

## 4. DISKUSSION

### 4.1. Vergleichende Analyse eines In-vitro-Belastungsmodells

Das Ergebnis dieser vergleichenden In-vitro-Untersuchung zeigt, dass die Belastungsmethode keinen Einfluss auf die beobachtete Belastbarkeit des jeweils gleichen Aufbaustiftmaterials hat. Der Vergleich der Belastbarkeit flexibler und rigider Materialien unterscheidet sich jedoch statistisch signifikant, wenn die häufig benutzte, einfach durchzuführende lineare Belastung verwendet wird. Die vorgestellte stufenweise zyklische Belastungsvariante mit reduzierter Anzahl thermomechanischer Lastwechsel stellt eine Alternative zur zeit- und kostenintensiven Kausimulation dar.

Die Art und Weise der Durchführung von Belastungsversuchen an postendodontisch restaurierten Zähnen ist bisher nicht standardisiert. Eine eigene Literaturlauswertung (59) diesbezüglich zeigte, dass es bereits wesentliche Unterschiede bei Basisparametern wie der Herkunft des Probenzahnes (vom Schaf, bovin oder human), Zahntyp (Frontzahn, Eckzahn, Prämolare, Molar jeweils aus dem Ober- oder Unterkiefer), der belasteten Komponente (Aufbaustift, Aufbau, Krone), der Belastungsposition (inzisal, oral, vestibulär) und dem Belastungswinkel gibt. Zusätzlich sind die Einstellungen der Prüfmaschine für die Probenbelastung sehr variabel und durch die verschiedenen Produkttypen von Kausimulatoren bestimmt (123). Ein Einfluss auf die Messergebnisse ist dabei sehr wahrscheinlich. Ein Vergleich der Ergebnisse unterschiedlicher Untersuchungen ist deshalb massiv erschwert. Da die einzelnen Effekte der veränderten Parameter mit Ausnahme des Belastungswinkels bei mit Kronen versorgten gegossenen SSA (100) nicht untersucht sind, wäre ein Vergleich an sich nicht zulässig. Von den grundsätzlich zu unterscheidenden nicht zerstörenden und zerstörenden Versuchsprotokollen, wurden in der diskutierten Untersuchung zwei typische und eine innovative Variante in Abhängigkeit vom Aufbaustiftmaterial Titan und glasfaserverstärktes Komposit untersucht. Das Prinzip der linearen Belastung bis zum Versagen der Restauration geht auf ein erstmals 1969 beschriebenes Studienprotokoll zurück (124). Die Durchführung ist schnell, technisch wenig aufwändig und kostengünstig möglich und deshalb sehr populär. Jedoch fehlt die für die zahnärztliche Materialprüfung unerlässliche

Simulation von Ermüdungsphänomenen, da diese integraler Bestandteil der oralen Funktion sind (125, 126). Es ist unerlässlich, eine gewisse Anzahl von Belastungszyklen zu applizieren (125). Aus klinischen Langzeituntersuchungen ist bekannt, dass ein mechanisches Versagen in der Regel als Fraktur erst nach 5 bis 10 Jahren eintritt (17, 95). Das entspräche einer Zyklenzahl von 1,2 bis 2,4 Millionen, wenn 240.000 Kauzyklen pro Jahr als üblich angenommen werden würden (127). In einer Untersuchung für SSA ohne Kronenversorgung wurde eine Mindestzyklenzahl von 100.000 empfohlen, um Ermüdungsphänomene in die Beobachtungen einzuschließen (128). Also auch hier besteht wenig Einigkeit über die adäquate Simulation der mechanischen Belastung. Es ist ein Risswachstum innerhalb des beständig subkritisch belasteten, eventuell vorgeschädigten Dentins (30) und der adhäsiven Grenzschichten, unabhängig vom E-Modul des Aufbaustiftsystems (129), zu erwarten.

