

Experimentelle Untersuchungen zum Benetzungsverhalten, Fließverhalten und zur räumlichen Dimensionsstabilität elastomerer Abformmaterialien

*Dr. med. dent. Oliver Schäfer, Gewinner des KpZ-Dissertationspreises 2012
Universitätsklinikum Jena, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde*

Einleitung

Das Ziel der Arbeit war eine korrelative Untersuchung elastomerer Abformwerkstoffe hinsichtlich der Parameter Fließverhalten, Benetzungsverhalten und Dimensionsstabilität. Es wurden sieben marktübliche Elastomere, darunter vier additionsvernetzende Silikone (PAN, RSI, HYD, AQU), ein Polyether (IMP) und zwei Hybridmaterialien (IDE, EXA), ausgewählt (Tabelle 1). Ihre Untersuchung erfolgte anhand drei verschiedener semiklinischer Versuchsaufbauten.

Methodik

Zur Beurteilung des Fließverhaltens diente der Haifischflossentest. Dabei wird ein zylindrischer Probekörper mit eingefrästem Spalt über einem Depot plastischer Abformmasse abgesenkt, die daraufhin in den Spalt fließt und dort in Form einer Haifischflosse abbindet. Die Höhe der entstehenden Flosse gilt als Maß für die Fließfähigkeit unter Druck (Abbildung 1).

Während der intraoralen Präzisionsabformung kommt ein Abformmaterial stets mit feuchten Gewebeoberflächen in Kontakt. Die Simulation der dabei auftretenden Benetzungs- und Entnetzungsvorgänge wurde über Kontaktwinkelmessungen am liegenden Flüssigkeitstropfen vorgenommen (Abbildung 2).

Im Rahmen dieser Arbeit wurde zudem ein Verfahren entwickelt, um Dimensionsschwankungen im Abformprozess dreidimensional sichtbar zu machen. Dazu wurde ein vollanatomisches Modell des Zahnes 16 in der Doppelmischtechnik abgeformt und die erhaltenen Gipspositive anschließend lichtoptisch digitalisiert (Abbildung 3). Ihre virtuelle Überlagerung mit der Referenz lieferte ein räumliches Abbild der Dimensionsabweichungen, die über den ebenfalls neu entwickelten PDP10-Index quantifiziert werden.

Ergebnisse

Die Ergebnisse des Haifischflossentests verdeutlichen signifikante Unterschiede zwischen den getesteten Materialien. IDE (18,5mm; 16,5mm) bestätigt dabei das bereits in der Literatur beschriebene „vielversprechende Fließvermögen“ der Hybridmaterialien (Balkenhol et al. 2009, Rupp et al. 2005). EXA (12,2mm; 4,6mm) hingegen weist Messwerte auf, die mit den konventionellen Silikonen AQU (10,6mm; 3,5mm) oder HYD (12,8mm; 3,1mm) vergleichbar sind. Ein hybrides Verhalten von EXA kann anhand der vorliegenden Ergebnisse für den Parameter

Fließvermögen nicht festgestellt werden. Die Messwerte von IMP (24,2mm; 19,1mm) veranschaulichen signifikante Unterschiede zu den Hybriden und Silikonen ($p < 0,05$) und belegen das von McCabe und Arikawa (1998) formulierte „vorteilhafte Fließverhalten der Polyether mit Snapset“. Alle getesteten Materialien weisen einen Abfall der Flossenhöhen in der Endphase der intraoralen Applikationszeit auf. Lediglich IDE ($\Delta h = 2,0\text{mm}$), PAN (1,1mm) und IMP (5,1mm) kompensieren diesen Effekt wirkungsvoll. Überlegene Fließigenschaften der Polyether (Richter et al. 2004) können anhand der Ergebnisse von IDE und PAN (15,6mm; 14,5mm) nicht bestätigt werden.

