11.2	Diskussion der Ergebnisse .....	59

<b>12 SCHLUSSFOLGERUNGEN.....</b>	<b>61</b>
<b>13 LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>63</b>
<b>14 EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG .....</b>	<b>71</b>
<b>15 ANTEILSERKLÄRUNG AN ETWAIGEN ERFOLGTEN PUBLIKATIONEN.....</b>	<b>72</b>
<b>16 LEBENSLAUF .....</b>	<b>73</b>
<b>17 PUBLIKATIONSLISTE .....</b>	<b>74</b>
<b>18 DANKSAGUNG .....</b>	<b>75</b>

## 1 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.....	Abbildung
m. ....	männlich
Max.....	Maximum
Min.....	Minimum
OK. ....	Oberkiefer
p .....	Signifikanzwert
PS.....	Parallelometerspiegel
S.....	Präparationsstumpf-Skala
SD. ....	Standardabweichung
sig. ....	signifikant
Tab. ....	Tabelle
U.....	Uhr
UK. ....	Unterkiefer
w.....	weiblich
ZÄS. ....	Zahnärztlicher Spiegel

## 2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1:	Winkel $\alpha$ entspricht dem Konvergenzwinkel bzw. Kegelwinkel .....	20
Abb. 2:	Winkel $\alpha/2$ entspricht dem Präparations- oder auch Konuswinkel .....	20
Abb. 3:	Gefräste konische Stümpfe für Zahn 23 .....	31
Abb. 4:	Gefräste konische Stümpfe für Zahn 16 .....	31
Abb. 5:	Prothesenbasis UK, einpolymerisierter DYNA-Magnet in Position 46 .	31
Abb. 6:	Prothesenpaar mit einem Stumpf-Muster in Regio 16 und 46 .....	32
Abb. 7:	Prothesenpaar mit einem Stumpf-Muster in Regio 23 und 33 .....	32
Abb. 8:	Einsatz des Parallelometerspiegels an einem Stumpf mit Präparationswinkel $6^\circ$ .....	33
Abb. 9:	Aufsicht auf das Hilfsmittel Präparationsstumpf-Skala.....	34
Abb. 10:	Ein Wecker dient als das Hilfsmittel Uhren-Ziffernblatt, zwischen dem Minuten- und Sekundenzeiger ist der Winkel $6^\circ$ eingestellt .....	35
Abb. 11:	Schätzung (n= 48) der vier $3^\circ$ -Stümpfe mit einfachem Mundspiegel ...	38
Abb. 12:	Schätzung (n= 48) der vier $15^\circ$ -Stümpfe mit einfachem Mundspiegel .	39
Abb. 13:	Schätzung (n= 48) des Zahnes 23 bei allen Präparationswinkeln im Verlauf .....	40
Abb. 14:	Schätzung (n= 48) der vier $-1^\circ$ -Stümpfe mit einfachem Mundspiegel..	41
Abb. 15:	Schätzung (n= 48) der vier $-1^\circ$ -Stümpfe mit einfachem Mundspiegel, Vergleich der drei Semestern .....	42
Abb. 16:	Schätzung (n= 48) der vier $6^\circ$ -Stümpfe mit einfachem Mundspiegel, Vergleich der drei Semester .....	42
Abb. 17:	Schätzung (n= 48) der vier $15^\circ$ -Stümpfe mit einfachem Mundspiegel, Vergleich der drei Semester .....	43
Abb. 18:	Schätzung (n= 48) der vier $3^\circ$ -Stümpfe mit einfachem Mundspiegel, Vergleich der drei Semester .....	44
Abb. 19:	Schätzung (n= 48) der beiden Oberkiefer-Positionen 16 und 23 bei allen Winkeln mit einfachem Mundspiegel .....	45
Abb. 20:	Schätzung (n= 48) der beiden Unterkiefer-Positionen 33 und 46 bei allen Winkeln mit einfachem Mundspiegel.....	46
Abb. 21:	Vergleich der Schätzwerte im OK- und UK-Seitenzahnbereich durch die Zähne 16 und 46 (mit einfachem Mundspiegel).....	47
Abb. 22:	Vergleich der Schätzwerte zwischen Ober- und Unterkiefer- Frontzahnbereich durch die Zähne 23 und 33 (mit einfachem Mundspiegel) .....	48



Abb. 23:	Vergleich der Schätzungen mit Hilfe des Zahnärztlichen- und Parallelometerspiegels aller getesteten Zähne beim Winkel 3° .....	49
Abb. 24:	Vergleich der Schätzungen mit Hilfe des Zahnärztlichen- und Parallelometerspiegels an Zahnstumpf 23.....	50
Abb. 25:	Vergleich der Schätzungen mit Hilfe des Zahnärztlichen- und Parallelometerspiegels an Zahnstumpf 46.....	51
Abb. 26:	Vergleich der Schätzwerte zwischen den Hilfsmitteln.....	52
Abb. 27:	Vergleich aller Schätzwerte zwischen den Hilfsmitteln Präparationsstumpf-Skala und Uhr beim Präparationswinkel 9° .....	53
Abb. 28:	Vergleich aller Schätzwerte zwischen den Hilfsmitteln Präparationsstumpf-Skala und Uhr bei Zahn 33 mit allen Winkelgrößen im Verlauf .....	54
Abb. 29:	Vergleich aller Schätzwerte zwischen den Hilfsmitteln Präparationsstumpf-Skala und Uhr bei Zahn 46 mit allen Winkelgrößen im Verlauf .....	55
Abb. 30:	Vergleich der Schätzungen mit den Hilfsmitteln Präparationsstumpf-Skala und Uhr sowie ohne Hilfsmittel mit Winkel 15°.....	56

### 3 TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1:	Durchsicht Prothetischer Lehr- und Fachbücher der Zweigbibliothek Zahnmedizin der Charité. Die in dieser Tabelle zusammengefassten Quellen sind, soweit nicht noch einmal im Text zitiert, nicht ins allgemeine Quellenverzeichnis aufgenommen worden. [11].....	18
Tab. 2:	Definitionen des Konvergenzwinkels in der englischsprachigen Literatur [11].....	19
Tab. 3:	Angaben zum Präparationswinkel für optimale Retention bei konventioneller Befestigung, zusammengestellt aus deutschsprachigen Lehr- und Fachbüchern [11] .....	24
Tab. 4:	Verblindete Kodierung der Präparationswinkel.....	32

## 4 ABSTRAKT

**Einleitung:** Ziel der Arbeit war es festzustellen, inwieweit der Präparationswinkel an Kronenstümpfen unter klinischen Bedingungen visuell beurteilt werden kann.

**Methodik:** 48 Studierende der Zahnmedizin des 1., 6. und 9. Semesters an der Charité-Universitätsmedizin Berlin sollten intraoral unterschiedliche Präparationswinkel beurteilen. Die Prothesen eines zahnlosen Patienten wurden dupliziert, wobei die Bereiche der Zähne 16, 23, 33 und 46 ausgespart wurden. Hier konnten mithilfe eines Magnetsystems gefräste Kronenstümpfe mit den Präparationswinkeln  $-1^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $6^\circ$ ,  $9^\circ$ ,  $12^\circ$  und  $15^\circ$  eingebracht und nach jeder Schätzung ausgewechselt werden. Neben dem Zahnärztlichen Spiegel standen den Studierenden in unterschiedlichen Schätzvorgängen ein Parallelometerspiegel, eine Zahnstumpf-Skala sowie ein Uhren-Ziffernblatt als Hilfsmittel zur Verfügung.

**Ergebnisse:** Ein Präparationswinkel von  $3^\circ$  kann nicht als dieser erkannt werden, der Winkel wird zu konisch eingeschätzt. Zwischen den Studierenden aus dem 1. (vorklinischen) Semester und den klinischen Semestern 6 und 9 konnte kein sig. Unterschied in der Schätzleistung festgestellt werden. Die Schätzung der Frontzahnstümpfe ist einfacher als die Schätzung im Seitenzahnggebiet. Bei den Seitenzähnen ist die Schätzgenauigkeit im Oberkiefer höher, bei den Frontzähnen im Unterkiefer. Keines der getesteten Hilfsmittel bewirkte im Vergleich zum Zahnärztlichen Spiegel eine Verbesserung der Schätzgenauigkeit. Zwischen der Schätzgenauigkeit weiblicher und männlicher Studierender konnte kein sig. Unterschied festgestellt werden.

**Schlussfolgerung:** Da bereits die visuelle Beurteilung des Präparationswinkels unter klinischen Bedingungen nicht möglich ist, fehlt für die Umsetzung des Präparationswinkels eine valide Basis. Auf Grundlage dieser Ergebnisse müssen bisherige Lehrkonzepte überdacht sowie die Objektivität der Bewertung von Präparationen im Rahmen von Prüfungen hinterfragt werden. Es sollten weitere Untersuchungen mit eingehenderen Schulungen der Hilfsmittel und ggf. unter Einbeziehung elektronischer Hilfsmittel erfolgen.

## 5 ABSTRACT

**Introduction:** The aim of this study was to determine to what extent the preparation angle on crown stumps can be assessed visually under clinical conditions.

**Methods:** 48 dental students of the 1st, 6th and 9th semester at the Charité-Universitätsmedizin Berlin were asked to assess intraorally different preparation angles. The dentures of an edentulous patient were duplicated. The teeth 16, 23, 33 and 46 were replaced by milled grinded teeth with preparation angles  $-1^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $6^\circ$ ,  $9^\circ$ ,  $12^\circ$  and  $15^\circ$ . With the help of a magnetic system, the milled teeth could be exchanged after each estimation. In addition to the dental mirror, a parallelometer mirror, a tooth stump scale and a clock face were available tools for the estimation procedures.

**Results:** A preparation angle of  $3^\circ$  cannot be recognized. The angle is estimated too conical. No significant difference in estimation performance could be found between the students from the 1st (pre-clinical) semester and the clinical semesters 6 and 9. The estimation of anterior stumps is easier than the estimation in the posterior region. For posterior teeth, the estimation accuracy is higher in the upper jaw, for anterior teeth in the lower jaw. None of the estimation tools tested resulted in an improvement in the accuracy of estimation compared to the dental mirror. No significant difference was found between the accuracy of estimation of female and male students.

**Conclusion:** Since the visual assessment of the preparation angle is already impossible under clinical conditions, a valid basis for the implementation of the preparation angle is missing. On the basis of these results, previous teaching concepts must be reconsidered and the objectivity of the evaluation of preparations in the context of trials must be questioned. Further investigations should be carried out with more detailed training of the tools and, if necessary, the use of electronic devices.

## 6 EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Die Überlebensdauer einer Kronenrestauration hängt einerseits von biologischen Faktoren, wie z.B. den Reaktionen von Pulpa und Parodont und andererseits von technischen Parametern ab. Hierzu zählen u.a. die Präparationsform und die Auswahl des Befestigungszements. Bei Verwendung sogenannter konventioneller Zemente, welche keinen echten chemischen oder mikromechanischen Verbund zum Kronenstumpf eingehen, spielt die Präparationsform eine deutlich wichtigere Rolle als bei adhäsiver Befestigung, indem sie der Restauration eine möglichst hohe Retention bietet. Entscheidende Parameter dafür sind der Konvergenzwinkel und die Höhe des Kronenstumpfes.

Die durch einen zu groß gewählten Konvergenzwinkel verlorene Retentions- und Widerstandsform kann zwar durch eine entsprechende Stumpfhöhe ausgeglichen, jedoch durch kein anderes Präparationsmerkmal wiederhergestellt werden [38, 39]. Der Konvergenzwinkel ist somit in seiner Wertigkeit besonders hervorzuheben. Seine korrekte Größe ist auch Voraussetzung für eine substanz- und pulpaschonende Präparationsform.

Die Studierenden der Zahnmedizin lernen bereits zum Beginn ihrer Ausbildung diesen theoretischen Hintergrund und üben seine praktische Umsetzung. Dem Anlegen des korrekten Präparationswinkels gilt hierbei ein besonderes Augenmerk. Als visuelle Hilfestellung dienen dabei sowohl Zeichnungen des geforderten Winkels in Lehrbüchern und Vorlesungen als auch Anschauungsmodelle mit dem (vermeintlich) richtigen Präparationswinkel. Ebenso wie bei der Herstellung von Anschauungsmodellen erfolgt die Beurteilung der von Studierenden ausgeführten Präparationsversuche auch heute noch überwiegend nach Augenmaß und dem jeweiligen Empfinden des Lehrenden. Nur zögerlich werden CAD/CAM-Systeme für diese Aufgabe eingesetzt.

Begibt man sich in Lehr- und Fachbüchern auf die Suche nach verbindlichen Aussagen zum Konvergenz- oder auch Präparationswinkel, so fällt nicht nur bei der anzustrebenden Größe dieses Winkels, sondern bereits bei der Definition dieser Begrifflichkeiten eine große Uneinigkeit auf. Während sich die hier einbezogenen Werke nie mit der Frage der Umsetzbarkeit des geforderten Präparationswinkels auseinandersetzen, finden sich in

den wissenschaftlichen Journalen Hinweise darauf, dass die aktuell für konventionelle Zementierung geforderten Präparationswinkel sowohl für Studierende als auch für Zahnärztinnen und Zahnärzte oder Prothetik-Spezialistinnen und -Spezialisten in der Praxis kaum herzustellen sind. Offensichtlich erschweren die intraoralen Arbeitsbedingungen die Realisierung konkreter technischer Vorgaben.

Innerhalb dieser Studien blieb jedoch ein anderer Aspekt unerforscht: Inwieweit sind die zahnärztliche Therapierende überhaupt in der Lage, die Steilheit eines vorgefundenen oder von ihnen selbst angelegten Präparationswinkels von Kronenstümpfen intraoral zu erkennen?

Als Vorarbeit zur eigentlichen Studie sollen zunächst die Widersprüche hinsichtlich der Beschreibungen der Konizität präparierter Kronenstümpfe in der deutschsprachigen und internationalen Fachliteratur gezeigt und mit einer klaren Nomenklatur aufgelöst werden.

## **7 LITERATURÜBERSICHT**

### **7.1 Literaturrecherche zum geforderten Präparationswinkel**

Grundlage der Literaturrecherche waren die Datenbank PubMed, die Veröffentlichungen der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) und der Deutschen Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien (DGPro) sowie die prothetischen Fachbücher in der zahnmedizinischen Zweigbibliothek der Medizinischen Bibliothek Charité. Dabei wurden drei Aspekte beachtet:

- Die Definition der angegebenen Stumpfwinkel,
- Forderungen nach bestimmten Gradzahlen für diese Winkel
- und deren klinische Umsetzbarkeit.

#### **7.1.1 PubMed**

Die Suche in PubMed wurde mit folgenden Schlüsselwörtern ohne zeitliche Eingrenzung bis Mai 2020 durchgeführt: convergence angle, tooth preparation, full crown, complete crown, crown preparation, preparation taper, (dental) students, retention, crown retention, resistance form, axial wall convergence, prosthodontic education, clinical education, dental education. Der Pubmed-Filter wurde nicht verwendet. Diese Suche ergab ausnahmslos englischsprachige Veröffentlichungen. Einige ältere Artikel lagen mitunter nur als Scans vor und waren über die Schlagwortsuche nicht auffindbar. Sie konnten mittels Durchsicht der Literaturverzeichnisse in den neueren, verschlagworteten Artikeln identifiziert werden. [11]

#### **7.1.2 Prothetische Lehr- und Fachbücher**

Die Zweigbibliothek Zahnmedizin der Charité ist mit einem Bestand von 41.000 Büchern die größte ihrer Art in Deutschland. Im Stichwortverzeichnis aller Prothetik-Lehrbücher wurde nach den Wörtern Konvergenzwinkel, Konuswinkel, Präparationswinkel und Kegelwinkel gesucht. Ergab dies keine Ergebnisse, wurde zusätzlich in den thematisch relevanten Kapiteln nach Beschreibungen und Abbildungen gesucht. Insbesondere die Literatur um 1909 erforderte aufgrund nicht vorhandener Stichwortverzeichnisse eine Durchsicht aller prothetischen Kapitel. Bücher mit eindeutig nicht themenrelevanten Titeln

wurden von vorneherein nicht in die Durchsicht mit einbezogen. Als Ausschlusskriterien galten hierbei folgende Themengebiete: Totalprothesen, Gusseinlagefüllungen, Funktionsdiagnostik/-lehre, Implantologie, Zahnfarben- und Zahnformlehre, parodontologische Schienen sowie nicht deutschsprachige Literatur. Es wurden insgesamt 115 Fachbücher in die Durchsicht mit einbezogen. (Tab. 1). [11]

Erscheinungsjahr	Autor	Titel	Verlag
1885	Detzner, Philipp	Praktische Darstellung der Zahnersatzkunde	Ash&Sons
1894	Reisert	Leitfaden für die Anfertigung von Continuous-Gum-Work, Zahnfleischzähnen, Kronen- und Brückenarbeiten, Stifzähnen und Emailfüllungen mit Benutzung der leichtflüssigen Emails	Schaper
1859	Riegner H	Kronen- und Brücken-Arbeiten	Felix, Leipzig
1897	Jung C	Lehrbuch der zahnärztlichen Technik – ein Handbuch für Studierende	Deuticke, Leipzig
1890	Haskell, Loomis P.	Grundriss der Zahnersatzkunde	Felix, Leipzig
1893	Parreidt J	Handbuch der Zahnersatzkunde	Felix, Leipzig
1894	Holtbuer F	Herbstsche Neuerungen für die zahnärztliche Praxis	Felix, Leipzig
1899	Detzner P	Praktische Darstellung der Zahnersatzkunde	Ash&Sons
1900	Samsioe CA	Eine Abhandlung über künstliche Zähne ohne Platte	Rademacher
1901	Egner A	Aluminium-Arbeiten für Zahnärzte	Maske
1903	Parreidt J	Handbuch der Zahnersatzkunde	Felix, Leipzig
1904	Jung C	Lehrbuch der zahnärztlichen Technik	Deuticke, Leipzig; Berlin
1906	Preisewerk G	Lehrbuch und Atlas der zahnärztlichen Technik	Lehmann, München



Erscheinungsjahr	Autor	Titel	Verlag
1906	White S.S.	Kronen-, Brücken- und Metallarbeiten – Werkzeuge, Hilfsmittel und Konstruktions-Methoden	The S. S. White Dental Mfg. Co. GmbH, Berlin
1906	Müller-Wädenswil E	Atlas und Lehrbuch der modernen zahnärztlichen Metalltechnik	Ziegenhirt
1907	Müller-Wädenswil E	Atlas und Lehrbuch der modernen zahnärztlichen Metalltechnik	Ziegenhirt
1908	Müller-Wädenswil E	Atlas und Lehrbuch meiner Systeme der modernen zahnärztlichen Metalltechnik	Meusser, Berlin
1909	Evans G	Zahnärztliche Kronen-, Brücken- und Porzellan-Arbeiten – Hand- und Lehrbuch für Zahnärzte und Studierende	Meusser, Berlin
1909	Salamon H	Atlas der stomatologischen Brücken- und Regulierungsarbeiten	Felix, Leipzig
1911	Preiswerk G Preiswerk P	Lehrbuch und Atlas der zahnärztlichen Technik	Lehmann, München
1912	Bach J	Handbuch der Zahnersatzkunde	Selbstverlag, Augsburg
1912	Müller-Wädenswil E	Atlas und Lehrbuch meiner Systeme der modernen zahnärztlichen Metalltechnik	Meusser, Berlin
1912	Schröder H	Atlas mit Erläuterungen zur praktischen Kronen- und Brückenarbeit	Bruncken, Greifswald
1918	Bach J	Handbuch der Zahnersatzkunde	Meusser, Berlin
1918	Parreidt J	Handbuch der Zahnersatzkunde – Mit Einschluss der Technik des Kiefer-, Gaumen- und Nasenersatzes	Felix, Leipzig
1919	Parreidt J	Handbuch der Zahnersatzkunde – Mit Einschluss der Technik des Kiefer-, Gaumen- und Nasenersatzes	Felix, Leipzig
1919	Wustrow P	Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Platten- u. Brücken- Prothese, ihre Unerläßlichkeit und ihre Möglichkeiten	Meusser, Berlin

