



#### Dipl.-Ing. (BA) Claudia Hoffmann

absolvierte zunächst eine Ausbildung in Leipzig zur Medizinisch-technischen Radiologie-Assistentin und konnte bereits umfangreiche Berufserfahrungen auf dem Gebiet der Diagnostischen Radiologie und Strahlentherapie sammeln. Im Anschluss studierte sie Medizintechnik an der Staatlichen Berufsakademie Bautzen. Ihre Diplomarbeit bearbeitete sie am Fraunhofer IMWS in Halle. Zurzeit studiert sie an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg Medizinische Physik.



#### Dr.-Ing. Sandra Sarembe

studierte Materialwissenschaften an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in Halle. Hier promovierte sie 2013 zu einer zahnmedizinischen Themenstellung. Sie ist derzeit am Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen als Projektleiterin beschäftigt.

**KONTAKT:** Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS  
sandra.sarembe@imws.fraunhofer.de

## Untersuchungen zur Bestimmung der Haftfestigkeit von Gelen zur Behandlung von Mundtrockenheit

*Claudia Hoffmann / Sandra Sarembe*

*Die Zielstellung dieser Studie bestand darin, speziell angepasste Modelle zur Prüfung von Handelsprodukten und neuartigen Formulierungen zur Behandlung von Mundtrockenheit aufzubauen und zu testen. Im Rahmen der Arbeit erfolgten Haftfestigkeitsuntersuchungen. Hierzu sollten Eigenschaften der Oberfläche, auf denen die Testformulierungen appliziert wurden, der menschlichen Schleimhaut so realitätsnah wie möglich nachempfunden werden, beispielsweise durch entsprechende Proteinbeschichtung. Es folgten Auslagerungsversuche der Gele in der Klimakammer bei verschiedenen relativen Luftfeuchten. Die Ergebnisse zeigen, dass das entwickelte Modell zur Prüfung der Haftfestigkeit von Gelen zur Behandlung der Mundtrockenheit unter verschiedenen Bedingungen geeignet ist.*

*The aim of this study was to develop and test models for the evaluation of commercial and newly developed gels for the treatment of dry mouth syndrome. The study was focused on measuring adhesion of the test products. This was done by applying the test gels on properties of the surface of the human mucosa, which was modeled as close as possible to reality for example by using protein coating. Furthermore, experiments in the environmental chamber at various relative humidities in the gels were analyzed before and after specified environmental conditions.*

### Motivation

Die Motivation der folgenden Studie ergab sich aus einem aktuellen Forschungsprojekt zum Thema „Trockener Mund“ am Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS (Gruppe von Herrn Dr.-Ing. Andreas Kiesow: Charakterisierung medizinischer und kosmetischer Pflegeprodukte) in Zusammenarbeit mit der Skinomic GmbH, beide in Halle. Bearbeitet wurde das Thema im Rahmen einer Diplomarbeit, die im zukunftsorientierten dualen Studiengang im Fachbereich Medizintechnik, unter der Leitung von Prof. Dr. Thomas Schmitt eingereicht wurde.

## 1. Einleitung

Als Mundtrockenheit bezeichnet man die mangelhafte Benetzung der Mundschleimhaut durch Speichel infolge einer verringerten Speichelproduktion (Hyposalivation). Die Speicheldrüsen eines gesunden Menschen produzieren zwischen einem halben und einem Liter Speichel täglich (Starostzik et al., 2013). Xerostomie oder das trockene Mundsyndrom ist ein von Betroffenen subjektiv empfundenes Trockenheitsgefühl der Mundschleimhaut (Mucosa), das sich meist einstellt, wenn der Speichelfluss um mehr als 50 % reduziert ist (Jensen et al., 2014).

Speichel ist ein wichtiges orales Schutzsystem mit vielfältigen Funktionen. Durch den vom Speichel erzeugten Schutzfilm aus Glykoproteinen auf allen Oberflächen in der Mundhöhle (Mundschleimhaut, Zahnfleisch, Zähne, Zunge) werden wesentliche Funktionen, wie die Geschmackswahrnehmung und das Sprechen unterstützt, sowie der Kauvorgang und das Schlucken durch die Erhöhung von Viskoelastizität und Gleitfähigkeit des Speisebreis erleichtert.

