

J. Erhatič<sup>1</sup>, F. Blankenstein<sup>1</sup>

# Der Stumpfpräparationswinkel für konventionelle Zementierung – Definition und Realisierbarkeit

*The preparation angle for conventional cementing – definition and realizability*



J. Erhatič

**Einführung:** Ein geeigneter Präparationswinkel des Kronenstumpfs gilt bei konventioneller Befestigung der Restaurationen als wichtigstes Kriterium für deren ausreichende Retention. Die Angaben und die Definition dieses Winkels sind jedoch unklar und teilweise widersprüchlich.

**Methode:** Es wurden die prothetischen Lehr- und Fachbücher auf Angaben zur Stumpfpräparation durchgearbeitet, dazu eine Recherche in der Datenbank PubMed nach Veröffentlichungen vorgenommen, welche sich mit der Forderung nach einem konkreten Präparationswinkel sowie dessen Erkennbarkeit und Umsetzbarkeit beschäftigten.

**Schlussfolgerung:** In der deutschsprachigen Literatur inklusive den Empfehlungen der Fachgesellschaften fehlt eine eindeutige Begriffsdefinition dieses mit entscheidenden Erfolgskriteriums der Stumpfpräparation. Eine Klärung ist geboten, da die Bewertung des Präparationswinkels sowohl in der Lehre als auch bei Begutachtungen eine wesentliche Rolle spielen kann.

(Dtsch Zahnärztl Z 2013; 68: 170–176)

*Schlüsselwörter: Konvergenz, Präparation, Winkel, Definition, Erkennbarkeit, Realisierbarkeit*

**Introduction:** An appropriate convergence angle is one of the major criteria for adequate retention after conventional cementing of crowns. However, published data and definitions of this angle are not explicit and in parts contradictory.

**Methods:** Prosthetic textbooks were searched for information about tooth preparation. The PubMed database was utilised to find publications about explicit definitions of the convergence angle and its determination and realisation.

**Conclusion:** The German literature including recommendations of the respective professional associations lacks an exact definition of the convergence angle, an essential criterion of successful tooth preparation. Since the assessment of the convergence angle plays a major role in teaching and assessment, clarification is required.

*Keywords: convergence, preparation, angle, definition, recognizability, realizability*

<sup>1</sup> Zahnärztliche Prothetik, Alterszahnmedizin und Funktionslehre, Charité – Universitätsmedizin Berlin

Peer-reviewed article: eingereicht: 28.05.2012, revidierte Fassung akzeptiert: 16.01.2013

DOI 10.3238/dzz.2013.0170-0176

## 1 Einleitung

Aus drei Aspekten heraus ist eine eindeutige Beschreibung der Konizität von Kronenstümpfen erforderlich. Zunächst gibt es klinische Gründe: Neben Höhe, Durchmesser und Oberflächenrauheit des Zahnstumpfes gilt dessen Konizität als eines der Hauptkriterien für den Erfolg konventionell befestigter Restaurationen [34] und ist nur in gewissen Grenzen durch andere Maßnahmen wie eine größere Stumpflänge und zusätzliche Hilfskavitäten ausgleichbar. Beides ist jedoch klinisch nur begrenzt umsetzbar [32]. Es scheint also die vom Zahnarzt anzulegende, geringe Konizität des Stumpfes am wichtigsten zu sein [5, 42]. An zweiter Stelle sind didaktische Gründe zu sehen: In der Lehre bedarf es einer klar definierten, begründeten und schließlich auch umsetzbaren Vorgabe. Dazu kommt drittens die forensische Sicht, denn die Konizität von Kronenstümpfen ist ein Bewertungskriterium bei der Begutachtung festsitzenden Zahnersatzes. Aber die einschlägigen wissenschaftlichen Stellungnahmen geben für die angestrebte Konizität keine Orientierung, weil den dort gemachten Zahlenangaben jede Definition fehlt! [16, 33]

Im vorliegenden Text sollen, wie international üblich, die folgenden Definitionen gelten:

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

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.