Erscheinungsjahr	Autor	Titel	Verlag
1920	Brill E	Über die chemische Zusammensetzung der zahnärztlichen Porzellanmassen	Berlinische Verlagsanstalt, Berlin
1920	Kantorowicz A	Zahnärztliche Technik – ein Hilfsbuch für Vorkliniker	Meusser, Berlin
1920	Rank A	Die Halbkronen und ihre Bedeutung beim Verschluss von Zahnlücken	Meusser, Berlin
1921	Klughardt A	Kritischer Beitrag zur Frage der Indikation und der Konstruktion der neueren Systeme der Kronen- und Brückenarbeiten	Berlinische Verlagsanstalt, Berlin
1921	Parreidt J	Handbuch der Zahnersatzkunde	Felix, Leipzig
1921	Preiswerk G, Preiswerk P	Lehrbuch und Atlas der zahnärztlichen Technik	Lehmann, München
1921	Simon A	Zahnärztliche Kronen- und Brückenarbeiten – ein Leitfaden für Zahnärzte und Studierende	Meusser, Berlin
1922	Rank A	Die Halbkronen und ihre Verwendung als Brückenpfeiler	Meusser, Berlin
1925	Brill E	Leitfaden der Zahnärztlichen Keramik	Berlinische Verlagsanstalt, Berlin
1925	Lewin M	Die Jacketkrone, ihre Herstellung und praktische Anwendung	Meusser, Berlin
1925	Schröder H	Die anatomischen, physiologischen und mechanischen Grundlagen der zahnärztlichen Prothetik	Meusser, Berlin
1926	Kantorowicz A, Balters W	Tagesfragen der chirurgischen, konservierenden und technischen Zahnheilkunde	Berlinische Verlagsanstalt, Berlin
1926	Köhler L	Die Elemente der klinischen Prothetik	Meusser, Berlin
1927	Schröder H	Die anatomischen, physiologischen und mechanischen Grundlagen der zahnärztlichen Prothetik	Meusser, Berlin
1927	Lewin M	Die Jacketkrone, ihre Herstellung und klinische Anwendung	Meusser, Berlin

Erscheinungsjahr	Autor	Titel	Verlag
1927	Rech H	Keramische Prothetik	Meusser, Berlin
1929	Häupl K, Reichborn-Kjennerud I	Moderne zahnärztliche Kronen- und Brückenarbeiten	Meusser, Berlin
1929	Kirsten, H	Die Jacketkrone	Meusser, Berlin
1929	Lewin M	Die Jacketkrone – Ihre Herstellung und praktische Anwendung; ein Leitfaden	Meusser, Berlin
1929	Moral H	Untersuchungen an künstlichen Zähnen	Berlinische Verlagsanstalt, Berlin
1929	Oehrlein A	Leitfaden der Zahnersatzkunde	Meusser, Berlin
1931	Bach J	Handbuch der Zahnersatzkunde Bd. 1-3	R.-D.-D.- Verlag für Dentistik
1932	Greve HC, Paschke H	Einführung in die Zahnersatzkunde	Enke, Stuttgart
1933	Doxtater LW, Thalhammer E	Kronen- und Brückenarbeiten	Urban & Schwarzenberg, Berlin
1933	Loos A	Zahnärztliche Prothetik	Meusser, Berlin
1933	Türkheim H	Taschenbuch der klinischen Prothetik	Meusser, Berlin
1935	Balters W	Theorie und Praxis der totalen und partiellen Prothesen	Meusser, München
1936	Fehr CU	Keramik für Zahnärzte	Meusser, Leipzig
1936	Gerlach H	Der Stiftzahn – Klinik und Technik des stiftverankerten Kronenersatzes	Meusser, Leipzig
1936	Ilg VK	Zahnärztliche Keramik	Lehmann, München
1936	Kirsten H	Kronenersatz	Meusser, Leipzig
1936	Schalow W	Theorie und Praxis der partiellen Prothese	Berlinische Verlagsanstalten, Berlin
1937	Rank A	Planmäßiges Schleifen und Präparieren in der prothetischen und konservierenden Zahnheilkunde	Drendel & Zweiling, Teltow
1937	Elbrecht A	Systematik der abnehmbaren partiellen Prothesen	Meusser, Leipzig

Erscheinungsjahr	Autor	Titel	Verlag
1938	Ilg VK	Zahnärztliche Keramik	Lehmann, München
1939	Drum W	Lehrbuch der Dentalkeramik	Berlinische Verlagsanstalt, Berlin
1939	Selbach FH	Das Modellieren der Zahnkronen	Berlinische Verlagsanstalt, Berlin
1941	Gerlach H	Kronen-, Brücken-, Plattenprothesen aus Kunststoff – Eine Anleitung für Klinik und Werkstatt	Gehlen, Leipzig
1942	Elbrecht A	Systematik der abnehmbaren partiellen Prothesen	Barth, Leipzig
1942	Gerlach H	Kronen-, Brücken-, Plattenprothesen aus Kunststoff – Eine Anleitung für Klinik und Werkstatt	Gehlen, Leipzig
1948	Haller L	Die Zahnprothetik vor einer neuen Epoche, Bd. I-II	Weinbrenner, Stuttgart
1949	Ilg VK	Zahnärztliche Keramik	Hanser, München
1950	Elbrecht A	Systematik der abnehmbaren partiellen Prothesen	Barth, München
1950	Jantzen J	Zahnersatzkunde – eine Einführung in ihre Technik	Urban& Schwarzenberg, Berlin; München
1950	Kantorowicz A	Prothetisches Praktikum für Vorkliniker	Hanser, München
1950	Kirsten H	Kronen- und Brückenersatz	Barth, Leipzig
1950	Tanzer G	Fortschritte in der Prothetik	Hüthig, Heidelberg
1950	Tanzer G	Die Metallkrone	Pflaum, München
1951	Häupl K, Hermann K, Rehm H	Zahnärztliche Prothetik – ein Lehrbuch für Studium und Praxis	Barth, Leipzig
1951	Vest G	Odonto-Stomatologie, Bd. 3: Kronenprothetik	Birkhäuser, Basel

Erscheinungsjahr	Autor	Titel	Verlag
1954	Koller KC	Zahnersatz durch Kronen, Brücken und partielle Prothesen	Verlag für Med. Wissenschaften Maudrich, Wien
1956	Biaggi A	Das Technische in der zahnärztlichen Prothetik	Zahnärztliche Welt, Konstanz
1958	Selbach FH	Das Modellieren der Zahnkronen	Berlinische Verlagsanstalt, Berlin
1961	Böttger H, Häupl K, Kirsten H	Zahnärztliche Prothetik – ein Lehrbuch für Studium und Praxis	Barth, Leipzig
1961	Kirsten H	Kronen- und Brückenersatz	Barth, Leipzig
1962	Blum W	Zeitgemäße Prothetik – ein Atlas für die zahnärztliche Praxis	Barth, München
1965	Miller CJ	Inlays, Kronen, Brücken	Medica-Verlag, Stuttgart
1968	Schön F	Prothetische Auslese	Hüthig, Heidelberg
1969	Gutowski A	Kronen, Brücken, Verbindungselemente	Werk-Verlag Banaschewski
1969	Johnston JF, Philips RW, Dykema RW	Moderne Kronen- und Brückenprothetik	Medica-Verlag, Stuttgart
1969	Johnston JF, Mumford G, Dykema RW	Porzellan in der Zahnheilkunde	Medica-Verlag, Stuttgart
1972	Schmeißner H	Die Quintessenz der Einzelkrone	Die Quintessenz, Berlin
1973	Körber K	Konuskronen-Teleskope – Einführung in Klinik und Technik	Hüthig, Heidelberg
1973	Schön F, Singer F	Prothetische Auslese	Hüthig, Heidelberg
1973	Spang H	Die Quintessenz der prothetischen Hilfsteile zur Verbindung abnehmbarer Zahnersatzelemente mit dem Restgebiss	Die Quintessenz, Berlin
1974	Shilingburg HAT, Hobo S, Fisher DW	Atlas der Kronenpräparation	Die Quintessenz, Berlin
1976	Fuchs P	Die Quintessenz des Brückenzahnersatzes	Die Quintessenz, Berlin
1977	Fröhlich E	Die prothetische Versorgung des Lückengebisses – Befunderhebung und Planung	Hanser, München
1978	Körber E	Die zahnärztlich-prothetische Versorgung des älteren Menschen	Hanser, München

Erscheinungsjahr	Autor	Titel	Verlag
1978	Schön F	Europäische Prothetik heute	Die Quintessenz, Berlin
1978	Shilingburg HT	Die Quintessenz des festsitzenden Zahnersatzes	Die Quintessenz, Berlin
1979	Eichner K	Metallkeramik in der zahnärztlichen Prothetik – Werkstoffe, Indikation, klinische Verarbeitung	Hanser, München
1979	Schärer P	Schwerpunkte der modernen kronen- und brückenprothetischen Behandlung	Die Quintessenz, Berlin
1980	Graber G, Pfändler U	Die Quintessenz einer praxisbezogenen Kronen- und Brückenprothetik	Quintessenz- Verlag, Berlin
1985	Fuchs P	Kronen- und Brückenprothetik heute	Quintessenz-Verlag, Berlin
1985	Käyser AF, Plasmans PJ, Snoek PA	Kronen- und Brückenprothetik – Behandlungsplanung, Indikation, Ausführung	Deutscher Ärzte- Verlag, Köln
1985	Lehmann KM	Einführung in die Zahnersatzkunde – ein Lehrbuch für das vorklinische Studium	Urban & Schwarzenberg, München
1986	Shilingburg HAT, Hobo S, Whitsett LD	Grundlagen der Kronen- und Brückenprothetik	Quintessenzverlag, Berlin
1986	Yamamoto M, Belzer D	Metallkeramik – Prinzipien und Methoden	Quintessenzverlag, Berlin
1987	Breustedt A	Prothetische Stomatologie	Barth, Leipzig
1987	Körber E	Die prothetische Versorgung des Lückengebisses – Befunderhebung und Planung	Hanser, München
1987	Smith BGN	Zahnärztliche Therapie mit Kronen und Brücken	Deutscher Ärzte- Verlag, Köln
1988	Shilingburg HAT, Jacobi R, Brackett SE	Grundlagen der Zahnpräparation für Zahnersatz aus Metall und Keramik	Quintessenzverlag, Berlin
1989	Jüde HD, Kühl W, Roßbach A	Einführung in die zahnärztliche Prothetik	Deutscher Ärzte- Verlag, Köln

Erscheinungsjahr	Autor	Titel	Verlag
1991	Breustedt A	Prothetik	Barth, Leipzig
1993	Marxkors R	Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik	Hanser, München
1995	Freesmeyer WB, Behneke N	Klinische Prothetik Bd. I: Festsitzender und implantatgetragener Zahnersatz	Hüthig, Heidelberg
1995	Hupfauf L, Besford J	Ästhetik in der Zahn-, Mund-, Kieferheilkunde	Urban & Schwarzenberg, München
1995	Körber K	Zahnärztliche Prothetik	Thieme, Stuttgart
1997	Jüde HD, Kühl W, Roßbach A	Einführung in die zahnärztliche Prothetik	Deutscher Ärzte- Verlag, Köln
1998	Lehmann KM, Hellwig E	Einführung in die restaurative Zahnheilkunde – ein Lehrbuch für den propädeutischen Studienabschnitt	Urban & Schwarzenberg, München
1998	Marxkors R, Danger KH	Form- und funktionsgerechtes Präparieren – Betrachtungen zum Einsatz rotierender Dental-Instrumente	Hanser, München
1999	Koeck B, Behneke A	Praxis der Zahnheilkunde: Implantologie	Urban & Fischer, München
2000	Marxkors R	Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik	Deutscher Zahnärzte- Verlag Hanser, Köln; München
2001	Wirz J	Restaurative Zahnmedizin 200X – neue, zukunftsgerichtete Erkenntnisse und Wege	Quintessenz- Verlag, Berlin
2002	Ludwig P, Niedermeier W	Checkliste der Zahnmedizin Prothetik	Thieme, Stuttgart
2005	Strub JR, Türp JC, Witkowski S, Hürzeler MB, Kern M	Curriculum Prothetik Bd. II: Artikulatoren, Ästhetik, Werkstoffkunde, festsitzende Prothetik	Quintessenz-Verlag, Berlin
2010	Marxkors R, Brehler R	Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik für Studium und Beruf	Deutscher Zahnärzte- Verlag, Köln
2010	Strub JR, Kern M, Türp JC, Witkowski S, Heydecke G.	Curriculum Prothetik Bd. II: Artikulatoren, Ästhetik, Werkstoffkunde, festsitzende Prothetik	Quintessenz-Verlag, Berlin

Erscheinungsjahr	Autor	Titel	Verlag
2014	Wenz HJ, Hellwig E	Zahnärztliche Propädeutik	Deutscher Zahnärzterverlag

**Tab. 1: Durchsicht Prothetischer Lehr- und Fachbücher der Zweigbibliothek Zahnmedizin der Charité. Die in dieser Tabelle zusammengefassten Quellen sind, soweit nicht noch einmal im Text zitiert, nicht ins allgemeine Quellenverzeichnis aufgenommen worden. [11]**

## 7.2 Auswertung Literaturrecherche

### 7.2.1 Definitionsproblem des Präparationswinkels

Während man sich über den angestrebten Winkel der Kronenstumpf-Konizität mittlerweile nahezu einig ist, besteht sowohl in Lehrbüchern als auch wissenschaftlichen Journalen eine erstaunliche Uneinheitlichkeit hinsichtlich der Definition dieses Winkels, der mit verschiedenen Termini und vermeintlichen oder echten Synonyma beschrieben wird. Die durchmischte Verwendung unterschiedlich definierter Begriffe ist eines der Dilemmata und scheint hierzulande auf LENZ [26] zurückzugehen, der zur Vermeidung von Verwechslungen zwischen Kegel- und Konuswinkel den Begriff des „Konvergenzwinkels“ empfiehlt. LENZ selbst bezeichnet ihn als Winkel zwischen der Symmetrieachse und einer Kegelmantellinie. Damit entspräche er dem bekannten Präparationswinkel und wird deshalb oft als Synonym genutzt. International ist der Konvergenzwinkel jedoch im Sinne des Kegelwinkels definiert: zwischen zwei diametral gegenüberliegenden Mantellinien eines Kegels. Er ist demnach doppelt so groß wie der Lenzsche Konvergenzwinkel und damit auch doppelt so groß wie der Konuswinkel. RÖSSLER [45] versucht diesen Widerspruch zwischen dem internationalen und dem Lenzschen Konvergenzwinkel zu umgehen, indem er erklärende Appositionen für die jeweiligen Winkeldefinitionen einführt. Schließlich benutzt er beide Definitionen parallel, was der Verständlichkeit seines Textes schadet. HAJTO setzt fälschlich Konus- und Kegelwinkel gleich [20]. Dagegen wird in den international erscheinenden Aufsätzen nicht deutschsprachiger Autorinnen und Autoren der geforderte Winkel zwar oft mit unterschiedlichen Formulierungen genannt, aber stets so präzise definiert, dass es keine Unklarheiten gibt. Hier dominiert eindeutig die in der Ophthalmologie verwendete Definition des Konvergenzwinkels (Tab. 2).



<b>Autor</b> (Erscheinungsjahr)	<b>Winkelbezeichnung</b>	<b>Definition</b>
Dreyer- Jorgenson (1955) [8]	convergence angle	angle between the opposite surfaces of the truncated cone
Leempoel (1987) [27]	convergence angle	angle made by the opposite walls of a preparation
Nordlander (1988) [37]	convergence angle	the convergence angle equals the sum of the taper of two opposing preparation walls, thus if opposing walls each taper 2 to 5°, the convergence angle would equal 4 to 10°
Noonan (1991) [36]	Convergence	total of the taper for both opposing walls
Annerstedt (1996) [4]	convergence angle	the angle which is formed between the axial opposite surfaces of teeth prepared for artificial crowns
Goodacre (2001) [17]	total occlusal convergence	the angle of convergence between two opposing prepared axial surfaces
Nick (2009) [35]	occlusal convergence	the total occlusal convergence
Aleisa (2012) [1]	convergence angle	the combined angle made by opposing axial walls when measured against the vertical long axis of the tooth
Alhazami (2012) [2]	angle of convergence	a calculated taper between two opposing walls
Güth (2013) [19]	convergence angle	the angle between the opposite axial surfaces of teeth prepared for artificial crowns
Marghalani (2014) [30]	convergence angle	the taper of a crown preparation or the angle formed between opposing axial walls when teeth are prepared for crowns or fixed dental prostheses

**Tab. 2: Definitionen des Konvergenzwinkels in der englischsprachigen Literatur [11]**

### 7.2.2 Verwendete Definitionen

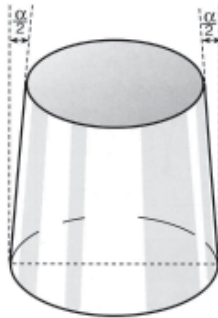
In der vorliegenden Dissertationsschrift sollen, wie international üblich, die folgenden Definitionen gelten:

a) Der „Konvergenzwinkel“ beschreibt den Winkel zwischen zwei sich gegenüberliegenden Wänden, die, würde man sie verlängern, eine Kegelspitze bildeten. Er entspricht dem dabei gebildeten „Kegelwinkel“ (Abb. 1).



**Abb. 1: Winkel  $\alpha$  entspricht dem Konvergenzwinkel bzw. Kegelwinkel**

b) Als „Präparationswinkel“ wird dagegen der halbe Kegelwinkel (= halber Konvergenzwinkel) bezeichnet. Es ist der Winkel, um den die Steigung der Präparation von der Kronenlängsachse abweicht, in der zahnmedizinischen Fachliteratur auch „Konuswinkel“ genannt (Abb. 2).



**Abb. 2: Winkel  $\alpha/2$  entspricht dem Präparations- oder auch Konuswinkel**

Diese Systematik entspricht der mathematischen Gepflogenheit, auch wenn dort andere Begriffe üblich sind: Ein ideal präparierter Kronenstumpf entspräche am ehesten dem Modell des geraden Kreiskegelstumpfes. Die Steilheit seiner Mantelfläche wird als Öffnungswinkel („Konvergenzwinkel“) bezeichnet. Er ergibt sich bei der gedachten Verlängerung der Mantelflächen als Spitze des Ergänzungskegels. Diese Spitze wird durch die Achse des geraden (!) Kegelstumpfes halbiert und der sich ergebende

Halbwinkel als „halber Öffnungswinkel  $\varphi$ “ bezeichnet. In der Mathematik sind die Begriffe Kegel- und Konuswinkel ungebräuchlich. Der Präparationswinkel kann jedoch streng genommen immer nur für einen Abschnitt des Kronenstumpfes beschrieben werden, zumeist distal oder mesial. Damit ist aber nur beim klinisch höchst selten auftretenden Fall eines geraden Kreiskegelstumpfes eine Aussage zur geeigneten Konizität des Stumpfes möglich. Im Normalfall kann ein zu konisch präparierter Winkel im distalen Bereich durch eine entsprechende Steilheit mesial ausgeglichen werden. Es bedarf also bei der Abschätzung der Konizität stets der gemeinsamen Betrachtung mindestens der einander gegenüberliegenden Präparationswinkel. Daher ist es sinnvoller, grundsätzlich den Konvergenzwinkel heranzuziehen.

Nachfolgend werden zur Vermeidung von Missverständnissen so weit wie möglich nur die beiden Termini Konvergenzwinkel ( $\varphi$ ) und Präparationswinkel ( $\varphi/2$ ) als Beschreibung der Konizität präparierter Stümpfe genutzt. Um verschiedene Konvergenz- oder auch Präparationswinkel miteinander zu vergleichen, wird hier ein größerer Winkel als konischer und ein kleinerer Winkel als steiler bezeichnet. Entsprechend der in der Abb. 1 verwendeten Bezeichnungen beschreibt eine Konvergenz das Zusammenlaufen optischer Linien, in unserem Fall einen positiven Winkel. Ein divergierender Stumpf beinhaltet immer einen untersichgehenden Bereich, eine prothetische Versorgung mit einer Vollkrone wäre nicht umsetzbar. Literaturzitate erfolgen dagegen dem Original entsprechend. Um zu verdeutlichen, welcher Winkel dabei gemeint ist, wird dies in geschwungenen Klammern wie folgt nachgesetzt:

- Übereinstimmung mit der hier genutzten Definition: {!}
- klar erkennbare andere Definition: {gemeint ist...}
- nicht erkennbare andere Definition: {?}

### 7.2.3 Größe des Konvergenzwinkels

#### 7.2.3.1 Forderungen in Lehr- und Fachbüchern

„Fast parallel, ein ganz klein wenig nach der Kaufläche konvergieren“ fordert bereits 1909 EVANS [13] für die Kronenstumpf-Präparation; dies zieht sich in nahezu gleicher Formulierung durch die Fachbücher bis ins Jahr 1965. KIRSTEN [23] schreibt im Vorwort seines 1929 erschienenen Werkes, seine Angaben seien das Ergebnis „emsiger und gewissenhafter klinischer und Laboratoriumsarbeit“. Darüber hinaus fehlen allerdings in den Büchern dieser Zeit jegliche Hinweise, ob die Angaben zur Präparationsform auf bloßer Erfahrung oder auf eigenen bzw. fremden klinischen oder In-vitro-Studien beruhen. Dies ändert sich z.B. 1969 mit JOHNSTONS Werk „Moderne Kronen und Brückenprothetik“ [22], in dem jedes Kapitel mit einer Auflistung der verwendeten Literatur endet. JOHNSTON gibt auch als einer der Ersten mit  $5^\circ$  bis  $7^\circ$  für den Präparationswinkel  $\{\}$  konkrete Werte an, wenn auch noch ohne wissenschaftliche Untermauerung. Es ergeben sich nach wie vor keine Erkenntnisse über Herleitung und fachliche Rechtfertigung der geforderten Winkelmaße. In der Folgezeit wurde diese Vorgabe etwas weiter gefasst: KÖRBER [24] gibt  $4^\circ$  bis  $7^\circ$  an, SCHMEISSNER (allerdings ohne Definition)  $3^\circ$  bis  $8^\circ$  [47]. 1985 fordert FUCHS [14] eine Konizität  $\{\}$  von  $6^\circ$ , während SHILLINGBURG 1986 [50] unter Verweis auf andere Quellen nur  $3^\circ$  empfiehlt. In der seit dem Jahr 2000 erschienenen Literatur ist zu beobachten, dass mit  $3^\circ$  bis  $5^\circ$  [28, 31, 32, 33, 52, 53, 60] tendenziell noch geringere Winkelmaße gefordert werden. Es finden sich kaum noch Winkelangaben größer als  $6^\circ$ . Auch ist in der neueren Literatur vermehrt festzustellen, dass Definitionen, welche das jeweilige Verständnis des Konvergenzwinkels zugrunde legen, gänzlich fehlen. Diese Beobachtung deckt sich mit den geforderten Konvergenzwinkeln in Veröffentlichungen. TIU [54] konnte darstellen, dass die geforderten Konvergenzwinkel bis 2000 immer kleiner wurden, im Schnitt zwischen  $2-5^\circ$ .