Darüber hinaus enthält der Speichel eine Vielzahl von organischen (vor allem Proteine, Glykoproteine und Enzyme) und anorganischen Substanzen (vor allem Natrium, Kalium, Kalzium, Chlorid, Bikarbonat und Fluorid), die von großer Bedeutung für die Gesunderhaltung der Mundhöhle und des Organismus sind. Im Speichel enthaltene Enzyme leiten den Verdauungsvorgang von Nahrungsmitteln schon während des Kauvorgangs ein. Antimikrobielle Verbindungen halten die natürliche Mundflora im Gleichgewicht und schützen vor pathogenen Erregern – Bakterien, aber auch Viren und Pilzen. Gleichzeitig ist Speichel ein Reservoir an Calciumphosphat, dem Hauptbestandteil der Zahnhartsubstanz. Es liegt im Speichel als übersättigte Lösung vor, so dass Schäden an der Zahnschmelze sofort remineralisiert werden können.

All diese Funktionen sind bei vermindertem Speichelfluss beeinträchtigt, so dass die Symptome der Xerostomie komplex sind. Bereits bei leichter Mundtrockenheit können die subjektiv empfundenen Symptome zu einer Minderung der Lebensqualität führen, z.B.

durch fehlendes Durchschlafen aufgrund des Trockenheitsgefühls, Schwierigkeiten beim Essen von trockenen Nahrungsmitteln, Mundgeruch, Beeinträchtigungen im Geschmackempfinden. Die durch Mundtrockenheit verursachte schlechtere Haftung von Zahnprothesen sowie das erschwerte Kauen und Schlucken können bei alten Menschen zur Mangelernährung beitragen.

Bei ausgeprägter Xerostomie kann der Leidensdruck durch die starken, auch schmerzhaften Beeinträchtigungen im gesamten Mundbereich sehr hoch werden. Dabei treten Missempfindungen, wie Brennen und Schmerzen auf, die Mundschleimhaut ist atroph, gerötet und schmerzempfindlich. Es kann zu entzündlichen Veränderungen von Mundschleimhaut, Zahnfleisch und Zunge kommen, die die Lebensqualität der Betroffenen massiv einschränken (Matolycz et al., 2012; Herrmann et al., 2017). Das Risiko für Infektionen der Mundschleimhaut (z.B. durch Candida) ist deutlich erhöht. Durch die fehlende Reinigungs- und Schutzfunktion des Speichels stellen sich chronische Entzündungen des Zahnhalteapparates, eine pathogene Mundflora sowie eine Remineralisierungsstörung der Zahnhartsubstanz mit Kariesbildung bis hin zum Zahnverlust ein (Matolycz et al., 2012).

Verursacht wird eine Hyposalivation zum einen durch die Schädigung der Speicheldrüsen infolge von Strahlentherapie (Kopf-Hals-Bestrahlung) oder Autoimmunerkrankungen (z.B. Sjögren-Syndrom). In beiden Fällen werden Speicheldrüsenzellen irreparabel geschädigt, so dass sie die Speichelproduktion einstellen. Zum jetzigen Zeitpunkt existiert noch keine effektive, regenerative Therapie für die Funktionswiederherstellung (Jensen et al., 2014; Dirix et al., 2006). Bereits nach einer Woche Bestrahlung fällt dabei die stimulierte Speichelflussrate von normalerweise 1 bis 3 ml pro Minute auf unter 0,5 ml pro Minute ab und in der Folge trocknet die Mucosa flächig aus. Man spricht hierbei von einer Radioxerostomie (Michel et al., 2012).

Weit häufiger tritt Xerostomie als unerwünschte Wirkung von Medikamenten auf. Alleine 400 Medikamente führen Mundtrockenheit laut der „Roten Liste“ von 2012 als Nebenwirkung im Beipackzettel (Michel, 2012); diese sind insbesondere in den Substanzgruppen der Antihypertensiva, Antidepressiva, Protonenpumpenhemmern sowie Zytostatika zu finden. Hinzu kommt, dass gerade ältere Menschen oft mehrere unterschiedliche Medikamente gleichzeitig einnehmen, die als Nebenwirkung den Speichelfluss mindern können (Sullivan et al., 2010).