Nachfolgend werden zur Vermeidung von Missverständnissen soweit wie möglich nur die beiden Termini Konvergenzwinkel ( $\varphi$ ) und Präparationswinkel ( $\varphi/2$ ) als Beschreibung der Konizität präparierter Stümpfe genutzt. Literaturzitate erfolgen dagegen dem Original entsprechend. Um zu verdeutlichen, welcher Winkel dabei gemeint ist, wird dies in geschweiften Klammern wie folgt nachgesetzt:

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

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, was nachfolgend auch in der Gliederung dieses Beitrags geschehen soll. Ziel dieses Beitrages ist nicht die Diskussion des Zusammenhangs von Stumpfkonzität und Retention, sondern der Hinweis auf die missverständliche Nomenklatur dieser Konizität im deutschsprachigen Raum.

## 2 Methoden

### Literatur-Recherche

Grundlage der Literaturrecherche waren die Datenbank PubMed, die Veröffentlichungen von DGZMK und DGPro sowie die prothetischen Fachbücher in der zahnmedizinischen Zweigbibliothek der Charité. Dabei wurden drei Aspekte beachtet: Definition der angegebenen Stumpfwinkel, Forderungen nach be-

stimmten Gradzahlen für diese Winkel und deren klinische Umsetzbarkeit.

### 2.1 PubMed

Die Suche in PubMed wurde mit folgenden Schlüsselwörtern über den gesamten verfügbaren Zeitrahmen bis Januar 2012 durchgeführt: convergence angle, tooth preparation, full crown, complete crown, crown preparation, preparation taper, (dental) students, retention, resistance form, axial wall convergence. 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 Literaturverzeichnis in den neueren, verschlagworteten Artikeln identifiziert werden.

### 2.2 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 Ausschlusskriterium galten hierbei folgende Themengebiete: Totalprothesen, Gusseinlagefüllungen, Funktionsdiagnostik/-lehre, Implantologie; Zahnfarblehre und Zahnformlehre, parodontologische Schienen sowie nicht deutschsprachige Literatur.

Es wurden folgende Lehr- und Fachbücher in die Durchsicht einbezogen:

Bach 1911/ 1918/ 1931; Balters 1935; Bodenstein 1934; Biaggi 1956; Blum 1962; Breustedt 1987/ 1991; Brill 1925; Egner 1901; Detzner 1885/ 1899, Doxtater 1933; Dreindel & Zweiling 1937; Drum 1939; Eichner 1867/ 1972/ 1979; Elbrecht 1937/ 1942/ 1950; Evans 1909; Fehr 1936; Freesmeyer 1999; Fröhlich 1977;

Fuchs 1976/ 1985; Gerlach 1936/ 1941/ 1942; Graber 1980; Greve 1932; Gutowski 1969; Haller 1948; Haskell 1890; Häupl 1929/ 1951/ 1961, Holtbuer (ohne Jahrgangangabe); Hupfauft 1993, Ilg 1936/ 1938/ 1949; Jantzen 1950; Johnston 1969/ 1982; Jüde 1989/ 1997; Jung 1897/ 1904; Kantorowicz 1920/ 1926/ 1950; Käyser 1985; Kirsten 1929/ 1936/ 1950/ 1961/ 1969; Klughardt 1921; Koeck 1999; Köhler 1926; Koller 1954; Körber 1978/ 1987; Körber 1973/ 1995; Lehmann 1985/ 1998; Lewin 1925/ 1927/ 1929; Loos 1933; Ludwig 2002; Marxkors 1993/ 1998/ 2000/ 2010; Müller 1965; Muhm 1929; Müller-Wädenswil 1907/ 1908/ 1912; Oehrlein 1929; Parreidt 1880/ 1893/ 1903/ 1906/ 1918/ 1919/ 1921; Preisewerk 1906/ 1911/ 1921; Rank 1920/ 1922; Rateitschak 1993; Rech 1927; Reiser 1894; Riegner 1895; Salamon 1909; Samsioe 1900; Schalow 1936; Schärer 1979; Schenker 2003; Schmeißner 1972; Schön 1968/ 1973/ 1978/ 1912/ 1925/ 1927; Schwalbe 1925; Selbach 1939/ 1958; Shillingburg 1974/ 1978/ 1986/ 1988; Simon 1921; Smith 1987; Spang 1973; Strub 2005; Tanzer 1950; The S.S. White Dental Mfg. Co. GmbH 1906; Türkheim 1933; Vest 1951; Wehlau 1933; Weiskopf 1991; Wirz 2001; Wustrow 1919; Yamamoto 1986.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Definitionsproblem des Präparationswinkels