Rupp et al. (2005) zeigten, dass signifikante Unterschiede im Benetzungsverhalten existieren, die sich besonders anhand der initialen Kontaktwinkel manifestieren. Die konventionellen Silikone der vorliegenden Studie RSI (115,3°; 118,9°), HYD (103,8°; 121,0°) und AQU (121,7°; 123,4°) sowie der Hybridwerkstoff EXA (114,8°; 117,8°) weisen ein deutlich hydrophobes Verhalten auf, während IDE (34,6°; 37,8°), PAN (40,8°; 28,0°) und IMP (70,1°; 63,6°) hydrophil sind. Die Unterschiede zwischen IDE und PAN sowie den übrigen getesteten Materialien sind signifikant ($p < 0,01$). Im Vergleich zu den konventionellen Silikonen bietet IMP aufgrund seiner chemischen Struktur (Borchers et al. 2005) weiterhin deutliche Vorteile bei der Abformung eines klinisch feuchten Sulcus alveolaris. Moderne Tensidsysteme, wie sie bei IDE und PAN verwendet werden, kompensieren jedoch die fehlende intrinsische Hydrophilie und sind aufgrund ihrer geringen Latenzzeit dem Polyether IMP mittlerweile überlegen.

Die Hybridmaterialien IDE (77,3%) und EXA (61,3%) weisen im Vergleich zu den konventionellen Silikonen (36,9%) und dem Polyether IMP (29,3%) signifikant höhere PDP10-Werte auf. PAN (90,7%) reproduziert die okklusale Morphologie in annähernd exakter Übereinstimmung mit der Referenz und erzielt dabei, sowohl absolut als auch innerhalb der Silikone, die signifikant ($p < 0,05$) besten Ergebnisse. Rudolph et al. (2005) fanden für IMP maximale Dimensionsabweichungen von $\pm 60\mu\text{m}$, die anhand farbcodierter Differenzbilder bestätigt und über den PDP10-Index präzisiert werden konnten. Es zeigte sich, dass mit IDE und PAN Materialien zur Verfügung stehen, die aufgrund ihres modifizierten chemischen Aufbaus und/oder der zugesetzten Tensidsysteme eine signifikant höhere Dimensionsstabilität als der bisherige „Goldstandard“ Polyether bieten (Abbildung 4).

Signifikanz

Grundsätzlich zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Benetzungsverhalten eines Elastomers, seinem Fließverhalten und der resultierenden Dimensionsstabilität. Je besser ein Abformwerkstoff den Sulcus alveolaris erreicht und dort feuchte Zahnstrukturen benetzt, umso eher lassen sich passfähige und spannungsfrei sitzende prothetische Restaurationen auf den erhaltenen Modellen herstellen. Anhand der ermittelten Messwerte kann der Einsatz von IDE und PAN in der klinischen Praxis empfohlen werden, wobei nachfolgende kontrollierte klinische Studien die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die konkrete Patientensituation sichern sollten.

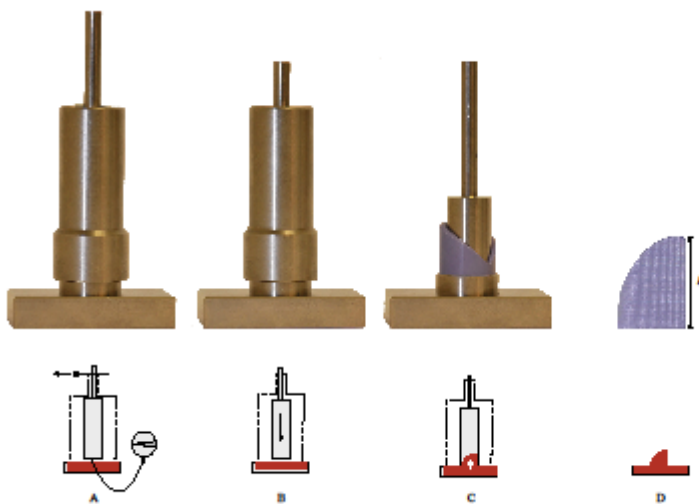
Korrespondenzanschrift

Universitätsklinikum Jena
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. H. Küpper)
Dr. Oliver Schäfer
An der Alten Post 4
07743 Jena
E-Mail: Oliver.Schaefer@med.uni-jena.de



Abbildungen

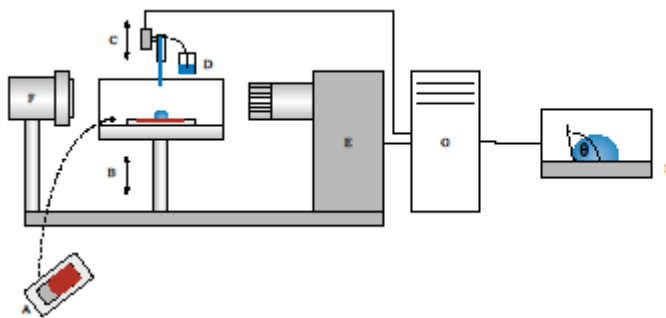
Abb. 1



A	Verriegelungsplint lösen	B	Kolben taucht in Depot ein
C	Abformmasse steigt in Spaltraum auf	D	Höhe der Flosse wird vermessen