Während die Funktion der Speicheldrüsen bei gesunden Menschen im Alter nicht abnimmt, gibt es offenbar Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung des Speichels, die diesen zäher werden lässt. Damit erscheint der Mund den Betroffenen trockener (Starostzik et al., 2013).

Es erstaunt daher nicht, dass das Risiko für Mundtrockenheit mit steigendem Alter zunimmt. Während die Prävalenz in der erwachsenen Bevölkerung ca. 20-25% beträgt, liegt die Krankheitshäufung bei den über 65jährigen heute bei ca. 50% (Delli et al., 2014). In Anbetracht der demographischen Entwicklung und der zunehmenden Multimedikation im höheren Alter ist mit einer weiteren Zunahme des Problems Mundtrockenheit zu rechnen.

Eine kausale Therapie der Mundtrockenheit kann durch Stimulation der Speicheldrüsen erreicht werden (dies bedingt allerdings eine Restaktivität der Drüsen). Das geschieht pharmakologisch durch Substanzen wie Pilocarpin, Bromhexin, Cevimeline, allerdings kommt es zu teils erheblichen Nebenwirkungen. Lokal kann die Speichelproduktion durch das Kauen von (zuckerfreien) Kaugummis angeregt werden (Michel et al., 2012), allerdings ist die Akzeptanz vor allem bei der älteren Zielgruppe eingeschränkt. Daneben gibt es einige „medizinische“ Lutschtabletten, die neben speichelanregenden Aromen teilweise auch Fluorid enthalten.

Zur symptomatischen Behandlung werden Speichelersatzpräparate angewandt (Starostzik et al., 2013). Diese sollen die vielfältigen Beschwerden, die bei Mundtrockenheit auftreten, lindern. Beispielsweise zeigen Studien, dass Sprays auf Grundlage von pflanzlichen Polysacchariden zu einer Verbesserung von Sprach- und Schlafstörungen bei Patienten nach einer Bestrahlung führen (Momm et al., 2010). Ebenso können feuchtigkeitsspendende Gele und Sprays Mundtrockenheit lindern, indem sie sich als ein Feuchtigkeitsfilm über die Mundschleimhaut legen. Das Ziel dabei ist es, die ausgetrocknete Mucosa über einen längeren Zeitraum hinweg zu befeuchten und mit einem schützenden Film zu überziehen. Dazu enthalten die Produkte in der Regel einen Gel- bzw. Schleimbildner wie Carboxymethylcellulose oder Mucin, dazu feuchtigkeitsbindende Substanzen wie z.B. Hyaluronsäure, antibakterielle Enzyme wie z.B. Lysozym und idealerweise Fluorid sowie Calcium und Phosphat, um möglichst viele der ursprünglichen Speichelfunktionen abzudecken.

Die große Herausforderung bei der Entwicklung von Gelen zur Symptomlinderung bei Xerostomie ist es, die Befeuchtung und den Schutzfilm unter realen Bedingungen ausreichend lange (über mehrere Stunden) aufrecht zu erhalten. Ein wichtiges Kriterium dafür ist die Haftfestigkeit des Produkts.

## 2. Zielstellung

Im Rahmen des erwähnten Forschungsprojektes wird an Gelen zur Behandlung von Mundtrockenheit auf Basis von wasserbindenden Aminosäuren und pflanzlichen Extrakten gearbeitet. Zur Unterstützung der Entwicklung sollten im Rahmen der Studie speziell angepasste Modelle zur Prüfung von handelsüblichen Markenprodukten und neuartigen Formulierungen zur Behandlung von Mundtrockenheit entwickelt, standardisiert und validiert werden. Zielparame-ter war die Haftfestigkeit. Im Rahmen der Arbeit wurde ein Modell für Haftfestigkeitsuntersuchungen entwickelt, bei dem die Eigenschaften der Oberflächen, auf denen die Testformulierungen appliziert werden, der Schleimhaut so realitätsnah wie möglich nachempfunden werden, z.B. durch entsprechende Proteinbeschichtung. Des Weiteren sollte der Feuchtigkeitsgehalt und die Wasseraufnahme der Formulierung über den Anwendungszeitraum dokumentiert werden. Hierzu wurden die Gele bei unterschiedlichen relativen Luftfeuchten ausgelagert. Ergänzend erfolgen Untersuchungen zur Viskosität der Testsubstanzen. Nachstehend werden einige exemplarische Ergebnisse der Studie mit Fokus auf der Beurteilung der Haftfestigkeit der Gele vorgestellt und diskutiert.