Während man sich mittlerweile über den angestrebten Winkel der Kronenstumpf-Konizität 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 (siehe Tab. 1). Die durchmischte Verwendung unterschiedlich definierter Begriffe ist eines der Dilemmata dieser Diskussion und scheint hierzulande auf Lenz [21] 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 ent-

sprache er dem bekannten Präparationswinkel und wird deshalb oft als Synonym für ihn 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 [35] versuchte diesen Widerspruch zwischen dem internationalen und dem Lenzschen Konvergenzwinkel zu umgehen, indem er erklärend Appositionen für die jeweiligen Winkeldefinitionen einführt. Schließlich benutzt er beide Definitionen parallel, was der Verständlichkeit seines Textes schadet. Offensichtlich hat das zur Vermeidung von Verwirrung eingeführte Synonym die Verwirrung erst erzeugt. Hajto setzt z.B. fälschlich Konus- und Kegelwinkel gleich [15]. Dagegen wird in den international erscheinenden Aufsätzen nicht deutschsprachiger Autoren der geforderte Winkel zwar oft mit unterschiedlichen Formulierungen aber stets so präzise definiert, dass es keine Unklarheiten gibt. Hier dominiert eindeutig die in der Ophthalmologie verwendete Definition des Konvergenzwinkels (Tab. 2).

#### 3.2 Anforderungen zur Größe des Konvergenzwinkels

##### Forderungen in den Lehr- und Fachbüchern

„Fast parallel, ein ganz klein wenig nach der Kaufläche konvergieren“ fordert bereits 1909 Evans [10] für die Kronenstumpf-Präparation, und dies zieht sich in nahezu gleicher Formulierung durch die Fachbücher bis ins Jahr 1965. Kirsten [18] schreibt im Vorwort seines 1929 erschienenen Werkes, seine Angaben seien das Ergebnis „emsiger und gewissenhafter klinischer und Laboratoriumsarbeit“. Darüber hinaus fehlen in den Büchern dieser Zeit jegliche Hinweise, ob die Angaben zur Präparationsform auf bloßer Erfahrung, auf eigenen oder fremden klinischen bzw. In-vitro-Studien beruhen. Dies ändert sich z.B. 1969 mit Johnstons Buch „Moderne Kronen- und Brückenprothetik“ [17], in dem jedes Kapitel mit einer Auflistung der verwendeten Literatur endet. Johnston gibt auch als einer der Ersten mit 5 bis 7° für den Präparationswinkel (?) eine konkrete Zahl an, wenn auch noch ohne wis-

senschaftliche Untermauerung. In der Folgezeit wurde diese Vorgabe etwas weiter gefasst, Körber [19] gibt 4 bis 7° an, Schmeißner (allerdings ohne Definition) 3 bis 8° [37]. 1985 fordert Fuchs [11] eine Konizität (?) von 6°, während Shillingburg 1986 [39] unter Verweis auf andere Quellen nur 3° empfiehlt. Zwischen 2000 und heute sinkt der geforderte Winkel tendenziell weiter auf 3 bis 5° [23, 25, 41]. Es finden sich kaum noch Winkelangaben größer als 6°, zumeist fehlen sowohl begründende Literaturverweise als auch die erforderlichen Definitionen dafür. In Tabelle 1 sind die Winkelangaben der verschiedenen Autoren deutschsprachiger Lehr- und Fachbücher zusammengestellt. Dabei wird eine erstaunliche Unklarheit bezüglich der Definitionen deutlich.

##### Forderungen in der wissenschaftlichen Literatur

Die enge Beziehung zwischen Retention und Konizität wurde in der Fachliteratur erstmals 1955 von Dreyer-Jørgensen nachvollziehbar untersucht [6] und seitdem durch einige In-vitro-Studien mit mechanischen Abzugstests [3, 47], mit lateral wirkenden Kraftzyklen [5] oder mit okklusaler Belastung und photoelastischer Analyse [8] bestätigt. Die Autoren postulieren dabei ideale Konvergenzwinkel von 2,5–6,5° [8], 6° [47] oder 5° [3]. Als Höchstwert für eine ausreichende Retention werden Werte zwischen 11° (?) [45], 12° (!) [3, 47] und 13° (?) [5] angegeben.