In Tab. 3 sind die Winkelangaben der verschiedenen Autorinnen und Autoren deutschsprachiger Lehr- und Fachbücher zusammengestellt. Dabei wird eine erstaunliche Unklarheit bezüglich der Definitionen deutlich.

<b>Autor</b> (Erscheinungsjahr)	<b>Angabe im Originalzitat</b>	<b>empfohlener Präparationswinkel</b> an die international übliche Definition angepasst: Präp.-Winkel = Konus-W. = halber Konvergenz-W.
Freesmeyer (1995) [15]	6° Konvergenzwinkel	unklar, nicht definiert
Fuchs (1985) [14]	Konizität von 6° am Stumpf	unklar, nicht definiert
Graber, Pfändler (1980) [18]	5° optimaler Konuswinkel	5° durch Grafik definiert
Johnston (1969) [22]	Wände, die bis auf 5 bis 7° einander parallel sind, [...]	2,5 bis 3,5 °
Körber, KH (1985) [25]	3° Präparationswinkel	3°
Ludwig (2002) [28]	3 bis 5° Konvergenzwinkel	1,5 bis 2,5°
Marxkors (2000) [31]	3 bis 4° Präparationswinkel	3 bis 4°
Marxkors (Lehrbuch 4. Aufl. 2007) [32]	2° Präparationswinkel	unklar, nicht definiert
Marxkors (Hrsg. 2010) [33]	2° Präparationswinkel	unklar, nicht definiert
Schmeißner (1972) [47]	Winkel von 3° bis max. 8°	unklar, nicht eindeutig definiert
Shillingburg (1986) [50]	Konizität von 6°	3°
Shillingburg et al. (1988) [51]	Gesamtkonvergenzwinkel 16°	8°
Staegemann (1981) (in: Breustedt, Lenz, Musil, Staegemann, Taege, Weiskopf) [6]	- 6° Neigungsgrad d. Präparationsflächen - 6° Konuswinkel - 6° negative Konvergenz - Konvergenz der Flächen je 3°	3°

Strub (Hrsg.) Curriculum Prothetik 3. Aufl. 2005 [52] 4. Aufl. 2010 [53]	Konvergenzwinkel 3° Konvergenzwinkel 3°	unklar definiert unklar definiert
Voß, (Hrsg) 1980, 1984, 1987 und 1989 Meiners [56, 57, 58,59]	Bei den vier Bänden „Fortschritte der Zahnärztlichen Prothetik und Werkstoffkunde“ handelt es sich nicht um Fachbücher im eigentlichen Sinne, es wird jeweils der neueste Stand der Fachliteratur zusammengefasst. Die entsprechenden Literaturverweise erfolgten deshalb bei den Originalautoren.	
Weber (2003) [60]	Konvergenz gegenüberliegender axialer Zahnflächen	> 5°, ideal 3°

**Tab. 3: Angaben zum Präparationswinkel für optimale Retention bei konventioneller Befestigung, zusammengestellt aus deutschsprachigen Lehr- und Fachbüchern [11]**

### 7.2.3.2 Forderungen in der wissenschaftlichen Literatur

Die enge Beziehung zwischen Retention und Konizität wurde in der Fachliteratur erstmals 1955 von DREYER JØRGENSEN nachvollziehbar untersucht [8] und seitdem durch einige In-vitro-Studien mit mechanischen Abzugstests [5, 61], mit lateral wirkenden Kraftzyklen [7] oder mit okklusaler Belastung und photoelastischer Analyse [10] bestätigt. Die Autorinnen und Autoren postulieren dabei ideale Konvergenzwinkel von 2,5° bis 6,5° [10], 6° [63] oder 5° [5]. Als Höchstwert für eine ausreichende Retention werden Werte zwischen 11° [61], 12° [5, 63] und 13° [7] angegeben. Die Annahme eines durchgehend linearen Zusammenhanges zwischen Retention und Konizität [61] konnten CAMERON et al. [7] inzwischen widerlegen. Sie fanden drei Winkelbereiche mit jeweils unterschiedlicher Korrelation: Bis zu einem Konvergenzwinkel von etwa 10° erwiesen sich zyklisch belastete Kronen gleichermaßen komplett retentiv, bei Winkeln zwischen 10° und 26° sank die Retention im linearen Verhältnis mit dem flacher werdenden Winkel. Ab etwa 27° war die Retention unabhängig von der getesteten Last stets bei null. Trotz den über die Jahrzehnte leicht variierenden Belastungsmethoden liegen die als „ideal“ und die als „gerade noch ausreichend“ bezeichneten Winkel jeweils sehr eng beieinander. Entsprechend gut kann mit diesen Daten gearbeitet werden. Alle diese Ergebnisse basieren jedoch auf Laborversuchen. Klinische Studien mit vergleichbarem Design wären ethisch schwer vertretbar und wurden nie durchgeführt.

#### 7.2.4 Klinische Umsetzung des Konvergenzwinkels

Bei der Überprüfung zahlreicher, sowohl von Studierenden als auch Zahnärztinnen und Zahnärzten angefertigten Präparationen zeigte sich, dass die allgemein geforderten Werte des Konvergenzwinkels nur selten erreicht werden konnten: Den ersten Hinweis auf diese Diskrepanz gaben 1978 OHM und SILNESS [38] bei einem Vergleich des Konvergenzwinkels (!) präparierter vitaler und marktoter Zähne. Bei wurzelbehandelten Zähnen wurde in bucco-oraler Richtung mit  $22,5^\circ$  ein sig. größerer Winkel als in mesio-distaler Richtung ( $12,8^\circ$ ) gemessen. Die Präparation vitaler Zähne ergab bucco-oral  $23^\circ$  und mesio-distal  $19,2^\circ$ . Das ist, je nach Veröffentlichung, etwa das 2- bis 6-fache des geforderten Maßes. MACK [29] betrachtete die Umsetzung des Konvergenzwinkels (!) von Studierenden und lieferte Erkenntnisse, die heute noch relevant sind. In mesio-distaler Richtung waren die Stümpfe um durchschnittlich  $3^\circ$  steiler als bucco-oral. Bei der Präparation von Einzelstümpfen wurden deutlich kleinere Konvergenzwinkel (!) erreicht ( $18^\circ$ ) als bei der Präparation mehrerer benachbarter Zähne ( $28^\circ$ ). SMITH verweist 1987 [49] auf ähnliche Studien, die ergeben hätten, dass der für eine optimale Retention anzustrebende Präparationswinkel {?} von  $7^\circ$  seiner Auffassung nach klinisch nicht umgesetzt werden könne, weil es dem menschlichen Auge nahezu unmöglich sei, dies von einer parallelwandigen Präparation zu unterscheiden. Seine Untersuchungen des tatsächlich präparierten Winkels {?} ergaben Werte zwischen  $10^\circ$  bis  $20^\circ$ . SHILLINGBURG et al. [51] folgen 1988 dieser Einschätzung und schlagen einen neuen Gesamtkonvergenzwinkel {gemeint ist: Konvergenzwinkel} von  $16^\circ$  vor. Dieser solle klinisch gut umsetzbar sein und gleichzeitig noch eine ausreichende Retention gewährleisten. Anhand von Gipsmodellen aus zwei Zahnarztpraxen konnte LEEOMPEL 1987 insgesamt 285 Stumpf-Präparationen vermessen [27]. Er fand Konvergenzwinkel (!) zwischen  $15,5^\circ$  und  $30,2^\circ$  (durchschnittlich  $22,9^\circ$ ). NORDLANDER [37], der ein Jahr später die von acht Zahnärztinnen und Zahnärzten sowie von zwei Prothetik-Spezialistinnen und -Spezialisten vorgenommenen Präparationen verglich, fand keine sig. Differenz: Die Zahnärztinnen und Zahnärzte ohne diese Zusatzqualifikation präparierten im Durchschnitt einen Konvergenzwinkel (!) von  $20,1^\circ$ , die Prothetik-Spezialistinnen und -Spezialisten einen Winkel von  $19,6^\circ$ . Bei von Studierenden ausgeführten Präparationen ergaben sich ähnliche bis etwas kleinere Winkel. NOONAN [36] fand 1991 bei der Vermessung von Typodont- und Echtzähnen, die in Phantomköpfen präpariert wurden, einen durchschnittlichen Konvergenzwinkel (!)

von  $19,2^\circ$ . Bei der separaten Beurteilung ergab sich bei den Typodontzähnen mit  $15,7^\circ$  ein sig. kleinerer Winkel als bei den präparierten natürlichen Zähnen ( $19,2^\circ$ ). Dieser sig. Unterschied sollte bei der Bewertung ähnlicher Studien beachtet werden. ANNERSTEDT [4] ließ 1996 je eine Gruppe von Zahnärztinnen und Zahnärzten sowie von Studierenden an Typodontmodellen präparieren. Hier war der von den Studierenden erreichte Konvergenzwinkel sig. kleiner ( $18,8^\circ$ ) als bei den Zahnärztinnen und Zahnärzten ( $22,1^\circ$ ). Studien mit vergleichbaren Fragestellungen sind in Veröffentlichungen seit 2012 vermehrt festzustellen. Retrospektiv fand eine Analyse präparierter Stümpfe für Zirkoniumdioxidkronen sowohl an Typodont- als auch an Echtzähnen statt. Die Stümpfe wurden gescannt und digitalisiert, so dass die Messungen an einem 3-D-Stumpf stattfinden konnten. GHAFOR [16] analysierte Präparationen von Klinikstudierenden und Prothetikerinnen und Prothetikern, wobei kein sig. Unterschied zwischen beiden Gruppen gefunden werden konnte. Ein sig. Unterschied wurde zwischen der Präparation von Prämolaren und Molaren festgestellt. Der Konvergenzwinkel der Prämolaren ( $20,3^\circ$ ) war sig. kleiner als bei Molaren ( $29,5^\circ$ ). Ebenso wie OHM und SILNESS [38] konnte GHAFOR einen sig. Unterschied des Konvergenzwinkels bei vitalen ( $16,2^\circ$ ) und marktoten ( $26^\circ$ ) Zähnen messen. GÜTH [19] untersuchte Präparationen aus dem zahnärztlichen Alltag und stellte an 30,7% aller Präparationen einen unterschichgehenden Bereich fest, nur bei 13,3% aller Präparationen hatte der Konvergenzwinkel eine optimale Größe zwischen  $6$  und  $15^\circ$ . Der durchschnittliche Konvergenzwinkel aller präparierten Wände lag mit  $26,7^\circ$  in einem zu erwartenden Bereich. Auch ALEISA [1] und ALHAZAMI [2] kamen 2013 zu vergleichbaren Ergebnissen, wie bereits zahlreiche Studien zuvor. Der bucco-linguale Konvergenzwinkel ist größer als der mesio-distale Winkel. Der Winkel an Seitenzähnen fällt größer aus als an Frontzähnen. Ebendies bestätigten sowohl SEO [48] als auch YOON [62] 2014 bei der Auswertung des Konvergenzwinkels anhand der von Studierenden ausgeführten Präparationen an Typodontzähnen. SEO vergleicht unterschiedliche Analyseverfahren, wobei von 72 präparierten Typodontzähnen lediglich 24 Zähne ausgewertet werden konnten. Ausschlusskriterien waren nicht vorhandene Präparationsgrenzen sowie das Vorhandensein unterschichgehender Bereiche. Beide Autoren stellen eine deutliche Diskrepanz zwischen der Umsetzung des mesio-distalen und des bucco-oralen Winkels fest, wobei der bucco-orale Winkel sig. größer ausfällt. Auch YOON kann zwischen Studierenden des 4. und des 5. Studienjahres keinen sig. Unterschied in der Fähigkeit der Umsetzung des Konvergenzwinkels feststellen. Diese



Daten finden jedoch in den Lehrbüchern zahlreicher anerkannter Autoren wie beispielsweise KÖRBER [25], MARXKORS [30, 31, 32], LUDWIG [28] oder auch STRUB [52, 53] keine Beachtung. Die Realisierbarkeit des von ihnen geforderten Winkels wurde nie diskutiert. Beispielsweise schrieb MARXKORS noch im Jahr 2000 in seinem „Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik“ [30], dass man ohne Schwierigkeiten einen Präparationswinkel  $\{\}$  von  $3^\circ$  bis  $4^\circ$  anlegen könne, in der 4. und 5. Ausgabe von 2007 bzw. 2010 [31,32] empfiehlt er sogar einen Präparationswinkel  $\{\}$  von  $2^\circ$ . Die Vergleichbarkeit all dieser Untersuchungen zur Umsetzbarkeit des geforderten Präparationswinkels wird durch unterschiedlich gewählte Studienmodelle erschwert. Die Präparation erfolgte darin:

- unter klinischen Bedingungen oder im Phantomkopf,
- im Phantomkopf an natürlichen oder Kunststoffzähnen,
- intraoral an vitalen oder wurzelgefüllten Pfeilern,
- intraoral an einzelnen Zähnen oder ganzen Zahngruppen,
- durch unterschiedlich qualifizierte Versuchspersonen.

Es ist möglich, dass die unterschiedlichen Rahmenbedingungen auch zu unterschiedlichen Ergebnissen geführt haben. Zusammenfassend ist festzustellen, dass unter allen eben genannten Bedingungen, also bei Zahnärztinnen und Zahnärzten sowie bei Studierenden, in der Klinik oder am Phantom, die gemessenen Konvergenzwinkel  $\{\}$  um bis zu  $10,9^\circ$  sig. größer waren als die für eine gute Retention vorgegebenen Werte. Jede dieser Studien bewies, dass die Realisierbarkeit eines Konvergenzwinkels  $\{\}$  von  $12^\circ$ , welcher jedenfalls eine gute Retention sicher gewährleisten würde, nahezu unmöglich ist.

### **7.2.5 Visuelle Erfassbarkeit des Konvergenzwinkels**

NICK [35] untersuchte 2011 die Abschätzbarkeit der Konizität an extraoral zu beurteilenden Stümpfen. Insgesamt 60 Zahnärztinnen und Zahnärzte und Studierende erhielten die Aufgabe, aus laborgefertigten Präparationen mit insgesamt 13 unterschiedlichen Konvergenzwinkeln jeweils denjenigen Zahn auszuwählen, dessen Konvergenzwinkel ihnen als optimal erschien. Während es eine relative Häufung bei der Auswahl der  $9^\circ$ - und  $12^\circ$ -Stümpfe gab, kam die Mehrheit der Versuchspersonen zu hiervon abweichenden Ergebnissen und wählte Stümpfe mit Konvergenzwinkeln

zwischen  $-3^\circ$  und  $30^\circ$ . Dabei war die Unter- bzw. Überschätzung gleich verteilt. Auch unter diesen einfachen Bedingungen erzielten die Versuchspersonen also keine sehr hohe Übereinstimmung zwischen geschätztem und realem Winkel. MACK [29] hatte in seiner Studie von 1980 schon festgestellt, dass das menschliche Auge unter klinischen Bedingungen erst ab einem Konvergenzwinkel  $\{!\}$  von  $12^\circ$  das Vorhandensein von Unterschnitten sicher ausschließen kann. Dass die individuelle Fähigkeit zur Winkelschätzung sehr unterschiedlich ist, zeigte ESSER [12], der von Studierenden angefertigte Phantom-Präparationen von fünf Lehrenden u.a. auch nach deren Konizität bewerten ließ und als Kontrolle einen 3D-Laser-Scanner nutzte. Der Präparationswinkel stimmte bei der technischen Bewertung sig. deutlicher überein als bei den fünf unabhängig voneinander durchgeführten visuellen Bewertungen durch die Lehrenden. LEEMPOEL [27] ließ die verschiedenen Zahngruppen separat bewerten und fand heraus, dass die intraorale Erkennbarkeit mit der Herstellbarkeit eines bestimmten Winkels korreliert: Die Winkel der Molarenpräparationen fielen deutlich flacher aus als die bei Prämolaren. Zudem wurden die Präparationswinkel bei allen Unterkieferzähnen flacher als im Oberkiefer umgesetzt. Diese Ergebnisse wurden rasch bestätigt: Man fand bei Unterkieferzähnen und distalen Pfeilern grundsätzlich größere Konvergenzwinkel [3, 37]

## 8 ZIELSETZUNG UND ARBEITSHYPOTHESEN

Gegenstand dieser Arbeit war zunächst, die Widersprüche hinsichtlich der Beschreibungen der Konizität präparierter Kronenstümpfe in der deutschsprachigen und internationalen Fachliteratur zu zeigen und mit einer klaren Nomenklatur aufzulösen. Im klinisch-experimentellen Teil dieser Arbeit soll herausgefunden werden, inwieweit verschiedene Präparationswinkel unter intraoralen Bedingungen im Front- und Seitenzahnbereich des Ober- und Unterkiefers korrekt erkannt werden und ob diese Erkennbarkeit mit einfachen visuellen und vergleichenden Hilfsmitteln aus dem Praxisalltag zu verbessern ist. Dabei soll auch der Einfluss des Wissens- und Erfahrungsstandes von Studierenden in unterschiedlichen Semestern geprüft werden.

Die Arbeitshypothesen des experimentellen Teiles lauten:

- 1) Mit fortschreitendem Verlauf ihrer Ausbildung weichen die von Studierenden der Zahnmedizin unter klinischen Bedingungen abgeschätzten Konvergenzwinkel präparierter Kronenstümpfe immer weniger vom tatsächlichen Testwert ab.
- 2) Die Nutzung verschiedener Hilfsmittel verringert die Abweichung der Schätzwerte vom tatsächlichen Konvergenzwinkel.
- 3) Die Konvergenzwinkel sind bei präparierten Frontzähnen mit einer geringeren Abweichung abschätzbar als bei präparierten Molaren.
- 4) Die Schätzgenauigkeit durch männliche und weibliche Probanden unterscheidet sich nicht.

## 9 MATERIAL UND METHODE

### 9.1 Studienteilnehmende

Es wurden insgesamt 48 Studierende des Studiengangs Zahnmedizin an der Charité-Universitätsmedizin Berlin rekrutiert. Diese stellten sich freiwillig zur Teilnahme an der Studie zur Verfügung. In jeder Gruppe wurden die Messungen jeweils zur Hälfte von männlichen und weiblichen Studierenden durchgeführt.

