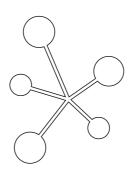


# Universität Greifswald Zentrum für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde Weiterbildendende Masterstudiengänge



# "Analyse der Dauer der Einzelzahnextrusion für zahnärztlichästhetische Versorgungen in Abhängigkeit von der Extrusionstechnik und der zu behandelnden Zahnregion."

Masterthesis

zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science

im weiterbildenden Masterstudiengang

Zahnmedizinische Ästhetik und Funktion

eingereicht von Robert Svoboda

unter der Betreuung von Prof. Dr. Bernd Kordaß

Düsseldorf, 06.06.2020

### Inhaltsverzeichnis

Αb	kürzungsverzeichnis	4
1.	Einleitung	5
	1.1 Ziel der Untersuchung	5
	1.2 Literaturübersicht	7
	1.2.1 Zahnverlust und Alveolenerhalt	7
	1.2.2 Zahnverlust und Lebensqualität	11
	1.2.3 Chirurgische Kronenverlängerung	13
	1.2.4 Grundlagen der kieferorthopädischen Extrusion	16
	1.2.5 Magnetextrusion	19
	1.2.6 Forcierte vertikale Extrusion	20
2.	Zielstellung der Studie	25
3.	Material und Methode	26
	3.1 Charakterisierung des Probandenguts	26
	3.2. Untersuchungsverfahren	30
4.	Ergebnisse	43
	4.1 Deskriptive Statistik	43
	4.2 Gegenüberstellung der einzelnen Zahngruppen in Bezug zur	
	Anzahl der Gummiwechsel	47
	4.3 Gegenüberstellung der einzelnen Zahngruppen in Bezug zur	
	Anzahl der Extrusionstage	50
	4.4 Gegenüberstellung der einzelnen Extrusionstechniken in Bezug	9
	zur Anzahl der Gummiwechsel	54
	4.5 Gegenüberstellung der einzelnen Extrusionstechniken in Bezug	9
	zur Anzahl der Extrusionstage	57
5.	Diskussion	61
	5.1 Diskussion der Methode	61
	5.2 Diskussion der Ergebnisse	64
6.	Schlussfolgerung	65
7.	Zusammenfassung	66
8.	Eidesstattliche Erklärung	67

Danksagung	68
9. Literaturverzeichnis	69

# Abkürzungsverzeichnis

Abb. - Abbildung

OHRQoL - Oral Health Related Quality of Life

#### 1. Einleitung

#### 1.1 Ziel der Untersuchung

Primäres und ureigenstes Ziel des zahnärztlichen Handelns ist es, möglichst jedem Patienten langfristig eigene feste Zähne zu erhalten und dies verbunden mit dem hippokratischen Grundsatz "Primum non nocere" (lat.: erstens nicht schaden). Damit wird die Therapie moralisch im Sinne der ärztlichen Ethik in Einklang gebracht. Dem sind allerdings oftmals Grenzen oder Einschränkungen gesetzt, die den zahnärztlichen Behandler tagtäglich herausfordern. Dazu gehören zum Beispiel unter anderem profund parodontal erkrankte Zähne oder Situationen mit bis subcrestal vorliegender Karies oder tiefen horizontalen Kronenbeziehungsweise Wurzelfrakturen. Bei vertikalen Frakturlinien ist die Prognose für den betreffenden Zahn als infaust anzusehen, denn eine aktuelle zuverlässige Behandlungsoption für Längsfrakturen ist zurzeit nicht verfügbar<sup>1,2,3,4,5</sup>. Die intentionelle Extraktion und extraorale dentinadhäsive Verklebung und anschließende Replantation und Schienung ist eher als experimenteller Therapieansatz anzusehen<sup>6</sup>. Die vorhersagbare langfristige prothetische Rekonstruktion gegen die Opferung des Zahnes abzuwägen ist für den behandelnden Zahnarzt jedes Mal eine schwierige Aufgabe. Es stehen dabei der eher chirurgisch orientieren Praxis die Extraktion mit anschließender Implantation und Rekonstruktion mit einer prothetischen Krone<sup>7,8</sup> zur Verfügung. Alternativ stehen als therapeutische Mittel der Wahl der konservativere und weniger

zeitaufwendigere prothetische Therapieansatz einer Brückenrekonstruktion<sup>9</sup>, die chirurgische Kronenverlängerung<sup>10</sup> oder die Zahnextrusion<sup>11,12</sup> zur Verfügung. Je nach Zerstörungsgrad oder Frakturlinienverlauf ist die Extraktion als große Herausforderung anzusehen, den nicht erhaltungswürdigen Zahn minimalinvasiv und knochen- wie weichgewebsschonend zu entfernen. Es schließen sich dann in der Regel sowohl zeitlich als auch kostenmäßig extrem aufwendige hart- und/oder bindegewebige augmentative Maßnahmen im Bereich der Alveole an, mit abschließender implantologischer und/oder prothetischer Rekonstruktion. Wird der Zahnerhalt angestrebt, ist die Wahrung des Ferrule-Designs (Fassreifendesign), d.h. die Etablierung der biologischen Breite von mindestens 2 mm, oberstes Ziel. Die präprothetische chirurgische Kronenverlängerung dient dazu, Zahnmaterial im Kronenbereich in ausreichender Höhe zur Verfügung zu stellen, um einen akzeptablen Präparationsrand von mindestens 2 mm zu ermöglichen.

Diesen beiden deutlich invasiven Therapieoptionen kann die Extrusionstherapie gegenübergestellt werden, die auf der Grundlage der kieferorthopädischen forcierten Extrusion, welche als Behandlungsoption tief frakturierter Zähne in der Literatur gut umschrieben ist, basiert<sup>13,14,15,16</sup>. Bei dieser Therapieform wird der zu erhaltene Zahn mittels einer geeigneten mechanischen Apparatur (Magneten, kieferorthopädischen Brackets, Drähten und Gummizügen) so weit aus dem knöchernen Zahnfach herausgezogen, bis eine prothetische bzw. konservierende zahnerhaltene Behandlung prognostisch vorhersagbar durchzuführen ist.

Ziel dieser Untersuchung ist es, zwei unterschiedliche Extrusionsgummiarten (Ringe vs. Powerchains (Ösenband)) der Häufigkeit der Gummiwechsel und der Extrusionsdauer in Tagen gegenüberzustellen in einer möglichen Abhängigkeit der Zahnregion, die in drei Zahngruppen (Frontzähne, Prämolaren, Molaren) aufgeteilt wurde.

#### 1.2 Literaturübersicht

#### 1.2.1 Zahnverlust und Alveolenerhalt

Die Haupterwartung von Patienten bezüglich Implantaten in der ästhetischen Zone ist, neben dem möglichst optimalen ästhetischen Ergebnis, insbesondere in Bezug auf die Langzeitbetrachtung und Volumenstabilität, eine optimierte kurze Behandlungsdauer verbunden mit einem überschaubaren finanziellen Einsatz. Neben der weißen Ästhetik der prothetischen Versorgung liegt ein starker Fokus auf der roten Ästhetik<sup>17</sup>, die sich aus Farbe, Form und Charakter der marginalen Gingiva zusammensetzt. Nach dem Zahnverlust werden alle beteiligten Gewebearten volumetrisch verändert und einem Umgestaltungsprozess unterzogen.

Ein Hauptproblem, dem sich ein Kliniker in diesem Fall gegenübersieht, sind die Resorption und die spontan einsetzenden Gewebeverluste<sup>18,19,20</sup>. Vor allem geht es um den Volumenverlust der bukkalen Gewebe (Bündelknochen und marginale Gingiva) in horizontaler Dimension. Die vestibulären dünnen Knochenwände fallen häufig der traumatisch verlaufenden Extraktion zum Opfer oder schmelzen durch Nichtbelastung und Osteoklastentätigkeit weg.

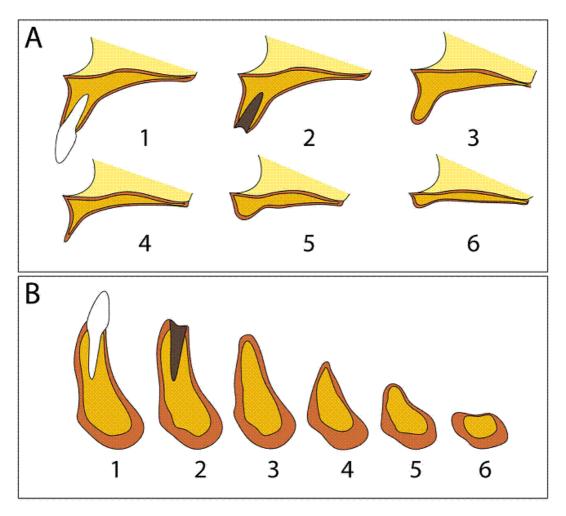


Abb. 1 : Atrophieverhalten des Ober- und Unterkiefer nach Cawood/ Howell (1988), Cawood JI, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. Int J Oral Maxillofac Surg 1988;17:232-236

Deswegen wird unter anderem therapeutisch häufig versucht, mit Hilfe der Sofortimplantation diese Prozesse in der Form aufzuhalten, dass Gewebestrukturen sofort wieder mittels der einzusetzenden Implantate in Kombination mit transgingival positionierten Heilkappen, beziehungsweise gleichzeitig einzusetzenden prothetischen Sofortversorgungen, gestützt werden<sup>21,22,23,24</sup>.

Ebenfalls wird postuliert, eine grazile bukkale Scheibe der Wurzel, im Sinne eines "buccal shields", als Resorptionsschutz zu belassen und

durch die Separation des Zahnes die traumatische Opferung des grazilen vestibulären Bündelknochens zu vermeiden<sup>25</sup>.

Sehr gut umschrieben sind Therapien, welche dem Zweck dienen, den "schicksalhaften" bukkalen Knocheneinfall später mit viel chirurgischem Aufwand unter Zuhilfenahme von körpereigenen und/oder körperfremden Augmentaten und Membranen zu rekonstruieren<sup>26,27,28</sup>. Hier werden teils sehr aufwendige Verfahren sowohl in zeitlicher als auch in finanzieller Hinsicht mit häufig eingeschränkter Vorhersagbarkeit vorgeschlagen<sup>29</sup>.

Durch die Individualität eines jeden medizinischen Eingriffs, gekoppelt an die natürliche individuelle Patientensituation, ist der Betrag des volumetrischen Verlustes nicht vorhersagbar. Besonders im ästhetisch relevanten Frontzahnbereich werden kleine Unterschiede in der Rot-Weiß-Ästhetik visuell sofort wahrgenommen. Daher sollte eine vollständige, langfristige Gewebekonservierung angestrebt werden.

Begleitend ist anzumerken, dass auf Grund der Positionierung der Frontzähne im Gesichtsschädel, diese durch die natürliche Prominenz im Profil von Kindern und Jugendlichen einem erhöhten Fraktur- oder Verlustrisiko ausgesetzt sind<sup>30,31,32</sup>.

Die prognostisch optimale Vorhersagbarkeit des Erscheinungsbildes von Hart- und Weichgewebe nach rekonstruktiven chirurgischen Eingriffen ist begrenzt, da horizontale und vertikale Knochenaugmentationen und Bindegewebssubstitutionen häufig von einer nachfolgenden Gewebsschrumpfung begleitet sind<sup>33,34,35</sup>. Bei einer Weichteilaugmentation mit einem subepithelialen Bindegewebstransplantat ist mit einer Volumenreduktion von bis zu ca. 30 % zu rechnen<sup>36</sup>. In einer Tierstudie aus der Arbeitsgruppe der Autoren Fickl et al.<sup>37</sup> konnte gezeigt werden, dass die Resorption der bukkalen Wand durch Einarbeitung von

Biomaterialien (hier: Bio-Oss Collagen®, Fa. Geistlich Biomaterials, Wolhusen, Schweiz) und das Augmentieren mit gesteuerter Geweberegeneration nicht zu einer zufriedenstellenden Erhaltung des Alveolarkamms führte<sup>38,39</sup>. Die vollständige und vorhersagbare Erhaltung des Volumens nach der Zahnextraktion mit Konservierungstechniken im Sinne der Primärprävention ist mit den verfügbaren Materialien noch nicht möglich. Eine bukkale Überformung mit Knochentransplantatmaterialien und einer Kollagenbarriere kann den Resorptionsprozess nur teilweise kompensieren, daher ist eine bessere Lösung wünschenswert<sup>40</sup>.

#### 1.2.2 Zahnverlust und Lebensqualität

Durch die forcierte Extrusion der Zähne wird der Zahnerhalt ermöglicht und damit die Lebensqualität in Korrelation zum patientenindividuellen Zahnstatus positiv beeinflusst. Dass die individuelle Lebensqualität in enger Korrelation zum Vorliegen einer Erkrankung, deren Behandlung und deren Konsequenz steht ist zunehmend anerkannt und damit muss auch die Bewertung der Behandlungsergebnisse in jedem einzelnen Fall berücksichtigt werden. In einer großen deutschen Umfrage wurde festgestellt, dass weniger als 9 Zähne mehr Einfluss auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität haben als Krebs, Bluthochdruck oder Allergien<sup>41</sup>. Das alleinige Vorliegen von Karies, Parodontitis, vergesellschaftet mit zerstörten Zähnen. Zahnlockerung und letztendlich drohendem Zahnverlust ist aber primär kein Indikator für den Verlust einer mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität (OHRQoL)42,43. Das aber Zahnverlust schließlich die Lebensqualität beeinträchtigt, bedingt durch die sich einstellende funktionelle Beeinträchtigung, in Bezug auf das Kauen und die Ästhetik, abhängig vom Ort des Zahnverlusts, wurde in einer systematischen Review und Metaanalyse von der Abteilung für Oralfunktion und Zahnprothetik der Universität von Nijmegen untersucht und bestätigt. Diese Studie liefert einen starken Beweis dafür, dass Zahnverlust mit einer Beeinträchtigung der OHRQoL verbunden ist. Ausmaß und Schwere der Beeinträchtigung scheinen jedoch kontextabhängig zu sein, was bedeutet, dass es unter anderem stark abhängig war von der Selektion des Patientenpools. Darüber hinaus zeigt diese Studie, dass nicht nur die Anzahl, sondern auch die Lage und Verteilung der fehlenden Zähne den Schweregrad der OHQoL-Beeinträchtigung beeinflussen. Angesichts der negativen Folgen des Zahnverlusts auf die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität ist es

umso wichtiger, dass Maßnahmen zur Prävention von Krankheiten bei der Gestaltung der Gesundheitspolitik für ältere Menschen gefördert werden. Es ist wahrscheinlich, dass von Patientenseite aus eine größere Nachfrage nach einer Behandlung zur Erhaltung der Zähne besteht. Die Wirksamkeit präventiver Strategien erfordert weitere Forschungen, und es ist eine weitere wirtschaftliche Analyse der Zahnersatzstrategien ist erforderlich<sup>44</sup>.

