

6 Praktische Hinweise

Insbesondere die Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN 13 914 und in sehr eingeschränktem Maße auch die Prüfung nach DIN EN ISO 3336 sind verbesserungswürdig. Die möglichen Verbesserungen lassen sich durch einfache Maßnahmen erreichen. Diese Maßnahmen sind im folgenden dargestellt.

6.1 Verbesserungsvorschläge zur Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN 13 914

6.1.1 Maßnahmen zur Fehlerreduktion

6.1.1.1 Definition einer Toleranz für den Verbundflächenwinkel

Da die Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN 13 914, wie in dieser Untersuchung gezeigt werden konnte, hinsichtlich des Verbundflächenwinkels fehleranfällig ist, empfiehlt sich die Definition einer Toleranzgrenze. Aufgrund der Verteilung adhäsiver Brüche ist eine erhebliche Abnahme der Validität ab einem Verbundflächenwinkel von 6° zu erwarten. Da Verbundflächen bereits ab einem Winkel von 3° vom bloßen Auge als schräggehend erkannt werden, bietet sich als Toleranzgrenze mit dem Sicherheitsfaktor 2 die Erkennbarkeit eines Winkels an. Die Toleranzprüfung lässt sich dann mit geringstem Aufwand und ohne Hilfsmittel durch eine einfache Sichtprüfung bewerkstelligen. Prüfkörper deren Verbundfläche einen erkennbaren Winkel zum Prüfkörperquerschnitt aufweist, sollten verworfen werden. Eine entsprechende Forderung sollte in die Prüfvorschrift aufgenommen werden. Bei Prüfkörpern, deren Verbundfläche dem Augenschein nach parallel zum Querschnitt liegt, sind Verfälschungen der Ergebnisse nicht zu erwarten.

6.1.1.2 Vermeiden von Positionierungsfehlern

Durch konstruktive Vermeidung von Parallaxefehlern

Zur exakteren Positionierung der Prüfkörper bei der Prüfmethode nach DIN 13 914 sollen an dieser Stelle drei Vorschläge zur konstruktiven Veränderung der Prüfvorrichtung einfließen.

Die in dieser Untersuchung verwendete Prüfvorrichtung entsprach den Vorgaben der DIN 13 914. Die Auflager stehen im definierten Abstand parallel zueinander, die Druckfinne ist zwangsgeführt, wodurch die Parallelität ihrer Druckkante zu den Auflagern gewährleistet ist. An der vom Prüfer entfernt gelegenen Hinterkante der Auflager (die mit der Hinterkante der Druckfinne in einer Ebene liegt) sind Anschläge angebracht.

Durch Verschieben des Prüfkörpers bis zu diesen Anschlägen wird sichergestellt, daß sein Querschnitt bzw. die Verbundfläche parallel zu den Auflagern und zur Druckkante der Druckfinne ausgerichtet ist. Bei Prüfkörpern mit dem Sollmaß von 4 mm x 4 mm bedeutet dies jedoch, daß zwischen der Vorderkante des Prüfkörpers und der Vorderkante der Druckfinne, (deren Schneidekante eine Länge von 10 mm hat), eine Distanz von 6 mm klafft, durch die Parallaxefehler begünstigt werden. Um Fehler dieser Art zu vermeiden, ist es nötig, daß die Vorderkante der Druckfinne möglichst nahe an der Vorderkante des Prüfkörpers liegt, d. h. diese nur wenig überragt.

Konstruktiv läßt sich dies bei bereits vorhandenen Vorrichtungen erreichen, indem man die Länge der Druckkante um ca. 6 mm reduziert.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, mittels eines Quaders von ca. 20 mm Länge, 6 mm Breite und maximal 2 mm Höhe den Anschlag quasi vorzuverlegen. Wenn man diesen Quader auf den Auflagern bis zu den vorhandenen Anschlägen verschiebt, läßt sich die Vorderkante des Quaders wiederum als Anschlag verwenden. Da dieser Quader durch seine Positionierung auf den Auflagern im Bewegungsbereich der Druckfinne liegt, sollte seine Höhe nicht mehr als 2 mm betragen. Von 196 Proben die der Biegeprüfung nach DIN 13 914 unterzogen wurden, brachen alle nach einem Belastungsweg von weniger als 1 mm. Das bedeutet, daß selbst bei einem

Prüfkörper mit einem Untermaß von 3 mm x 3 mm die Druckfinne nicht mit dem Quader kollidieren würde. Bei neu anzufertigenden Prüfvorrichtungen hingegen sollten die Anschläge an den zum Prüfer hin gelegenen Vorderkanten der Auflager angebracht werden.