Die Wichtigkeit zyklischer Belastungen sowie die Testung so dicht an der klinischen Situation wie möglich wurde bereits für die Untersuchung von vollkeramischen Systemen (130) und postendodontischer Versorgung (17) unterstrichen. Dieser Aspekt wurde berücksichtigt, da Vollkeramikrestorationen in unserem In-vitro-Modell als definitive Versorgung eingegliedert wurden. Dadurch konnte eine klinisch relevante Situation einer ästhetischen Frontzahnrestauration imitiert werden. Bezogen auf die durch uns getesteten Belastungsmethoden bedeutet dies aber auch zumindest die Nutzung eines stufenweise zyklischen Belastungsprotokolls nach 2.000 Zyklen thermischer Wechsellast. Dieses Protokoll ist stark vereinfacht, aber entsprechend unseren Versuchsergebnissen gut funktionierend. Wichtige materialtechnische Prozesse wie die Materialermüdung können ablaufen und eine Verzerrung der Aussagen im Vergleich zur Klinik kann reduziert werden. Vergleichbare Vereinfachungen konnten bereits die Verringerung der Zyklenzahl thermischer Wechsellasten auf 3.000 rechtfertigen (131). Ein völliger Verzicht auf die Wasserlagerung ist nicht denkbar. Hydrolyseeffekte wie die hydrolytische Degradation von Kompositen sind ein wichtiger Aspekt eines etwaigen Versagens und somit der gesamten Simulation. Der Schwachpunkt der In-vitro-Simulation oraler Verhältnisse ist nicht die Kausimulation im Sinne einer thermomechanischen Wechsellast, sondern die anschließende lineare Belastung. Diese wurde bereits als ohne jede klinische Parallele herausgestellt und bleibt deshalb entsprechend fragwürdig.

Als Nebenbefund konnte gezeigt werden, dass die maximale Belastbarkeit von adhäsiv postendodontisch versorgten mittleren, oberen Frontzähnen, die mit adhäsiv zementierten Vollkeramikronen versorgt wurden, unabhängig von der Rigidität des Aufbaustiftmaterials ist. Dies bestätigt spätere, mit anderen Materialien gemachte Beobachtungen, in explizit für diese Fragestellung durchgeführten Untersuchungen (132).

Die Ergebnisse unserer Untersuchung zeigen, dass der Vergleich der Belastbarkeit verschiedener Aufbaustiftmaterialien mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften von der benutzten Belastungsmethode abhängig ist. Die Schlussfolgerungen auf Basis linearer Belastungen können sich von denen auf Basis zyklischer Belastungsprotokolle, die die klinische Situation besser simulieren, unterscheiden. Deshalb ist eine zyklische Belastung, stufenweise oder im Sinne einer Kausimulation mit thermomechanischer Wechsellast, zu bevorzugen.

#### **4.2. Einfluss der Wurzelkanalauflösung und des Fassreifeneffektes auf die Belastbarkeit postendodontischer Versorgungen mit glasfaserverstärkten Kompositaufbaustiften**

Im Rahmen dieser In-vitro-Untersuchung konnte gezeigt werden, dass eine Reduktion der axialen Kanalwand im zervikalen Bereich auf unter 0,75 mm zu einer signifikanten Reduktion der Belastbarkeit führt. Zähne ohne diese Aufweitung des Kanaleinganges sind signifikant belastbarer. Die Präparation eines Fassreifens und die Wahl des Befestigungszementes beeinflussen die Belastbarkeit. Bei Verwendung glasfaserverstärkter Kompositstifte sind nicht wiederversorgbare Frakturmuster zu beobachten.

Der Erhalt gesunder Zahnhartsubstanz ist heute ein allgemein gültiger Grundsatz. Dieser trifft ebenfalls für die endodontische Behandlung sowie Stiftbettpräparation zu, um die Festigkeit des Zahnes zu erhalten (133, 134). Die klinische Situation zeigt häufig ungünstigerweise starke Aufweitungen des Kanaleinganges nach Kariesentfernung oder exzessiver Wurzelkanalpräparation mit einer starken Ausdünnung der verbleibenden zervikalen Kanalwand. In dieser Situation ist das Anlegen eines Fassreifens nicht möglich, da jede Präparation zur kompletten Entfernung dieser Wurzelwand führen würde. Die negativen Konsequenzen