## 1.2.3 Chirurgische Kronenverlängerung

Es ist nun nachvollziehbar, dass der Zahnerhalt bei der therapeutischen Abwägung oberste Priorität haben sollte. Eine Herausforderung für jeden Behandler ist es, bei noch gesunder oder therapiefähiger parodontaler Situation, subgingival tief liegende kariöse Läsionen, endodontische Resorptionen oder tiefe horizontale Querfrakturen prognostisch günstig zu therapieren. Zahn, Parodontium und knöcherne Strukturen bilden dabei eine funktionelle Einheit. Dabei ist als Grundlage der Therapie- und Rekonstruktionsplanung das Konzept der "biologischen Breite" anzusehen<sup>45</sup>.

Die chirurgische Kronenverlängerung ermöglicht die Verlängerung der klinischen Krone bei Unterschreitung der biologischen Breite und damit die Rekonstruktionsmöglichkeit und Wiederherstellung der Zahnkrone<sup>46</sup>. Damit werden Risiken der erhöhten Plaqueakkumlation, erhöhter gingivaler Entzündung, zunehmender Sondierungstiefe<sup>47</sup> und positiven Blutens auf Sondieren<sup>48</sup>, Rezessionsbildung<sup>49</sup> und Attachmentverlust<sup>50</sup> entgegengewirkt.

Die systematische Literatursuche im Pubmed und in allen deutsch- und englischsprachigen Lehrbüchern der Parodontologie ergab folgende Werte für die "biologische Breite" oder auch den synonym verwendeten Begriff des "dentogingivalen Komplexes"51,52,53:

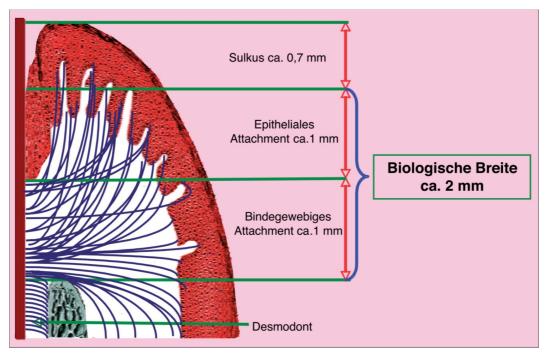


Abb. 2 : Abbildung mod. nach Gargiulo et al. (1961). Darstellung der physiologischen Dimensionen des Parodontiums. GARGIULO A W, WENTZ F M, ORBAN B: Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. J Periodontol 32: 261–267 (1961)

Gargiulo et al.<sup>54</sup> und Vacek et al.<sup>55</sup> konnten zeigen, dass bezogen auf den einzelnen Zahn, bzw. innerhalb einer Dentition sowie innerhalb einer analysierten Population, eine hohe biologische Varianz vorliegt, die sich vor allem in der Länge des Saumepithels, bei in aller Regel konstantem bindegewebigen Attachments zeigt<sup>56</sup>.

Die Rehabilitation des Zahnes unter Etablierung der biologischen Breite ist Aufgabe der parodontal-chirurgischen Kronenverlängerung. Brägger und Lang<sup>57</sup> und Lauchenauer et. al.<sup>58</sup> beschreiben das erfolgreiche operative Vorgehen nach der Bildung des invasiven obligaten Mukoperiostlappens, Ostektomie und Entfernung des Desmodonts (Scaling und Wurzelglätten). Der Verlauf der postoperativen Heilung und die endgültige Lage des Gingivarandes sind von ausschlaggebender Bedeutung, wenn entschieden werden soll, zu welchem Zeitpunkt die definitive prothetisch

rekonstruktive Versorgung eingesetzt werden kann. Brägger et al. (1992) untersuchten die Veränderungen der parodontalen Gewebe nach Kronenverlängerungen während der sechsmonatigen Heilungsperiode. Es wurde eine große individuelle Varianz hinsichtlich der postoperativen Ergebnisse festgestellt und die Empfehlung einer längeren Beobachtungsphase vor definitiver Versorgung, vor allem im ästhetisch relevanten Frontzahnbereich, wurde ausgesprochen. Allgemein ist hier die Invasivität ist für den Patienten als hoch einzustufen, bei unter Umständen nachteiligem, großem Knochenverlust oder einer großen Schwächung des Zahnes mit dem Einhergehen einer nicht vorhersagbaren Rezession und eingeschränkter Vorhersagbarkeit im ästhetischen Frontzahnbereich.

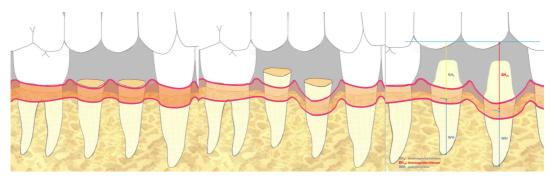


Abb. 3: Kronenverlängerung vs. Extrusion n. Stefan Neumeyer

#### 1.2.4 Grundlagen der kieferorthopädischen Extrusion

Eine nicht chirurgische und deutlich minimalinvasivere Behandlungsalternative stellt die kieferorthopädische oder orthodontische Extrusion dar

— mit zahlreichen Beispielen, bei denen mit den Mitteln der
Kieferorthopädie und durch den Verzicht auf jegliche invasiv-chirurgische
Maßnahmen eine Zahnerhaltung in kürzester Zeit durch Extrusion erreicht
werden konnte<sup>59</sup>. Diese Technik findet ihren Einsatz, indem ein Zahn und/
oder sein Parodontalgewebe bei z.B. vorliegender Wurzelkaries,
Zerstörung der klinischen Krone, horizontalen Frakturen im koronalen oder
mittleren Drittel<sup>60</sup>, bei endodontischen Problemen<sup>61</sup> oder bei parodontalen
ossären Defekten<sup>62</sup> nach koronal in axialer Richtung bewegt wird<sup>63,64</sup>.

Aus der allgemeinen Orthopädie ist längst bekannt, dass Knochenwachstum durch Zugkräfte generiert werden kann<sup>65</sup>. Auch in der Kieferorthopädie finden diese biologisch-morphologischen Umbauvorgänge ihre Anwendung. Durch Initiierung von Kräften auf das parodontale Ligament und dessen Faserdehnung generieren die beteiligten Gewebe eine Aktivierung des gesamten Metabolismus<sup>66,67,68</sup> Bei einzelnen Zahnbewegungen "wächst" dieser Knochen sozusagen in die Bewegungsrichtung mit. Dabei verändert sich sowohl die intra- als auch die extrazelluläre Matrix und lokal die Vaskularisierung des Gewebes<sup>69</sup>. Zum Beispiel wird zur Gewinnung vertikalen Knochenangebots die Bewegung einzelner Zähne so gesteuert, dass das Knochenangebot im Bereich des Alveolarfortsatzes auf biologische Art und Weise mit der Aktivierung der körpereigenen Kompetenz erhöht wird. Und dies vorhersagbarer, zeit- und kostenminimierender als aufwendige und teure augmentative Verfahren<sup>70</sup> mittels Knochenersatzmaterialien<sup>71</sup> und Knochenblöcken<sup>72</sup>. Die koronale Migration der parodontalen Gewebe wird durch die Insertion des parodontalen Ligaments am Zement der Wurzel hervorgerufen und positiv beeinflusst<sup>73,74,75,76</sup>.

Die Belastung für das Parodontium ist nachvollziehbar geringfügig<sup>77</sup> und in aller Regel ist eine Harmonisierung des Gingivaverlaufes und der Papillen sehr gut zu etablieren<sup>78,79,80</sup> Entscheidend ist jedoch bei intakter Rot-Weiß-Ästhetik, ob der Zahn ohne parodontale Strukturen bewegt werden soll — dann ist eine Mitnahme des Gewebes zu verhindern und eine Fibrotomie mit Wurzelglättung notwendig<sup>81,82,83</sup> Die Wiederherstellung des Faserapparates durch bestehende Gewebestrukturen auf der Wurzeloberfläche konnten von *Levine und Stahl* gezeigt werden<sup>84</sup>. Ebenfalls ist die Bewegung der knöchernen Strukturen nach koronal sehr gut beschrieben und dokumentiert<sup>85,86,87,88,89,90</sup>. Entscheidend für die langfristige Etablierung einer prothetischen

Rekonstruktion ist, neben dem Einhalten der biologischen Breite, die ausreichende zervikale Fassung der intakten Zahnhartsubstanz von mindestens 2 mm (Fassreifendesign, bzw. Ferrule Design).

In der Literatur wird die langsame Extrusion mit geringen Kräften von 15-50 cN beschrieben, um den Limbus alveolaris und das Gingivaniveau simultan anzuheben<sup>91,92,93,94,95,96,97</sup>. Demgegenüber steht die schnelle forcierte Extrusion mit bis zu 250 cN<sup>98,99,100</sup>, die in einem separaten Abschnitt unten beschriebe wird. Jedoch gibt es bis heute keinen Konsens über die tatsächliche Höhe der Krafteinwirkung in der Kieferorthopädie. In einer systematischen Metaanalyse zum Thema der optimalen Krafthöhe in der orthodontischen Bewegung,

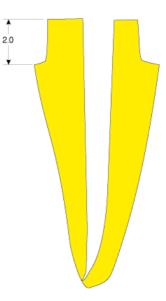


Abb. 4: Ferrule Design, Faßreifendesign, McLean, A. G.. "Predictably restoring endodontically treated teeth." Journal 64 11 (1998): 782-7.

in der aus 305 Studien nur 12 Untersuchungen den Kriterien standhielten, konnte ein Kraftbereich von 18–1500 cN festgestellt werden<sup>101</sup>.

# 1.2.5 Magnetextrusion

Eine weitere Option stellt die Magnetextrusion dar. Bei dieser Art der Extrusion mit Magneten<sup>102,103</sup> werden zusammenarbeitende Einzelmagnete (unter anderem Scheibenmagnet®, Samarium Kobalt 5, 2 x 3 mm, Fa. Fehrenkemper Magnetsysteme, Lauenau) einmal auf der Wurzeloberfläche des zu extrudierenden Zahnes und korrespondierend zu diesem in einem Folienträger oder einer provisorischen Brückenversorgung eingearbeitet. Ein Arbeitsabstand vom ca. 1 mm ermöglicht eine Krafteinwirkung von 13 cN, bei einem Arbeitsabstand von 0,5 mm sind es 30 cN und bei Berührung ca. 65 cN<sup>104,105</sup>. Die Methode ist im Therapieverlauf und in der Handhabung der Konstruktion sehr arbeitsund zeitintensiv. Die Bewegung des Zahnes erfolgt in einem Tempo von maximal 1 mm pro sieben Tage und der jeweilige Umbau der Magnete bzw. der Trägerkonstruktion wird mit 20 bis 60 Minuten (für einen mit der Technik vertrauten Behandler) angegeben 106,107. Eine abschließende Retentionszeit des extrudierten Zahnes von 2 Monaten wird empfohlen<sup>108</sup>. Als alternative, aktivierbare kieferorthopädische Elemente stehen orthodontische Häkchen<sup>109</sup> oder spezielle Hanteln (Komet Dental) zur Verfügung.

#### 1.2.6 Forcierte vertikale Extrusion

Tief zerstörte oder bis subkrestal frakturierte Zähne können unter Berücksichtigung der biologischen Breite und des Ferrule-Designs nach forcierter axialer Extrusion unter Zuhilfenahme kieferorthopädischer Gummiringe und anschließender Fixation erhalten und prothetisch adäquat versorgt werden<sup>110,111</sup>. Damit stellt die forcierte vertikale Extrusion eine innovative und kaum invasive Methode dar, um stark kompromittierte Zähne erhalten zu können.

Im Vergleich zur chirurgischen Kronenverlängerung werden begrenzende intakte knöcherne wie bindegewebige Strukturen durch kein operatives Trauma nachteilig beeinflusst, sondern ganz im Gegenteil vorhersagbar positiv moduliert<sup>112</sup>.

Im Falle der definitiven Nichterhaltung eines Zahnes stellt die forcierte Extrusionstherapie eine einfache Option dar, Zähne bzw. Wurzeln minimalinvasiv im Anschluss an die Extrusion zu entfernen. Gleichzeitig wird ein massiver Impuls in die umliegende Gewebe abgegeben, um körpereigenen und ortsständigen Knochen zu bilden und um den Resorptionsprozess in horizontalen und vertikalen Dimensionen zu vermeiden, ohne den Einsatz von teuren, meistens allogenen, alloplastischen oder xenogenen Knochenersatzmaterialien und Barrieremembranen<sup>113,114</sup> in Kauf zu nehmen<sup>115,116,117,118</sup>

Bei der klassischen kieferorthopädischen Extrusion wird durch höhere Kraftanwendung und regelmäßige Fibrotomie eine koronale Positionierung des Attachmentapparates verhindert<sup>119,120</sup>. Bei gesunden parodontalen Verhältnissen gilt als Richtschnur für die Extrusion eine Kraftgröße von 0,1-0,3 N/mm, die je nach Morphologie und Knochenabbau zu modifizieren ist<sup>121,122,123</sup>. Durch die wöchentliche Fibrotomie wird während

der aktiven kieferorthopädischen Phase der Epithelansatz und das über der Knochenleiste befindliche bindegewebige Attachment durch den gingivalen Sulkus durchschnitten<sup>124</sup>. Je nach Alter des Patienten und anatomischen Gegebenheiten werden etwa sieben bis zehn Tage benötigt, um einen Zahn 1 mm zu extrudieren<sup>125</sup>.

Der neue Ansatz der forcierten Extrusion basiert auf den Erkenntnissen der intentionellen Replantation hochresezierter Zähne<sup>126</sup>. Darauf stützend hat Stefan Neumeyer et al. konsequent ein Konzept entwickelt, welches minimalinvasiv und im Regelfall völlig schmerzfrei in wesentlich kürzerer Behandlungszeit einen vollständigen Erhalt der bukkalen Knochenwand, beziehungsweise sogar teilweise die Regeneration alveolärer und gingivaler Strukturen erreichen kann. Eine Schlüsselrolle dieses Prozesses bildet das parodontale Ligament. Neumeyer postuliert in seiner Masterthese: "Bei der Replantation und Extrusion von Wurzelsegmenten wird das biologische Potenzial des supraalveolären Faserapparats und des parodontalen Ligaments genutzt"<sup>126</sup>.