## 3. Verwendete Materialien

Die Tab.1 gibt einen Überblick über die untersuchten Gelformulierungen. Sie zeichneten sich durch eine unterschiedliche Zusammensetzung und Konsistenz aus. Dadurch konnte am Versuchsaufbau ein breites Spektrum an verschiedenen Gelen untersucht und miteinander verglichen werden. Die Gele 1-4 sind Produkte, die auf dem Markt erhältlich sind, Gel 5 und 6 Prototypen, die im Rahmen des Forschungsprojektes entwickelt wurden.

Probenbezeichnung	Zusammensetzung
Gel 1	Glycerin, Aqua, Sorbitol, Xylitol, Carbomer, Hydroxyethylcellulose, Sodium Hydroxide (INCI)
Gel 2	Aqua, Glycerin, Xylitol, Hydroxyethylcellulose, Betaine, Potassium, Acesulfame, Sodium Phoshat, Disodium Phosphate, Sodium Fluoride, Aloe Barbadensis, Potassium Chloride, Sodium Methylparaben, Sodium Propylparaben, Lactic Acid, Sodium Chloride, Magnesium Chloride (INCI)
Gel 3	Wasser, hydriertes Stärkehydrolysat, Propanediol, PVP, Natriumcitrat, Betain, Gluconolacton, Xanthan Gummi, Chondrus Crispus (Carrageenan) Puder, Xylit, PEG-40 hydriertes Rizinusöl, Taurin, Natriumbenzoat, Zitronensäure, Natriumhydroxid, Hyaluronsäure, Sucralose, Stevia Rebaudiana Extrakt, Kalziumgluconat, Aroma, CI 19140, CI 42090 (Deklaration laut Hersteller)
Gel 4	Glycerin, Sorbitol, Xylitol, Aloe vera Blätter-Extrakt, Xanthan gummi, Lactoferrin, Glycerol / Glycerol polyacrylat (Deklaration laut Hersteller)
Gel 5	Prototyp auf Basis von Hydroxyethylcellulose
Gel 6	Prototyp auf Basis von Hydroxyethylcellulose

Abb. 1 Zusammensetzung der getesteten Formulierungen

## 4. Experimenteller Ansatz

### 4.1 Modell zur Haftfestigkeitsmessung

Ziel des Versuchsaufbaus war es, eine Aussage zur Haftfestigkeit der Gele zu treffen. Zur Realisierung der Messung wurde die Haftung der Gele innerhalb eines Zugversuches experimentell ermittelt und untereinander verglichen. Die Grundlage für die Ermittlung des Haftfestigkeitsverhaltens der Gele bildete die DIN EN ISO 10873. In dieser Norm sind die Anforderungen und die Messmethoden für die Haftfestigkeit von Prothesenhaftmitteln festgelegt. Für die Versuche wurde eine Prüfmaschine (ProLineZ050TN), der Firma Zwick GmbH & Co. KG verwendet. Hierbei wurde die Kraft in Newton (N) ermittelt, die

nötig ist, um die Testformulierung vom Probenhalter zu lösen. Die Versuchsanordnung sowie die Hauptkomponenten, ein nach Norm angefertigter Stempel und ein Probenhalter aus Polymethylmethacrylat (PMMA), sind in Abbildung 1 dargestellt. Es erfolgte die Fixierung von Stempel und Probenhalter in der Zugmaschine, so dass die Kraft mittig auf das Gel wirken konnte. Während des gesamten Versuches verblieben beide Komponenten fest in der Prüfvorrichtung eingespannt. Um die natürlichen Begebenheiten der Mundhöhle nachzuahmen, wurde der Versuch in der Temperierkammer bei 37 °C durchgeführt.