wurden bereits für gegossene SSA beschrieben (58). Unsere Ergebnisse zeigen, dass die postendodontisch versorgten Zähne mit axial auf unter 1 mm reduzierter Wurzelwandstärke bereits während der Simulation von 5 Jahren klinischer Funktion im Kausimulator versagen. Dies steht in Übereinstimmung mit Beobachtungen einer photoelastischen Analyse (19), die eine proportionale Beziehung von Dentinwandstärke und Widerstand gegen laterale Belastungsvektoren aufzeigten und Publikationen, die bereits eine Restwandstärke von 1 mm als nicht ausreichend beschrieben (55, 56, 135). Der verwendete selbst-adhäsive Befestigungszement in Verbindung mit glasfaserverstärkten Aufbaustift bewirkte keine klinisch akzeptable Belastbarkeitssteigerung der durch die Aufweitung stark geschwächten Wurzel, wie es für Milchzähne mit anderen Materialien beschrieben wurde (136-138). Dieser Widerspruch könnte erneut auf die mangelhafte Simulation der klinischen Situation und andere methodische Unzulänglichkeiten dieser Studien zurückzuführen sein. Neben der nicht humanen Herkunft der Zähne unterschieden sich diese Untersuchungen auch im Hinblick auf die Art der Belastung (lineare Druckbelastung, statt Kausimulation) und der definitiven Versorgung (Probenzähne nur trepaniert, unterschiedlich versorgt ohne Kronenrestorationen einzugliedern).

Unsere Ergebnisse stehen im Widerspruch zu den Ergebnissen einer häufig zitierten Quelle über den Verstärkungseffekt der adhäsiven Befestigung für Zähne der bleibenden Dentition (77). In den Untersuchungen, die sich experimentell mit der Problematik der reduzierten Restwandstärke beschäftigen (56, 77), setzte die Belastung entweder direkt am Aufbau (56) oder Aufbaustift (77) an. Diese Situation hat kein klinisches Analog und ist deshalb in der Aussagekraft der Ergebnisse limitiert. Zusätzlich konnten andere Autoren (56), entgegen ihrer eigenen Schlussfolgerung, anhand ihrer Daten keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen Zähnen mit 1, 2 oder 3 mm zervikal-axialer Restwandstärke belegen.

Die zusätzliche Anwesenheit eines Fassreifens konnte auch für die in dieser Studie benutzten Materialien bestätigt werden und deckt sich somit voll mit den Aussagen in der einschlägigen Literatur (50). Allerdings scheint der Fassreifeneffekt nur ein Schlüsselement zu sein, da eine dramatischer Belastbarkeitsanstieg durch die Verwendung eines anderen dualhärtenden

Befestigungskomposites für die Aufbaustiftzementierung gegenüber dem selbst-adhäsiven Zement zu beobachten war. Dies verwundert, da ein Haftverbund zum Dentin wie für ein bewährtes dualhärtendes Befestigungskomposit gemessen wurden (139, 140). Ein maßgeblicher Einfluss des E-Moduls des Befestigungskomposits für Aufbaustifte (25) könnte eine mögliche Erklärung sein, da ein Aufbaustift mit einem E-Modul ähnlich dem Dentin stark aufgeweitete Wurzeln verstärken soll (25). Insgesamt besteht hier jedoch erheblicher Forschungsbedarf, so dass unsere Beobachtung zurzeit nicht abschließend erklärt werden kann.

Zusammenfassend wird deutlich, dass für die Restauration endodontisch behandelter Zähne mit axial reduzierten Kanalwänden mit glasfaserverstärkten Kompositstiften und selbst-adhäsiven Befestigungszement ohne Fassreifenpräparation nicht empfehlenswert ist. Die Belastbarkeit ist klinisch nicht akzeptabel. Extraktion und nachfolgende Implantation oder Brückenversorgung sind therapeutische Alternativen.

#### **4.3. Einfluss des E-Moduls des Aufbaustiftes auf die Belastbarkeit postendodontischer Versorgung**

Diese In-vitro-Untersuchung wurde mit dem Ziel durchgeführt, den Einfluss der Aufbaustiftrigidität auf die Belastbarkeit postendodontischer Versorgung zu bestimmen. Es zeigte sich kein spezifischer Effekt des Stiftmaterials in Abhängigkeit von dessen Rigidität. Die Kombination einer Fassreifenpräparation mit einem Aufbaustift ergab die höchsten Belastbarkeitswerte im Vergleich zu Zähnen ohne SSA, Aufbaustift oder Fassreifen. Diese Beobachtungen waren unabhängig vom Stiftmaterial. Die Belastbarkeit lag deutlich oberhalb der klinisch zu erwartenden Maximalbelastung von 400 N (141). Titan- und glasfaserverstärkte Kompositaufbaustifte verursachen nicht wieder versorgbare Frakturmuster. Folgende grundlegende Anmerkungen sind diesbezüglich wichtig: Es ist ausgesprochen problematisch, vom Elastizitätsmodul eines Aufbaustiftmaterials zu sprechen. Die Abmessungen der Probekörper für die E-Modulbestimmung eines Materials können Einfluss auf die erzielten Werte haben. Diese Maße sind im Rahmen einer speziellen Norm (142) der International Organization for Standardization (ISO) definiert. Die Proben sind im Gegensatz zu Aufbaustiften