Autogenes Dentin scheint zudem über Osteokonduktion und -induktion die Knochenregeneration nachhaltig positiv zu beeinflussen. 127,128,129,130,131. Die vertikale desmodontale Distraktion ankylosierter Zähne entspricht auf zellulärer Ebene – bezogen auf die Induktion der Geweberegeneration – der forcierten Extrusion 132. Die Zugkräfte herkömmlicher kieferorthopädischer Apparaturen betragen zwischen 50 und 500 cN 133,134,135,136,137. Mit tendenziell noch geringeren Kräften wird bei Verwendung von Extrusionsmagneten therapiert, wie es oben bereits beschrieben steht. Diese Werte entsprechen der bisherigen Lehrmeinung, dass stärkere Zugkräfte zu irreversiblen Schäden führen könnten 138. A. M. Schwarz (1956, 1961) 133,134 hat als Maßstab für die optimalen Kraftgrößen den kapillaren Blutdruck im Desmodontalspalt von 0,25N/cm² angesetzt.

Die Grundidee ist simpel: Unmittelbar nach noninvasiver Extraktion, der im Regelfall eine kurzzeitige, aber kraftintensive Extrusion (250 bis 850 cN) vorausgegangen ist<sup>139</sup>, wird ein Wurzelsegment – eine zirka 2,0 bis 3,0 mm dicke, möglichst formkongruente Scheibe – direkt an jener Stelle replantiert (Abb. 5), an der das Wurzelsegment vor der Extraktion über den Faserapparat mit dem umliegenden Gewebe verbunden war. Dieses hochresezierte Wurzelsegment stützt sofort nach der Repositionierung das umliegende Weichgewebe optimal (einschließlich der Papillen), während eine sich selbst überlassene Alveole bereits unmittelbar nach der Extraktion sichtbar kollabiert und im weiteren Verlauf atrophiert.



Abb. 5 : Unmittelbar nach Extraktion der beiden Zähne wurde aus der Wurzel von Zahn 41 direkt unterhalb des Zahnhalses eine Wurzelscheibe herausgetrennt und repositioniert. Es ist deutlich sichtbar, dass die Wurzelscheibe das umliegende Gewebe stützt, während an der anderen Alveole bereits ein Einfall zu beobachten ist. Dr. Gernot Mörig

Optimaler Weise sollten sowohl das Parodont<sup>140,141</sup> als auch das periapikale Gewebe<sup>142</sup> entzündungsfreie Voraussetzungen aufweisen. Klinische und histologische Untersuchungen zeigen nachweisliche Erfolgsparameter wie Knochenneubildung und weichgewebige Adaptation des Gewebes an die veränderte Position der Zahnwurzel nach kieferorthopädischer Extrusion<sup>143,144</sup>.

Die forcierte Extrusion mit hohen Kräften ist eine modifizierte Verfahrenstechnik, welche mithilfe des körpereigenen regenerativen Potenzials des supraalveolären Bindegewebes und des parodontalen Faserapparates alveoläre Strukturen in einem außergewöhnlich kurzen Zeitintervall regenerieren lassen kann (siehe Mehl, C 2008<sup>108</sup>, und Neumeyer, S 2010<sup>112</sup>).

Ferner sei hier erwähnt, dass die forcierte Extrusion zur Erhaltung oder Regeneration der bukkalen Knochenlamelle im Rahmen einer Zahnentfernung bereits umfassend und erfolgreich u.a. bei Ingber (1974) belegt werden konnte<sup>145,146</sup>.

Grundlegend unterscheidet sich dieser Therapieansatz der forcierten Extrusion, dessen Ziel im Erhalt der kompromittierten Wurzel besteht, gegenüber invasiven Methoden, die im Rahmen einer Extraktion anfallen würden, durch seine deutlich kürzere Behandlungszeit und das komplett atraumatische Vorgehen. Die Dauer der forcierten Extrusion ist naturgemäß von Zahn zu Zahn verschieden und hängt von diversen Parametern wie Lockerungsgrad, Anzahl und Formen der Wurzeln, Lage des Zahnes etc. ab. Vor Behandlungsbeginn ist zwischen einer reinen Extrusion der Wurzel und/oder einer zusätzlichen Rekonturierung des umliegenden Parodontiums zu differenzieren. Soll ausschließlich die Wurzel vertikal aus ihrem Zahnfach bewegt werden und liegen physiologische parodontale Verhältnisse vor, so empfiehlt sich, zu Beginn der Extrusion eine Fibrotomie durchzuführen. Verlangt die Fallplanung einen vertikalen bzw. koronalen Zugewinn gingivaler und/oder alveolärer Strukturen, darf zu Beginn der Extrusion selbstverständlich keine Fibrotomie erfolgen, bis das umliegende Hart- und Weichgewebe die angestrebte Position erreicht hat. Dieser Effekt ist jedoch nur bei gesunden parodontalen Verhältnissen zu erzielen. Soll daran anschließend noch eine reine Extrusionsbewegung zum Gewinn von Retentionsflächen für die spätere Krone erfolgen, ist jetzt eine Fibrotomie zum Trennen des suprakrestalen Faserapparates von der

Wurzeloberfläche indiziert. Indikationen für eine forcierte Extrusionstherapie zur langfristigen prothetischen Versorgung bisher nicht mehr erhaltungswürdiger Wurzeln zeigen sich in der zahnärztlichen Praxis nahezu täglich.

# 2. Zielstellung der Studie

Anhand der vorliegenden klinischen Untersuchung unter den Rahmenbedingungen einer zahnärztlichen Praxis sollte folgende Fragestellung beurteilt werden:

- Wie lange dauert es einen epicrestal/epigingival frakturierten Zahn über 5 mm zu extrudieren?
- Ist die Auswahl der Extrusionshilfsmittel von Einfluss auf die Extrusionsdauer eines Zahnes? Es werden Gummiringe, Powerchains (Ösenband) und deren Kombination angewendet.
- Spielt die Lokalisation des zu therapierenden Zahnes im Kausystem eine Rolle in Bezug auf die Extrusionsdauer? Es wurden 3 Zahngruppen gebildet: Frontzähne, Prämolaren und Molaren.
- Gibt es Unterschiede in der Dauer der Extrusion in Tagen bezogen auf die einzelnen Zahngruppen (Frontzähne, Prämolaren, Molaren) bis das Endziel von 5 mm Extrusionsstrecke erreicht wurde?

### 3. Material und Methode

# 3.1 Charakterisierung des Probandenguts

Die Auswahl des Probandengutes erfolgte zum größten Teil aus dem laufenden praxiseigenen Patientenaufkommen und einigen zu uns überwiesenen Patientenfällen. Das Alter der Patienten bewegte sich in einem Rahmen von 19 bis 89 Jahren, darunter waren 48 weibliche und 44 männliche Fälle.

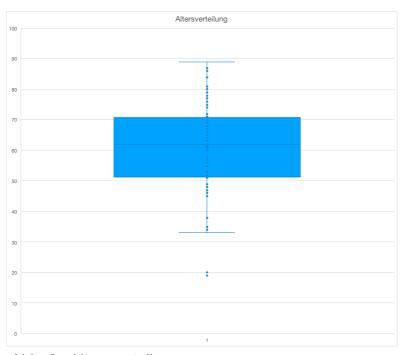


Abb. 6: Altersverteilung

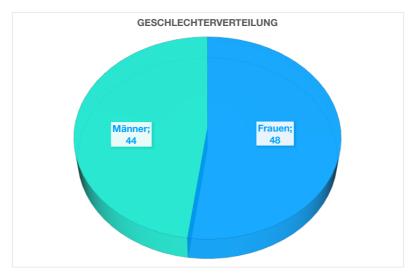


Abb. 7: Geschlechterverteilung

Bei den 92 Behandlungsfällen handelt es sich um tief frakturierte Zähne zwischen der knöchernen Begrenzung des Limbus alveolaris und der marginale Gingiva. Die Fraktur war traumatisch bzw. funktionell bedingt oder durch eine profunde Initialkaries bzw. Sekundärkaries herbeigeführt worden.

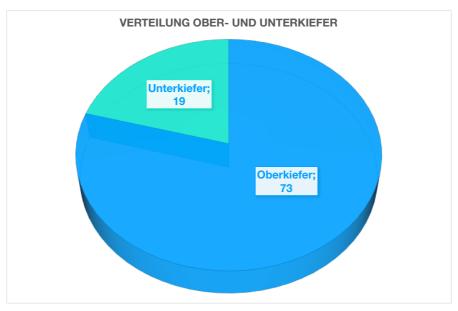


Abb. 8 : Zahnverteilung nach Ober- und Unterkiefer



Abb. 9 : Zahnverteilung nach Gruppen

Alle Zähne wurden klinisch wie röntgenologisch auf ihre Erhaltungswürdigkeit überprüft. Es durften keine tieferen Frakturzeichen klinisch wie röntgenologisch feststellbar sein. Die Zahnlockerung durfte einen Grad 2 nicht überschreiten und eine parodontale Sulcussondierungstiefe von 3,5 mm durfte nicht überschritten werden. Die Zahnsubstanz musste als Basis für einen dentinadhäsiven Aufbau dienen können und ggf. mit einer endodontischen Therapie mit oder ohne Glasfaserstiftversorgung oder gegossenem Aufbau unterstützt werden können. Des Weiteren musste die bestehende Okklusion und Artikulation die Inkorporation der Extrusionseinheit gewährleisten. Der 2-tägige Zyklus des Gummiwechsels wurde mit den Patienten besprochen und vereinbart. Bei vorliegenden Wochenenden, Feiertagen oder unaufschiebbaren Terminen der Patienten wurde spätestens am dritten Tag weiterbehandelt.

Die Patienten wurden mündlich über die Therapie mittels Extrusion ausführlich aufgeklärt. Zusätzlich sind die möglichen alternativen Therapien mittels Kronenrandverlängerung oder Extraktion erläutert und diskutiert worden. Nach durchgeführter Aufklärung der Probanden über den Sinn und Zweck der Untersuchungen und nach Klärung eventueller Fragen gaben alle von uns beratene Patienten ihr mündliches Therapieeinverständnis und wurden über den genauen Ablauf unterrichtet.

#### 3.2. Untersuchungsverfahren

Nach klinischer und röntgenologischer Evaluation und Festlegung der Erhaltungswürdigkeit der ausgewählten Zähne wurden die Patienten ein zweites Mal über das Therapieverfahren der forcierten Extrusion informiert und aufgeklärt. Nach dem mündlichen Einverständnis der Patienten erfolgte die Anbringung der Extrusionseinheit.

Dafür wurde die Wurzeloberfläche lege artis nach optimaler Trockenlegung konditioniert. Dies erfolgte beginnend mit der Säure-Ätz-Technik für 15 Sekunden mit Ultra-Etch® (Ref. 168, Ultradent Products GmbH, Köln), dem 35%igen, viskösen Phosphorsäuregel für die Total-Etch-Technik, und abschließend mit dem dentinadhäsiven System Optibond FL®, dem Zwei - Komponenten - Dentaladhäsiv für das Total-Etch-Verfahren (Ref. 26684E, KERR GMBH, Biberach) und der darauffolgenden notwendigen Polymerisation mittels VALO® Breitband-LED-Polymerisationsleuchte (Ref. 59465, Ultradent Products GmbH, Köln).

Der vorkonditionierte Steg des Extrusionssets der Fa. Komet (Ref.:4628, Gebr. Brasseler GmbH & Co. KG, Lemgo) wurde dann mit dem selbstadhäsivem Composite-Befestigungszement RelyX Unicem 2® (Ref. 56847, 3M Deutschland GmbH, Neuss) auf dem Wurzelquerschnitt befestigt und die zweite Linse aus dem Extrusionsset der Firma Komet im Anschluss mit einem Tropfen Estelite Universal Flow Medium® (Ref. 13654, Tokuyama Dental Deutschland GmbH, Altenberge) befestigt.

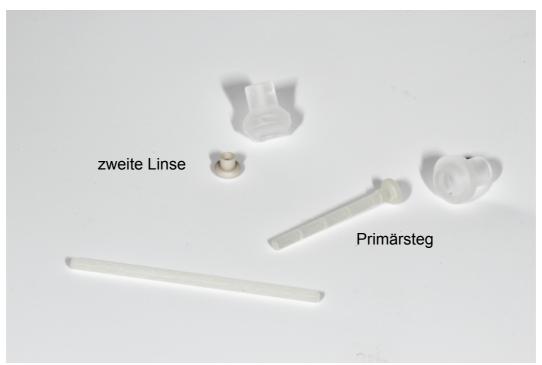


Abb. 10 : Extrusionsset der Fa. Komet - Ref.:4628, Gebr. Brasseler GmbH & Co. KG, Lemgo), eigenes Foto

Den Frakturraum überspannend wurden Stege aus dem Klammerdraht Remanium®, 0.80 mm hart (Ref. 513-080-00, DENTAURUM GmbH & Co. KG, Ispringen) individuell eingepasst.



Abb. 11 : Klammerdraht als Gegenlager der Stärke 0.8mm, eigenes Foto

Diese Klammerdrahtstege wurden nach einer Mikropräparation an nicht funktionell benötigten Zahnflächen der benachbarten Zähne ebenfalls mit RelyX Unicem 2<sup>®</sup> befestigt.

Diese senkrecht zum ersten auf die frakturierte Zahnoberfläche geklebten Steg liegenden Querstreben dienen den Extrusionsgummis als Gegenlager.

Elastische Gummizüge wurden jetzt an die fixierte Extrusionsvorrichtung eingehängt.

Zum Einsatz kamen einmal Ringgummis Humpback Whale® (Ref. 000-141, American Orthodontics GmbH, Weil am Rhein),



Abb. 12. : Gummiringe der Fa. American Orthodontics GmbH, eigenes Foto

oder die Power Chain<sup>®</sup> (Ref. 639-0002, Ormco BV, Amersfoort) oder die Kombination beider.