Die Annahme eines durchgehend linearen Zusammenhanges zwischen Retention und Konizität [46] konnten Cameron et al. [5] 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 zum weiter steigenden (damit also flacheren) Winkel. Ab etwa 27° war die Retention dann 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. Alle diese Ergebnisse basieren jedoch auf Laborversuchen. Klinische Studien mit

Autor (Erscheinungsjahr)	Angabe im Originalzitat	empfohlener Präparationswinkel an die international übliche Definition angepasst: Präp.-Winkel = Konus-W. = halber Konvergenz-W.
Freesmeyer (1995) [12]	6° Konvergenzwinkel	unklar, nicht definiert
Fuchs (1985) [11]	Konizität von 6° am Stumpf	unklar, nicht definiert
Graber, Pfändler (1980) [14]	5° optimaler Konuswinkel	5° durch Grafik definiert
Johnston (1969) [16]	Wände, die bis auf 5 bis 7° einander parallel sind [...]	2,5 bis 3,5 °
Körber, KH (1971) [18]	Konuswinkelbereich zwischen 4 und 7°	2 bis 3,5°
Körber, KH (1985) [19]	3° Präparationswinkel	3°
Ludwig (2002) [22]	3 bis 5° Konvergenzwinkel	1,5 bis 2,5°
Marxkors (2000) [24]	3 bis 4° Präparationswinkel	3 bis 4°
Marxkors (Lehrbuch 4. Aufl. 2007) [25]	2° Präparationswinkel	unklar, nicht definiert
Marxkors (Hrsg. 2010) [26]	2° Präparationswinkel	unklar, nicht definiert
Schmeißner (1972) [35]	Winkel von 3° bis max. 8°	unklar, nicht eindeutig definiert
Shillingburg (1986) [37]	Konizität von 6°	3°
Shillingburg et al. (1988) [38]	Gesamtkonvergenzwinkel 16°	8°
Staegemann (1981) (in: Breustedt, Lenz, Musil, Staegemann, Taege, Weiskopf) [4]	– 6° Neigungsgrad d. Präp.-Flächen – 6° Konuswinkel – 6° negative Konvergenz – Konvergenz der Flächen je 3°	3°
Strub (Hrsg.) [39] Curriculum Prothetik 3. Aufl. 2005 4. Aufl. 2010	Konvergenzwinkel 3° Konvergenzwinkel 3°	unklar definiert unklar definiert
Voß, Meiners [41] (Hrsg) 1980, 1984, 1987 und 1989	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) [42]	Konvergenz gegenüberliegender axialer Zahnflächen	> 5°, ideal 3°

**Tabelle 1** Angaben zum Präparationswinkel für optimale Retention bei konventioneller Befestigung, zusammengestellt aus deutschsprachigen Lehr- und Fachbüchern.

**Table 1** Descriptions of the convergence angle for adequate retention following conventional cementing found in the German literature.

(Tab. 1 u. 2: F. Blankenstein)

vergleichbarem Design wären ethisch nicht vertretbar und wurden nie durchgeführt.

### 3.3 Welcher Präparationswinkel ist klinisch realisierbar?

Bei der Überprüfung zahlreicher, sowohl von Studenten als auch Zahnärzten ange-

fertigter 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* [31] bei einem Vergleich des Konvergenzwinkels (!) präparierter vitaler und marktoter Zähne. Bei wurzelbehandelten Zähnen wurde in bukkal-oraler Richtung

mit 22,5° ein signifikant größerer Winkel als in mesio-distaler Richtung (12,8°) gemessen. Die Präparation vitaler Zähne ergab bukkal-oral 23° und mesio-distal 19,2°. Das sind, je nach Autor, etwa das 2- bis 6-fache des geforderten Maßes. *Mack* [24] betrachtete die Umsetzung des Konvergenzwinkels (!) von Studenten und lieferte hierdurch auch heute noch relevan-

Autor (Erscheinungsjahr)	Winkelbezeichnung	Definition
Dreyer- Jorgenson (1955) [6]	convergence angle	Angle between the opposite surfaces of the truncated cone
Leempoel (1987) [21]	convergence angle	Angle made by the opposite walls of a preparation
Nordlander (1988) [29]	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) [28]	convergence	Total of the taper for both opposing walls
Annerstedt (1996) [2]	convergence angle	The angle which is formed between the axial opposite surfaces of teeth prepared for artificial crowns
Goodacre (2001) [13]	total occlusal convergence	The angle of convergence between 2 opposing prepared axial surfaces
Nick (2009) [27]	occlusal convergence	The total occlusal convergence