groß und zylindrisch. In Anlehnung an eine solche Norm wäre deshalb konsequent, den E-Modul für ein konkretes Aufbaustiftsystem bestimmter Geometrie und bestimmten Durchmessers unter standardisierten Umgebungsbedingungen zu bestimmen. Dieser Aspekt wurde bisher interessanterweise nicht problematisiert und könnte neben Aspekten wie Prüfgeometrie, Systemsteifigkeit oder Belastungsgeschwindigkeit die Breite der E-Modulangabe (16) für ein Aufbaustiftmaterial wie beispielsweise Karbonfaser erklären. Ferner erscheint die Fokussierung auf die Wiederversorgbarkeit postendodontisch restaurierter Zähne im Falle der Fraktur nicht sinnvoll. Es entspricht nicht dem klinischen Alltag, dass Patient wie Zahnarzt zum Beispiel wiederkehrend die erneute Versorgung der in Intervallen versagenden definitiven Restauration in Betracht zögen. Dies ist umso unwahrscheinlicher, je höher die strategische Wertigkeit dieses Zahnes für die Gesamtversorgung ist. Das Ziel muß deshalb sein, jede Komplikation von vornherein zu vermeiden. Die Beobachtung der Versagensmuster kann aber Rückschlüsse auf die biomechanischen Versagensprozesse liefern, um auf diese in der Folge Einfluss zu nehmen. Die Ableitung eines klinischen Vorteils wieder versorgbarer versagender Aufbaustiftsysteme in vitro ist jedoch verfehlt.

Die in den eigenen Untersuchungen als Grenzwert des zu erwartenden klinischen Erfolgs zu Grunde gelegten 400 N werden als die maximal im Frontzahnbereich auftretende Kaukraft benannt (141). Da in der Regel Kaukräfte zwischen 50 und 240 N während der Artikulation aufgewandt werden (141), entsprächen 400 N Belastungsgrenze somit ungefähr dem Doppelten der für gewöhnlich auftretenden Kaukraft (143). In den Ingenieurwissenschaften wird der dreifache Wert der maximal auftretenden Kraft als Anfangsfestigkeit gefordert, um eine Dauerbelastbarkeit zu gewährleisten (126). Diese Annahmen zeigen, dass es ausgesprochen schwierig ist, einen eindeutigen Grenzwert zu definieren. Darüber hinaus hat die lineare Belastung nach Kausimulation bis zum Versagen keine klinische Parallele. Im Prinzip müsste eine Kausimulation solange durchgeführt werden, bis ein Misserfolg eintritt. Für die Bewertung postendodontischer Materialien nach Kausimulation und anschließender linearer Belastung impliziert dies zumindest, dass Materialien als gleichwertig anzusehen sind, solange der postulierte Grenzwert von 400 N erreicht wird.