### 9.2 Herstellung der Duplikatprothese mit Präparationsstümpfen

Ein zahnloser 60-jähriger Patient, der im klinischen Kurs der Zahnersatzkunde 1 erfolgreich mit neuen Totalprothesen im Ober- und Unterkiefer versorgt worden war, stellte sich als Demonstrationspatient zur Verfügung. Seine beiden Prothesen wurden nach dem von Müller und Hupfaut beschriebenen „Replica-Verfahren“ dupliert und okklusal äquilibriert [34]. Dabei wurden in den Positionen der Zähne 16, 23, 33 und 46 zunächst keine Zähne aufgestellt. Für die Zähne 16, 23, 33 und 46 wurden mit der fünfschichtigen Dentalfräsmaschine Organical 5X (R+K CAD/CAM Technologie GmbH & Co. KG Berlin/D) jeweils sechs präparierte Kronenstümpfe mit verschiedenen Konvergenzwinkeln aus Kunststoffblöcken herausgefräst. Die halben Konvergenzwinkel (entspricht dem Präparationswinkel) betragen:  $-1^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $6^\circ$ ,  $9^\circ$ ,  $12^\circ$  und  $15^\circ$  (Abb. 3 und Abb. 4). Bei allen Stümpfen wurden ihre jeweiligen Präparationswinkel zirkulär einheitlich angelegt, der dabei erzeugte Substanzabtrag entsprach demjenigen für die Herstellung einer mit Keramik verblendeten Metallkrone. Diese insgesamt 24 präparierten Stümpfe wurden mit dentalen Magnetattachments vom Typ DYNA WR S3 (Hersteller: DYNA Dental Engineering b.v, Bergen op Zoom/NL) in der Duplikatprothese des Demonstrationspatienten verankert. Dazu wurden in der Prothesenbasis an den zuvor freigehaltenen Abschnitten für die Zähne 16, 46, 23 und 33 je ein WR S3 Magnet einpolymerisiert (Abb. 5). Als ferromagnetische Gegenanker wurden in die Basis aller 24 Stümpfe passende Plättchen der zum DYNA-System gehörenden Palladium-Kobalt-Legierung („DYNA-EFM-Legierung“) eingefügt. Damit war sowohl eine stabile Lage der Stümpfe während des Schätzvorgangs als auch ein problemloses Auswechseln der verschieden konischen Stümpfe gewährleistet (Abb. 6 und Abb. 7). Alle

herausnehmbaren Stümpfe erhielten basal eine Codierungsnummer, die nach dem Einsetzen in die Prothese für die Studienteilnehmenden nicht sichtbar ist (Tab. 4). Zur besseren Orientierung für die Versuchsleiterin innerhalb eines Durchlaufs wurden die Codierungsnummern des Oberkiefers in rot und die des Unterkiefers in schwarz geschrieben. Eine Kunststoff-Aufbewahrungsbox wurde mittels Trennungsscheiben in verschiedene Fächer unterteilt. Pro Zahn wurden zwei Fächer festgelegt, ein Ausgangsfach sowie eines, in das die Stümpfe nach erfolgter Schätzung gelegt wurden. In die anderen vorhandenen freien Fächer wurden analog präparierte Modellzähne aus Kunststoff (Frasaco GmbH, Tettang/D) gelegt, so dass es den Studienteilnehmenden unmöglich war, die Strukturierung innerhalb dieses Kastens nachzuvollziehen.



**Abb. 3: Gefräste konische Stümpfe für Zahn 23**



**Abb. 4: Gefräste konische Stümpfe für Zahn 16**



**Abb. 5: Prothesenbasis UK, einpolymerisierter DYNA-Magnet in Position 46**



Abb. 6: Prothesenpaar mit einem Stumpf-Muster in Regio 16 und 46



Abb. 7: Prothesenpaar mit einem Stumpf-Muster in Regio 23 und 33

Winkelgröße	-1	3	6	9	12	15
16 - rot	19	12	17	18	11	13
23 - rot	26	22	28	29	25	21
33 - schwarz	71	79	57	55	58	53
46 - schwarz	48	54	32	39	40	92

Tab. 4: Verblindete Kodierung der Präparationswinkel

### 9.3 Herstellung und Einsatz der Hilfsmittel

#### 9.3.1 Erste Messreihe: Hilfsmittel Spiegel

Zur Beurteilung der Stümpfe stand den Studienteilnehmenden ein ergänztes zahnärztliches Grundbesteck zu Verfügung, bestehend aus gerader Sonde, College-Pinzette und zwei verschiedenen Spiegeln: ein runder Mundspiegel mit planer

Spiegeloberfläche (Fa. Henry Schein) und ein Parallelometerspiegel REF: 355470 nach Prof. Böttger (Hager & Werken GmbH & Co. KG; Duisburg/D), der als gutes Hilfsmittel zur Beurteilung der Parallelität bzw. gemeinsamen Einschubrichtung mehrerer Kronenstümpfe gilt (Abb. 8) [41].



**Abb. 8: Einsatz des Parallelometerspiegels an einem Stumpf mit Präparationswinkel 6°**

Aus dem ersten, sechsten und neunten Semester nahmen jeweils 16 Studierende an zwei Messungen teil, so dass jede\*r Teilnehmende die Schätzung mit beiden Spiegeln durchführte. Zwischen beiden Messungen lag ein Abstand von mindestens zwei Wochen. Pro Versuchstag wurden die Messungen mit acht Teilnehmenden eines Semesters durchgeführt. Mit welchem Spiegel begonnen wurde, entschied sich randomisiert, nach der Zufallszuteilungsregel mit Blockbildung im Verhältnis 1:1. Weibliche und männliche Teilnehmende wurden hierfür getrennt, so dass die Verteilung unter den weiblichen und männlichen Teilnehmenden gleich ausfiel. Die Teilnehmenden wussten nicht, dass sie in beiden Durchgängen dieselben 24 Stümpfe zu beurteilen hatten.

Vor Beginn des ersten Versuchstages erhielten alle Studierende eine Einweisung mit der Erklärung der Definitionen des Präparationswinkels in Textform sowie einer grafischen Veranschaulichung. Sie wurden darüber informiert, dass die ihnen vorgelegten Präparationswinkel zwischen  $-5^\circ$  und  $25^\circ$  liegen könnten, mit Abstufungen in  $1^\circ$ -Schritten. Im Rahmen des möglichen Vorkommens negativer Werte wurde der Begriff der untersichgehenden Präparation erklärt. Neben dem jeweiligen Spiegel standen während des Messvorgange jeder\*m Studierenden zusätzlich ein weiterer planer Zahnärztlicher Spiegel zum Abhalten sowie eine gerade Sonde zum Tasten zur Verfügung.

**9.3.2 Zweite Messreihe: Hilfsmittel Uhr und Präparationsstumpf-Skala**

Aus dem ersten, sechsten und neunten Semester nahmen jeweils 32 Studierende an dieser Messreihe teil. Um einen Lerneffekt auszuschließen, wurden Teilnehmende aus der ersten Messreihe ausgeschlossen. Die Daten wurden ein Semester nach der ersten

Messreihe erhoben. Vor Beginn der Schätzungen erhielt jede\*r Studienteilnehmende eine Einführung in eines der zwei möglichen Hilfsmittel Stumpf (Abb. 9) oder Uhr (Abb. 10). Jede\*r Studierende nahm nur einmal und mit einem der beiden Hilfsmittel an der Messung teil. Um auszuschließen, dass die Teilnehmenden beide Hilfsmittel zu sehen bekamen, fanden pro Versuchstag immer nur Messungen mit demselben Hilfsmittel statt. Die Studierenden wurden zum Stillschweigen verpflichtet. Als erstes Hilfsmittel diente eine Zusammenstellung von 17 Kunststoff-Kronenstümpfen mit den zirkulär angelegten Präparationswinkeln von  $-1$ ,  $0$ ,  $1$ ,  $2$ ,  $3$ ,  $4$ ,  $5$ ,  $6$ ,  $7$ ,  $8$ ,  $9$ ,  $10$ ,  $11$ ,  $12$ ,  $13$ ,  $14$ ,  $15^\circ$ . Diese Winkel waren im gleichen Fräs-Verfahren wie die zu schätzenden Stümpfe hergestellt worden. Für ihre Präsentation wurde ein üblicher Zahnfarbring umgearbeitet. Anstelle der Farbbeispiele wurde die Stumpfbasis auf den einzelnen herausnehmbaren Metallstift geklebt. Jeder Stift wurde mit der zum Stumpf gehörigen Winkelzahl versehen. Es wurde ein zusätzliches Fach gefräst, so dass alle Stümpfe in aufsteigender Reihenfolge innerhalb eines Farbringes Platz fanden (Abb. 9)

Die zweite Hälfte der Versuchspersonen erhielt die Zeichnung eines analogen Uhren-Ziffernblattes einer herkömmlichen Uhr. Es wurde erklärt, dass der Abstand zwischen zwei nebeneinanderliegenden Minuten-Markierungen immer  $6^\circ$  entspreche. Zur Demonstration der Winkel  $6^\circ$ ,  $12^\circ$  und  $24^\circ$  waren die drei Uhrzeiten  $12:01$ ,  $12:02$  und  $12:04$  Uhr dargestellt. Zusätzlich befand sich während der Messung ein Wecker auf dem Tray, dessen beide Zeiger konstant auf  $12:01$  Uhr gerichtet blieben. Jede\*r Studienteilnehmende hatte somit einen  $6^\circ$ - Winkel als Vergleichswert vor Augen (Abb. 10).



**Abb. 9: Aufsicht auf das Hilfsmittel Präparationsstumpf-Skala**





**Abb. 10: Ein Wecker dient als das Hilfsmittel Uhren-Ziffernblatt, zwischen dem Minuten- und Sekundenzeiger ist der Winkel  $6^\circ$  eingestellt**

Beide Gruppen erhielten zudem wie in Messreihe 1 eine Einweisung zur Definition des Präparationswinkels in Textform mit einer grafischen Veranschaulichung. Es wurde die Information ausgegeben, dass die ihnen gezeigten Präparationswinkel zwischen  $-5^\circ$  und  $25^\circ$  liegen könnten, mit Abstufung in  $1^\circ$ -Schritten. Im Rahmen des möglichen Vorkommens negativer Werte bei divergierenden Pfeilern wurde nochmals der Begriff der untersichgehenden Präparation erklärt. Jedem Studienteilnehmenden standen während des Messverfahrens zwei plane Zahnärztliche Spiegel sowie eine Sonde zur Verfügung.

#### **9.4 Versuchsablauf**

Die dublierten Prothesen wurden dem Patienten mittels Protefix® Haftpulver Extrastark (Queisser Pharma Flensburg/D) eingesetzt, um eine sichere Position zu gewährleisten. Im Rahmen der ersten Messreihe erhielt jede\*r Studienteilnehmende vor Beginn des Schätzvorgangs eine fünfminütige Einweisung. Im Rahmen der zweiten Messreihe betrug die Einweisungszeit 20 Minuten. Die Auswahl der Stumpfziffernfolge erfolgte durch die Versuchsleiterin: Es wurde aus jedem der vier Fächer wahllos ein Stumpf herausgenommen und die vier Codierungsnummern mittels eines orangefarbenen Stiftes in der zuvor ausgearbeiteten Tabelle notiert, bevor sie durch die Versuchsleiterin in die Prothesen eingesetzt wurden. Für die Betrachtung der vier beschliffenen Zähne hatte jede\*r Studierende 60 Sekunden Zeit. Es sollte der Präparationswinkel in mesialer oder distaler Richtung betrachtet und geschätzt werden. Die angegebenen Werte wurden durch die Versuchsleiterin protokolliert, die auch das Auswechseln der Stümpfe nach jeder Schätzung vornahm. Dabei wurden zuerst alle vier „benutzten“ Stümpfe aus dem

Magnetsystem der Prothese herausgenommen, auf eine separate Unterlage gelegt und durch das Einsetzen der vier neuen Stümpfe für den zweiten Schätzdurchgang ersetzt. Während die Studienteilnehmenden mit der zweiten Schätzung begannen, wurden die benutzten Stümpfe in die dafür vorgesehenen Fächer sortiert und die vier Stümpfe für den kommenden Schätzdurchgang herausgesucht. Dieses Vorgehen wiederholte sich, bis jede\*r Studienteilnehmende in sechs Schätzdurchgängen alle 24 vorhandenen Stümpfe gesehen hatte.

## 9.5 Statistische Datenanalyse

Die statistische Auswertung erfolgte unter Anwendung des Programms „Statistical Package for the Social Sciences“ (SPSS) in der Version IBM SPSS Statistics 22. Es wurde mit den Differenzwerten der vorhandenen Daten gearbeitet. Innerhalb der deskriptiven Statistik wurde zwischen metrischen und kategorialen Variablen unterschieden. Die kategorialen Variablen wurden deskriptiv mit Häufigkeiten beschrieben. Die metrischen Daten wurden tabellarisch und grafisch dargestellt, unter besonderer Betrachtung der folgenden Maßzahlen: Mittelwert, Median, Standardabweichung, Minimum, Maximum sowie Interquartilsbereich. Metrische Variablen wurden auf ihre Verteilung hin untersucht. Zur Interpretationshilfe wurden der Shapiro-Wilk- und der Kolmogorov-Smirnoff-Test sowie die Normalverteilungsdiagramme Q-Q-Diagramm und Quantilplot hinzugezogen. Eine Datentransformation war nicht notwendig. In der schließenden (induktiven) Statistik fand die Überprüfung der Signifikanz von Zusammenhangs- bzw. Unterschiedshypothesen statt. Der Vergleich einer Stichprobe wurde zu dem festen Wert (auch Testwert) „0“ ermittelt. Dieser ergab sich jeweils aus dem tatsächlichen Präparationswinkel des zu beurteilenden Stumpfes. Der Testwert wurde je nach Bedarf als Lageunterschied bei zwei Gruppen mithilfe des Einstichproben-t-Tests bzw. in Ausnahmen mithilfe des Wilcoxon-Tests ermittelt. Der Lageunterschied bei zwei Gruppen wurde mit dem t-Test und gegebenenfalls mit dem Mann-Whitney-U-Test ermittelt. Die Bestimmung des Lageunterschiedes bei zwei Messwiederholungen erfolgte mithilfe des gepaarten t-Tests. Um einen Vergleich der Schätzwerte mittels Zahnärztlichen Spiegels (Durchgang 1) und unter der zusätzlichen Zuhilfenahme von Ziffernblatt und Präparationsstumpf-Skala (Durchgang 2) herstellen zu

können, wurden die Ergebnisse mittels Parallelometerspiegel aus Durchgang 1 nicht in die Berechnungen mit einbezogen. Somit wurde die eigentlich verbundene Stichprobe aus Durchgang 1 zu einer unverbundenen Stichprobe und konnte entsprechend mit den unverbundenen Stichproben aus Durchgang 2 verglichen werden. Der Lageunterschied wurde dann mit dem t-Test ermittelt.

Das Studiendesign wurde vorab der Ethikkommission der Charité – Universitätsmedizin Berlin vorgelegt (EA 1/123/12), welche keine Bedenken gegen die Durchführung der Studie und die Veröffentlichung der erarbeiteten Ergebnisse hatte.

## 10 ERGEBNISSE

### 10.1 Visuelle Erkennbarkeit des Präparationswinkels

Die\*der Studienteilnehmende kann einen Präparationswinkel von  $3^\circ$  unter klinischen Bedingungen nur am Zahn 33 als solchen erkennen. Bei diesem Zahn besteht kein sig. Unterschied zum Testwert 0 (entspricht  $3^\circ$ ) ( $p=0,87$ ). Hier liegen die Schätzwerte mit einem Abweichungs-Mittelwert von  $-0,042$  (Standardabweichung=  $3,1$ ) sig. am nächsten zur tatsächlichen Winkelgröße und damit näher, als es bei den anderen Test-Zähnen der Fall ist. Für die Zähne 16, 23 und 46 liegt bei einem  $3^\circ$ -Winkel der Mittelwert der Abweichungen vom Testwert zwischen  $-0,833$  und  $-2,153$  bei Standardabweichungen (SD) von  $3,0$  bis  $4,2$ . Starke Abweichungen zeigen sich für diese drei Zähne bei allen getesteten Winkelgrößen mit konvergierenden Stümpfen (Abb. 11).

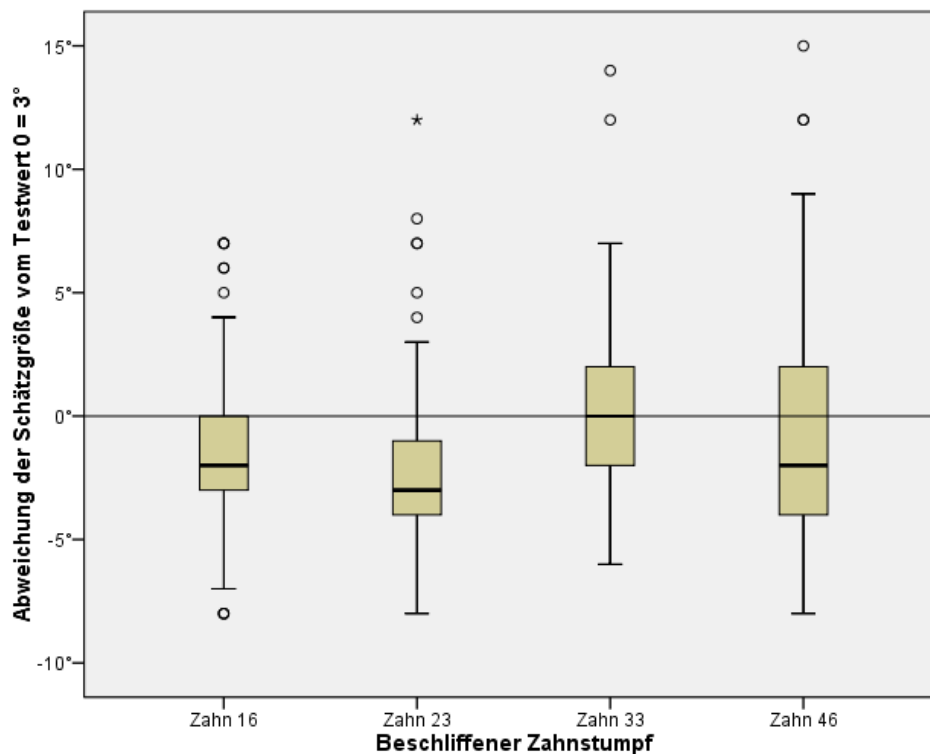
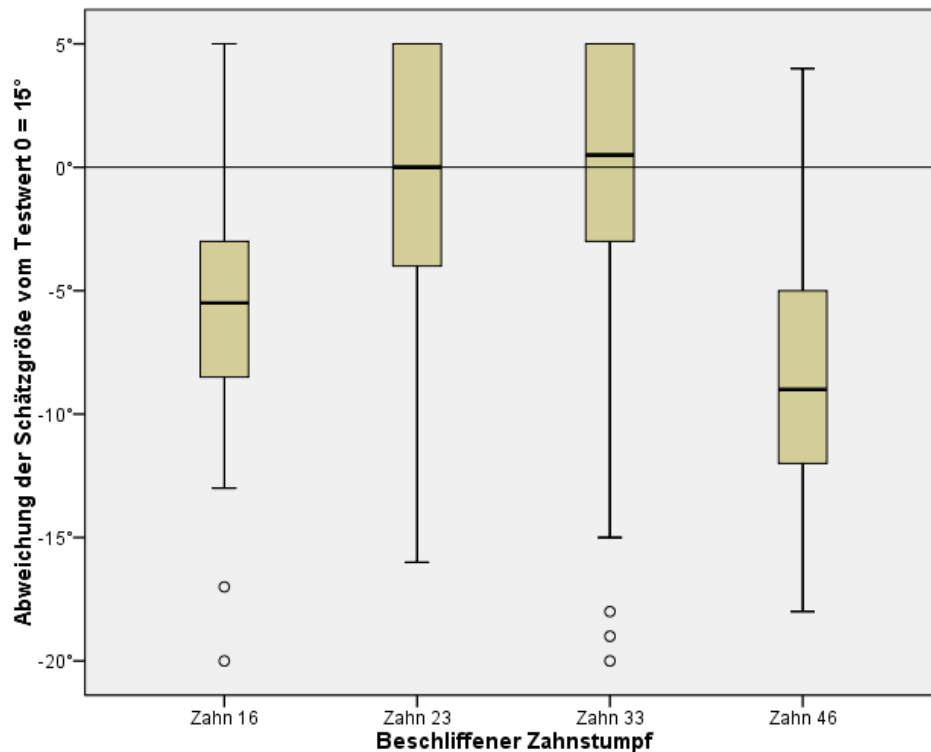


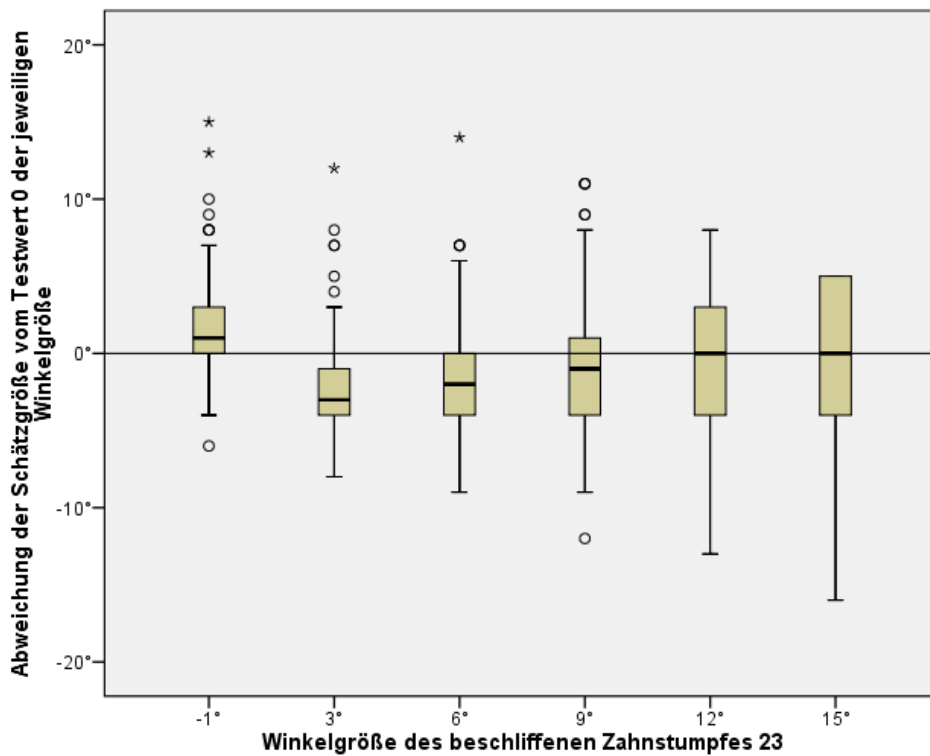
Abb. 11: Schätzung (n= 48) der vier  $3^\circ$ -Stümpfe mit einfachem Mundspiegel

Bei den Zähnen 16 und 46 weichen Mittelwert und Median aller ermittelten Schätzwerte mit zunehmender Winkelgröße des zu beurteilenden Stumpfes immer weiter vom Testwert 0 ab. Für Zahn 16 liegt die Abweichung des Medians beim 15°-Winkel bei -5,5 (SD= 4,8). Zahn 46 wird bei der Winkelgröße 15° mit einer Median-Abweichung von -9 (SD= 4,4) im Vergleich zum Testwert beurteilt (Abb. 12).