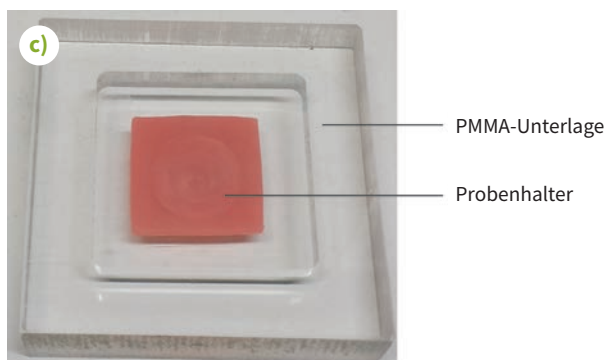
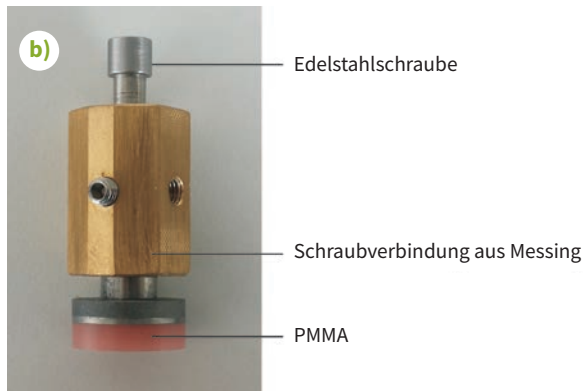
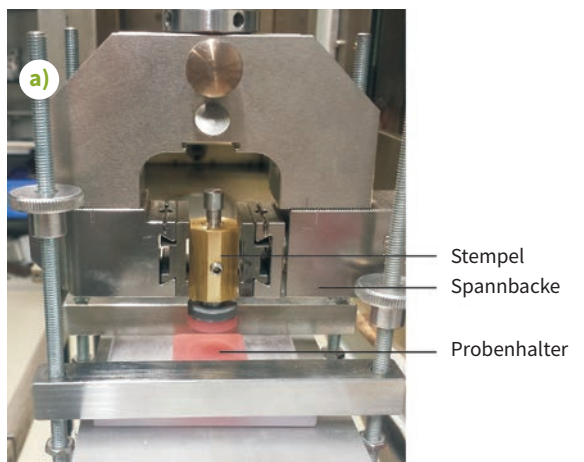


Abb. 1 Versuchsaufbau zur Bestimmung der Haftfestigkeiten der Gele:  
a) Überblick, b) Stempel und c) Probenhalter

## 4.2 Haftfestigkeitsuntersuchungen der Gele nach Kontakt mit künstlichem Speichel

Um eine Restfeuchte der oralen Oberflächen in der Mundhöhle zu simulieren, erfolgten Untersuchungen mit künstlichem Speichel. Zu Beginn der Prüfung wurde die zu testende Formulierung auf den Stempel appliziert. Die Applikation von künstlichem Speichel erfolgt auf den Probenhalter. Für die Versuche wurden 0,125 ml, 0,25 ml, bzw. 0,5 ml Speichel verwendet. Als Kontrollversuch erfolgten die Versuche auch ohne Speichel.

Zur Messung wurde der Stempel auf die Startposition (2 mm über der Probe) gefahren. Danach drückte dieser mit einer Traversengeschwindigkeit von 5 mm pro Minute auf die Gelprobe, bis eine Vorkraft von 1 N erreicht war und das Gel die Stempelunterseite benetzte. Im nächsten Schritt wurde lagegesteuert eine Kraft von  $9,8 \pm 0,2$  N langsam angefahren und der Stempel anschließend 30 s in seiner Höhe gehalten. Nach dem Ablauf der Wartezeit erfolgte ein Abziehen des Stempels (5 mm pro Minute) von der Gelprobe. Die dabei ermittelte maximale Abziehkraft (in N) wurde in einen Haftfestigkeitswert (in  $\text{N}/\text{mm}^2$ ) umgerechnet und dokumentiert. Der Versuch wurde 10-mal wiederholt.