Abb. 13 : Power Chain der Fa. Ormco, eigenes Foto



Abb. 14 : Extrusionshantel und Zweitlinse in Silikonübertragungshalterung mit Extrusionsmodell

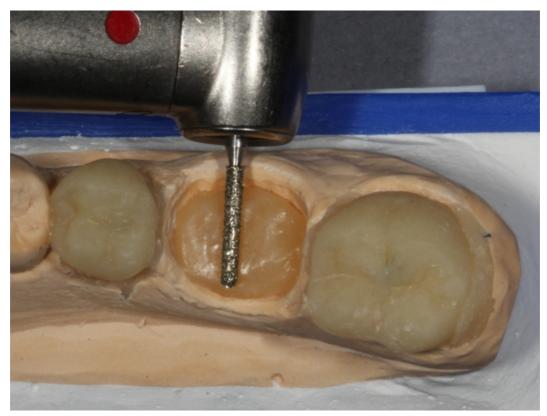


Abb. 15 : Anlegen der Vertiefung für die Extrusionshantel

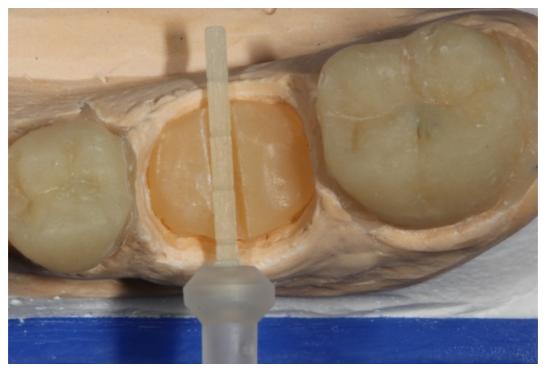


Abb. 16: Anprobe der Extrusionshantel in der Vertiefung



Abb. 17 : Verkleben des Extrusionssteges

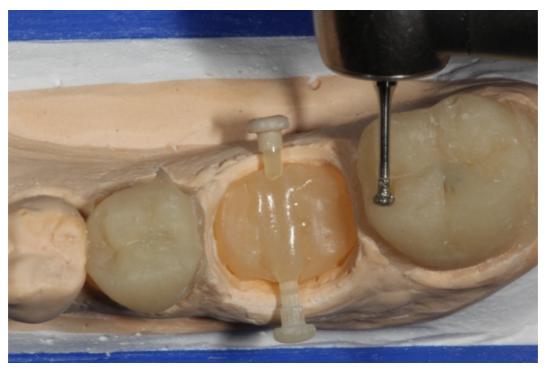


Abb. 18 : Anlegen der Auflagen für die Querstreben (1)

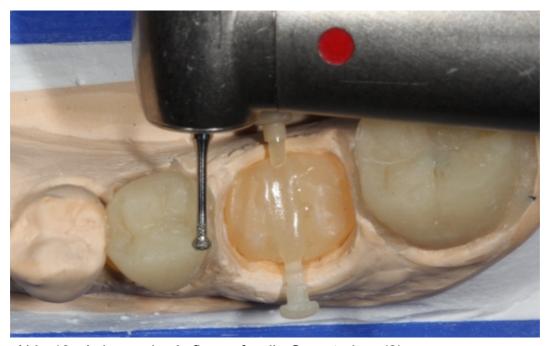


Abb. 19: Anlegen der Auflagen für die Querstreben (2)

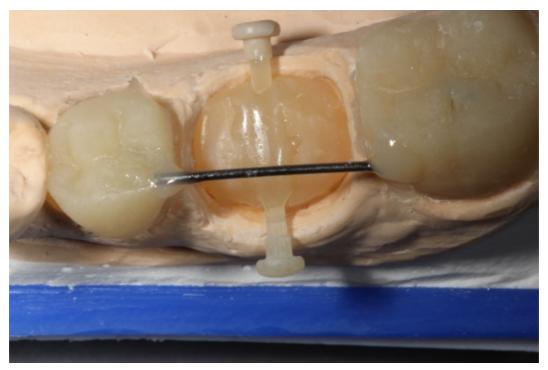


Abb. 20 : Verkleben der Querstrebe (1)

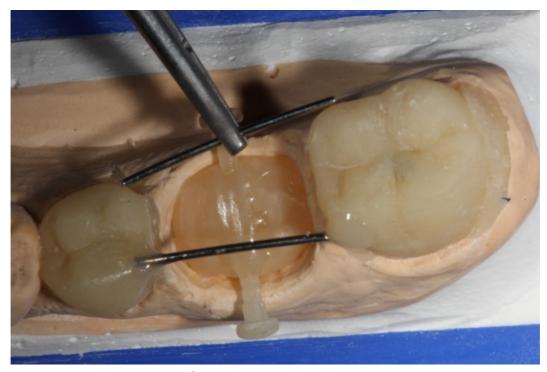


Abb. 21 : Verkleben der Querstrebe (2)

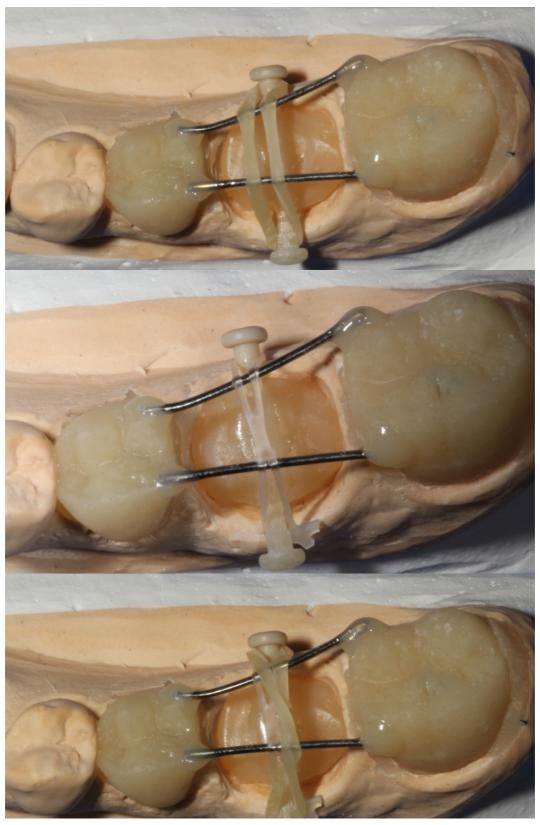


Abb. 22 : Angelegtes Ringgummi (Oben), Power Chain (Mitte), Kombination (Unten)

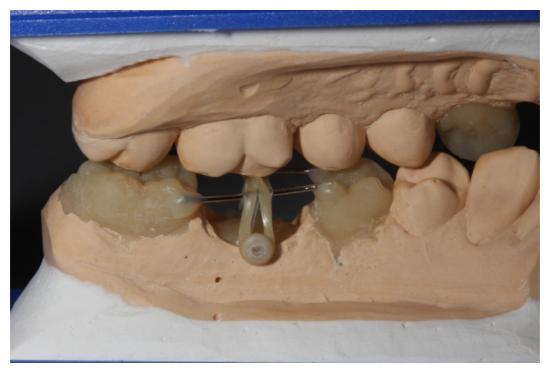


Abb. 23 : Fertige Extrusionsvorrichtung, Seitenansicht

Epigingival bis epicrestal frakturierte Zähne wurden mittels der forcierten Extrusionstherapie unter Zuhilfenahme von Bestandteilen des Extrusionssets von Komet<sup>®</sup> standardisiert 5 mm aus dem Zahnfach heraus bewegt, bis eine prothetische Versorgung, unter Einhaltung der biologischen Breite und der Ermöglichung des Ferrule Designs, realisiert werden konnte. Der Wechsel der Gummis erfolgte alle 2 Tage bis eine Bewegung der Frakturfläche um 5 mm in koronaler Richtung mit der PAR-Sonde messbar war. Bei vorliegenden Wochenenden, Feiertagen oder unaufschiebbaren Terminen der Patienten wurde spätestens am dritten Tag weiterbehandelt.

An diesem Punkt wurde der extrudierte Zahnanteil an den Nachbarzähnen und den Querstegen fixiert um die Verknöcherung apikal zu ermöglichen und abzuwarten.

Die Auswahl der Zugeinwirkung bei der Extrusion wurde gleichmässig in zufälliger Verteilung auf die Behandlungsfälle verteilt. 34 Fälle wurden mit den Gummiringen, 29 mit der Power Chain und 29 mit der Kombination beider Systeme behandelt.

Es wurden jeweils die Frontzähne (1er bis 3er), die beiden Prämolaren (4er bis 5er) und die Molaren (6er bis 7er) in einzelne Zahngruppen zusammengefasst. Die Verteilung auf die Zahngruppen war wie folgt: 48 Frontzahn-, 27 Prämolaren- und 17 Molarensituationen. Die Verteilung im Oberkiefer war 48 Mal in der Front, 18 Mal bei den Prämolaren und 7 Mal im Molarenbereich. Im Unterkiefer verteilten sich die Behandlungsfälle 9 Mal auf die Prämolaren- und 10 Mal auf die Molarensituationen.

Die Daten wurden mit Hilfe nichtparametrischer Tests ausgewertet, da eine Normalverteilung der Daten nicht angenommen werden kann. Die Annahme der Normalverteilung ist eine Voraussetzung für parametrische Tests, wie z.B. der Varianzanalyse und dem t-Test. Diese Tests können aus diesem Grund nicht verwendet werden.

Normalverteilung voraussetzen und auch gegen Ausreißer und Extremwerte relativ immun sind. Allerdings ist zu beachten, dass alle nichtparametrischen Test nur eine Aussage darüber treffen, ob bzw. welcher Gruppe zugehörig höhere oder niedrigere Werte vorhanden sind. Wie viel höher und niedriger die Werte sind, wird dabei unberücksichtigt gelassen. Auf diesen Punkt wird im Verlauf noch näher eingegangen.

Der Kruskal-Wallis-Test und der Mann-Whitney-U-Test vergleichen die Rangsummen zwischen mehreren bzw. zwei Gruppen. Zur Ermittlung der Rangsummen werden die gemessenen Werte aufsteigend sortiert. Der kleinste Wert erhält den Rang 1 und der größte Wert den Rang N. Anschließend werden die Ränge wieder den Gruppen zugewiesen und die Rangsummen ermittelt. In der Gruppe, in der die Rangsumme beziehungsweise der mittlere Rang größer ist, müssen folglich die höheren Ränge und somit auch die höheren oder auch mehr höhere Werte vorhanden sein. Mit Hilfe dieses Tests kann man also aussagen, ob und in welcher Gruppe signifikant mehr höhere bzw. niedrigere Werte vorhanden sind.

Bei den nachfolgenden 3 Mann-Whitney-U-Tests handelt es sich um post hoc Tests, die im Anschluss an einen Kruskal-Wallis-Test durchgeführt wurden.

Die Interpretation des Testergebnisses folgt dem gleichen Schema wie die Interpretation des Kruskal-Wallis-Test. Der Unterschied zwischen beiden Test besteht darin, dass beim Mann-Whitney-U-Test nur noch zwei Gruppen miteinander verglichen werden. Bei einem signifikanten Ergebnis

kann man somit anhand der mittleren Ränge ablesen, in welcher Gruppe die signifikant höheren beziehungsweise niedrigeren Werte vorliegen.

### 4. Ergebnisse

#### 4.1 Deskriptive Statistik

Die untersuchten Fälle verteilten sich wie folgt:

Die Altersverteilung bewegte sich zwischen 19 und 89 Jahren mit einem Median bei 61. Wir untersuchten 44 Fälle bei männlichen Patienten und 48 Fälle bei weiblichen Patienten.

Die deskriptive Statistik liefert folgende Auswertung:

Wir können auf eine Fallzahl von 92 Untersuchungen zurückgreifen. Innerhalb dieser Studiengruppe weisen die Front-/Eckzähnen mit 48 Fällen 52,2 % die größte Gruppe auf. Die Prämolaren kommen mit 27 untersuchten Zähnen auf 29,3 % und die Molaren mit 17 therapierten Zähnen auf 18,5 %. Die Untersuchung der Verteilung auf die jeweiligen Kiefer ergibt, dass im Unterkiefer 19 Fälle untersucht wurden (20,6 %) und damit 73 Fälle (79,4 %) im Oberkiefer behandelt und untersucht wurden.

Die unterschiedlichen Therapieformen in Bezug auf die drei Gummizugkonstruktion weisen eine nahezu gleichmäßige Verteilung auf. 34 Zähne (37 %) wurden mit dem Gummiringsystem extrudiert und 29 Fälle (31,5 %) mit den Powerchains. Ebenfalls 29 Fälle (31,5 %) wurden in der Kombination der beiden Systeme therapiert, d.h. der simultanen Anbringung sowohl der Gummiringe als auch der Power Chains.

Über alle Fälle hinweg gerechnet konnte ein Mittelwert in Bezug auf die Anzahl der Gummiwechsel von 6,99 und eine Standardabweichung von 4,58 und in Bezug auf die Therapiedauer in Tagen ein Mittelwert von 19,1 Tagen und eine Standardabweichung von 16,27 Tagen erfasst werden.

## Häufigkeitsverteilung auf die Zahngruppen

Zahngruppe	Häufigkeit	Prozent
1 (Frontzähne)	48	52,2
2 (Prämolaren	27	29,3
3 (Molaren)	17	18,5
Gesamt	92	100,0
Oberkiefer	73	79,4
Unterkiefer	19	20,6
Gesamt	92	100,0
Oberkiefer Frontzähne	48	52,2
Oberkiefer Prämolaren	18	19,5
Oberkiefer Molaren	7	7,7
Unterkiefer Frontzähne	0	0,0
Unterkiefer Prämolaren	9	9,8
Unterkiefer Molaren	10	10,8
Gesamt	92	100,0

## Häufigkeitsverteilung auf die Extrusionsart

Extrusionsgummiart		
1 Gummiring	34	37,0
2 Power Chain	29	31,5
3 Ring + Power Chain	29	31,5
Gesamt	92	100,0

#### Anzahl der Gummiwechsel und Dauer der Extrusion

		Mittelwert		Std Abweichung
Anzahl d. Gummiwechsel	92	6,99	6,00	4,585
Extrusion bis Fixation (Tage)	92	19,12	15,50	16,272

In unserer Betrachtung konnten wir über alle Gruppen hinweg in der deskriptiven Statistik eine durchschnittliche Therapiedauer von 15,5 Tagen und eine Anzahl von bis zu 6 Gummiwechseln dokumentieren, was einen Wechsel der therapeutischen Gummis in der zahnärztlichen Praxis alle 2,58 Tage bedeutet.

# 4.2 Gegenüberstellung der einzelnen Zahngruppen in Bezug zur Anzahl der Gummiwechsel

In der ersten Auswertung der Daten ist der Einfluss der jeweiligen Zahngruppe, d.h. Zahngruppe 1 mit den Front- und Eckzähnen, Zahngruppe 2 mit den Prämolaren und Zahngruppe 3 mit den Molaren, auf die Anzahl der Gummiwechsel untersucht worden. Auffällig ist die große Varianz in der Zahngruppe 3 in Bezug auf die Tage (bis zu 30). Hier handelt es sich aber um Ausreißerwerte, die schon in der Übersicht der Perzentile entkräftet werden und eine vergleichbare Verteilung wie die Gruppe 1 aufweisen.