**Abb. 12: Schätzung (n= 48) der vier 15°-Stümpfe mit einfachem Mundspiegel**

Mittelwert und Median aller ermittelten Schätzwerte für Zahn 23 hingegen werden mit zunehmender Winkelgröße kleiner. Die Abweichungen zur tatsächlichen Winkelgröße nehmen ab. Bei einem Präparationswinkel von 15° an Zahn 23 kann kein sig. Unterschied ( $p= 0,1$ ) zwischen Schätz- und Testwert festgestellt werden (Abb. 13).



**Abb. 13: Schätzung (n= 48) des Zahnes 23 bei allen Präparationswinkeln im Verlauf**

Bei den konvergierenden Stümpfen liegen Mittelwert und Median der Schätzwerte im Vergleich zum Testwert im negativen Bereich: Hier werden die Winkel zu klein eingeschätzt. Beim divergierenden Stumpf hingegen liegen bei allen gemessenen Zähnen Mittelwert und Median im positiven Bereich: Entsprechend werden die Winkel parallelwandiger eingeschätzt. Auch für Zahn 33 kann bei einer Winkelgröße von  $-1^\circ$  eine sig. Abweichung zum Testwert 0 ( $p= 0,0$ ) festgestellt werden. Der untersichgehende Bereich wird nicht als solcher erkannt (Abb. 14).

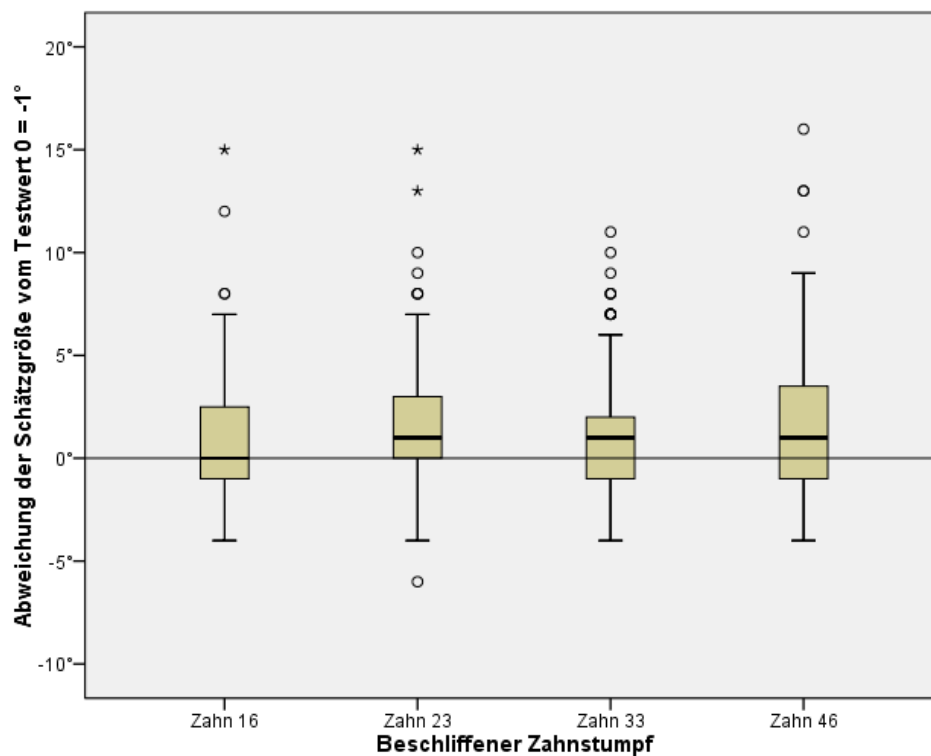


Abb. 14: Schätzung (n= 48) der vier  $-1^\circ$ -Stümpfe mit einfachem Mundspiegel

## 10.2 Vergleich: Einfluss der unterschiedlichen Studiensemester

Zwischen den Ergebnissen der Versuchspersonen des ersten, sechsten und neunten Semesters kann kein genereller sig. Unterschied festgestellt werden. Lediglich bei vereinzelt Winkelgrößen treten Abweichungen auf. Diese sind dann eher in kleinen Winkelbereichen von  $-1^\circ$  und  $3^\circ$  sowie in größeren Winkelbereichen von  $12^\circ$  und  $15^\circ$  zu beobachten (Abb. 15, Abb. 16, Abb. 17).

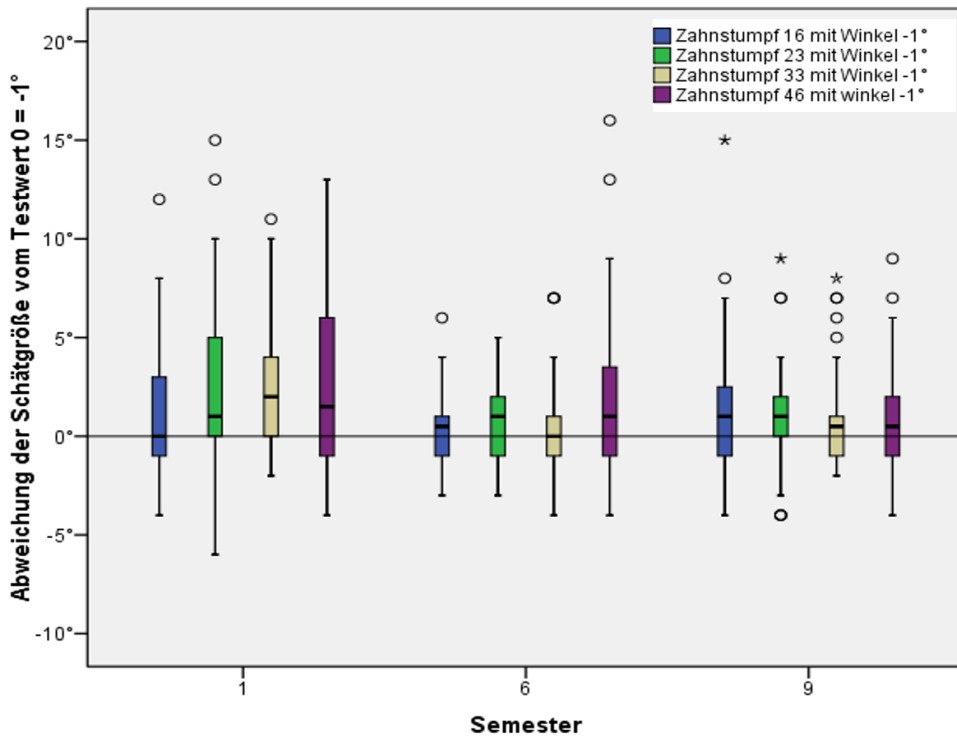


Abb. 15: Schätzung (n= 48) der vier -1°-Stümpfe mit einfachem Mundspiegel, Vergleich der drei Semestern

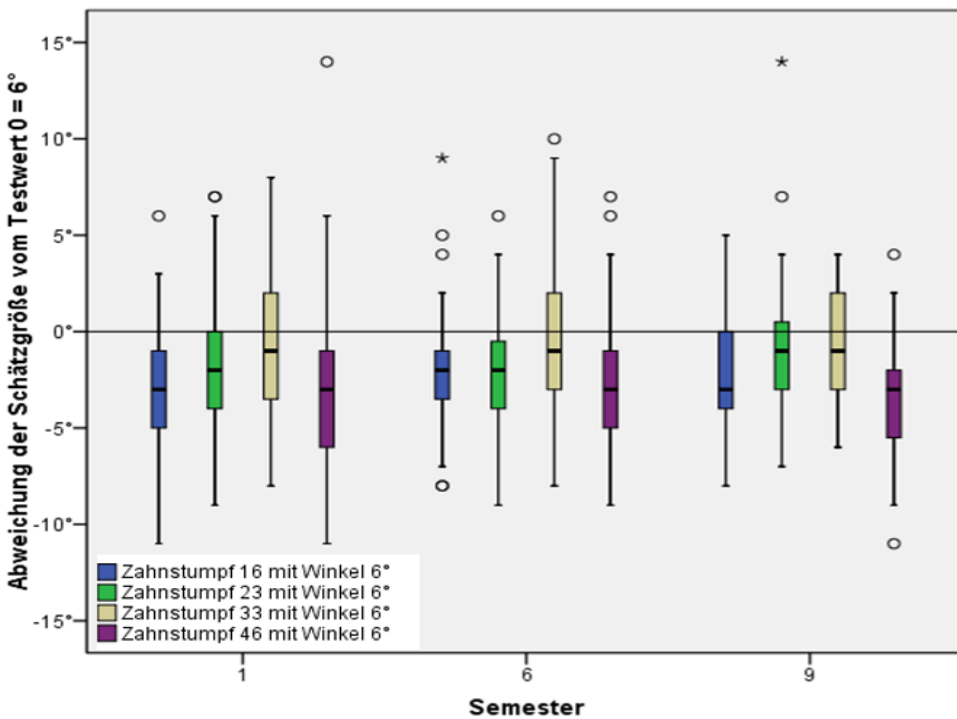
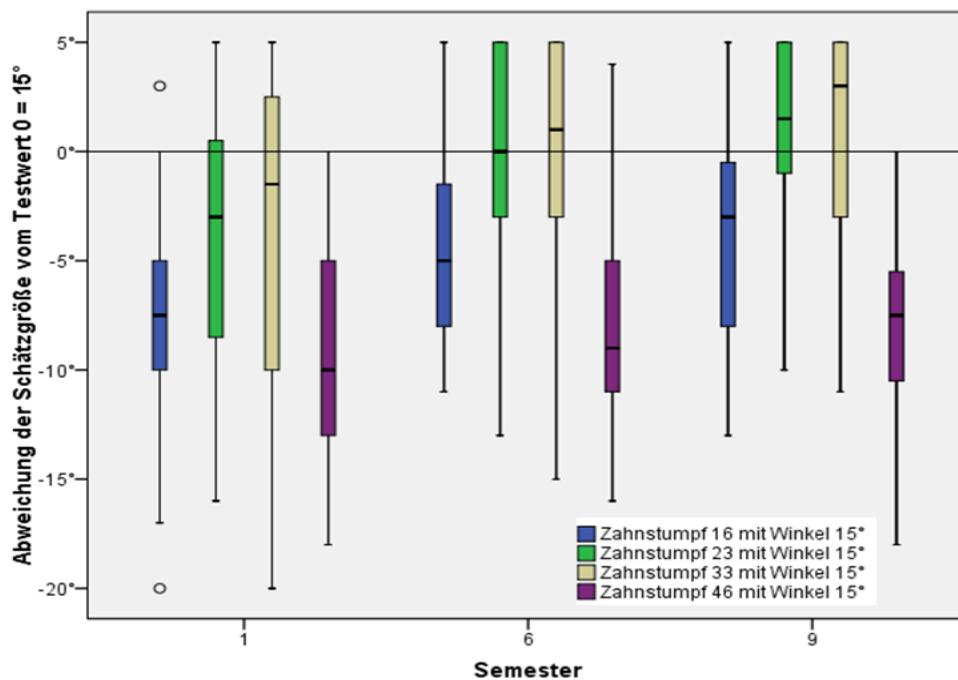


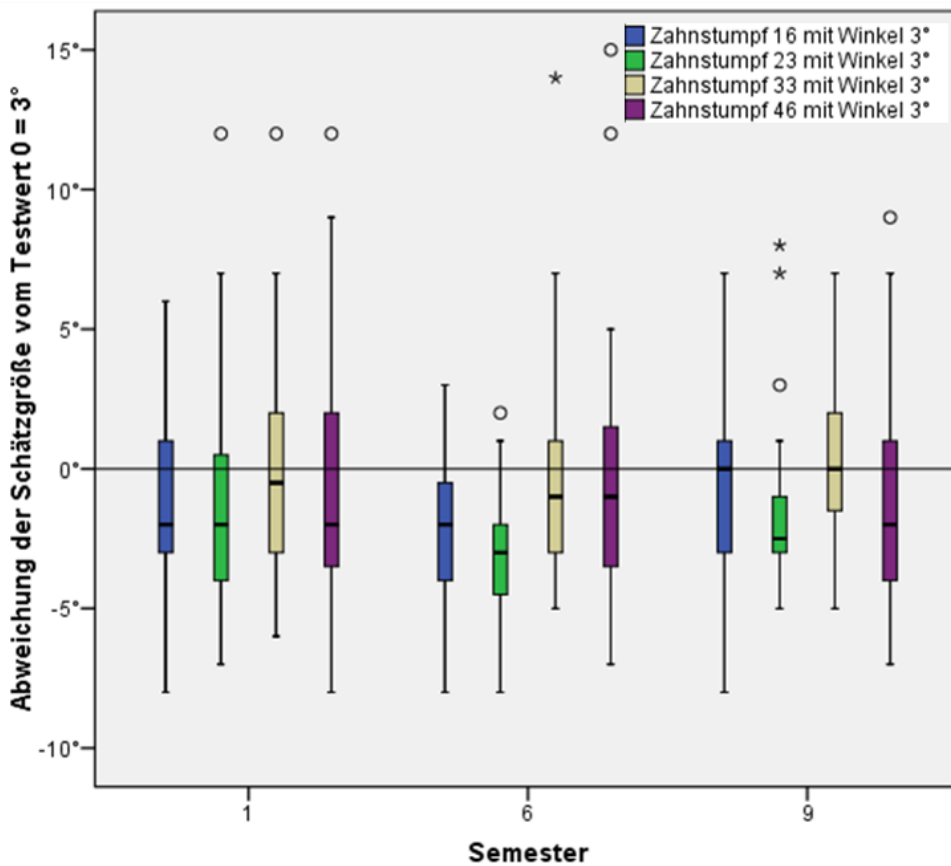
Abb. 16: Schätzung (n= 48) der vier 6°-Stümpfe mit einfachem Mundspiegel, Vergleich der drei Semester





**Abb. 17: Schätzung (n= 48) der vier 15°-Stümpfe mit einfachem Mundspiegel, Vergleich der drei Semester**

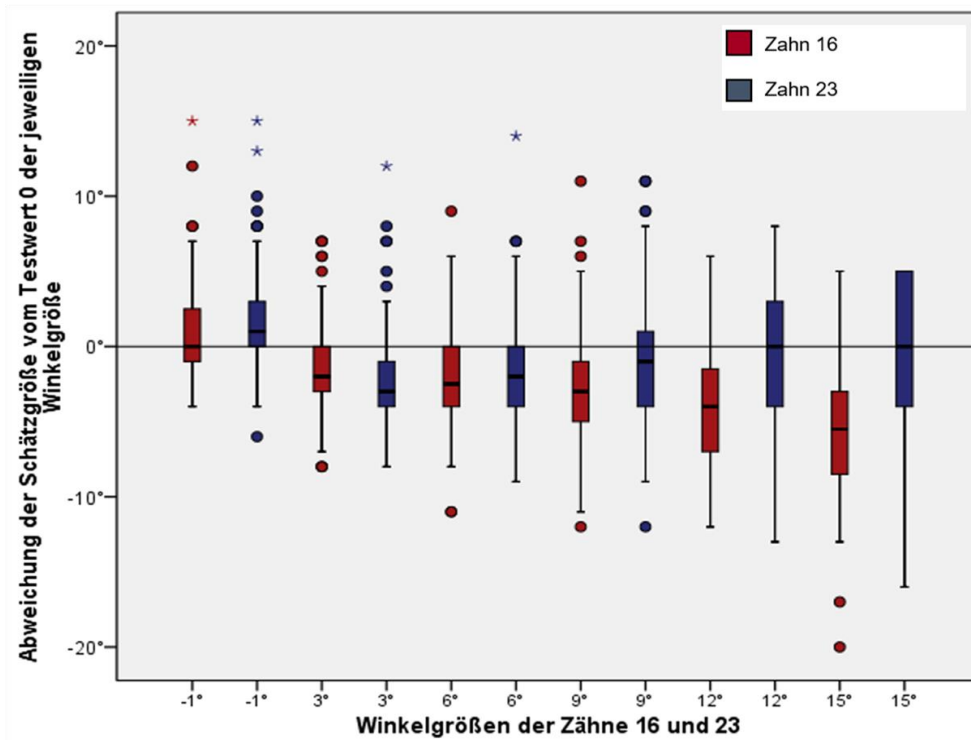
Gerade innerhalb des besonders interessanten Winkels von 3° liegt bei Zahn 23 zwischen Semester eins und sechs ein sig. Unterschied vor, wobei das erste Semester mit einem Mittelwert von -1,396 (SD= 3,9) zu -3,354 (SD= 2,2) im sechsten Semester sig. näher am Testwert 0 ( $p= 0,0$ ) liegt. Beim Vergleich der Semester sechs und neun sind bei den Zähnen 16 und 23 Unterschiede sichtbar. Das neunte Semester liegt bei beiden Messungen mit der Schätzung jeweils sig. ( $p= 0,0$ ) näher an der tatsächlichen Winkelgröße. Zwischen den Semestern eins und neun kann bei einem Präparationswinkel von 3° kein sig. Unterschied ( $p$ -Werte zwischen 0,4 und 0,8) festgestellt werden (Abb. 18). Bei allen anderen Winkelgrößen zeigt sich im Vergleich von Semester eins und sechs bei Vorliegen eines sig. Unterschiedes der Schätzwerte, dass Semester sechs näher am Vergleichswert „0“ liegt (Abb. 17, Zähne 16+23+33 und Abb. 18, Zahn 23). Aufgrund der nur vereinzelt Fälle kann hier lediglich von einer Tendenz gesprochen werden. Zwischen dem sechsten und dem neunten Semester finden sich diese Tendenzen nicht. Entsprechend sind zwischen dem ersten und dem neunten Semester ebenso wie beim Vergleich von erstem und sechstem Semester Tendenzen zu erkennen, wobei die klinischen Semester in diesen Einzelfällen sig. näher am Vergleichswert liegen.