**Tabelle 2** Gewählte Begriffe und dazugehörige Definitionen des Konvergenzwinkels in international erschienenen englischsprachigen Aufsätzen.  
**Table 2** Terms and definitions used in international (English-speaking) articles to describe the convergence angle.

te Erkenntnisse. In mesio-distaler Richtung waren die Stümpfe um durchschnittlich 3° steiler als bucco-oral. Und bei der Präparation von Einzelstümpfen wurden deutlich kleinere Konvergenzwinkel (!) erreicht (18°) als bei der Präparation mehrerer benachbarter Zähne (28°). *Smith* verweist 1987 [38] auf ähnliche Studien, die ergeben hatten, dass der für eine optimale Retention anzustrebende Präparationswinkel (?) von 7° 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 10–20°. *Shillingburg* et al. [40] folgen 1988 dieser realistischen Einschätzung und schlagen für einen neuen Gesamtkonvergenzwinkel (gemeint ist: Konvergenzwinkel) von 16° vor. Er soll klinisch gut umsetzbar sein und gleichzeitig noch eine ausreichende Retention gewährleisten. An Gipsmodellen aus zwei Zahnarztpraxen konnte *Leempoel* 1987 insgesamt 285 Stumpf-Präparationen vermessen [22]. Er fand Konvergenzwinkel (!) zwischen 15,5° und 30,2° (durchschnittlich 22,9°). *Nordlander* [30], der ein Jahr später die von 8 Zahnärzten und 2 Prothetik-Spezialisten vorgenommenen Präparationen verglich, fand keine signifikante Differenz: Die Zahnärzte ohne diese Zusatzqualifikation präparierten im Durchschnitt einen Konvergenzwinkel (!)

von 20,1°, die Prothetik-Spezialisten einen Winkel von 19,6°. Bei von Studenten ausgeführten Präparationen ergaben sich ähnliche bis etwas kleinere Winkel. *Noonan* [29] fand 1991 bei der Vermessung von Typodont- und Echtzähnen, die in Phantomköpfen präpariert wurden, einen durchschnittlichen Konvergenzwinkel (!) von 19,2°. Bei der separaten Beurteilung ergab sich bei den Typodontzähnen mit 15,7° ein signifikant kleinerer Winkel als bei den präparierten natürlichen Zähnen (19,2°). Dieser signifikante Unterschied sollte bei der Bewertung ähnlicher Studien beachtet werden. *Annerstedt* [2] ließ 1996 je eine Gruppe von Zahnärzten und Studenten an Typodontmodellen präparieren. Hier war der von den Studenten erreichte Konvergenzwinkel (!) signifikant kleiner (18,8°) als bei den Zahnärzten (22,1°). Diese Daten fanden jedoch in den Lehrbüchern zahlreicher anerkannter Autoren wie beispielsweise *Körber*, *Marxkors*, *Ludwig* oder auch *Strub* 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“ [25], dass man ohne Schwierigkeiten einen Präparationswinkel (!) von 3–4° anlegen könne, in der 4. und 5. Ausgabe von 2007 bzw. 2010 [26, 27] empfiehlt er sogar einen Präparationswinkel (?) von 2°. Die Vergleichbarkeit all dieser Untersuchungen zur Umsetzbarkeit des gefor-

derden Präparationswinkels wird durch unterschiedlich gewählte Studienmodelle erschwert. Die Präparation erfolgte darin:

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

Es ist anzunehmen, dass die unterschiedlichen Rahmenbedingungen auch zu unterschiedlichen Ergebnissen führten. Zusammenfassend ist festzustellen, dass unter allen eben genannten Bedingungen, also sowohl bei Zahnärzten als auch bei Studenten, in der Klinik oder am Phantom die gemessenen Konvergenzwinkel (!) um bis zu 10,9° signifikant größer waren als die für eine gute Retention vorgegebenen Werte. Jede dieser Studien bewies, dass die Realisierung eines Konvergenzwinkels (!) von 12° nahezu unmöglich ist.