Zahn-	Anzahl	Mittel-	Median	Std	Min in	Max in	Percent	ile	
gruppe		wert		Abw.	Tagen	Tagen			
							25	50	75
1	48	6,50	5,00	4,011	1	19	4,00	5,00	8,00
2	27	7,93	8,00	3,689	1	17	5,00	8,00	11,00
3	17	6,44	4,00	6,899	1	30	3,00	4,00	7,75

Auch der mittlere Rang zeigt, dass wir eher niedrigere Verteilungswerte haben und damit die hohe Standardabweichung in dem Vorliegen von wenigen hohen Werten verschoben ist.

Kruskal-Wallis-Test						
Zahngruppe		N	Mittlerer Rang			
Gummiwechsel	1 (Frontzähne)	48	43,64			
	2 (Prämolaren)	27	56,22			
	3 (Molaren)	17	35,84			
	Gesamt	92				
Statistik für Test a,b						
	Kruskal-Wallis H	df	Asymptotische Signifikanz			
Gummiwechsel	6,890	2	0,032			
a. Kruskal-Wallis-Test						
b. Gruppenvariable: Z	Zahngruppe					

Innerhalb der Zahngruppen sind die Prämolaren in der Gruppe 2 die Gruppe, die den höchsten mittleren Wert im Vergleich der Zahngruppen zueinander aufweist und sich in der Betrachtung der Zahngruppen in Bezug auf die Anzahl der Gummiwechsel signifikant (bei einem Signifikanzniveau von p=0,05 / 5 %) von der jeweiligen Gruppe 1 und 3 im Mann-Whitney-Test abhebt.

Mann-Whitney-Test				
Zahngruppe		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Gummiwechsel	1 Frontzähne	48	34,08	1636,00
	2 Prämolaren	27	44,96	1214,00
	Gesamt	75		
	Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2- seitig)
Gummiwechsel	460,000	1636,000	-2,091	0,036
Zahngruppe		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Gummiwechsel	1 Frontzähne	48	34,05	1634,50
	3 Molaren	17	27,84	445,50
	Gesamt	65		
	Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2- seitig)
Gummiwechsel	309,500	445,500	-1,164	0,244
Zahngruppe		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Gummiwechsel	2 Prämolaren	27	25,26	682,00
	3 Molaren	17	16,50	264,00
	Gesamt	44		
	Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2- seitig)
Gummiwechsel	128,000	264,000	-2,225	0,026

# 4.3 Gegenüberstellung der einzelnen Zahngruppen in Bezug zur Anzahl der Extrusionstage

In der zweiten Auswertung der Daten ist der Einfluss der jeweiligen Zahngruppe, d.h. Zahngruppe 1 mit den Front- und Eckzähnen, Zahngruppe 2 mit den Prämolaren und Zahngruppe 3 mit den Molaren, auf die Anzahl der Extrusionstage untersucht worden. Auffällig ist die große Variabilität der Minimum- und Maximumwerte in allen drei Gruppen — und sich daher die Betrachtung des reinen Mittelwertes daher nicht anbietet.

Zahn-	Anzahl	Mittel-	Median	Std	Min in	Max in	Percent	ile	
gruppe		wert		Abw.	Tagen	Tagen			
							25	50	75
1	48	17,50	13,50	17,076	4	92	9,00	13,50	19,75
2	27	20,81	21,00	11,032	1	44	11,00	21,00	30,00
3	17	20,31	14,50	21,344	2	90	7,00	14,50	29,50

Eine reine deskriptive Betrachtung zeigt aber schon, dass die Werte im Vergleich der drei Zahngruppen untereinander sich nicht so weit voneinander unterscheiden. Werden die Werte der Perzentile herangezogen, so sticht der Wert der Zahngruppe 2 (Prämolaren) analog der ersten Auswertung heraus und spiegelt sich ebenfalls rein deskriptiv in der Betrachtung der mittleren Ränge wieder.

Hier ist jedoch kein Signifikanzunterschied (bei einem Signifikanzniveau von p=0,05 / 5 %) darzustellen und sich somit die Dauer in Extrusionstage unabhängig von der Zahnregion darstellt.

Kruskal-Wallis-Test						
Zahngruppe		N	Mittlerer Rang			
Gummiwechsel	1 (Frontzähne)	48	41,71			
	2 (Prämolaren)	27	54,67			
	3 (Molaren)	17	44,25			
	Gesamt	92				
Statistik für Test a,b						
	Kruskal-Wallis H	df	Asymptotische Signifikanz			
Gummiwechsel	4,254	2	0,119			
a. Kruskal-Wallis-Test						
b. Gruppenvariable: Zahngruppe						

Im paarweisen Vergleich kann dargelegt werden, dass Gruppen 1 zu 3 und 2 zu 3 deutlich nicht signifikant sind, der Vergleich aber von Gruppe 1 zu 2 eine Signifikanz aufweist und somit es in diesem Gruppenvergleich zwischen Frontzähnen und Prämolaren ein längerer Zeitraum für die Extrusion bei den Prämolaren benötigt wird.

Mann-Whitney-Test				
Zahngruppe		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Gummiwechsel	1 Frontzähne	48	33,93	1628,50
	2 Prämolaren	27	45,24	1221,50
	Gesamt	75		
	Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2- seitig)
Gummiwechsel	452,500	1628,500	-2,160	0,031
Zahngruppe		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Gummiwechsel	1 Frontzähne	48	32,28	1549,50
	3 Molaren	17	33,16	530,50
	Gesamt	65		
	Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2- seitig)
Gummiwechsel	373,500	1549,500	-0,163	0,870
Zahngruppe		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Gummiwechsel	2 Prämolaren	27	23,43	632,50
	3 Molaren	17	19,59	313,50
	Gesamt	44		
	Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2- seitig)
Gummiwechsel	177,500	313,500	-0,969	0,333

Bezogen auf die einzelnen Zahngruppen, Zahngruppe 1 mit den Frontund Eckzähnen, Zahngruppe 2 mit den Prämolaren und Zahngruppe 3 mit den Molaren, haben wir eine Signifikanz bezüglich der Anzahl der Gummiwechsel, mit einem häufigeren Wechsel für die Zahngruppe der Prämolarengruppe. Zahngruppe 1 (Medianwert = 5 Wechsel) zu Zahngruppe 2 (Medianwert = 8 Wechsel) mit einem Signifikanzwert von 0,036 (bei p=0.05) und Zahngruppe 3 (Medianwert = 4 Wechsel) zu Zahngruppe 2 (Medianwert = 8 Wechsel) mit dem Wert von 0,026 (bei p=0.05). Dieses Ergebnis spiegelt sich auch in Bezug auf die Dauer der Extrusion in Tagen. Zahngruppe 1 (Medianwert = 13,5 Tage) zu Zahngruppe 2 (Medianwert = 21 Tage) mit einem Signifikanzwert von 0,031 (bei p=0.05) und Zahngruppe 3 (Medianwert = 14,5 Tage) zu Zahngruppe 2 (Medianwert = 21 Tage) mit dem nicht signifikanten Wert von 0,333 (bei p=0.05).

# 4.4 Gegenüberstellung der einzelnen Extrusionstechniken in Bezug zur Anzahl der Gummiwechsel

In der dritten Auswertung der Daten ist der Einfluss der jeweiligen Gummiart (d.h. Gummiart 1 mit den Ringgummis, Gummiart 2 mit den Powerchains oder auch Gummiketten genannt und Gummiart 3 als Kombination von Ringgummis und Gummiketten) auf die Anzahl der Gummiwechsel untersucht worden. Auch hier ist die große Variabilität der Minimum- und Maximumwerte in allen drei Gruppen feststellbar, und es bietet sich daher die Betrachtung des reinen Mittelwertes nicht an.

Gummi	Anzahl	Mittel-	Median	Std	Min in	Max in	Percent	ile	
Art		wert		Abw.	Tagen	Tagen			
							25	50	75
Ring	34	5,97	5,00	4,174	1	19	3,75	5,00	8,00
Ösen- band	29	6,14	5,50	3,429	1	14	4,00	5,50	8,00
Ring + ÖB	29	8,76	8,00	5,429	3	30	5,00	8,00	11,00

Eine reine deskriptive Betrachtung zeigt aber, dass die Werte im Vergleich der drei Therapieformen untereinander Unterschiede vorweisen. Werden die Perzentilwerte herangezogen, so sticht der Wert der Therapiegruppe 3 (Ring und Ösenband) heraus und spiegelt sich ebenfalls rein deskriptiv in der Betrachtung der mittleren Ränge wieder.

Kruskal-Wallis-Test						
Zahngruppe		N	Mittlerer Rang			
Gummiwechsel	Ring	34	39,32			
	Ösenband	29	42,32			
	Ring + Ösenband	29	57,38			
	Gesamt	92				
Statistik für Test a,b						
	Kruskal-Wallis H	df	Asymptotische Signifikanz			
Gummiwechsel	8,212	2	0,016			
a. Kruskal-Wallis-Test						
b. Gruppenvariable: Zahngruppe						

Innerhalb der drei Therapiearten ist ein signifikanter Unterschied (bei einem Signifikanzniveau von p=0,05 / 5 %) feststellbar. Ring versus Gummikette weisen keinen signifikanten Unterschied auf, sodass festgestellt werden kann, dass die Kombination von den Gummizugsystemen eher von Nachteil ist als die solitäre Anwendung.

Im paarweisen Vergleich kann dies ebenfalls dargelegt werden, dass jeweils die Gruppe mit der Kombinationsbehandlung mittels Ösenband und Ringsystem sich signifikant abhebt und damit mehr Gummiwechsel benötigt als die jeweiligen Einzelformen.

Mann-Whitney-Test				
Gummiart		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Gummiwechsel	Ring	34	30,62	1041,00
	ÖB	29	32,57	912,00
	Gesamt	63		
	Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2- seitig)
Gummiwechsel	446,000	1041,000	-0,428	0,669
Gummiart		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Gummiwechsel	Ring	34	26,21	891,00
	Ring + ÖB	29	38,79	1125,00
	Gesamt	63		
	Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2- seitig)
Gummiwechsel	296,000	891,000	-2,739	0,006
Gummiart		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Gummiwechsel	ÖB	29	24,25	679,00
	Ring + ÖB	29	33,59	974,00
	Gesamt	58		
	Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2- seitig)
Gummiwechsel	273,000	679,000	-2,136	0,033

# 4.5 Gegenüberstellung der einzelnen Extrusionstechniken in Bezug zur Anzahl der Extrusionstage

In der letzen Auswertung der Daten ist der Einfluss der jeweiligen Gummiart (d.h. Gummiart 1 mit den Ringgummis, Gummiart 2 mit den Powerchains oder auch Gummiketten genannt und Gummiart 3 als Kombination von Ringgummis und Gummiketten) auf die Anzahl der Therapiedauer in Tagen untersucht worden. Auch hier ist die große Variabilität der Minimum- und Maximumwerte in allen drei Gruppen feststellbar, und es bietet sich daher die Betrachtung des reinen Mittelwertes nicht an.

Gummi	Anzahl	Mittel-	Median	Std	Min in	Max in	Percent	ile	
Art		wert		Abw.	Tagen	Tagen			
							25	50	75
Ring	34	19,06	12,50	20,684	1	92	8,75	12,50	18,00
Ösen- band	29	15,32	13,00	9,393	2	38	7,25	13,00	21,00
Ring + ÖB	29	22,41	20,00	15,479	6	90	14,00	20,00	28,00

Eine reine deskriptive Betrachtung zeigt aber, dass die Werte im Vergleich der drei Therapieformen untereinander Unterschiede vorweisen. Werden die Perzentilwerte herangezogen, so sticht der Wert der Therapiegruppe 3 (Ring und Ösenband)) heraus und spiegelt sich ebenfalls rein deskriptiv in der Betrachtung der mittleren Ränge wieder.

Kruskal-Wallis-Test					
Zahngruppe		N	Mittlerer Rang		
Gummiwechsel	Ring	34	41,68		
	Ösenband	29	40,89		
	Ring + Ösenband	29	56,00		
	Gesamt	92			
Statistik für Test a,b					
	Kruskal-Wallis H	df	Asymptotische		
			Signifikanz		
Extrusion bis	6,128	2	0,047		
Fixation (Tage)					
a. Kruskal-Wallis-Test					
b. Gruppenvariable: Zahngruppe					

Innerhalb der drei Therapiearten ist ein signifikanter Unterschied (bei einem Signifikanzniveau von p=0,05 / 5 %) feststellbar.

Ring versus Gummikette weisen keinen signifikanten Unterschied auf. Auch hier schneidet die Kombinationstherapie mit Gummiringen und Ösenband am schlechtesten ab und benötigt eine deutlich längere Extrusionsdauer in Tagen.

Im paarweisen Vergleich kann dargelegt werden, dass jeweils die Gruppe mit der Behandlung mittels Ösenband und Ringsystem sich signifikant abhebt und damit mehr Therapietage benötigt als die Einzelformen.

Mann-Whitney-	Test					
Gummiart			N	Mittlerer Rang	Rangsumme	
Extrusion Fixation (Tage)	bis	Ring	34	31,72	1078,50	
		ÖB	29	31,23	874,50	
		Gesamt	63			
		Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2- seitig)	
Extrusion	bis	468,500	874,500	-0,106	0,915	
Fixation (Tage)						
Gummiart			N	Mittlerer Rang	Rangsumme	
Extrusion Fixation (Tage)	bis	Ring	34	27,46	933,50	
		Ring + ÖB	29	37,33	1082,50	
		Gesamt	63			
		Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2- seitig)	
Extrusion Fixation (Tage)	bis	338,500	933,500	-2,134	0,033	
Gummiart			N	Mittlerer Rang	Rangsumme	
Extrusion Fixation (Tage)	bis	ÖB	29	24,16	676,50	
		Ring + ÖB	29	33,67	976,50	
		Gesamt	58			
		Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2- seitig)	
Extrusion Fixation (Tage)	bis	270,500	676,500	-2,165	0,030	

In der Betrachtung der Konstruktionsauswahl schneidet die Kombination von Ösenband mit dem Ringgummi am schwächsten ab. Im Gegensatz dazu ist der Wert der Ringgummis und des Ösenbandes nahezu vergleichbar — 5 Gummiwechsel bei den Ringgummis zu 5,5 Gummiwechsel beim Ösenband im Medianwert. Die Kombination schneidet mit 8 Gummiwechseln und einer Signifikanz von 0,006 bei p=0.05 (Ring vs Ring plus Ösenband) und 0,033 bei p=0.05 (Ösenband vs Ring plus Ösenband) ab.