**Abb. 18: Schätzung (n= 48) der vier 3°-Stümpfe mit einfachem Mundspiegel, Vergleich der drei Semester**

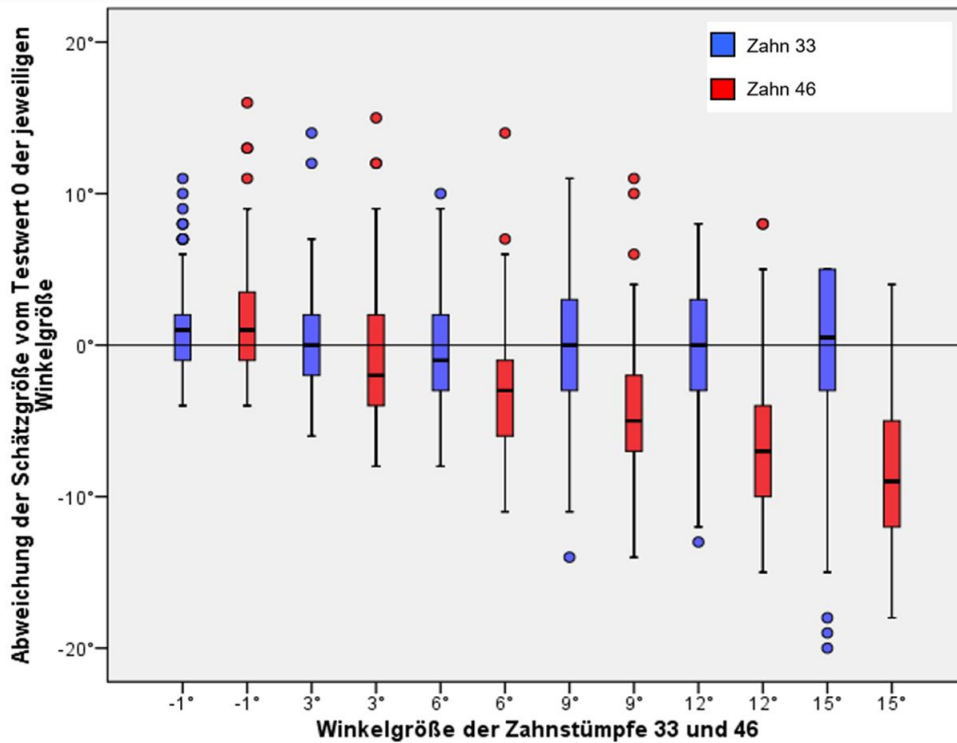
### 10.3 Vergleich der Ergebnisse in Ober- und Unterkiefer

Im Oberkiefer zeigt sich ein sig. Unterschied zwischen der Schätzgenauigkeit bei den Zähnen 16 und 23. Bei den Winkelgrößen  $-1^\circ$  und  $3^\circ$  liegen die Schätzwerte für den Seitenzahn näher am Testwert, während es ab einem Winkel von  $6^\circ$  der obere Frontzahn ist, welcher näher an der tatsächlichen Winkelgröße liegt (Abb. 19).



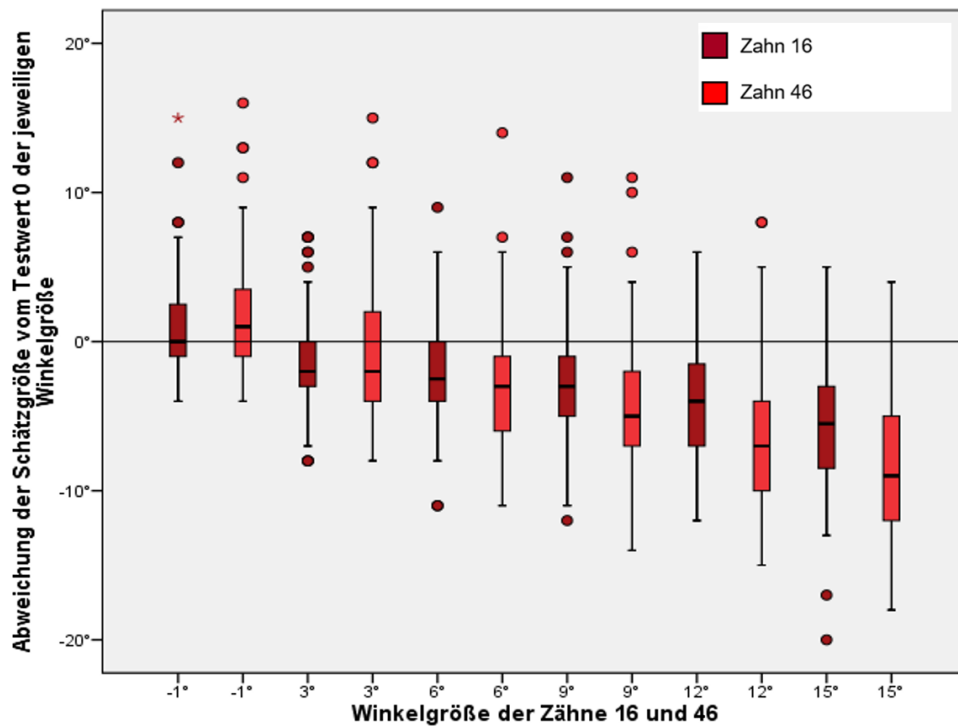
**Abb. 19: Schätzung (n= 48) der beiden Oberkiefer-Positionen 16 und 23 bei allen Winkeln mit einfachem Mundspiegel**

Im Unterkiefer hingegen kann bei den kleinen Winkelgrößen  $-1^\circ$  und  $3^\circ$  kein Unterschied zwischen Front- und Seitenzahn festgestellt werden. Ab einer Winkelgröße von  $6^\circ$  liegen die Schätzwerte für den Frontzahn immer sig. näher am Testwert. Entsprechend liegen, wie auch im Unterkiefer, die Schätzwerte für den Frontzahn sig. näher am Vergleichswert „0“ ( $p=0,0$ ) und somit näher an der tatsächlichen Winkelgröße (Abb. 20).



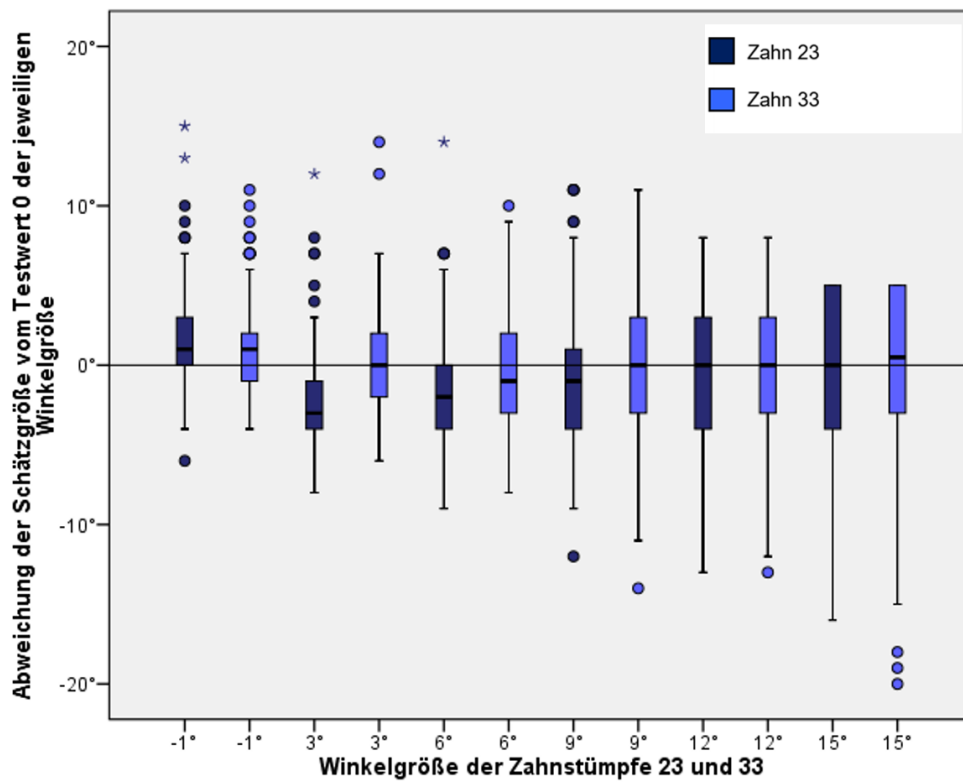
**Abb. 20: Schätzung (n= 48) der beiden Unterkiefer-Positionen 33 und 46 bei allen Winkeln mit einfachem Mundspiegel**

Bei sechs getesteten Winkelgrößen des Vergleichs von Ober- und Unterkieferseitenzahn liegt in fünf Messungen ein sig. Unterschied vor, wobei in diesen Fällen die Schätzung für Zahn 16 stets näher am Testwert ( $p= 0,0$ ) liegt (Abb. 21). Die Schätzungen für den Winkel  $3^\circ$  ergaben keinen sig. Unterschied ( $p= 0,2$ ) zwischen Ober- und Unterkieferseitenzahn.



**Abb. 21: Vergleich der Schätzwerte im OK- und UK-Seitenzahnbereich durch die Zähne 16 und 46 (mit einfachem Mundspiegel)**

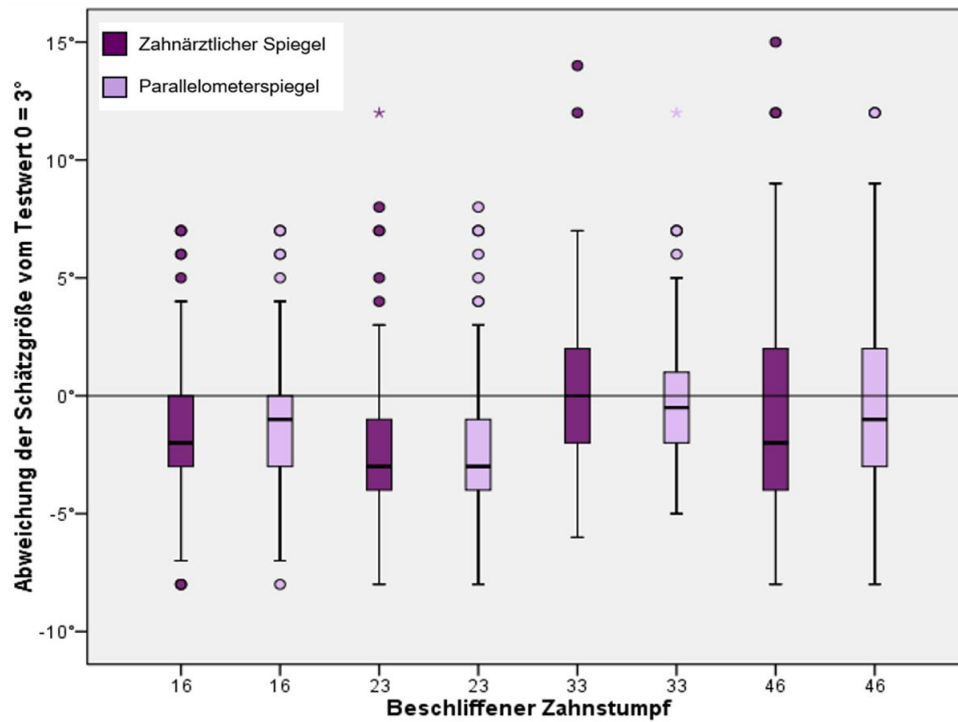
Der Vergleich beider Frontzähne zueinander zeigt zwischen 3° und 9° einen sig. Unterschied ( $p=0,0$ ). Bei Vorliegen eines Unterschiedes ist es immer Zahn 33, welcher sig. näher am Testwert liegt. Bei dem untersichgehenden Bereich -1° sowie bei den großen Winkeln von 12° und 15° kann kein sig. Unterschied festgestellt werden (Abb. 22).



**Abb. 22: Vergleich der Schätzwerte zwischen Ober- und Unterkiefer-Frontzahnbereich durch die Zähne 23 und 33 (mit einfachem Mundspiegel)**

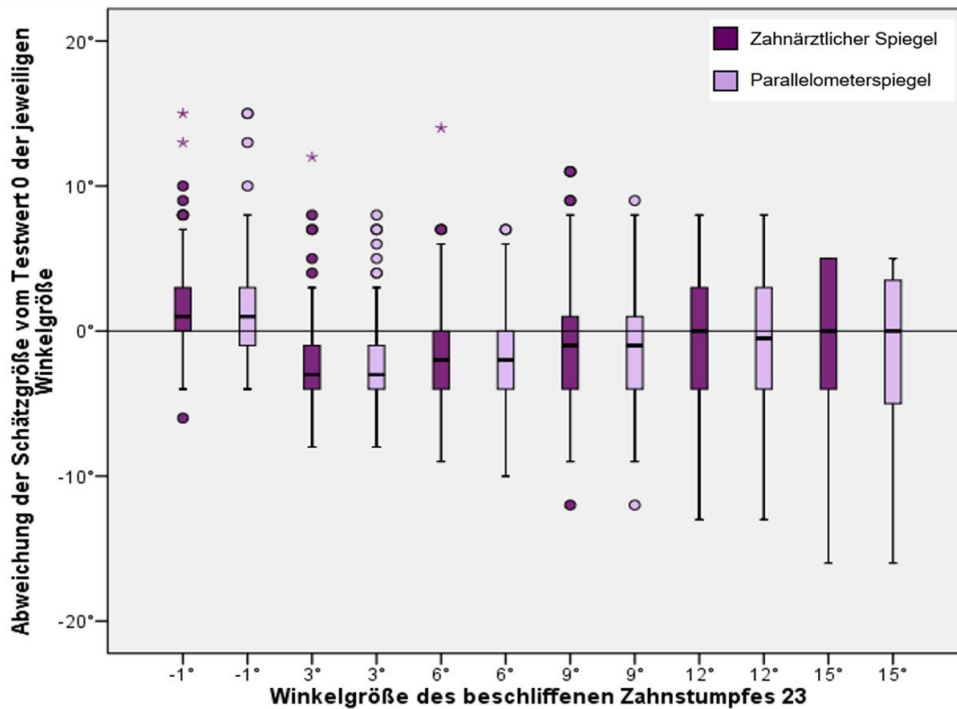
#### 10.4 Vergleich: Einfluss der unterschiedlichen Spiegel und weiterer Hilfsmittel

Innerhalb der ersten Messreihe fand sich mit einer Ausnahme kein sig. Unterschied zwischen den mit Hilfe des üblichen Zahnärztlichen Spiegels und des Parallelometerspiegels geschätzten Winkeln (Abb. 23).



**Abb. 23: Vergleich der Schätzungen mit Hilfe des Zahnärztlichen- und Parallelometerspiegels aller getesteten Zähne beim Winkel 3°**

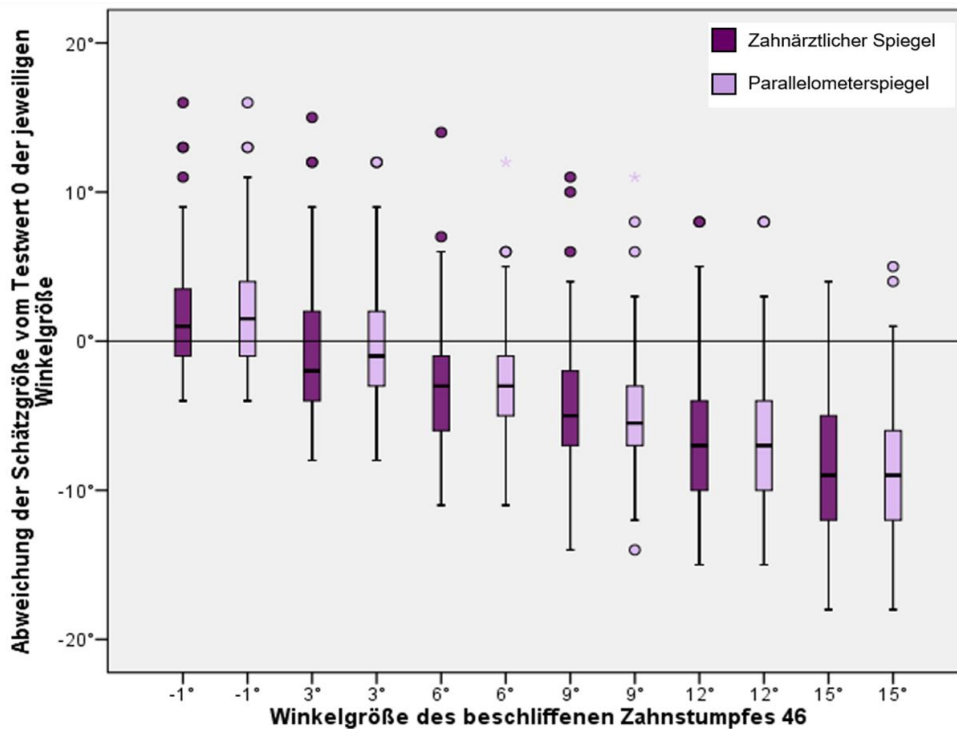
Diese Ausnahme betraf Zahn 23, hier waren bei einer Winkelgröße von 6°, 12° und 15° die Schätzungen mit dem Zahnärztlichen Spiegel sig. (p-Werte zwischen 0,0 und 0,04) näher am Vergleichswert als mit dem Parallelometerspiegel (Abb. 24).



**Abb. 24: Vergleich der Schätzungen mit Hilfe des Zahnärztlichen- und Parallelometerspiegels an Zahnstumpf 23**

Im Mittelwert wurden Abweichungen von -1,5 (SD= 5,0) bis -0,9 (SD= 3,5) geschätzt. Für Zahn 23 liegen sowohl bei Verwendung des Zahnärztlichen Spiegels als auch des Parallelometerspiegels die Schätzwerte am nächsten zum Testwert. Für den Parallelometerspiegel wurden Mittelwerte zwischen -3,4 (SD= 6,2) und -2,7 (SD= 3,2) geschätzt. Die Bewertung der Seitenzähne ergibt eine deutlich größere Abweichung vom Testwert, wobei die Differenz für Zahn 46 am stärksten ausfällt. Mithilfe des einfachen Zahnärztlichen Spiegels wurden Schätzwerte mit Abweichungen im Mittel von -8,0 (SD= 4,3) bis 1,5 (SD= 3,1) ermittelt. Mit dem Parallelometerspiegel wurden Mittelwerte von -9,5 (SD= 4,3) bis 3,0 (SD= 3,3) gemessen (Abb. 25).

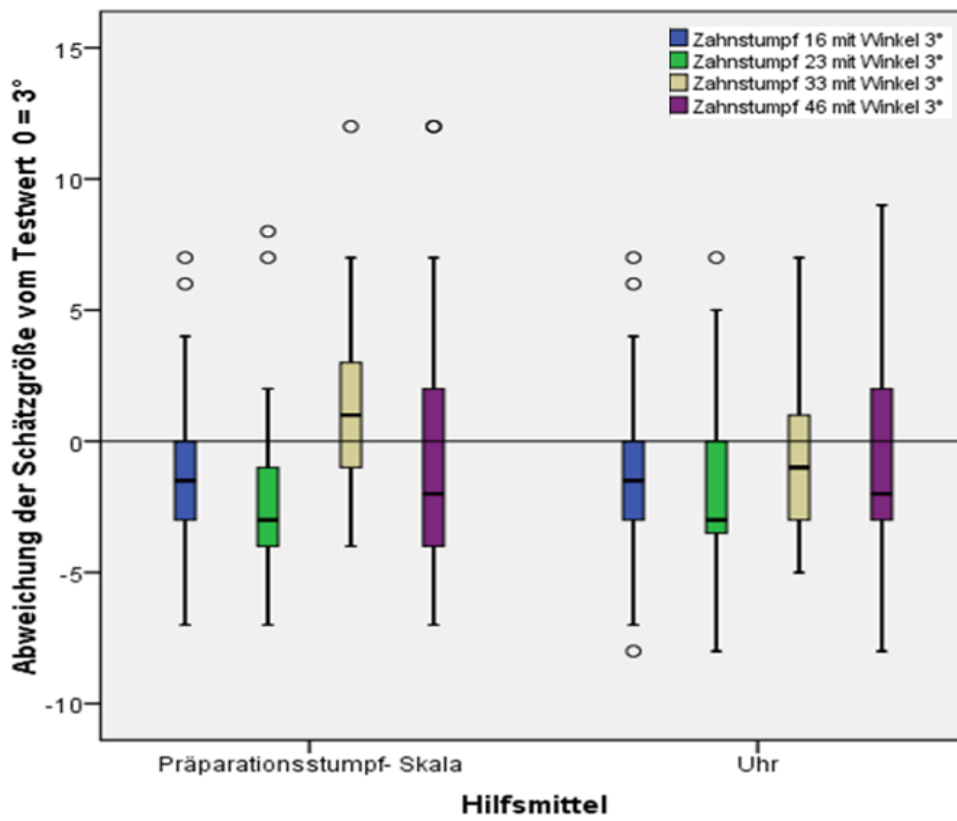




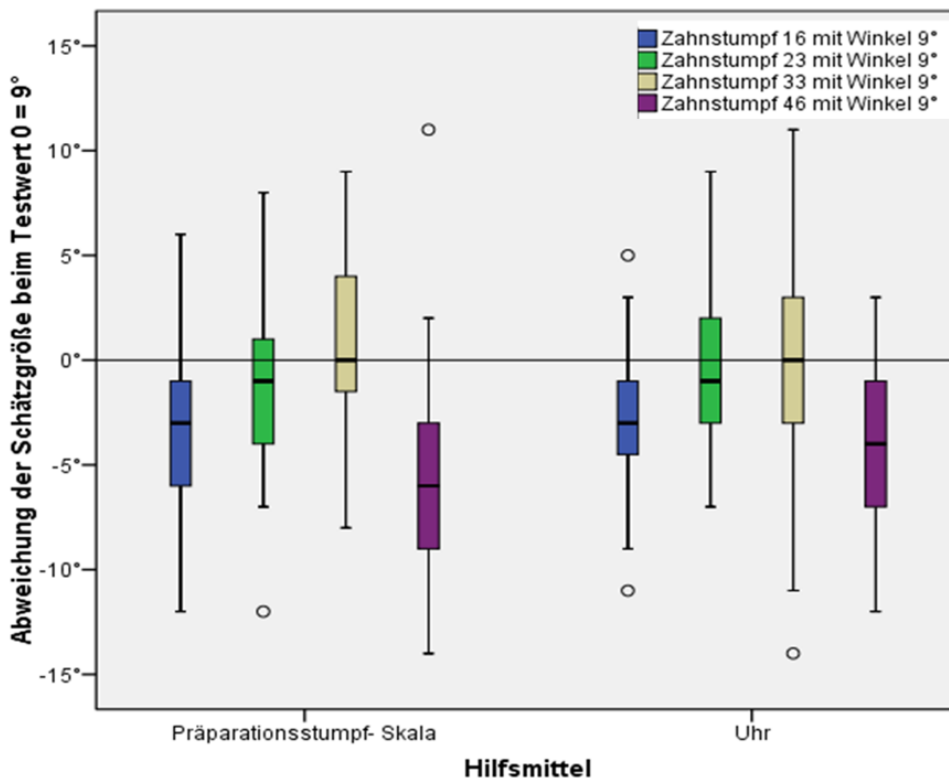
**Abb. 25: Vergleich der Schätzungen mit Hilfe des Zahnärztlichen- und Parallelometerspiegels an Zahnstumpf 46**

Liegt in Einzelfällen ein sig. Unterschied zwischen den Ergebnissen mit den beiden Spiegeln vor, so weichen die Schätzwerte mithilfe des Parallelometerspiegels weiter von der tatsächlichen Winkelgröße ab.