### 3.4 Visuelle Erfassbarkeit des Konvergenzwinkels

*Nick* [28] untersuchte die Abschätzbarkeit der Konizität an extraoral zu beurteilenden Stümpfen. Insgesamt 60 Zahnärzte und Studenten erhielten die Aufga-

be, aus laborgefertigten Präparationen mit insgesamt 13 unterschiedlichen Konvergenzwinkeln jeweils den Zahn auszuwählen, dessen Konvergenzwinkel ihnen als optimal erschien. Während es eine relative Häufung bei der Auswahl der 9° und 12°-Stümpfe gab, kam doch die Mehrheit der Probanden zu deutlich abweichenden Ergebnissen und wählte Stümpfe mit Konvergenzwinkeln zwischen -3° und 30°. Dabei war die Unter- bzw. Überschätzung gleich verteilt. Sogar unter diesen einfachen Bedingungen erzielten die Probanden also keine sehr hohe Übereinstimmung zwischen geschätztem und realem Winkel. In der wesentlich schwierigeren klinischen Situation mit ungünstiger Beleuchtung, erzwungenem indirekten Blick und einengender topographischer Situation ist zu erwarten, dass die Ergebnisse noch schlechter ausfallen. Mack [24] hatte in seiner Studie von 1980 schon festgestellt, dass das menschliche Auge unter klinischen Bedingungen erst ab einem Konvergenzwinkel (!) von 12° das Vorhandensein von Unterschnitten sicher ausschließen kann. Leempoel [22] ließ die verschiedenen Zahngruppen separat bewerten und fand, 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 Unterkiefer-Zähnen und distalen Pfeilern grundsätzlich größere Konvergenzwinkel [1, 30].

Dass die individuelle Fähigkeit zur Winkelschätzung sehr unterschiedlich ist, zeigte Esser [9], der von Studenten angefertigte Phantom-Präparationen

von 5 Lehrenden u.a. auch nach deren Konizität bewerten ließ und als Kontrolle einen 3D-Laser-Scanner nutzte. Der Präparationswinkel stimmte bei der technischen Bewertung signifikant deutlicher überein, als bei den 5 unabhängig voneinander durchgeführten visuellen Bewertungen durch die Lehrenden. Es ergibt sich die bisher unbeantwortete Frage, ob eine visuelle Schulung oder die Benutzung intraoral anzuwendender Hilfsmittel die Erkennbarkeit und in deren Folge auch die Herstellbarkeit eines näher am geforderten Ideal liegenden Präparationswinkels ermöglicht.

#### 4 Diskussion

Unbestritten ist die Konizität eines präparierten Stumpfes ein mitentscheidender Faktor für den Erfolg konventionell befestigter Kronen. Dabei fällt auf, dass im deutschsprachigen Raum für dieses wichtige Kriterium Zahlenwerte zwischen 2° und 8° angegeben werden, was einer Steigerung des minimal genannten Wertes zum größten Wert auf 400 % entspricht. Gravierender ist jedoch die fehlende einheitliche Definition. Hierdurch kann es zu einer Verdopplung des angestrebten Winkels kommen. Beachtet man zudem die schwierige klinische Umsetzbarkeit der virtuellen Vorgaben, wird deutlich, aus welchem Grund sehr oft Konvergenzwinkel größer als 12° präpariert werden. Die Konizität des Stumpfes scheidet dann als Faktor für die Kronenretention aus [3, 47]. Deshalb bedarf es klarer definitorischer Vorgaben durch Lehr- und Fachbücher, durch Leitlinien bzw. wissenschaftliche Stellungnahmen der jeweiligen Fachgesellschaften. Zudem ist die Konizität präparierter Stümp-

fe ein bekanntes Kriterium bei der gutachterlichen Bewertung festsitzenden Zahnersatzes. Damit greift der hier beschriebene und bereits in der zahnärztlichen Ausbildung bestehende Mangel an klaren Vorgaben und klaren Definitionen auf forensisch sowie wirtschaftlich relevante Bereiche über.