Das gleiche zeigt die Betrachtung der Extrusionsart in Bezug auf die Extrusionszeit in Tagen. Der Wert der Ringgummis und des Ösenbandes ist nahezu vergleichbar — 12,5 Tage bei den Ringgummis zu 13,0 Tagen beim Ösenband im Medianwert. Die Kombination schneidet mit 20 Tagen deutlich schlechter ab und weist eine Signifikanz von 0,033 bei p=0.05 (Ring vs Ring plus Ösenband) und 0,030 bei p=0.05 (Ösenband vs Ring plus Ösenband) auf.

#### 5. Diskussion

#### 5.1 Diskussion der Methode

Primärster Wunsch eines Patienten bei einer vorliegenden akuten Zahnkronenfraktur bedingt durch ein Trauma oder eine profunde Karies, ist es, die Situation kurzfristig zu regenerieren. Die Patienten, sehr natürlich nachvollziehbar, wünschen eine einfache, minimalinvasive, gewebeschonende und möglichst zahnerhaltene Therapie. Diese Therapie möge dann auch noch zeit- und kostenoptimiert sein<sup>147</sup>.

Die in dieser Untersuchung betrachteten Zähne wiesen alle eine horizontale Frakturfläche oder einen massiven kariösen Zerstörungsgrad auf gingivalem Niveau auf, der sich zwischen der knöchernen Begrenzung des Limbus alveolaris und des Margo gingivae bewegte. Alle Zähne wiesen nach distal und mesial einen Nachbarzahn auf. Diese Situation bietet ein breites Spektrum an Therapieoptionen, um dem Patienten zu helfen.

Die konventionellste, aber auch die invasivste, Methode ist die Extraktion des Zahnes und die Versorgung der Schaltlückensituation mittels einer prothetischen Brückenversorgung. Die Erfolgsrate liegt zwischen 93,8 % über 5 Jahre<sup>148</sup>, bzw. nur noch 74,0 % über 15 Jahre<sup>149</sup>. Hier sind dann in der Regel alle zahnärztlichen Disziplinen gefordert, den knöchernen und bindegewebigen Substanzverlust so gut es geht zu minimieren, um dann

im Anschluss ggf. sogar unverletzte Zahnhartsubstanz der Nachbarzähne zu präparieren und eine Brücke zu inkorporieren. Die Präparation der benachbarten Zähne könnte mit der Insertion eines Einzelzahnimplantates vermieden werden, aber auch hier muss der Patient den Verlust des Zahnes in Kauf nehmen. Je nach Knochensituation, gingivalen Phänotyp<sup>150</sup> und Lokalisationen der entstandenen Lücke ist eine Vorhersagbarkeit unter Umständen eher schwierig und die Entfernung eines marginal frakturierten Zahnes ohne Knochenopferung sehr unwahrscheinlich. Außerdem stehen dann in der Regel über Wochen, wenn nicht über Monate, sehr kostspielige und aufwendige augmentative Maßnahmen an<sup>33,34,35,37,38</sup>. Ein Review einer Medline-Suche gibt eine Überlebensrate von Einzelzahnimplantaten über 5 Jahre mit 97 % und eine prothetische Suprakonstruktion-Überlebensrate von 83 % an<sup>151</sup>.

Entscheidet der Behandler zusammen mit dem Patienten den Zahn zu erhalten, so ist die gängige Therapie der Wahl die Kronenverlängerung<sup>53,54</sup>. Hierbei entfällt die traumatische Entfernung des Zahnes, die mögliche Augmentation, die Präparation der Nachbarzähne. Jedoch ist wieder ein operativer Eingriff in Form der chirurgischen Bildung eines Mukoperiostlappens und die anschließende zirkuläre Osteotomie notwendig, um eine prothetische Versorgbarkeit in Wahrung der biologischen Breite und des Ferrule Designs zu ermöglichen<sup>44,45,50,52</sup>. Dieser operative Eingriff gefährdet nachvollziehbar, bei engen anatomischen Verhältnissen das Knochenfundament der die Lücke begrenzenden Zähne. Der Patient erhält eine sehr lange prothetische Krone auf einem verkürzten Wurzelfundament, was bei gut adjustierter funktioneller Belastung mit Sicherheit keinen großen Effekt haben wird, aber die Hebelverhältnisse sind dadurch dennoch ungünstig verschoben. Die Extrusionstherapie ist gegen alle bisher genannten Therapieformen als absolut zahn-, bindegewebs- und knochenschonend anzusehen<sup>112</sup>.

Die Extrusionsmethode in unserer Untersuchung unter Einsatz kieferorthopädischer Gummiringe und Powerchains weist eine einfachere Handhabung und ein schnelleres Erreichen des Extrusionszieles von 5 mm auf als die Technik mittels Magneten. In der Literatur wird der Einbau bzw. der Umbau der Magnete mit bis zu 60 Minuten beschrieben und eine Therapiezeit von 1 mm pro Woche<sup>152</sup>. Der Gummiwechsel beim Einsatz des verwendeten Systems der Firma Komet dauert keine fünf Minuten und die 5 mm als gewünschtes Ziel der vertikalen Extrusion wurde im Durchschnitt bereits nach 15,5 Tagen erzielt. Des Weiteren stützen sich die Untersuchungen bei der Extrusion mit Magneten auf sehr kleine Fallzahlen oder es handelt sich um einzelne Falldarstellungen<sup>153,154,155,156</sup>. Damit ist die Extrusionstherapie mittels der kieferorthopädischen Gummis absolut minimalinvasiv, einfach, zeitlich optimierter und mit geringsten Materialkosten verbunden im Gegensatz zur Magnetextrusion.

Die Methode der kieferorthopädischen Extrusion von Zähnen mittels kieferorthopädischer Gummis hat sich nach der Untersuchung von 92 Zähnen als bewährt dargestellt. Den Patienten konnte damit eine einfache und minimalinvasive, vorhersagbare und ästhetisch anspruchsvolle Alternative zur Implantatversorgung, chirurgischen Kronenverlängerung oder konventionellen Brückenversorgung angeboten werden.

### 5.2 Diskussion der Ergebnisse

Grundlegend gilt es festzustellen, dass die Prämolaren im Vergleich der einzelnen Zahngruppen untereinander als zeitintensivste Zähne im Hinblick auf die Extrusionsdauer anzusehen sind. Ob die Prämolarenregion eine statisch sehr stabil ausgeprägte Knochenregion im Vergleich zu den Molaren darstellt, gilt es weiter zu untersuchen. Außerdem ist die simultane Anwendung von 2 Gummisystemen (Ringgummis und Power Chain) von keinem Vorteil für die Extrusionsdauer. Hier gilt es zu klären, ob es einen maximalen Grenzwert der Krafteinleitung für die vertikale Extrusion aus dem Zahnfach heraus gibt? Und ob dieser Wert bereits durch ein Gummisystem jeweils schon erreicht wird?

Die große Variabilität der Ergebnisse innerhalb der Gruppen ist der Einzigartigkeit einer jeden Situation und der einhergehenden Patientenindividualität geschuldet.

### 6. Schlussfolgerung

Für eine bessere Aussagekraft ist ein größeres Fallkollektiv wünschenswert, um die Ausreißerwerte besser aufzufangen und die Patientenindividualität rechnerisch kleiner zu gestalten, bzw. um das zu untersuchende Kollektiv in engere, möglichst gleiche Untersuchungsgruppen einzuteilen. Jedoch sind die Frontzähne durch ihre anatomische Dominanz im anterioren Bereich des Kausystems eher unfall- und frakturgefährdet und durch ihre grazileren Wurzelquerschnitte eher in der Situation Querfrakturen aufzuweisen im Vergleich zu den anderen Zahngruppen.

Was aber deutlich wird, ist, dass die sehr kurze Therapiedauer von 13,5 bis 21 Tagen dem Wunsch des Patienten entspricht eine kurze Behandlungsphase und den Erhalt der natürlichen Zahnsubstanz zu vereinen. Auch die Häufigkeit der Therapietage in der zahnärztlichen Praxis ist extrem überschaubar: 4—8 Tage für den Zahnerhalt. Und all dies bei einer absolut minimalinvasiven Form der Therapie und einer einfachen Handhabung der Extrusionsmechanik der Firma Komet.

### 7. Zusammenfassung

Grundlegend unterscheidet sich dieser Therapieansatz der forcierten Extrusion, dessen Ziel im Erhalt der kompromittierten Wurzel besteht, gegenüber invasiven Methoden, die im Rahmen einer Extraktion oder der chirurgischen Kronenverlängerung anfallen würden, durch seine deutlich kürzere Behandlungszeit und das komplett atraumatische Vorgehen. Die Dauer der forcierten Extrusion ist naturgemäß von Zahn zu Zahn verschieden und hängt von diversen Parametern wie Lockerungsgrad, Anzahl und Formen der Wurzeln, Lage des Zahnes ab. Im Vergleich zur Extrusion mittels Magneten ist die Handhabung der Extrusionsapparatur deutlich einfacher, weniger zeitintensiv und erheblich schneller im Erreichen des Therapieziels.

## 8. Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Masterthesis gemäß § 11 der Prüfungsordnung selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen benutzt habe.

Ferner erkläre ich, dass diese Arbeit bisher von mir weder bei der Universitätsmedizin Greifswald der Universität Greifswald noch einer anderen wissenschaftlichen Einrichtung zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades M.Sc. eingereicht wurde.

Düsseldorf, den 06.06.2020	
Ort Datum	Unterschrift

## **Danksagung**

Ich danke ganz herzlich Herrn Prof. Dr. Bernd Kordaß und Frau Dr. Anja Ratzmann, MSc für die freundliche und wohlwollende Überlassung des Themas dieser Arbeit.

Ich möchte mich außerdem für die konstruktive und herzliche Unterstützung bei meiner Freundin und Lektorin Frau Monika von Möllendorf bedanken.

Ein weiteres Dankeschön geht an meine Eltern, Dr. Dagmar Svoboda und Dr. Ladislav Svoboda, die mich stets bestmöglich in meiner Ausbildung unterstützt und gefördert haben.

Ein ganz besonderer und größter Dank gilt meiner wunderbaren Frau Anja Svoboda und meinen drei unglaublichen Söhnen Fynn, Nick und Levi, die meine Arbeit und stets "gute Launen" geduldig akzeptiert und mich immer wieder ermutigt haben "am Ball zu bleiben". Durch ihre Anregungen und wertvolle Kritik ist diese Arbeit erst ermöglicht worden. In Liebe R.

#### 9. Literaturverzeichnis

- <sup>1</sup> Bargholz C. Zahn- und Wurzellängsfrakturen. In: Hülsmann M, Schäfer E (Hrsg). Probleme in der Endodontie: Prävention, Identifikation und Management. Berlin: Quintessenz, 2007: 383-400.
- <sup>2</sup> Berman LH, Hartwell GR. Diagnosis. In: Choen S, Hargraves KM (eds). Pathways of the pulp. 9. ed. St. Louis: Mosby Elsevier, 2006:23-34.
- <sup>3</sup> Castellucci A. Endodontic-periodontal interrelationship. In: Castellucci A (ed). Endodontics. Vol. 3. Florence: Edizioni Odontoiatriche II Tridente, 2009:756-829.
- <sup>4</sup> Haueisen H, Heidemann D. Vertical root fracture: prevalence, etiology, and diagnosis. Quintessence Int 2013;44:467-474.
- <sup>5</sup> Malhotra N, Kundabala M, Acharaya S. A review of root fractures: diagnosis, treatment and prognosis. Dent Update 2011; 38:615-628.
- <sup>6</sup> Hadrossek P, Dammaschke T. Infauste Prognose bei vertikaler Längsfraktur? Fallbericht über die alternative Behandlung einer kompletten vertikalen Längsfraktur. Quintessenz 2014; 65: 965-971.
- <sup>7</sup> Meijndert L, Meijer HJ, Stellingsma K et al.: Evaluation of aesthetics of implantsupported single-tooth replacements using different bone augmentation procedures: a prospective randomized clinical study. Clin Oral Implants Res 2007;18:715–719. Epub 2007 Sep 20.
- <sup>8</sup> Park JB: Restoration of the maxillary anterior tooth using immediate implantation with simultaneous ridge augmentation. Indian J Dent Res 2010:21:454–456.
- <sup>9</sup> Cheung GS, Dimmer A, Mellor R et al.: A clinical evaluation of conventional bridgework. J Oral Rehabil. 1990;17: 131–136.
- <sup>10</sup> Nevins M, Skurow HM. The intracrevicular restorative margin, the biologic width, and the maintenance of the gingival margin. Int J Periodontics Restorative Dent 1984;4: 30-49.
- <sup>11</sup> Carvalho CV, Bauer FP, Romito GA, Pannuti CM, De Micheli G. Orthodontic extrusion with or without circumferential supracrestal fiberotomy and root planing. Int J Periodontics Restorative Dent 2006;26:87–93.
- <sup>12</sup> Heithersay GS. Combined endodontic- orthodontic treatment of transverse root fractures in the region of the alveolar crest. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1973; 36:404–415.
- <sup>13</sup> Cooke MS, Scheer B: Extrusion of fractured teeth. The evolution of practical clinical techniques. Br Dent J 149 (2), 50–53 (1980).
- <sup>14</sup> Coval NM: Physiological orthodontic extrusion of fractured incisors. Chronicle 36 (10), 252–256 (1973).