Der Vergleich zwischen den Hilfsmitteln Uhr und Stumpf-Skala ergibt keinen sig. Unterschied. Lediglich zwei „Ausreißer“ beim Winkel 3° an Zahn 33 und bei der Winkelgröße 9° an Zahn 46 treten auf, wobei in beiden Fällen die Schätzung der Gruppe mit dem Hilfsmittel Stumpf-Skala sig. ( $p = 0,0$ ) weiter vom Vergleichswert „0“ entfernt ist (Abb. 26 und Abb. 27).

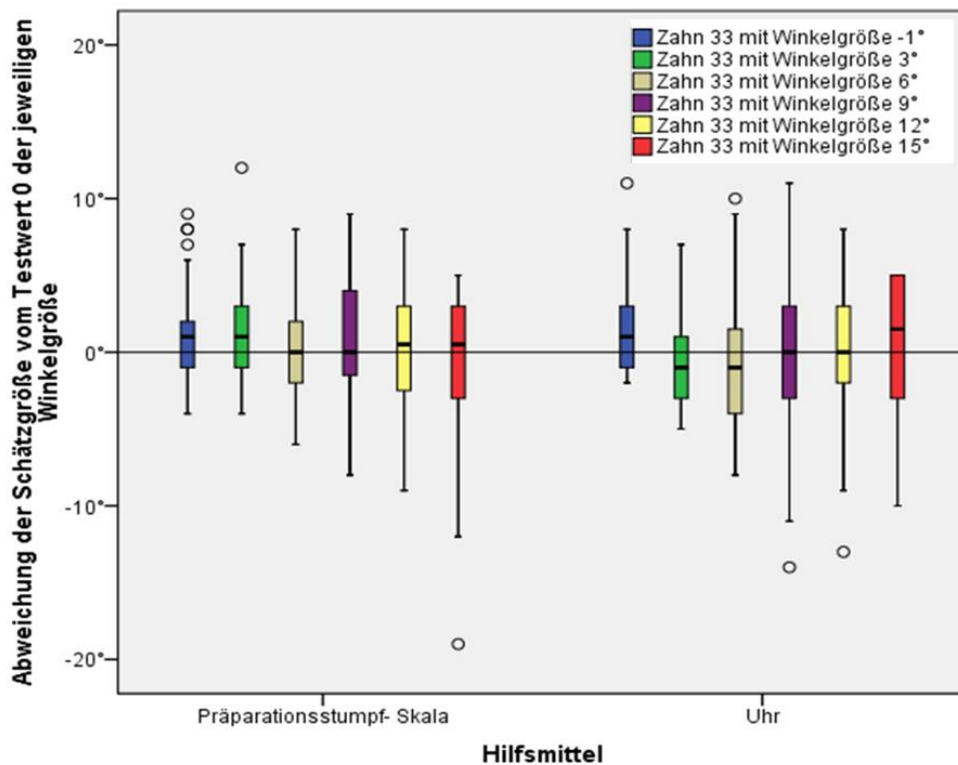


**Abb. 26: Vergleich der Schätzwerte zwischen den Hilfsmitteln Präparationsstumpf-Skala und Uhr beim Präparationswinkel 3°**



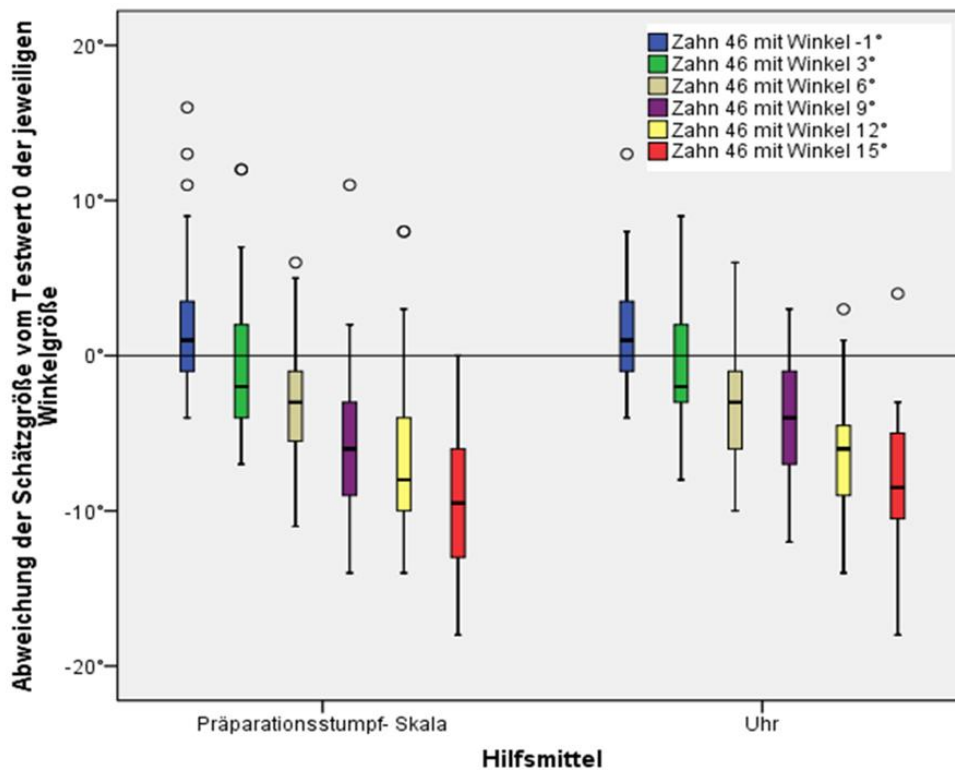
**Abb. 27: Vergleich aller Schätzwerte zwischen den Hilfsmitteln Präparationsstumpf-Skala und Uhr beim Präparationswinkel 9°**

Wie beim Vergleich der Messungen mit dem Zahnärztlichen Spiegel und dem Parallelometerspiegel liegen die Schätzwerte für Zahn 33 am nächsten zum Testwert. Die Mittelwerte bei den Messungen mithilfe der Stumpf-Skala liegen zwischen -0,417 (SD= 5,2) und 1,229 (SD= 2,8); für das Hilfsmittel Uhr liegen die Werte zwischen -0,792 (SD= 2,5) und 1,354 (SD= 3,1). (Abb. 28)



**Abb. 28: Vergleich aller Schätzwerte zwischen den Hilfsmitteln Präparationsstumpf-Skala und Uhr bei Zahn 33 mit allen Winkelgrößen im Verlauf**

Ebenso verhält es sich mit den weiteren getesteten Zähnen: Die Schätzwerte der Seitenzähne weichen am stärksten ab. Bei Zahn 46 und dem Hilfsmittel Stumpf-Skala liegen die Mittelwerte zwischen -9,396 (SD= 4,8) und 2,063 (SD= 17,7); unter Zuhilfenahme der Uhr wurden Werte zwischen -8,125 (SD= 4,0) und 1,292 (SD= 3,6) ermittelt. Ein sig. Unterschied zwischen den mit beiden zur Verfügung gestellten Hilfsmitteln erzielten Schätzwerten kann nicht festgestellt werden.

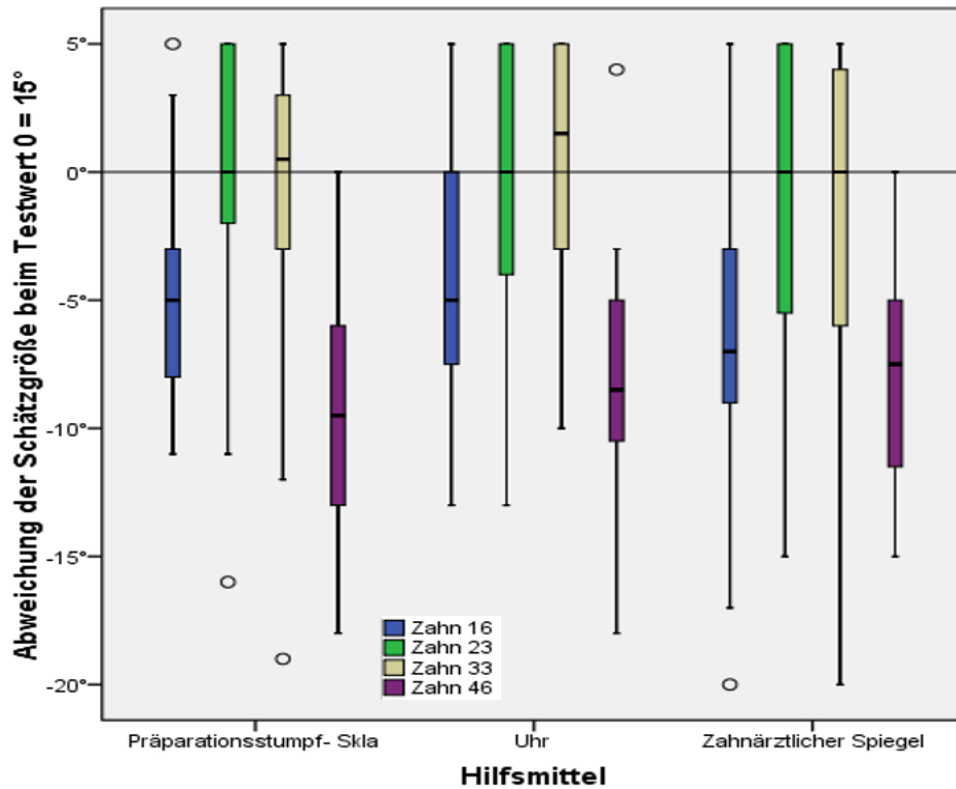


**Abb. 29: Vergleich aller Schätzwerte zwischen den Hilfsmitteln Präparationsstumpf-Skala und Uhr bei Zahn 46 mit allen Winkelgrößen im Verlauf**

Im Vergleich zur Benutzung nur des Zahnärztlichen Spiegels ergibt sich bei zusätzlicher Verwendung des Ziffernblattes als orientierendes Hilfsmittel nur in zwei Fällen ein sig. Unterschied: Bei den 15°-Stümpfen 16 ( $p= 0,01$ ) und 33 ( $p= 0,05$ ) liegen die Schätzergebnisse mit dem Hilfsmittel Ziffernblatt sig. näher am Testwert. Für den Zahn 16 liegt der Mittelwert der Messungen mittels Zahnärztlichem Spiegel bei  $-6,479$  ( $SD= 5,0$ ), bei dem Hilfsmittel Ziffernblatt bei  $-3,875$  ( $SD= 4,9$ ). Die Schätzergebnisse für Zahn 33 liegen mittels Zahnärztlichen Spiegels im Mittelwert bei  $-2,0$  ( $SD= 6,9$ ), unter Zuhilfenahme des Ziffernblattes bei  $0,4$  ( $SD= 4,6$ ). (Abb. 30)

Die Verwendung der Präparationsstumpf-Skala verbesserte die Schätz-Richtigkeit nicht. Bei drei der 24 Stümpfe lagen die Schätzwerte sogar sig. weiter vom jeweiligen Testwert entfernt als bei Beschränkung auf den einfachen Mundspiegel: Bei den 3°- und 9°-

Stümpfen des Zahnes 33 ( $p= 0,03$  und  $0,02$ ) und beim  $9^\circ$ -Stumpf des Zahnes 46 ( $p= 0,03$ ).



**Abb. 30: Vergleich der Schätzungen mit den Hilfsmitteln Präparationsstumpf-Skala und Uhr sowie ohne Hilfsmittel mit Winkel  $15^\circ$**

## 10.5 Vergleich: Einfluss des Geschlechtes auf die Beurteilung des Präparationswinkels

Zwischen den Schätzleistungen von weiblichen und männlichen Studierenden konnte bei keinem der getesteten Zähne und Winkelgrößen ein sig. Unterschied festgestellt werden.

## 11 DISKUSSION

### 11.1 Diskussion der Methodik

Mit dem angewendeten Algorithmus der Winkelschätzung konnten systematische und versehentliche Fehler ausgeschlossen werden: Die Verwendung des CAD/CAM-Gerätes bei der Herstellung der verschiedenen konischen Stümpfe sorgte zunächst für eine sichere Gestaltung der Arbeitsgrundlage. Die Stümpfe wurden nicht nach einem zuvor festgelegten Ablauf in die Prothesenbasis eingebracht, sondern erst im Laufe des jeweiligen Schätzvorgangs sowohl für die Versuchspersonen als auch für die Versuchsleiterin verblindet und damit in willkürlicher Reihenfolge aus ihrem Aufbewahrungsbehältnis entnommen. Da bei jeder Versuchsperson dieselben Stümpfe und somit dieselben Codierungsnummern verwendet wurden, konnte die Versuchsleiterin sich bei späterer Durchsicht der Ergebnisse nochmals absichern, dass jeder Stumpf jeweils einmal beurteilt worden war.

Mithilfe der dargestellten Methode wurde die visuelle Winkelschätzung unter Bedingungen untersucht, die der realen klinischen Situation weitestgehend nachempfunden waren. Die einzige Abweichung vom klinischen Alltag durch die Tatsache, dass die Messungen anhand von Kunststoffzähnen in einer Prothesenbasis durchgeführt wurden, ist aus ethischen Gründen nicht vermeidbar und somit hinzunehmen. Nichtsdestotrotz ergab eine Überprüfung von NOONAN [36], dass die Präparationswinkel an Typodontzähnen sig. kleiner ausfallen als solche an Echtzähnen. Da nicht bekannt ist, wodurch dieser Unterschied zustande kommt, muss die Möglichkeit bedacht werden, dass auch die Schätzung von Echtzähnen im Vergleich zu den hier dargestellten Ergebnissen noch weiter abweicht.

MACK [29] konnte feststellen, dass bei der Präparation von Einzelzähnen innerhalb einer Zahnreihe kleinere Winkel umgesetzt wurden als bei einer Präparation mehrerer benachbarter Zähne. Demnach dürften unsere Ergebnisse nur auf Einzelzahnpräparationen in einer geschlossenen Zahnreihe übertragen werden. Zudem zeigte MACK, dass der Konvergenzwinkel in mesio-distaler Richtung im Durchschnitt um  $3^\circ$  konischer präpariert wurde als in bucco-oraler Richtung. In unserem Studiendesign ist vorgesehen, dass der Winkel durch die Studienteilnehmenden in mesio-distaler Richtung

beurteilt wird. Auf Grundlage der Ergebnisse von MACK muss die Möglichkeit einbezogen werden, dass die hier dargestellten Werte bei Betrachtung der Präparationswinkel in bucco-orale Richtung größer ausfallen würden. Allerdings wird die mit konventionellen Zementen erzielte Retention auf dem Kronenstumpf ohnehin mehr vom mesio-distalen Winkel bestimmt als von dem sich aus anatomischen und ästhetischen Aspekten ergebenden bucco-oralen Konvergenzwinkel.

Unsere Versuchspersonen sollten die von ihnen geschätzten Winkelgrößen konkret benennen. Im Vergleich zum Studienaufbau von NICK [35], in dem es lediglich galt, jeweils einen optimalen, einen zu großen und einen zu kleinen Konvergenzwinkel zu ermitteln, führt unsere Methode der freien Bestimmung des Winkels zu einer großen Streuung in den Daten. Sie sind daher statistisch schwieriger zu beurteilen. Auch wenn kein sig. Unterschied zwischen Schätz- und Testwert vorliegt, die Schätzung sich also nicht sig. von der tatsächlichen Winkelgröße unterscheidet, wird die exakte Winkelgröße von einem Großteil der Teilnehmenden dennoch nicht erkannt. Aufgrund der großen Streuung in den Daten ist es schwieriger, einen sig. Unterschied nachzuweisen. Nach der Methode von NICK erhält man für den Moment aussagekräftigere, insgesamt jedoch ungenauere Daten. Der Situation des klinischen Alltags entspricht sein Versuchsaufbau nicht. Denn während der Präparation müssen die Studierenden die Größe des selbst angelegten Präparationswinkels permanent mit dem vorgegebenen Ziel abgleichen.

Der Effekt der von uns zusätzlich zum Zahnärztlichen Standardspiegel verwendeten Beispielstumpf-Skala, des Ziffernblattes und des Parallelometerspiegels als Hilfsmittel zur Winkelschätzung wurde bisher in ihrer klinischen Wirksamkeit nicht untersucht. Liegt bei dem Vergleich der Messungen mit einem Zahnärztlichen Spiegel und dem Parallelometerspiegel ein sig. Unterschied vor, so weichen die Messergebnisse mit dem Parallelometerspiegel sig. weiter vom Testwert ab. Der Parallelometerspiegel verbessert demnach im Vergleich zum herkömmlichen Zahnärztlichen Spiegel das korrekte Erkennen des Präparationswinkels nicht. Der Zahnärztliche Spiegel wird als Teil des „Grundbestecks“ von den Studierenden mit Beginn der zahnmedizinischen Ausbildung verwendet. Den Parallelometerspiegel hingegen nutzten alle Studienteilnehmenden im Rahmen dieser Versuchsreihe erstmalig. Offen bleibt, ob bessere Ergebnisse erzielbar sind, wenn die Anwendenden im Umgang mit dem Parallelometerspiegel geschult und vergleichbar erfahren wie mit dem Standardspiegel wären. Ebenso bleibt bei den



verwendeten Hilfsmitteln Beispielstumpf-Skala und Uhr offen, inwiefern sich eine ausführliche Schulung mit diesen Hilfsmitteln ab Beginn des Studiums auswirken würde.

## 11.2 Diskussion der Ergebnisse

Es ist bekannt, dass zwischen den in der Literatur geforderten Winkelgrößen und den tatsächlich klinisch umgesetzten Präparationswinkeln eine deutliche Diskrepanz besteht. Bereits ESSER [12] konnte darstellen, dass die individuelle Fähigkeit zur Winkelschätzung auch bei Lehrenden sehr unterschiedlich ausfällt. Die hier vorliegende Studie zeigt nun auf, dass der Präparationswinkel schon bei der visuellen Beurteilung zu konisch eingeschätzt wird. Somit fehlt in der Praxis bei Umsetzung des Präparationswinkels eine valide Basis – der umgesetzte Winkel ist nahezu willkürlich. Inwiefern die Ergebnisse von NICK [35] in den zahnärztlichen Alltag übertragbar sind, ist fraglich. Die visuelle Beurteilung unterschiedlicher Konvergenzwinkel fand dort an extraoral gezeigten Stümpfen statt. Bereits LEEOMPEL [27], AL-OMARI [3] und NORDLANDER [37] konnten jedoch darstellen, dass die Präparationswinkel konischer und somit die Abweichung bedeutend größer werden, je weiter distal ein Pfeiler steht. Der Winkel von distalen Unterkieferzähnen fällt dort konischer aus als bei distalen Oberkieferzähnen. Es ist anzunehmen, dass die Gegebenheiten der intraoralen Beurteilung eine wichtige Rolle spielen. Untersuchungen zur Umsetzbarkeit von Präparationswinkeln konnten durch die vorliegende Studie, die ausschließlich die visuelle Erkennbarkeit bewertet, bestätigt werden. Die größten Abweichungen zwischen tatsächlicher Winkelgröße und geschätztem Wert wurden beim Unterkiefer-Seitenzahn 46 gemessen. Während LEEMPOEL bereits darlegte, dass Prämolaren parallelwandiger präpariert werden als Molaren, kann bei der visuellen Beurteilung festgestellt werden, dass die Winkelschätzung bei Frontzähnen immer näher am tatsächlichen Wert liegt als bei der Schätzung von Seitenzähnen. Jedoch ist die Erkennbarkeit im Unterkiefer nicht allgemein schlechter als im Oberkiefer. Bezüglich der Frontzähne zeigen unsere Ergebnisse, dass mit dem Zahn 33 ein Unterkiefer-Frontzahn am besten bewertet werden konnte.