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Vorgehensweise beim Haifischflossentest

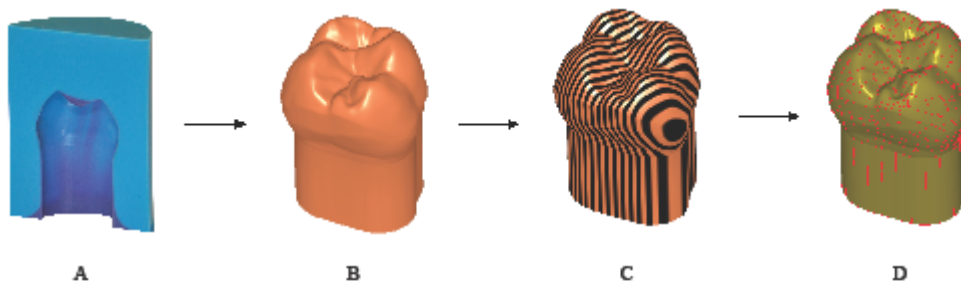
Abb. 2



A	Probekörper mit Abformmasse	B	Probentisch mit Temperierkammer
C	Dosiersystem	D	Flüssigkeitsbehälter
E	Kameraoptik	F	Beleuchtung
G	Computer	H	Monitor

Abbildung 2: Darstellung der Kontaktwinkelmessung am liegenden Tropfen (Modifiziert nach: RUPP ET AL. (2005))

Abb. 3



A	Abformung (halbiert)	B	Gipsduplikat
C	Lichtoptische Digitalisierung	D	Virtueller Prüfkörper

Abbildung 3: Vorgehensweise bei der Digitalisierung im Rahmen der Prüfkörperherstellung

Abb. 4

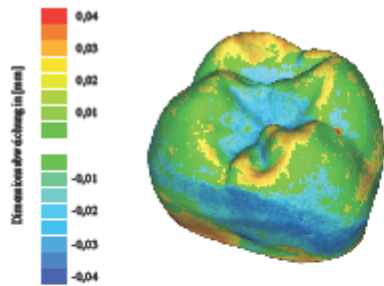


Abbildung 4a: Farbcodiertes Differenzbild, Material IDE

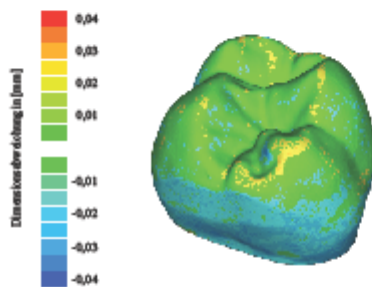


Abbildung 4b: Farbcodiertes Differenzbild, Material PAN

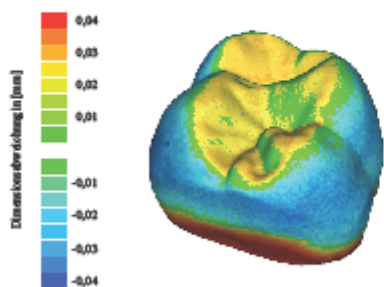


Abbildung 4c: Farbcodiertes Differenzbild, Material IMP

Tabelle 1

Tabelle 1: Übersicht der eingesetzten Abformwerkstoffe

Abkürzung	Name	Phase		Chemie	Hersteller
		Leichtfließend	Schwerfließend		
IDE	Identium	Light	Heavy	Vinylsiloxanether	Kettenbach
EYA	EYA'lance	Light	Heavy	Vinylpolyether-silikon	GC
PAN	Panasil	Initial Contact Light	Tray Soft Heavy	Silikon	Kettenbach
RSI	R-SI Line	Light SH	Heavy MATIC	Silikon	R-Dental
HYD	Hydrosil	Light	Monophase	Silikon	Zbarmack
AQU	Aquasil Ultra	Light LV	Heavy DECA	Silikon	Dentsply Detry
IMP	Impregum	Garant L DuoSoft	Penta H DuoSoft	Polysther	3M Espe