- <sup>15</sup> Neumeyer S, Regeneration und Erhalt parodontaler Gewebestrukturen durch orthodontische Extrusionstechniken eine Literaturübersicht unterstützt durch eigene klinische Fallanalysen-. Masterthese MOP Freiburg 2010.
- <sup>16</sup> Persson M, Serneke D: Orthodontic extrusion of tooth with cervical root fracture facilitating crown preparation. Tandlakartidningen 69 (22), 1263–1269 (1977).
- <sup>17</sup> Vermylen K, Collaert B, Linden U, Bjorn AL, De Bruyn H. Patient satisfaction and quality of single-tooth restorations. Clin Oral Implants Res 2003; 14:119–124.
- <sup>18</sup> Ackermann KL, Oral presentation, International Osteology Symposium, Monaco 2007.
- <sup>19</sup> Lindhe J, Karring T, Lang NP Klinische Parodontologie und Implantologie. Berlin, Quintessenz Verlag; 1999.
- <sup>20</sup> Araujo MG, Lindhe J Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. J Clin Periodontol 2005. 32: 212-218.
- <sup>21</sup> Botticelli D, Berglundh T, Lindhe J. Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. J Clin Periodontol 2004; 31:820–828.
- <sup>22</sup> Araujo MG, Sukekava F, Wennstrom JL, Lindhe J. Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: an experimental study in the dog. J Clin Periodontol 2005; 32:645–652.
- <sup>23</sup> Chen ST, Buser D.: Esthetic outcomes following immediate and early implant placement in the anterior maxilla-a systematic review. Int J Oral Maxillofac Implants. 2014;29 Suppl:186-215.
- <sup>24</sup> Khzam N., Arora H., Kim P., Fisher A., Mattheos N., Ivanovski S.:Systematic Review of Soft Tissue Alterations and Esthetic Outcomes Following Immediate Implant Placement and Restoration of Single Implants in the Anterior Maxilla. J Periodontol. 2015 Dec;86(12):1321-30.
- <sup>25</sup> Urban IA, Monje A, Nevins M, Nevins ML, Lozada JL, Wang HL.: Surgical Management of Significant Maxillary Anterior Vertical Ridge Defects. Int J Periodontics Restorative Dent. 2016 May-Jun;36(3):329-37.
- <sup>26</sup> Amato F, Mirabella D, Macca U, Tarnow DP Implant Site Development by Orthodontic Forced Extraction: A Preliminary Study. I J of Oral & Maxillofacial Implants 2012. Number 2, 27:411-420.
- <sup>27</sup> Bayerlein T, Proff P, Fanghänel J, Kauschke E, Rum- pel E, Gerike W, Bienengräber V, Gedrange T: Wound management after the application of bone grafting substitutes in the orofacial region. Folia Morphol (Warsz) 2006. 65 (1): 89-91.

- <sup>28</sup> Maiorana C, Speroni S, Herford AS, Cicciu M.: Schonende Zahnentfernung zur Verbesserung der parodontalen Hart- und Weichgewebssituation vor Implantatinsertion im ästhetisch sichtbaren Bereich mittels schrittweiser kieferorthopädischer Extrusion. Open dent J. 2012;6:137-142.
- <sup>29</sup> Mardras N., Trullenque-Eriksson A., MacBeth N., Petrie A., Donos N.: Does ridge preservation following tooth extraction improve implant treatment outcomes: a systematic review: Group 4: Therapeutic concepts & methods. Clin Oral Implants Res. 2015 Sep; 26 Suppl 11:180-201.
- <sup>30</sup> Lygidakis NA, Marinou D, Katsaris N. Analysis of dental emergencies presenting to a community paediatric dentistry centre. Int J Paediatr Dent 1998;8:181-190.
- <sup>31</sup> Malikaew P, Watt RG, Sheiham A. Prevalence and factors associated with traumatic dental injuries (TDI) to anterior teeth of 11-13 year old Thai children. Community Dent Health 2006;23:222-227.
- <sup>32</sup> Oliveira LB, Marcenes W, Ardenghi TM, Sheiham A, Bonecker M. Traumatic dental injuries and associated factors among Brazilian preschool children. Dent Traumatol 2007;23:76-81.
- <sup>33</sup> Donos N, Mardas N, Chadha V. Clinical outcomes of implants following lateral bone augmentation: systematic assessment of available options (barrier membranes, bone grafts, split osteotomy). J Clin Periodontol 2008; 35: 173–202.
- <sup>34</sup> Esposito M, Grusovin MG, Felice P, Karatzopoulos G, Worthington HV, Coulthard P. The efficacy of horizontal and vertical bone augmentation procedures for dental implants a Cochrane systematic review. Eur J Oral Implan- tol 2009; 2:167–184.
- <sup>35</sup> Araujo MG, et al. The Influence of Bio-Oss Collagen on Healing of an Extraction Socket. An Experimental Study in the Dog. Int. J Periodontics Restorative Dent 2008; 28: 123-135
- <sup>36</sup> Studer SP, Lehner C, Bucher A, Scharer P. Soft tissue correction of a single-tooth pontic space: a comparative quantitative volume assessment. J Prosthet Dent 2000; 83:402–411.
- <sup>37</sup> Fickl S, Zuhr O, Wachtel H, Bolz W, Huerzeler MB. Hard tissue alterations after socket preservation: an experimental study in the beagle dog. Clin Oral Implants Res 2008; 19: 1111–1118.
- <sup>38</sup> Fickl S, Schneider D, Zuhr O, et al. Dimensional changes of the ridge contour after socket preservation and buccal overbuilding: an animal study. J Clin Periodontol 2009; 36: 442–448.
- <sup>39</sup> Landsberg CJ. Et al. A modified surgical/prosthetic approach for optimal single implant supported crown. Part I - The socket seal surgery. Pract Periodontics Aesthet Dent 1994; 6: 11-17

- <sup>40</sup> Fickl S, Schneider D, Zuhr O, et al. Dimensional changes of the ridge contour after socket preservation and buccal overbuilding: an animal study. J Clin Periodontol 2009; 36: 442–448.
- <sup>41</sup> Mack F, Schwahn C, Feine JS, Mundt T, Bernhardt O, John U, Kocher PT, Biffar R: The impact of tooth loss on general health related to quality of life among elderly Pomeranians: results from the study of health in Pomerania (SHIP-O). Int J Prosthodont 2005, 18:414-419.
- <sup>42</sup> Marino R, Schofield M, Wright C, Calache H, Minichiello V: Self-reported and clinically determined oral health status predictors for quality of life in dentate older migrant adults. Community Dent Oral Epidemiol 2008, 36:85-94.
- <sup>43</sup> Tsakos G, Steele JG, Marcenes W, Walls AW, Sheiham A: Clinical correlates of oral health-related quality of life: evidence from a national sample of British older people. Eur J Oral Sci 2006, 114:391-395.
- <sup>44</sup> Gerritsen et al.: Tooth loss and oral health-related quality of life: a systematic review and meta-analysis. Health and Quality of Life Outcomes 2010 8:126.
- <sup>45</sup> Wolf H F, Rateitschak E M, Rateitschak K H: Parodontologie. Farbatlanten der Zahnmedizin, 3. Aufl., Stuttgart/New York, Thieme pp 490– (2004).
- <sup>46</sup> Nevins M, Skurow HM. The intracrevicular restorative margin, the biologic width, and the maintenance of the gingival margin. Int J Periodontics Restorative Dent 1984;4: 30-49.
- <sup>47</sup> Newcomb G M: The relationship between the location of subgingival crown margins and gingival imflamation. J Periodontol 3: 151–154 (1974).
- <sup>48</sup> Reichen-Graden S, Lang N P: Periodontal and pulpal conditions of abutment teeth. Status after four to eight years following the incorporation of fixed reconstructions. Schweiz Monatsschr.Zahnmed 99: 1381–1385 (1989).
- <sup>49</sup> Orkin D A, Reddy J, Bradshaw D: The relationship of the position of crown margins to gingival health. J Prosthet Dent 4: 421–424 (1987).
- <sup>50</sup> Schätzle M, Lang N P, Ånerud Å, Boysen H, Bürgin W, Löe H: The influence of margins of restorations on the periodontal tissues over 26 years. J Clin Periodontol 28: 57–64 (2001).
- <sup>51</sup> Gargiulo A W, Wentz F M, Orban B: Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. J Periodontol 32: 261–267 (1961).
- <sup>52</sup> Nevins M, Skurow HM. The intracrevicular restorative margin, the biologic width, and the maintenance of the gingival margin. Int J Periodontics Restorative Dent 1984;4: 30-49.
- <sup>53</sup> Wolfgang Dinkelacker, Joachim S. Hermann, Dominik Schmider, Holger Zipprich: Der dentogingivale Komplex aus Dinkelacker, Wolfgang: 2014. Implantatprothetik. Biomechanische und prothetische Konzepte in der Implantologie, 2014

- <sup>54</sup> Gargiulo A W, Wentz F M, Orban B: Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. J Periodontol 32: 261–267 (1961).
- <sup>55</sup> Vacek J S, Gher M E, Assad D A, Richardson A C, Giambarresi L I: The dimensions of the human dentogingival junction. Int J Periodontics Restorative Dent 14: 154–165 (1994).
- <sup>56</sup> M Amiri-Jezeh, E Rateitschak, R Weiger, C Walter: Der Einfluss von Restaurationsrändern auf die parodontale Gesundheit eine Übersicht; Schweiz Monatsschr Zahnmed (2006) 116: 606-613.
- <sup>57</sup> Brägger U, Lang N P: Chirurgische Verlängerung der klinischen Krone. Schweiz Monatsschr Zahnmed 98: 645–651 (1988).
- <sup>58</sup> Lauchenauer D, Brägger U, Lang N P: Methoden zurVerlängerung der klinischen Krone Eine Übersichtsarbeit. Parodontologie 2: 139–150 (1991).
- <sup>59</sup> Salama, H, and M Salama. "The role of orthodontic extrusive remodeling in the enhancement of soft and hard tissue profiles prior to implant placement: a systematic approach to the management of extraction site defects." The International journal of periodontics & restorative dentistry vol. 13,4 (1993): 312-33.
- <sup>60</sup> Heithersay GS. Combined endodontic- orthodontic treatment of transverse root fractures in the region of the alveolar crest. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1973; 36:404–415.
- <sup>61</sup> Simon JH, Kelly WH, Gordon DG, Eriksen GW. Extrusion of endodontically treated teeth. J Am Dent Assoc 1978;97:17–23.
- <sup>62</sup> Ingber JS. Forced eruption. I. A method of treating isolated one and two wall infrabony osseous defects—Rationale and case report. J Periodontol 1974;45: 199–206.
- <sup>63</sup> Wehr C, Roth A, Gustav M, Diedrich P: Forced eruption for preservation of a deeply fractured molar. J Orofac Orthop 65: 343–354 (2004).
- <sup>64</sup> Ackermann KL, Kirsch A, Beschnidt SM: Maßnahmen zur Verbesserung der periimplantären Weichgewebsästhetik. In Koeck B, Wagner W: Implantologie, Urban und Fischer, München 2004, 162
- 65 Baumgart R, Kuhn V, Hinterwimmer S, Krammer MMW (2004) Zugkraftmessungen beim knöchernen Segmenttransport – in vivio Untersuchungen am Menschen. Biomedizinische Technik 49(9):248–256.
- <sup>66</sup> Reitan K (1960) Tissue behavior during orthodontic tooth movement. Am J Orthod 46: 881–900.
- <sup>67</sup> Reitan K (1967) Clinical and histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment. Am J Orthod 53: 721–745.

- <sup>68</sup> Wichelhaus A, Eichenberg T, Hrsg. 1. Auflage 2012. Kieferorthopädie Therapie Band 1 Mechanobiologie, Stuttgart: Thieme.
- <sup>69</sup> Isola G, Matarese G, Cordasco G, Perillo L, Ramaglia L (2016) Mechanobiology of the tooth movement during the orthodontic treatment: a literature review. Minerva Stomatologica 65(5): 299–327.
- <sup>70</sup> McAllister BS, Haghighat K (2007) Bone augmentation techniques. J Periodontol 78:377–396.
- <sup>71</sup> Mordenfeld A., Johansson CB., Albrektsson T., Hallman M.: A randomized and controlled clinical trial of two different compositions of deproteinized bovine bone and autogenous bone used for lateral ridge augmentation. Clin Oral Implants Res. 2014 Mar;25(3):310-20.
- <sup>72</sup> Cordaro L., Amadé DS., Cordaro M.: Clinical results of alveolar ridge augmentation with mandibular block bone grafts in partially edentulous patients prior to implant placement. Clin Oral Implants Res. 2002 Feb;13(1):103-11.
- <sup>73</sup> Edwards JG. A surgical procedure to eliminate rotational relapse. Am J Orthod 1970;57:35-46.
- <sup>74</sup> Ingber JS, Forced eruption. Part I. J Periodontol 1974. 45: 199-206
- <sup>75</sup> Oppenheim A, Artificial Elongation of Teeth. Am J Orthod 1940. 26 (10): 931-940
- Wichelhaus A, Eichenberg T, Hrsg. 1. Auflage 2012. Kieferorthopädie Therapie Band 1 Mechanobiologie, Stuttgart: Thieme.
- <sup>77</sup> Owin K, Diedrich P: Veränderung parodontaler Parameter während der kieferorthopädischen Behandlung. Dtsch Zahnärztl Z 45: 109–112 (1990).
- <sup>78</sup> Cronin R J, Wardle W L: Prosthodontic management of vertical root extrusion. J Prosthet Dent 46: 498–504 (1981).
- <sup>79</sup> Salama H, Salama M (1993) The role of orthodontics extrusive remodelling in the enahncements of the soft and hard tissue profiles prior to implant placement: a systematic approach to the manage-ment of extraction site defects. Int J Periodontics Restorative Dent 13:312–333.
- <sup>80</sup> Lin C, Chang S, Liou C, Dong D, Fu E (2006) Management of interdental papillae loss with forced eruption, immediate implantation, and root-form pontic. J Periodontol2 77:135–141.
- <sup>81</sup> Kozlovsky A, Tal H, Lieberman M. Forced eruption combined with gingival fiberotomy. A technique for clinical crown lengthening. J Clin Periodontol 1988; 15:534–538.
- <sup>82</sup> Carvalho CV, Bauer FP, Romito GA, Pannuti CM, De Micheli G. Orthodontic extrusion with or without circumferential supracrestal fiberotomy and root planing. Int J Periodontics Restorative Dent 2006;26:87–93.