Wie auch bei NORDLANDER, der zwischen Zahnärztinnen und Zahnärzten, Prothetik-Spezialistinnen und -Spezialisten sowie Studierenden keinen Unterschied in der

Umsetzung des Konvergenzwinkels feststellen konnte, verhält es sich bei der hier vorgestellten Messung. Zwischen den Studiensemestern eins, sechs und neun war bei der Schätzung von Präparationswinkeln kein sig. Unterschied zu finden. Dass ein Unterschnitt erst ab einem Winkel von  $12^\circ$  definitiv ausgeschlossen werden kann [29], wird in der hier vorliegenden Studie nicht bestätigt. Der mit einem Winkel von  $-1^\circ$  divergierende Kronenstumpf wird mehrheitlich nicht als „untersichgehend“ erkannt, sondern als ein konvergierender Stumpf mit unterschiedlich steilen Winkeln eingeschätzt.

Bei den  $12^\circ$ -Stümpfen finden sich wenige Ausreißer mit Schätzwerten im divergierenden Bereich. Ihr Vorkommen ist vergleichbar mit den Ergebnissen bei  $9^\circ$  und bei  $15^\circ$ . Die Studienteilnehmenden konnten auch bei einem Winkel von  $12^\circ$  einen Unterschnitt nicht immer sicher ausschließen.

Während in Lehr- und Fachbüchern seit dem Jahr 2000 kaum noch Forderungen des Konvergenzwinkels konischer als  $6^\circ$  zu finden sind, war es unseren Studienteilnehmenden lediglich bei einem unteren Frontzahn möglich, den dazugehörigen Präparationswinkel von  $3^\circ$  visuell annähernd korrekt zu erfassen. Und selbst hier wurde nur selten der exakte Wert erkannt.

## 12 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Studierende der Zahnmedizin können den für konventionelles Zementieren weithin geforderten Präparationswinkel von  $3^\circ$  in der Regel nicht mit einer akzeptablen Abweichung (nach Cameron [5] bis maximal  $10^\circ$  - siehe Abschnitt 2.2.3) als solchen erkennen. Lediglich an einem unteren Frontzahn wurde dieser Winkel annähernd korrekt geschätzt.

Ein Unterschied der Schätzleistungen zwischen Studierenden im ersten, sechsten und neunten Semester ist nicht erkennbar. Lediglich in Einzelfällen machte sich die größere Erfahrung der höheren Semester bemerkbar. Es zeichnete sich lediglich eine Tendenz ab, dass der Präparationswinkel in den klinischen Semestern besser eingeschätzt wird, wobei sich zwischen den beiden klinischen Semestern 6 und 9 nicht einmal ein tendenzieller Unterschied ergab. Die Arbeitshypothese 1, dass mit fortlaufendem Studium auch eine geringere Abweichung der Schätzwerte vom Testwert vorliege, kann nicht bestätigt werden. Insgesamt war über die Zeit der zahnärztlichen Ausbildung hinweg kein grundsätzlicher Trend zur Verbesserung der Schätzwerte erkennbar. Das legt die Vermutung nahe, dass das korrekte Abschätzen von Winkeln eher eine individuell ausgeprägte als eine erlernbare Fähigkeit ist.

Auch die hier verwendeten Hilfsmittel hatten keinen Einfluss auf die Schätzleistung der Studierenden der verschiedenen Semester: Weder die Art des verwendeten Spiegels noch die Verwendung der Uhr oder der Stumpf-Skala spielten für die Fähigkeit zur Beurteilung der Größe des Präparationswinkels eine Rolle. Die Abweichung der Schätzwerte ließ keine Tendenz erkennen. Dem Anschein nach nur zufällig ergaben sich in Einzelfällen spürbare Verbesserungen. Keines dieser Hilfsmittel verringerte dauerhaft die Abweichung der Schätzwerte vom Testwert, womit auch die Arbeitshypothese 2 zurückgewiesen werden muss.

Bezüglich der Lage der präparierten Stümpfe ergab sich diese Rangfolge der Abschätzbarkeit ihrer Konvergenzwinkel:

- Die geringsten Abweichungen vom Testwert erzielten die Versuchsteilnehmenden im unteren Frontzahnbereich.
- Den zweiten Rang nimmt der obere Frontzahn ein.

- Am schwersten fällt die Schätzung am unteren Seitenzahn.
- Insgesamt fällt die korrekte Beurteilung eines Präparationswinkels an Frontzähnen leichter als an Seitenzähnen.

Konvergierende Winkel werden meist zu steil eingeschätzt. Ein divergierender Präparationswinkel von  $-1^\circ$  kann nicht als dieser erkannt werden; er wird überwiegend als konvergierend wahrgenommen.

Die zu Beginn formulierte Arbeitshypothese 3, dass die Schätzungen im Frontzahnbereich eine geringere Abweichung als im Seitenzahnbereich zeigen würden, konnte demnach bestätigt werden.

Ein geschlechterspezifischer Unterschied der Schätzleistung konnte bei keiner der durchgeführten Versuchsreihen festgestellt werden. Die formulierte Arbeitshypothese 4 trifft demnach zu.

Angesichts dieser Ergebnisse sollten die bisher üblichen Lehrkonzepte überdacht werden, denn offensichtlich ist bei der Stumpf-Präparation der weithin geforderte  $6^\circ$ -Konvergenzwinkel (also definitionsgemäß ein  $3^\circ$ -Präparationswinkel) ohne eine valide Messmethode intraoral nicht erkennbar. Daraus ergibt sich, dass auch die Objektivität der Bewertung solcher Präparationen im Rahmen von Prüfungen innerhalb des Studiums hinterfragt werden sollte.

Diese Frage ließe sich auch bei Begutachtungen entsprechend den Regelungen der gesetzlichen und privaten Krankenversicherung stellen.

Daraus ergeben sich Anstöße für künftige Untersuchungen: Es wäre denkbar, das hier beschriebene Studiendesign erneut, aber nach einer deutlich intensiveren Schulung der Versuchspersonen mit den bisher genutzten Hilfsmitteln zu nutzen, welche beispielsweise über ein gesamtes Semester innerhalb des Präparationskurses angewendet werden könnten.

Ebenso ist eine Untersuchung mit Versuchspersonen denkbar, die bereits über eine längere Berufserfahrung verfügen und/oder postgradual auf dem Gebiet der Prothetik oder der Begutachtung weitergebildet sind.

Und schließlich erscheint es sinnvoll, nach weiteren, ggf. auch elektronischen Hilfsmitteln zur Verbesserung der Schätzleistung insbesondere im Seitenzahnbereich zu suchen.

### 13 LITERATURVERZEICHNIS

1. Aleisa K, Al-Dwairi NZ, Alwazzan K, AL-Moither M, Al-Shammari M, Lynch E. Convergence angles of clinical tooth preparations achieved by dental students at King Saud University, Saudi Arabia. *J Dent Educ* 2012;77:1154-58.
2. Alhazami M, El-Mowafy O, Zahran MH, Uctasli S, Alkumru H, Nada K. Angle of convergence of posterior crown preparations made by predoctoral dental students. *J Dent Educ* 2012;77:1118-21.
3. Al- Omari WM, Al- Wahadni AM. Convergence angle, occlusal reduction, and finish line depth of full-crown preparations made by dental students. *Quintessence Int.* 2004;35:287-93.
4. Annerstedt AL, Engström U, Hansson A, et al. Axial wall convergence of full veneer crown preparations. *Acta Odontol Scand* 1996;54:109-112.
5. Ayad MF, Johnston WM, Rosenstiel SF. Influence of tooth preparation taper and cement type on recementation strength of complete metal crowns. *J Prosthet Dent* 2009;91:354-361.
6. Breustedt A, Lenz E, Musil R, Staegemann G, Taege F, Weiskopf J. *Prothetische Stomatologie*. Leipzig, Deutschland: Johann Ambrosius Barth, 1981.
7. Cameron SM, Morris WJ, Keesee SM, Barsky TB, Parker MH. The effect of preparation taper on the retention of cemented cast crowns under lateral fatigue loading. *J Prosthet Dent* 2006;95:456-461.
8. Dreyer Jorgensen K. The relationship between retention and convergence angle in cemented veneer crowns. *Acta Odontol Scand* 1955;13:35-40.

9. Eames WB, O'Neal SJO, Monteiro J, Miller C, Roan jr. JD, Cohen KS. Techniques to improve the seating of castings. J Am Dent Assoc 1978;96:432.
10. El-Ebrashi MK, Craig RG, Peyton FA. Experimental stress analysis of dental restorations Part IV. The concept of parallelism of axial walls. J Prosthet Dent 1969;22:346-353.
11. Erhatič J, Blankenstein F: Der Stumpfpräparationswinkel für konventionelle Zementierung – Definition und Realisierbarkeit. Dtsch Zahnärztl Z 2013;68:170-176.
12. Esser C, Kerschbaum T, Winkelmann V, Krage T, Faber FJ. A comparison of the visual and technical assessment of preparations made by dental students. Eur J Dent Educ 2006;10:157-161.
13. Evans G. Die zahnärztlichen Kronen-, Brücken- und Porzellanarbeiten. Berlin, Deutschland: Hermann Meusser, 1909.
14. Fuchs P. Kronen- und Brückenprothetik heute. Berlin, Deutschland: Quintessenz Verlag, 1985.
15. Freesmeyer WB. Klinische Prothetik Band 1. Heidelberg, Deutschland: Hüthig Verlag, 1999.
16. Ghafoor R, Siddiqui AA, Rahman M. Assessment of convergence angle of full-coverage porcelain fused to metal crowns in clinical practice. Indian J Dent Res 2012;23:241-6.

17. Goodacre CJ, Campagni WV, Aquilion SA. Tooth preparations for complete crowns: An art form based on scientific principles. J Prosthet Dent 2001;85:363-375.
  
18. Graber G, Pfändler M. Die Quintessenz einer praxisbezogenen Kronen- und Brückenprothetik. Berlin, Deutschland: Quintessenz Verlag, 1980.
  
19. Güth J-F, Wallbach J, Stimmelmayer M, Gernet W, Beuer F, Edelhoff D. Computer-aided evaluation of preparations for CAD/CAM-fabricated all-ceramic crowns. Clin Oral Investig 2013;17:1389-1395.
  
20. Hajto J. Retention und Widerstandsform bei zementierten Kronen und Brücken. ZMK 2010;26:2-7.
  
21. Heydecke G, Richter E, Seedorf H. Festsitzender Zahnersatz für zahnbegrenzte Lücken. ZM 2009;99:896-899.
  
22. Johnston JF, Phillips W, Dykema RW. Moderne Kronen- und Brückenprothetik. Stuttgart, Deutschland: Medica Verlag, 1969.
  
23. Kirsten H. Die Jacketkrone. Berlin, Deutschland: Verlag von Hermann Meusser, 1929.
  
24. Körber KH. Konuskronen-Teleskope. Einführung in Klinik und Technik. Heidelberg, Deutschland: Hüthig Verlag, 1971.
  
25. Körber KH. Zahnärztliche Prothetik. 3. Auflage. Stuttgart, Deutschland: Thieme Verlag, 1985.

26. Lenz J. Zum Haftungsmechanismus von konischen Teleskopkronen. Quintessenz Zahntech 1983;9:569-583.
27. Leempoel BJB, Lemmens PhLM, Snoek PA, Huf MA van`t. The convergence angle of tooth preparations for complete crowns. J Prosthet Dent 1987;58:414-416.
28. Ludwig P, Niedermeier W. Prothetik. Stuttgart, Deutschland: Thieme Verlag, 2002.
29. Mack PJ. A theoretical and clinical investigation into the taper achieved on crown and inlay preparations. J Oral Rehabil 1980;80:255-265.
30. Marxkors R. Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik. 3. Aufl. Köln/ München, Deutschland: Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV-Hanser, 2000.
31. Marxkors R. Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik. 4. Aufl. Köln, Deutschland: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2007.
32. Marxkors R. Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik. 5. Aufl. Köln, Deutschland: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2010.
33. Marghalani TY. Convergence angles of metal ceramic crowns prepared by dental students. J Prosthet Dent 2014;112:1250-1256.
34. Müller F, Hupfauf L. Dublieren und Rebasing. In: Hupfauf L, Hrsg. Praxis der Zahnheilkunde Band 7: Totalprothesen. 3. Auflage. München, Deutschland: Urban&Schwarzenberg, 1991:255 – 263.



35. Nick DR. The ability of dental students and faculty to estimate the total occlusal convergence of prepared teeth. *J Prosthet Dent* 2009;101:7-12.
36. Noonan JE, Goldfogel MH. Convergence of the axial walls of full veneer crown preparations in a dental school environment. *J Prosthet Dent* 1991;66:706-708.
37. Nordlander J, Weir D, Stoffer W, Ochi S. The taper of clinical preparations for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1988;60:148-151.
38. Ohm E, Silness J. The convergence angle in teeth prepared for artificial crowns. *J Oral Rehabil* 1978;78:371-375.
39. Parker MH, Malone KH, Trier AC, Striano TS. Evaluation of resistance form for prepared teeth. *J Prosthet Dent* 1991;6:730-3.
40. Parker MH, Calverly MJ, Gardner FM, Gunderson RB. New guidelines for preparation taper. *J Prosthet Dent* 1993;2:61-6.
41. Pospiech P. Die prophylaktisch orientierte Versorgung mit Teilprothesen. Stuttgart, Deutschland: Georg Thieme Verlag, 2002.
42. Proussaefs P, Campagni W, Bernal G, Goodrace C, Kim J. The effectiveness of auxiliary features on a tooth preparation with inadequate resistance form. *J Prosthet Dent* 2004;91:33-41.

43. Pröbster L: Sind vollkeramische Kronen und Brücken wissenschaftlich anerkannt? Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK), 2012.

[http://www.dgzmk.de/uploads/tx\\_szdgzmkdocuments/Sind\\_Vollkeramische\\_Kronen-\\_und\\_Bruecken\\_wissenschaftlich\\_anerkannt.pdf](http://www.dgzmk.de/uploads/tx_szdgzmkdocuments/Sind_Vollkeramische_Kronen-_und_Bruecken_wissenschaftlich_anerkannt.pdf)

44. Reich S, Kern M, Luthardt RG, Pröbster L, Tinschert J, Wolfart St, Pospiech P. Wissenschaftliche Mitteilung der DGZPW: Klinisch Indikation von Kronen und Teilkronen (der geschädigte Zahn). ZM 2009;8:50-1.

45. Rößler J. Der Haftmechanismus von Galvano-Doppelkronen-Systemen und seine Beeinflussbarkeit durch Zwischenflüssigkeiten. Jena, Deutschland: FSU, Med dent Diss, 2005.

46. Schärer P, Strub J, Beiser U. Schwerpunkte der modernen Kronen- und Brückenprothetischen Behandlung. Berlin, Deutschland: Quintessenz Verlag, 1979.

47. Schmeißner H. Die Quintessenz der Einzelkrone. Berlin, Deutschland: Quintessenz Verlag, 1972.

48. Seo Y-J, Kwon T-K, Han J-S, Lee J-B, Kim S-H, Yeo I-S. The reliability of an easy measuring method for abutment convergence angle with a computer-aided design (CAD) system. J Adv Prosthodont 2014;6:185-93.

49. Smith BGN. Zahnärztliche Therapie mit Kronen und Brücken. Köln, Deutschland: Deutscher Ärzte Verlag, 1987.

50. Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD. Grundlagen der Kronen- und Brückenprothetik. Berlin, Deutschland: Quintessenz Verlag, 1986.
51. Shillingburg HT, Jacobi R, Brackett SE. Grundlagen der Zahnpräparation für Zahnersatz aus Metall und Keramik. Berlin, Deutschland: Quintessenz- Verlag, 1988.
52. Strub JR, Türp JC, Witkowski S, Hürzeler MB, Kern M. Curriculum Prothetik, Band 2. 3. Auflage. Berlin, Deutschland: Quintessenz Verlag Berlin, 2005.
53. Strub JR, Türp JC, Witkowski S, Hürzeler MB, Kern M. Curriculum Prothetik, Band 2. 4. Auflage. Berlin, Deutschland: Quintessenz Verlag Berlin, 2011.
54. Tiu J, Al-Amleh B, Waddell JN, Duncan WJ. Clinical tooth preparations and associated measuring methods: A systematic review. J Prosthet Dent 2015;113:175-184.
55. Trier AC, Parker MH, Cameron SM, Brousseau JS. Evaluation of resistance form of dislodged crowns and retainers. J Prosthet Dent 1998;80:405-9.
56. Voß R, Meißners H. Fortschritte der Zahnärztlichen Prothetik und Werkstoffkunde. Band 1. München, Deutschland: Carl Hanser Verlag, 1980. Band 2 - 1984, Band 3 - 1987, Band 4 - 1989.
57. Voß R, Meißners H. Fortschritte der Zahnärztlichen Prothetik und Werkstoffkunde. Band 2. München, Deutschland: Carl Hanser Verlag, 1984.
58. Voß R, Meißners H. Fortschritte der Zahnärztlichen Prothetik und Werkstoffkunde. Band 3. München, Deutschland: Carl Hanser Verlag, 1987.

59. Voß R, Meißners H. Fortschritte der Zahnärztlichen Prothetik und Werkstoffkunde. Band 4. München, Deutschland: Carl Hanser Verlag, 1989.

60. Weber TH. Memorix Zahnmedizin. Stuttgart: Deutschland: Thieme Verlag, 2003.

61. Weed RD, Baez RJ. A method for determining adequate resistance form of complete cast crown preparation. J Prosthet Dent 1984;52:330-334.

62. Yoon SS, Cheong C, Preisser J, Jun S, Chang BM, Wright RF. Measurement of total occlusal convergence of 3 different tooth preparations in 4 different planes by dental students. J Prosthet Dent 2014;112:285-92.

63. Zidan O, Ferguson GC. The retention of complete crowns prepared with three different tapers and luted with four different cements. J Prostet Dent 2003;89:565-71.

## 14 EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG

„Ich, Jelka Plake geb. Erhatic, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: Möglichkeiten der visuellen Beurteilung des Kronenstumpfpräparationswinkels/Possibilities for visual assessment of the crown stump preparation angle selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren/innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Erstbetreuer/in, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; [www.icmje.org](http://www.icmje.org)) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

## 15 ANTEILSERKLÄRUNG AN ETWAIGEN ERFOLGTEN PUBLIKATIONEN

Jelka Plake (geb. Erhatič) hatte Anteil an der folgenden Publikation:

Erhatič J, Blankenstein F: Der Stumpfpräparationswinkel für konventionelle Zementierung – Definition und Realisierbarkeit. Dtsch Zahnärztl Z 2013; 68: 170-176

Beitrag im Einzelnen:

- 95 % der Literaturrecherche bei Pubmed sowie in prothetischen Lehr- und Fachbüchern der Zweigbibliothek Zahnmedizin der Charité seit 1909.
- Erstellung der Tabelle 1 und 2.
- Verfassung der Kapitel *Abstract, Methoden, Ergebnisse* und Federführung bei deren finaler Bearbeitung.
- Mitarbeit bei der finalen Bearbeitung der Kapitel *Einleitung, Diskussion, Schlussfolgerungen*.

Unterschrift, Datum und Stempel des betreuenden Hochschullehrers/der betreuenden Hochschullehrerin

Unterschrift der Doktorandin

## **16 LEBENSLAUF**

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

## **17 PUBLIKATIONSLISTE**

### **Paper**

Erhatič J, Blankenstein F: Der Stumpfpräparationswinkel für konventionelle Zementierung – Definition und Realisierbarkeit. Dtsch Zahnärztl Z 2013;68:170-176.



## 18 DANKSAGUNG

Ich danke von Herzen

Prof. Dr. Ingrid Peroz für die Überlassung des Dissertationsthemas und die gute Zusammenarbeit,

Dr. Felix Blankenstein für die großartige Betreuung, den fachlichen Austausch und den langen Atem,

ZT Sven Schumann bei Rübeling und Klar für die Zusammenarbeit und Umsetzung aller zahntechnischen Komponenten,

unserem Demonstrationspatienten für seine unerschütterliche Geduld und Großherzigkeit sowie allen teilnehmenden Studierenden der Charité,

Daniela Keller für die Beratung bei der statistischen Auswertung,

Florian Beuchling, als meine IT-Kompetenz, für den technischen Beistand,

Laura Perenz für die zahlreichen Impulse,

meinen Eltern und meinem Mann für die Begleitung meines Weges.