Bedingt durch das stufenweise restaurative Vorgehen in den einzelnen Untersuchungsgruppen der hier diskutierten Studie, konnten sehr gut die einzelnen Effekte des Fassreifens, des Aufbaus, des Aufbaustiftes sowie die Wechselwirkung von Aufbaustift und Fassreifeneffekt herausgearbeitet werden. Interessant war, dass nur jeweils eine Probe der Gruppen ohne Fassreifen mit Titan- und glasfaserverstärktem Aufbaustift während der Kausimulation versagte. Zähne ohne SSA und jene mit einem Kompositaufbau überlebten komplett die Kausimulation und zeigten ihre minimale Belastbarkeit im Bereich und oberhalb dessen, was funktionell als ausreichend anzusehen wäre, jedoch unterhalb der maximal auftretenden Belastungen (141). Die Belastbarkeitswerte unterstützen die Bedeutung des Fassreifeneffektes, auch wenn die extrem hohen Werte einer anderen Arbeitsgruppe für Prämolaren (144) nicht beobachtet wurden. Auch gehen wir in der Schlussfolgerung nicht soweit wie andere (144), einen Kompositaufbau ohne Aufbaustiftunterstützung als ausreichend zu postulieren. Im Gegenteil, die Ergebnisse unserer Untersuchung zeigen sehr deutlich, dass die zusätzliche Insertion eines Glasfaser- oder eines Titanstiftes einen signifikanten Effekt auf die Belastbarkeit hat. Werte in dem Bereich oberhalb der klinisch maximal beobachteten Kaubelastung im Frontzahnbereich werden erzielt. Eine andere interessante Beobachtung ist, dass es einen Fassreifeneffekt, aber für beide Stiftmaterialien keinen klaren Stifteffekt gibt. Die Medianwerte der Belastbarkeit für nicht mit einem Fassreifen versehene Zähne mit Glasfaserstift waren tendenziell geringer, als die der Zähne mit einem alleinigen Kompositaufbau. Kompositaufbau und Titanstift ohne Fassreifen waren hinsichtlich Belastbarkeit vergleichbar. Daraus lässt sich einerseits schlussfolgern, dass ein belastbarkeitssteigernder Effekt erst in Verbindung mit einer erhöhten Zahnhartsubstanzunterstützung zum tragen kommt, der als Fassreifeneffekt bereits bekannt ist. Zum anderen ist ein steiferes Aufbaustiftmaterial wie Titan nur tendenziell besser in der Lage, den Grenzflächenstress auf die Zementfuge und den Adhäsivverbund des Aufbaues aufzufangen.

Die Fähigkeit des Aufbaumaterials selbst mit höherem E-Modul die Belastbarkeit zu erhöhen, konnte bisher nicht eindeutig belegt werden (145). Der Einfluß des Verbundes des Aufbaumaterials zum Zahn ist ebenfalls nicht evaluiert. Hier sind Untersuchungen mit geeigneten Protokollen mit der Simulation der oralen Bedingungen notwendig. Jedoch ersetzt eine Versteifung des Aufbaus zur

Widerstanderhöhung gegen lateral angreifende Kräfte (146) über einen steiferen Aufbaustift nicht die 2 mm gesunder Zahnhartsubstanz, die für einen Fassreifen benötigt werden. Dies unterstützt den Nutzen des bereits formulierten Grundsatzes der Zahnhartsubstanzschonung.

Es lässt sich zusammenfassen, dass die Belastbarkeit postendodontischer Versorgung durch die Kombination einer Fassreifenpräparation mit der Insertion eines Aufbaustiftes, unabhängig von dessen E-Modul, definiert wird.

#### **4.4. Risikofaktoren für den klinischen Erfolg glasfaserverstärkter Kompositaufbaustifte**

Im Rahmen dieser prospektiven klinischen Observationsstudie wurden erstmals klinische Daten über die Erfolgswahrscheinlichkeit postendodontischer Restaurationen auf Basis glasfaserverstärkter Aufbaustifte gesammelt. Es konnte während eines Nachuntersuchungszeitraumes von bis zu 56 Monaten gezeigt werden, dass die drei untersuchten glasfaserverstärkten Aufbaustiftsysteme für die postendodontische Versorgung geeignet sind. Das jährliche Misserfolgsrisiko liegt bei 6,7 %. Das ist im Vergleich zu anderen faserverstärkten Aufbaustiftsystemen hoch und wird durch die in die Studie eingeschlossenen klinischen Ausgangssituationen mit teilweise extrem ungünstigen Defektausdehnungen erklärt. Das Misserfolgsrisiko von Frontzähnen ist höher als jenes von Seitenzähnen. Die Anzahl der Approximalkontakte und die Art der definitiven Versorgung haben zusätzlich signifikanten Einfluss auf die Erfolgswahrscheinlichkeit.

Vor der Auswertung der eigenen Daten waren keine anderen verlässlichen, klinischen Studiendaten über die Prognose glasfaserbasierter Aufbaustiftsysteme publiziert. Eine prospektive klinische Studie über einen Zeitraum von 24 Monaten (114) berichtete von einer jährlichen Misserfolgsrate von 2 % (endodontische Probleme ausgeschlossen). In dieser Studie wurden insgesamt drei verschiedene Aufbaustiftmaterialien in 225 Patienten, 75 Patienten pro Gruppe, mit einem Aufbaustift pro Patient versorgt. In einer Gruppe wurden glasfaserverstärkte Aufbaustifte verwandt. Patientenbezogen wurde nur das Alter aller in dieser Studie eingeschlossenen Patienten berichtet. Prämolaren mit einer mesial-okklusal-distalen Kavitätenkonfiguration (mod-Kavität) repräsentierten die klinische