- <sup>83</sup> Schwimer CW, Rosenberg ES, Schwimer DH. Rapid extrusion with fiberotomy. J Esthet Dent 1990;2:82-88.
- <sup>84</sup> Levine HL, Stahl SS. Repair following periodontal flap surgery with the retention of gingival fibers. J Periodontol 1972; 43:99–103.
- <sup>85</sup> Berglundh T, Marinello CP, Lindhe J, Thilander B, Liljenberg B. Periodontal tissue reactions to orthodontic extrusion. An experimental study in the dog. J Clin Periodontol 1991;18:330–336.
- <sup>86</sup> van Venrooy JR, Yukna RA. Orthodontic extrusion of single-rooted teeth affected with advanced periodontal disease. Am J Orthod 1985;87:67–74.
- <sup>87</sup> Kajiyama K, Murakami T, Yokota S. Gingival reactions after experimentally induced extrusion of the upper incisors in monkeys. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1993;104:36–47.
- <sup>88</sup> Buskin R, Castellon P, Hochstedler JL: Orthodontic extrusion and orthodontic extraction in perioprosthetic treatment using implant therapy. Pract Periodontics Aesthet Dent 2000; 12:213
- <sup>89</sup> Danesh-Meyer MJ, Brice DM: Implant site development using orthodontic extrusion: a case report. N Z Dent J 2000;18:423
- <sup>90</sup> Mantzikos T, Shamus I: Forced eruption and implant site development: soft tissue response. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1997;112:596
- <sup>91</sup> Roth A, Yildirim M, Diedrich P. Forced eruption with microscrew anchorage for preprosthetic leveling of the gingival margin. Case report. J Orofac Orthop 2004;65:513-519.
- <sup>92</sup> Malmgren O., Malmgren B. Frykholm A.: Rapid orthodontic extrusion of crown root and cervical root fractured teeth. Endod Dent Traumatol. 1991 Apr;7(2):49-54.
- <sup>93</sup> Felippe LA., Monteiro Júnior S., Vieira LC., Araujo E.: Reestablishing biologic width with forced eruption. Quintessence Int. 2003 Nov-Dec;34(10):733-8.
- <sup>94</sup> Kwapis B.W., Knox J.E.: Extrusion of teeth by elastics: report of two cases. J Am Dent Assoc. 1972 Mar;84(3):629-31.
- <sup>95</sup> Bach N., Baylard JF., Voyer R.: Orthodontic extrusion: periodontal considerations and applications. J Can Dent Assoc. 2004 Dec;70(11):775-80.
- <sup>96</sup> Bondemark L., Kurol J., Hallonsten AL., Andreasen JO.: Attractive magnets for orthodontic extrusion of crown-root fractured teeth. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1997 Aug;112(2):187-93.
- <sup>97</sup> Korayem M., Flores-Mir C., Nassar U., Olfert K.: Implant site development by orthodontic extrusion. A systematic review. Angle Orthod. 2008 Jul;78(4):752-60.

- <sup>98</sup> Simon JH, Kelly WH, Gordon DG, Eriksen GW. Extrusion of endodontically treated teeth. J Am Dent Assoc 1978;97:17–23.
- <sup>99</sup> Schulz-Bongert J. Accelerated forced eruption as a preparatory for the restoration of severely damaged maxillary incisors: a case report. Quintessence Int 1991;22:425-430.
- <sup>100</sup> Berry FA. A forced rapid extrusion technique for compromised teeth. Compend Contin Educ Dent 2001;22:486-492.
- <sup>101</sup> Ren Y, Maltha J, Kuijpers-Jagtman A. Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: A systematic literature review. Angle Orthod 2003; 73: 86–92.
- <sup>102</sup> Bondemark L, Kurol J, Hallonsten AL, Andreasen JO. Attractive magnets for orthodontic extrusion of crown-root fractured teeth. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1997;112:187-193.
- <sup>103</sup> Brawek P., Schley, J.S., Wolfart S.: Tooth preservation by forced extrusion with magnets a case report. Dtsch Zahnärztl Z 2013, 68: 456–462.
- <sup>104</sup> Mehl C, Wohlfart S, Kern M. Orthodontic extrusion with magnets: A case report. Quintessenz Int 2008;39:41–49.
- <sup>105</sup> Mehl C, Wolfart S, Kern M: Kieferorthopädische Extrusion von Zähnen mit Hilfe von Magneten Eine Falldarstellung. Quintessenz 59: 595–604 (2008).
- <sup>106</sup> Mehl C, Wolfart S, Kern M: Kieferorthopädische Extrusion von Zähnen mit Hilfe von Magneten Eine Falldarstellung. Quintessenz 59: 595–604 (2008).
- <sup>107</sup> Brawek P., Schley, J.S., Wolfart S.: Tooth preservation by forced extrusion with magnets a case report. Dtsch Zahnärztl Z 2013, 68: 456–462.
- <sup>108</sup> Mehl C, Wolfart S, Kern M: Kieferorthopädische Extrusion von Zähnen mit Hilfe von Magneten Eine Falldarstellung. Quintessenz 59: 595–604 (2008)
- <sup>109</sup> Ingber JS: Forced eruption. Part I. J Periodontol 45, 199–206 (1974).
- <sup>110</sup> Mörig G., Svoboda R., Podolski L.: Forcierte Extrusionstherapie. Deutscher Ärzteverlag I DENTAL MAGAZIN I 2016;34(5)
- <sup>111</sup> Mörig G., Svoboda R., Podolski L.: Forcierte Extrusion ein Behandlungskonzept für bisher ausweglose Fälle. ZMK (32)1-2 2017, S. 42–51
- <sup>112</sup> Neumeyer S, Regeneration und Erhalt parodontaler Gewebestrukturen durch orthodontische Extrusionstechniken – eine Literaturübersicht unterstützt durch eigene klinische Fallanalysen-. Masterthese MOP Freiburg 2010
- <sup>113</sup> von Arx T., Buser D.: Horizontal ridge augmentation using autogenous block grafts and the guided bone regeneration technique with collagen membranes: a clinical study with 42 patients. Clin Oral Implants Res. 2006 Aug;17(4):359-66.

- <sup>114</sup> Schwarz F1, Ferrari D, Podolsky L, Mihatovic I, Becker J.: Initial pattern of angiogenesis and bone formation following lateral ridge augmentation using rhPDGF and guided bone regeneration: an immunohistochemical study in dogs. Clin Oral Implants Res. 2010 Jan;21(1):90-9.
- <sup>115</sup> Celenza F The development of forced eruption as a modality for implant site enhancement. Alpha Omegan 1997. 90: 40-43.
- <sup>116</sup> Filippi A., Zahntransplantation. Biologischer Zahnersatz für Kinder, Jugendliche und manche Erwachsene. Berlin: Quintessenz, 2009.
- <sup>117</sup> Kajiyama K, Murakami T, Yokota S Gingival reactions after experimentally induced extrusion of the upper incisors in monkeys. Am J Orthod Dentofac Orthop 1993. 104(1): 36-47.
- <sup>118</sup> Krastl G.: Erhalt eines traumatisierten Frontzahns mit Wurzelquerfraktur durch kieferorthopädische Extrusion. Endodontie 2004; 13/4: 323–334.
- <sup>119</sup> PONTORIERO R, CELENZA F JR, RICCI G, CARNEVALE G: Rapid extru- sion with fiber resection: a combined orthodontic-periodontic treatment modality. Int J Periodont Rest Dent 7: 30–43 (1987)
- <sup>120</sup> KOZLOVSKY A, TAL H, LIEBERMAN M: Forced eruption combined with gingival fiberotomy. A technique for clinical crown length- ening. J Clin Periodontol 15: 534–538 (1988)
- <sup>121</sup> DIEDRICH P: Biomechanische Prinzipien für orthodontische Be- wegungen bei reduziertem Attachment. Dtsch Zahnärztl Z 45: 78–81 (1990)
- <sup>122</sup> AMIRI-JEZEH M, MARINELLO C P, WEIGER R, WICHELHAUS A: Aus- wirkung der kieferorthopädischen Zahnintrusion auf das Paro- dont. Schweiz Monatsschr Zahnmed 114: 804–811 (2004)
- <sup>123</sup> ROTH A,YILDIRIM M, DIEDRICH P: Forced eruption with microscrew anchorage for preprosthetic leveling of the gingival margin. J Orofac Orthop 6: 513–519 (2004)
- <sup>124</sup> WEHR C, ROTH A, GUSTAV M, DIEDRICH P: Forced eruption for preservation of a deeply fractured molar. J Orofac Orthop 65: 343–354 (2004)
- <sup>125</sup> INGBER J S: Forced Eruption: Part II. A Method of Treating Non- restorable Teeth Periodontal and Restorative Considerations. J Periodontol 47: 203–216 (1976)
- <sup>126</sup> Neumeyer S, Regeneration und Erhalt parodontaler Gewebestrukturen durch orthodontische Extrusionstechniken eine Literaturübersicht unterstützt durch eigene klinische Fallanalysen-. Masterthese MOP Freiburg 2010......
- <sup>127</sup> Becker K., Drescher D,. Hönscheid R., Golubovic V., Mihatovic I., Schwarz F..: Biomechanical, micro-computed tomographic and immunohistochemical analysis of early osseous integration at titanium implants placed following lateral ridge augmentation using extracted tooth roots. Clin Oral Implants Res. 2016 Mar 29.

- <sup>128</sup> Hürzeler MB., Zuhr O., Schupbach P., Rebele SF., Emmanouilidis N., Fickl S.: The socket-shield technique: a proof-of-principle report. J Clin Periodontol. 2010 Sep;37(9):855-62.
- <sup>129</sup> Kim YK., Kim SG., Yun PY., Yeo IS., Jin SC., Oh JS., Kim HJ., Yu SK., Lee SY., Kim JS., Um IW., Jeong MA., Kim GW.: Autogenous teeth used for bone grafting: a comparison with traditional grafting materials. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2014 Jan;117(1):e39-45.
- <sup>130</sup> Schwarz F., Golubovic V., Becker K., Mihatovic I.: Extracted tooth roots used for lateral alveolar ridge augmentation: a proof-of-concept study. J Clin Periodontol. 2016 Apr;43(4):345-53.
- <sup>131</sup> Silva TA., Rosa AL., Lara VS.: Dentin matrix proteins and soluble factors: intrinsic regulatory signals for healing and resorption of dental and periodontal tissues? Oral Dis. 2004 Mar;10(2):63-74.
- <sup>132</sup> Wilmes B., Drescher D.: Vertical periodontal ligament distraction a new method for aligning ankylosed and displaced canines. J Orofac Orthop. 2009 May;70(3):213-23.
- 133 Schwarz AM. Lehrgang der Gebissregelung Bd 1. Wien: Urban & Schwarzenberg; 1961
- <sup>134</sup> Schwarz AM. Lehrgang der Gebissregelung. Bd 2. Wien: Urban & Schwarzenberg; 1956
- <sup>135</sup> Harzer, Winfried: Checklisten der Zahnmedizin, Kieferorthopädie, Thieme 2011
- <sup>136</sup> Bondemark L, Kurol J, Hallonsten AL, Andreasen JO: Attractive magnets for orthodontic extrusion of crown-root fractured teeth. Am J Orthod Dentofacial Orthop 112 (2), 187–193 (1997).
- <sup>137</sup> Korayem M, Flores-Mir C, Nassar U, Olfert K: Implant site development by orthodontic extrusion. A systematic review. Angle Orthod 78 (4), 752–760 (2008).
- <sup>138</sup> Han G, Huang S, Von den Hoff JW, Zeng X, Kuijpers-Jagtman AM: Root resorption after orthodontic intrusion and extrusion: an intraindividual study. Angle Orthod 75 (6), 912–918 (2005).
- <sup>139</sup> Neumeyer S, Wachtel H: Die Replantation und orthodontische Extrusion hoch resezierter Zähne. Quintessenz 2009;60:1141-1149.
- <sup>140</sup> Lindhe J, Nyman S: Alterations of the position of the marginal soft tissue following periodontal surgery. J Clin Periodontol 7 (6), 525–530 (1980).
- <sup>141</sup> Matthews D: Conclusive support for mechanical nonsurgical pocket therapy in the treatment of periodontal disease. How effective is mechanical nonsurgical pocket therapy? Evid Based Dent 6 (3), 68–69 (2005).
- <sup>142</sup> Will LA: Stability and retention. Front Oral Biol 18, 56–63 (2016).

- <sup>143</sup> Hamilton RS, Gutmann JL: Endodontic-orthodontic relationships: a review of integrated treatment planning challenges. Int Endod J 32 (5), 343–360 (1999).
- <sup>144</sup> Rasperini G, Siciliano VI, Cafiero C, Salvi GE, Blasi A, Aglietta M: Crestal bone changes at teeth and implants in periodontally healthy and periodontally compromised patients. A 10-year comparative case-series study. J Periodontol 85 (6), e152–159 (2014).
- <sup>145</sup> Harder S, Mehl C, Kern M: Behandlungsmöglichkeiten bei tief frakturierten Pfeilerzähnen. Quintessenz 61, 1485–1494 (2010).
- <sup>146</sup> Lovdahl PE: Periodontal management and root extrusion of traumatized teeth. Dent Clin North Am 39 (1), 169–179 (1995).
- <sup>147</sup> P R H Newsome & G H Wright: A review of patient satisfaction: 2. Dental patient satisfaction: an appraisal of recent literature. British Dental Journal volume 186, pages, 166–170 (27 February 1999).
- <sup>148</sup> Pjetursson, Bjarni E., Brägger, Urs, Lang, Niklaus P., Zwahlen, Marcel: Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs), Clinical Oral Implants Research, Vol18, Issue s3, 97-113 (2007).
- <sup>149</sup> Creugers, Nico H. J., Käyser, Arnd F., van't Hof, Martin A.: A meta-analysis of durability data on conventional fixed bridges, Community Dentistry and Oral Epidemiology, Volume 22, Issue 6, 448-452 (1994).
- <sup>150</sup> Seba Abraham, K.T. Deepak, R. Ambili, C. Preeja, V. Archana: Gingival biotype and its clinical significance A review, The Saudi Journal for Dental Research, Volume 5, Issue 1, 3-7 (2014).
- <sup>151</sup> N.H.J. Creugers, C.M. Kreulen, P.A. Snoek, R.J.A.M. de Kanter: A systematic review of single-tooth restorations supported by implants, Journal of Dentistry, Volume 28, Issue 4, 209-21 (2000).
- <sup>152</sup> Brawek P., Schley, J.S., Wolfart S.: Tooth preservation by forced extrusion with magnets a case report. Dtsch Zahnärztl Z 2013, 68: 456–462.
- <sup>153</sup> Bondemark L, Kurol J, Hallonsten AL et al.: Attractive magnets for orthodontic extrusion of crown-root fractured teeth. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1997;112:187–193
- <sup>154</sup> Kozlovsky A, Tal H, Lieberman M: Forced eruption combined with gingi- val fiberotomy. A technique for clinical crown lengthening. J Clin Periodontol 1988;15:534–538
- <sup>155</sup> Mantzikos T, Shamus I: Forced eruption and implant site development: soft tis- sue response. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1997;112:596–606
- Nasef M, Grabowski R, Stahl de Castril- Ion F: Die forcierte kieferorthopädische Extrusion frakturierter Frontzähne als eine Möglichkeit des Zahnerhaltes nach Frontzahntrauma. Kieferorthop 2009;23:31–37