#### 5 Schlussfolgerung

Diese Übersicht zeigt, dass die bei der Stumpfpräparation anzulegenden Winkel unabhängig vom jeweils geforderten Maß künftig in der deutschsprachigen Literatur klar definiert werden müssen. Hierbei sind die Vorgaben der internationalen Gepflogenheiten zu übernehmen: Der Konvergenzwinkel ergibt sich zwischen 2 einander gegenüberliegenden Wänden, er entspricht dem Kegewinkel und ist doppelt so groß wie der Präparationswinkel bzw. Konuswinkel. Es zeigt sich auch, dass die überwiegend geforderte Steilheit von 6° klinisch nahezu nie erreicht wird. Es wäre sinnvoll, die intraorale Erkennbarkeit solcher Winkel zu prüfen und ggf. zu trainieren.

**Interessenkonflikte:** Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht. 

#### Korrespondenzadresse

OA Dr. Felix Blankenstein  
Zahnärztliche Prothetik,  
Alterszahnmedizin und Funktionslehre  
Charité – Universitätsmedizin Berlin  
Albmannshäuser Straße 4–6  
14197 Berlin  
felix.blankenstein@charite.de;

#### Literatur

- Al-Omari WM, Al-Wahadni AM: Convergence angle, occlusal reduction, and finish line depth of full-crown preparations made by dental students. *Quintessenz Int* 2004;35:287–293
- Annerstedt AL, Engström U, Hansson A et al.: Axial wall convergence of full veneer crown preparations. *Acta Odontol Scand* 1996;54:109–112
- Ayad MF, Johnston WM, Rosenstiel SF: Influence of tooth preparation taper and cement type on recementation strength of complete metal crowns. *J Prosth Dent* 2009;91:354–361
- Breustedt A, Lenz E, Musil R et al.: *Prothetische Stomatologie*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1981
- Cameron SM, Morris WJ, Keese SM et al.: The effect of preparation taper on the retention of cemented cast crowns under lateral fatigue loading. *J Prosth Dent* 2009;95:456–461
- Dreyer Jorgensen K: The relationship between retention and convergence angle in cemented veneer crowns. *Acta Odontol Scand* 1955;13:35–40
- Eames WB, O'Neal SJO, Monteiro J et al.: Techniques to improve the seating of castings. *J Amer Dent Ass* 1978;96:432
- El-Ebrashi MK, Craig RG, Peyton FA: Experimental stress analysis of dental restorations Part IV. The concept of parallelism of axial walls. *J Prosth Dent* 1969;22:346–353
- Esser C, Kerschbaum T, Winkelmann V et al.: A comparison of the visual and