Eine weitere Verbesserung, die nur geringen Aufwand erfordert, würde eine Markierung darstellen, die auf der Druckfinne so angebracht wird, daß sie dem Prüfer anzeigt, an welcher Stelle die Druckfinne den Prüfkörper berührt. Dies ist vor allem deshalb sinnvoll, weil der relativ große Radius der Druckkante die Erkennbarkeit der Berührungslinie zwischen Druckfinne und Prüfkörper erschwert.

Durch Überprüfung der Positionierung

Schließlich kann und sollte die Genauigkeit der Positionierung bei Biegeprüfungen nach DIN 13 914 kontrolliert werden. Dies ist bereits vor der Durchführung des eigentlichen Versuchs möglich, indem man den Prüfkörper in der Vorrichtung ausrichtet, Artikulationspapier auflegt und mittels Fingerdruck auf die Druckfinne leicht belastet. Nach Anheben der Druckfinne wird sichtbar, ob die Berührungslinie zwischen Druckfinne und Prüfkörper in der Verbundebene liegt. Der Prüfkörper kann daraufhin unter Beibehaltung einer guten Position belastet werden. Andernfalls kann, nach Korrektur einer schlechten Position, die Lage erneut überprüft werden. Der zeitliche Aufwand hierfür ist, verglichen mit der Prüfkörperherstellung, gering. Eine entsprechende Forderung sollte in die Prüfvorschrift aufgenommen werden.

6.1.2 Konkretisierung von nicht oder schlecht definierten Parametern

Auch wenn die Variation der nicht oder schlecht definierten Parameter der Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN 13 914 bei den hier verwendeten Materialien keine erkennbaren Auswirkungen zeigte, kann nicht davon ausgegangen werden, daß dies für alle Materialien und deren Kombinationen gleichermaßen gilt.

6.1.2.1 Prüfkörperquerschnitt

Unkritisch erscheint der Prüfkörperquerschnitt von "etwa 4 mm x 4 mm" der laut DIN 13 914 beim Beschleifen der Prüfkörper anzustreben ist. Beim ohnehin technisch schwierigen Beschleifen der Prüfkörper sollte die Priorität darauf liegen, daß gegenüberliegende Längsflächen planparallel sind und der Querschnitt des Prüfkörpers rechtwinklig ist, da sonst die Biegefestigkeit nicht mehr mit der in der DIN 13 914 angegebenen Formel berechnet werden kann. Eine entsprechende Forderung sollte in die Prüfvorschrift aufgenommen werden.

6.1.2.2 Abtragsmenge

Laut DIN 13 914 soll die Basis der Kunststoffzähne aufgeraut werden. Wieviel Material dabei abzutragen ist, wird dort nicht beschrieben. Aus Gründen der Praktikabilität sollten die in der Regel mehr oder weniger spärlich gekrümmten Basisflächen der Kunststoffzähne, die für die Prüfkörperherstellung verwendet werden, nicht nur angeraut, sondern so weit beschliffen werden, daß die Basisflächen eingeebnet sind. Nur so resultieren ebene Verbundflächen, die deshalb anzustreben sind, weil sie die schwierige Herstellung von Prüfkörpern mit querschnittsparallelen Verbundflächen erleichtern, eine genauere Berechnung der Verbundflächengröße ermöglichen, die für die Ermittlung der flächenbezogenen Größe Biegefestigkeit erforderlich ist und eine korrekte zentrische Positionierung der Prüfkörper in der Prüfvorrichtung erleichtern.

Der mögliche Einwand, daß bei vollständiger Einebnung der Basis die bei einigen hochvernetzten Zähnen vorhandene, besonders verbundfördernde basale Schicht schwach- oder normalvernetzten Kunststoffes abgetragen wird, läßt sich leicht entkräften: Zum einen werden bei der Prothesenherstellung im zahntechnischen Labor die Zahnbasen in aller Regel weitaus stärker beschliffen, als bis zur Einebnung, zum anderen werden bei der Einebnung vor allem vestibuläre und orale Anteile der Basis beschliffen, die beim späteren allseitigen Beschleifen der Prüfkörper ohnehin wegfallen, so daß auch bei einer eingeebneten Basis an ihrem zentralen Anteil, der die spätere Verbundfläche im fertigen Prüfkörper darstellt, nur wenig Material entfernt wird.

6.1.2.3 Fräser / Schleifmittel

Die Art des Hartmetallfräasers, der laut DIN 13 914 zum Beschleifen der Basis der Kunststoffzähne zu verwenden ist, ist nicht näher spezifiziert. Auch wenn die Verwendung unterschiedlicher Fräser in dieser Untersuchung keinen Einfluß auf die Verbundfestigkeit hatte, wird empfohlen, einen geeigneten Fräser zu spezifizieren. Dabei ist zu berücksichtigen, daß ein Fräser mit großem Durchmesser und einer in Längsrichtung geraden Arbeitsfläche eher geeignet sein wird, eine ebene Fläche zu erzielen, als ein Fräser mit kleinem Durchmesser, dessen Arbeitsfläche auch in der Längsrichtung gekrümmt ist. Es ist auch erwägenswert, ob die Zahnbasen unbedingt, analog zur labortechnischen Verarbeitung, mit Fräsern angeschliffen werden sollen oder ob nicht ein Beschleifen von Hand auf einem aufgespannten Schleifpapier definierter Körnung akzeptabel wäre. Bei diesem Vorgehen bereitet die Spezifikation des Schleifmittels weniger Schwierigkeiten, die Herstellung einer ebenen Basis wird erleichtert und die Gefahr einer Veränderung der basalen Kunststoffanteile durch Reibungshitze wäre geringer.