Ausgangssituation. Weitere Zahn- und Patientencharakteristika wurden nicht dargestellt. Auch blieb unklar, warum überhaupt ein Aufbaustift für eine mod-Kavität als indiziert angesehen wurde. Misserfolge traten nur als Retentionsverluste von Stift und Aufbau während der Abnahme der provisorischen Kronen auf. Folglich wurde in dieser Studie der Retentionsverlust während der Entfernung der provisorischen Versorgung als einziger Risikofaktor benannt. Die gelieferte Begründung, dass eine Fassreifenpräparation von 2 mm in diesen Fällen nicht sichergestellt werden konnte, steht im Widerspruch zu der mod-Kavität als therapierte Defektausdehnung. Diese müsste aber *per se* mindestens 2 Wände für eine adäquate Fassreifenpräparation liefern. Diese Studie ist damit ein Beispiel für die problematische Berichterstattung randomisierter klinischer Studien. Die CONSORT-Stellungnahme ist hier eine geeignete Richtlinie, um diese qualitativ zu verbessern (122, 147, 148).

Studien über karbon- und quarzfaserverstärkte Aufbaustifte, deren E-Modul deutlich höher ist (28), finden sich in geringer Zahl. Die retrospektiv berichteten jährlichen Misserfolgswahrscheinlichkeiten für Karbonfasersysteme rangieren von 0 % (116) bis zirka 0,6 % (115) sowie für Quarzfasersysteme bei 4,4 % (115). Prospektiv liegen die bisher berichteten jährlichen Misserfolgsraten für Karbonfasersysteme bei bis zu 3,8 % (120) und für Quarzfasersysteme bei bis zu 2 % (114, 117). Im Vergleich dazu ist die jährliche Misserfolgswahrscheinlichkeit von 6,7 % unserer Studie hoch. Allerdings wäre es falsch, daraus einen klinischen Vorteil rigiderer, faserverstärkter Alternativmaterialien für Aufbaustifte wie Quarz- oder Karbonfasersysteme (E-Modul bis zu 120 GPa) (16) gegenüber Glasfasersystemen (E-Modul = 30 GPa) (132) abzuleiten. Es ist wesentlich für die korrekte Interpretation aller Studienergebnisse unter anderem den Bezug zur Defektausdehnung, dem Vorhandensein einer geschlossenen Zahnreihe und zur Art der Krafteinleitung während der Funktion, respektive zum Zahntyp, zu sehen. Im Gegensatz zu den anderen Studien war, sofern berichtet, mit 43 % ein wesentlicher Prozentsatz der versorgten Zähne unserer Studie Frontzähne. Der Anteil von Scherkräften während der Funktion ist im Vergleich zu den Seitenzähnen, mit einer vornehmlich axialen Krafteinleitung, erhöht. Diese biomechanisch ungünstige Ausgangssituation bedingt ein erhöhtes Misserfolgsrisiko (149). Aber auch dem widersprechende klinische Langzeitdaten wurden veröffentlicht (150). 59 % der Zähne standen nicht in einer geschlossenen

Zahnreihe, ein Fakt der Mangels vollständiger Berichterstattung mit den anderen, oben beschriebenen Studien nicht verglichen werden kann. Unsere Beobachtung des Einflusses der Anzahl der Approximalkontakte auf die Überlebenswahrscheinlichkeit endodontisch behandelter Zähne stehen im Einklang mit den Beobachtungen anderer Untersucher (104). Vermutlich entscheidend ist aber die Defektausdehnung. In unserer Studie hatte 73 % der Zähne keine oder nur noch eine verbleibende Kavitätenwand. Wir verzichteten auf eine Sicherstellung des Fassreifeneffektes über eine chirurgische Kronenverlängerung. Dieser hat aber erheblichen Einfluss auf die Belastbarkeit postendodontisch behandelter Zähne (50). Dadurch erklärt sich zusätzlich die vergleichsweise hohe jährliche Misserfolgsrate. In anderen Studien wird die Defektausdehnung nicht oder nur vage beschrieben. Drei Studien (97, 114, 117) berichten über die Erfolgswahrscheinlichkeit postendodontischer Rekonstruktionen von Prämolaren mit Klasse-II- bzw. mod-Kavitäten, die mit einem Karbon- bzw. Quarzfasersystem restauriert wurden. Laut einer Literaturanalyse unserer Arbeitsgruppe (8), ist hier die Stiftsetzung jedoch nicht klar indiziert. Diese Studien sind somit von nur limitierter Aussagekraft. In einer Untersuchung, die nicht im Rahmen dieser Habilitationsschrift weitergehend dargestellt wird, machten wir einen Vorschlag zur Beschreibung der Defektausdehnung (151). Dadurch und durch eine bessere Berichterstattung der Studien wäre eine bessere Vergleichbarkeit der Studienergebnisse denkbar.