- technical assessment of preparations made by dental students. *Eur J Dent Educ* 2006;10:157–161
10. Evans G: Die zahnärztlichen Kronen-, Brücken- und Porzellanarbeiten. Hermann Meusser, Berlin 1909
  11. Fuchs P: Kronen- und Brückenprothetik heute. Quintessenz Verlag, Berlin 1985
  12. Freesmeyer WB (Hrsg): Klinische Prothetik Band 1. Hüthig Verlag, Heidelberg 1999
  13. Goodacre CJ, Campagni WV, Aquilion SA: Tooth preparations for complete crowns: An art form based on scientific principles. *J Prosth Dent* 2001;85:363–375
  14. Graber G, Pfändler M: Die Quintessenz einer praxisbezogenen Kronen- und Brückenprothetik. Quintessenz Verlag, Berlin 1980
  15. Hajto J: Retention und Widerstandsform bei zementierten Kronen und Brücken. *ZMK* 2010;26:2–7
  16. Heydecke G, Richter E, Seedorf H: Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde (DGZPW) Festsitzender Zahnersatz für zahnbegrenzte Lücken
  17. Johnston JF, Phillips W, Dykema RW: Moderne Kronen- und Brückenprothetik. Medica Verlag, Stuttgart 1969
  18. Kirsten H: Die Jacketkrone. Verlag von Hermann Meusser, Berlin 1929
  19. Körber KH: Konuskronen-Teleskope. Einführung in Klinik und Technik. Hüthig Verlag, Heidelberg 1971
  20. Körber KH: Zahnärztliche Prothetik. 3. neubearb. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart 1985
  21. Lenz J: Zum Haftungsmechanismus von konischen Teleskopkronen. *Quintessenz Zahntech* 1983;9:569–583
  22. Leempoel BJB, Lemmens PhLM, Snoek PA et al.: The convergence angle of tooth preparations for complete crowns. *J Prosth Dent* 1987;58:414–416
  23. Ludwig P, Niedermeier W: Prothetik. Thieme Verlag, Stuttgart 2002
  24. Mack PJ: A theoretical and clinical investigation into the taper achieved on crown and inlay preparations. *J Oral Rehabil* 1980;80:255–265
  25. Marxkors R: Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik. 3. Aufl. Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV-Hanser, Köln München 2000
  26. Marxkors R: Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik. 4. überarb. Aufl., Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln 2007
  27. Marxkors R (Hrsg): Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik. 5. überarb. und erw. Aufl. Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln 2010
  28. Nick DR: The ability of dental students and faculty to estimate the total occlusal convergence of prepared teeth. *J Prosth Dent* 2009;101:7–12
  29. Noonan JE, Goldfogel MH: Convergence of the axial walls of full veneer crown preparations in a dental school environment. *J Prosth Dent* 1991;66:706–708
  30. Nordlander J, Weir D, Stoffer W et al.: The taper of clinical preparations for fixed prosthodontics. *J Prosth Dent* 1988;60:148–151
  31. Ohm E, Silness J: The convergence angle in teeth prepared for artificial crowns. *J Oral Rehabil* 1978;78:371–375
  32. Proussaefs P, Campagni W, Bernal G et al.: The effectiveness of auxiliary features on a tooth preparation with inadequate resistance form. *J Prosth Dent* 2004;91:33–41
  33. Pröbster L: Sind vollkeramische Kronen und Brücken wissenschaftlich anerkannt? Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) [http://www.zm-online.de/hefte/Sind-vollkeramische-Kronen-und-Bruecken-wissenschaftlich-angemerkt\\_21320.html](http://www.zm-online.de/hefte/Sind-vollkeramische-Kronen-und-Bruecken-wissenschaftlich-angemerkt_21320.html) [12.11.2012]
  34. Reich S, Kern M, Luthardt RG et al.: Wissenschaftliche Mitteilung der DGZPW: Klinisch Indikation von Kronen und Teilkronen (der geschädigte Zahn). *zm* 2009;99:50–51
  35. Rößler J: Der Haftmechanismus von Galvano-Doppelkronen-Systemen und seine Beeinflussbarkeit durch Zwischenflüssigkeiten. *Med dent Diss*, FSU Jena 2005
  36. Schärer P, Strub J, Beiser U: Schwerpunkte der modernen Kronen- und Brückenprothetischen Behandlung. Quintessenz Verlag, Berlin 1979
  37. Schmeißner H: Die Quintessenz der Einzelkrone. Quintessenz Verlag, Berlin 1972
  38. Smith BGN: Zahnärztliche Therapie mit Kronen und Brücken. Deutscher Ärzte Verlag, Köln 1987
  39. Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD: Grundlagen der Kronen- und Brückenprothetik. Quintessenz Verlag, Berlin 1986
  40. Shillingburg HT, Jacobi R, Brackett SE: Grundlagen der Zahnpräparation für Zahnersatz aus Metall und Keramik. Quintessenz-Verlag, Berlin 1988
  41. Strub JR, Türp JC, Witkowski S et al.: Curriculum Prothetik, Band 2. Quintessenz Verlag, Berlin, 3. Aufl. 2005, 4. Aufl. 2010
  42. Trier AC, Parker MH, Cameron SM et al.: Evaluation of resistance form of dislodged crowns and retainers. *J Prosth Dent* 1998;80:405–409
  43. Voß R, Meißners H (Hrsg.): Fortschritte der Zahnärztlichen Prothetik und Werkstoffkunde. Carl Hanser Verlag, München, Wien Band 1 – 1980, Band 2 – 1984, Band 3 – 1987, Band 4 – 1989
  44. Weber Th: Memorix Zahnmedizin. Thieme Verlag, Stuttgart 2003
  45. Weed RD, Baez RJ: A method for determining adequate resistance form of complete cast crown preparation. *J Prosth Dent* 1984;52:330–334
  46. Wiskott HW, Nicholls JI, Belsler UC: The effect of tooth preparation height and diameter on the resistance of complete crowns to fatigue loading. *Int J Prosthodont* 1997;10:207–215
  47. Zidan O, Ferguson GC: The retention of complete crowns prepared with three different tapers and luted with four different cements. *J Prosthet Dent* 2003;89:565–571