6.1.3 Sicherstellung der Validität

Die Validität von Messungen nach DIN 13 914 kann und sollte sichergestellt werden, indem man nur solche Meßwerte verwertet, die bei Brüchen mit adhäsiver Beteiligung anfallen. Ergebnisse, die aus Versuchen resultieren, bei denen der Bruch nicht mindestens teilweise entlang der Verbundfläche erfolgt, sondern ausschließlich im Zahn oder Prothesenkunststoff, beschreiben lediglich die Eigenschaften dieser Komponenten und sollten daher verworfen werden. Eine entsprechende Forderung sollte in die Prüfvorschrift aufgenommen werden.

6.2 Verbesserungsvorschläge zur Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN EN ISO 3336

Die Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN EN ISO 3336 kann, wenn auch in sehr eingeschränktem Maße, durchaus an Aussagekraft gewinnen, wenn man sie dahingehend adjustiert, daß sie dem Prüfkörper die Möglichkeit gewährt, im Bereich der Verbundfläche zu brechen.

Dazu ist es erforderlich, daß die Verbundfläche verkleinert und damit in Relation zum Zahn geschwächt wird, und darüber hinaus der Kraftangriff nicht an der Schneidekante, sondern weiter zervikal, an stabileren Zahnteilen erfolgt.

Beide Veränderungen lassen sich erreichen, indem man die Höhe der Einbetthilfe in inzisal-zervikaler Richtung reduziert. Bei den daraus resultierenden Prüfkörpern sind kleinere Anteile des Zahnes in Kunststoff gefaßt und durch die größere palatinal freibleibende Zahnfläche ist es möglich, den Kraftangriffspunkt weiter nach zervikal zu verlegen. Da die Zugkralle für die Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN EN ISO 3336 mit einer Justierschraube versehen ist, kann sie ohne Veränderung weiter verwendet werden.

Eine Alternative zur Modifikation der Einbetthilfe böte auch die ausschließliche Verwendung von Canini bei der Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN EN ISO 3336.

6.3 Weiterführende Überlegungen

Zwar ist die Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN 13 914 der Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN EN ISO 3336 weit überlegen, mit relativ einfachen Veränderungen weiter zu verbessern und daher der letzteren vorzuziehen. Dennoch seien hier hinsichtlich der Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN 13 914 einige grundlegende Kritikpunkte am methodischen Konzept erwähnt.

Zunächst ist festzustellen, daß es sich um ein sehr aufwendiges Verfahren handelt. Dies bezieht sich auf die Herstellung der Prüfvorrichtung, die zeitintensive Prüfkörperherstellung, die dazu notwendige Geräteausstattung, das Vermessen der Prüfkörper und schließlich das eigentliche Prüfverfahren. Unter Berücksichtigung der oben vorgeschlagenen Änderungen erhöht sich dieser Aufwand weiter. Ein erheblicher Anteil des betriebenen Aufwandes wird dadurch erforderlich, daß in dieser Prüfmethode die Biegefestigkeit als flächenbezogene Größe bestimmt wird.

Allerdings ist dieser materialspezifische Kennwert klinisch kaum von Belang. Vielmehr interessiert es, welche maximalen Kräfte ein gegebener Kunststoffzahn aufgrund aller seiner Eigenschaften, einschließlich seiner Verbundflächengröße und seiner mehr oder weniger förderlichen geometrischen Verbundflächengestaltung erträgt, ohne sich vom Prothesenkunststoff zu lösen. Eben-diese, über die reine Materialeigenschaft hinausgehenden, verbundfördernden oder -schwächenden Eigenschaften des Kunststoffzahnes werden jedoch durch die Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN 13 914 mit großem Aufwand herausgerechnet.

Die klinische Relevanz der Verbundfestigkeitsprüfung nach DIN 13 914 ist daher als gering anzusehen und es wäre sinnvoll, eine Prüfmethode mit größerer klinischer Relevanz zu entwickeln.

Bis dahin sollte die Ersetzung der DIN 13 914 durch die DIN EN ISO 3336 rückgängig gemacht werden, bzw. eine neue DIN EN ISO-Norm auf Grundlage der alten DIN 13 914 formuliert werden.