Auf Basis dieser Pilotstudie kann zusammenfassend geschlussfolgert werden, dass Zahntyp, Art der definitiven Versorgung und die Anzahl der Approximalkontakte Prädiktoren für die Erfolgswahrscheinlichkeit postendodontischer Versorgungen mit glasfaserverstärkten Kompositstiften sind.

#### **4.5. Einfluss des E-Moduls eines Aufbaustiftsystems auf dessen klinischen Erfolg**

Diese prospektive, randomisierte, klinische Pilotstudie im Parallelgruppendesign wurde durchgeführt, um vergleichende klinische Daten für Aufbaustiftsysteme mit stark unterschiedlichen E-Moduln wie Titan und glasfaserverstärktes Komposit zu generieren. In vitro konnten durch uns keine Unterschiede in Bezug auf die Belastbarkeit festgestellt werden (132). Diese Beobachtungen bestätigten sich in vivo. Es wurden keine Misserfolge über einen Nachuntersuchungszeitraum von bis zu 3 Jahren festgestellt. Deshalb schlussfolgerten wir, dass die Selektion eines Aufbaustiftsystems nach dessen E-Modul für diesen Beobachtungszeitraum klinisch nicht relevant zu sein scheint.

Die Ergebnisse sogenannter Zwischenberichte bzw. Kurzzeitanalysen von klinischen Studien, die sich mit der Überlebenswahrscheinlichkeit von Restaurationen unterhalb eines Zeitraumes von 5 Jahren beschäftigen, sind durchaus wertvoll. Im Gegensatz zum Standpunkt, dass die meisten Restaurationen die ersten 4 Jahre in der Regel ohne Probleme überleben (17, 152), kam eine retrospektive Studie nach einem Zeitraum von 18 Jahren zu einer anderen Schlussfolgerung. In dieser Studie zeigten die Autoren, dass auch korrigierbare, reversible Komplikationen innerhalb der ersten 2 Jahre, einen sehr guten Vorhersagewert für früh eintretende irreversible Komplikationen und Misserfolge postendodontischer Versorgungen haben können (150). Eine eigene Zwischenanalyse der prospektiven Studie über die Eignung zweier Aufbaustifte auf Glasfaserbasis berichtete nach einem Sprung der Misserfolgshäufigkeit vom ersten zum zweiten Jahr von 3,8 % auf 12,8 % (112).

In der randomisierten, klinischen Studie wurden die gleichen Materialien für den postendodontischen Aufbau benutzt wie zuvor in vitro (132). Es wurde damit erstmals konsequent der Weg von der eigenen präklinischen Testung im selbst evaluierten Simulationsmodell der oralen Umgebung durch die thermomechanische Wechsellast, hin zur klinischen Untersuchung gegangen. Die Studien über den Einfluss des E-Moduls des Aufbaustiftes auf die Belastbarkeit postendodontischer Versorgungen im Experiment konnten somit gewinnbringend in der Patientenversorgung umgesetzt werden. Die in vitro gemachten Schlussfolgerungen zeigten dabei in vivo ihre Gültigkeit.

Die Berichterstattung der randomisierten klinischen Studie wurde erstmals für postendodontische Versorgungen, entsprechend der Forderung von Jokstad et al. (147), in Übereinstimmung mit den Richtlinien der CONSORT-Gruppe (153) durchgeführt. Zudem wurden ebenfalls erstmals klinische Daten über die Eignung konfektionierter Aufbaustifte aus Titan in Kombination mit Komposit als Stumpfaufbaumaterial erhoben.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der randomisierten, klinischen Pilotstudie, dass die Kombination einer Fassreifenpräparation mit einem geeigneten Aufbaustift, unabhängig von dessen E-Modul, bei Verwendung eines selbst-adhäsiven Befestigungsmaterials klinisch erfolgreich sein kann.