### Ergebnisse

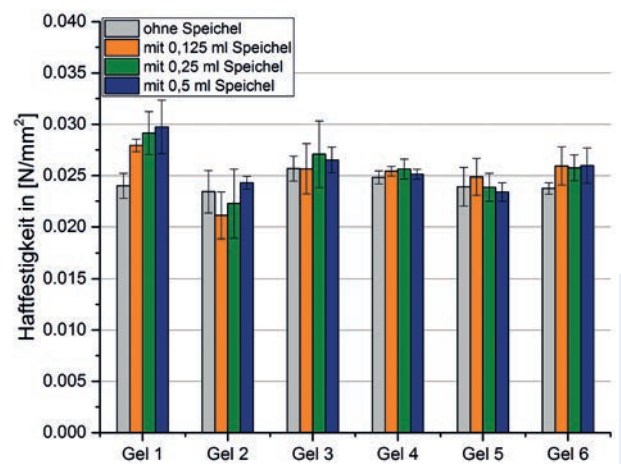


Abb. 2 Haftfestigkeit der Gele mit und ohne künstlichen Speichel

In der Abb. 2 sind die mittleren Haftfestigkeiten ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) der sechs untersuchten Gele bei Versuchen ohne und mit künstlichem Speichel dargestellt. Aus dem Diagramm geht hervor, dass mit Hilfe des methodischen Ansatzes eine Differenzierung der Haftfestigkeiten von Gelen möglich ist. Die Messwerte zeichneten sich durch eine geringe Streuung aus, was eine hohe Reproduzierbarkeit der Methode widerspiegelt.

Das Gel 1 erreichte in der Studie im arithmetischen Mittel die höchste und Gel 2 die niedrigste Haftfestigkeit im Vergleich zu den anderen Gelproben. Deutlich zu erkennen ist, dass künstlicher Speichel die Haftfestigkeit von Gel 1 signifikant erhöht. Wahrscheinlich quillt das

Gel durch Wasseraufnahme nach und daraus resultiert eine höhere Haftfestigkeit. Dagegen konnte bei dem Gel 4 eine nahezu gleichbleibende Haftung und eine sehr geringe Standardabweichung bei Kontakt mit künstlichem Speichel festgestellt werden.

Die beiden neu entwickelten Gele 5 und 6 zeigen beide vergleichbare Tendenzen, wie die Markenprodukte. Eine weitere Optimierung hinsichtlich der Haftfestigkeiten der Prototypen wird im Forschungsprojekt derzeit weiterverfolgt.

### Diskussion

In vergleichbaren Studien von Hong et al. (2011) und Kano et al. (2012) wurde der gleiche Trend bei Haftfestigkeitsuntersuchungen von Gelen dokumentiert. Allerdings zeigten beide Studien höhere Haftfestigkeitswerte. Ein Grund dafür könnte das Material der Stempelunterseite sein. In den erwähnten Studien wurde die Oberfläche der Stempelunterseite vor den Versuchen mit Schleifpapier behandelt. An einer angerauten Stempelunterseite haften die Gele vermutlich besser, was die höheren Haftfestigkeitswerte erklären könnte. Die Norm schreibt wiederum kein Aufrauen der Stempelunterseite vor. Damit die Planparallelität des Versuchsaufbaus gewährleistet wird und somit keine Messunsicherheiten entstehen, wurde von einem Aufrauen der Stempelunterseite in dieser Studie abgesehen.

### 4.3 Haftfestigkeitsuntersuchungen der Gele nach Auslagerungsversuchen in der Klimakammer

#### Experimenteller Ansatz

Die menschliche Mundhöhle hat bei einer physiologischen Speichelproduktion eine relative Luftfeuchtigkeit (rF) von > 90 %. Bei Mundtrockenheit sinkt die Luftfeuchtigkeit dagegen ab. Das Ziel der folgenden Versuchsreihen war daher, den Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Haftfestigkeit der Gele zu untersuchen. Dazu wurden die Gele jeweils für 2 h bei verschiedenen relativen Luftfeuchten (80 % und 40 %) und einer Temperatur von 38 °C in einer Klimakammer gelagert. Für die Einlagerung wurden 10 g Gel in ein Becherglas gegeben. Vor und nach der Lagerung wurden die Haftfestigkeitsmessungen durchgeführt. Das Gel wurde dafür in die Vertiefung vom Probenhalter gegeben und plan abgezogen danach erfolgte die Haftfestigkeitsuntersuchung, wie bereits oben beschrieben, aber ohne die Zugabe von künstlichem Speichel.

### Ergebnisse

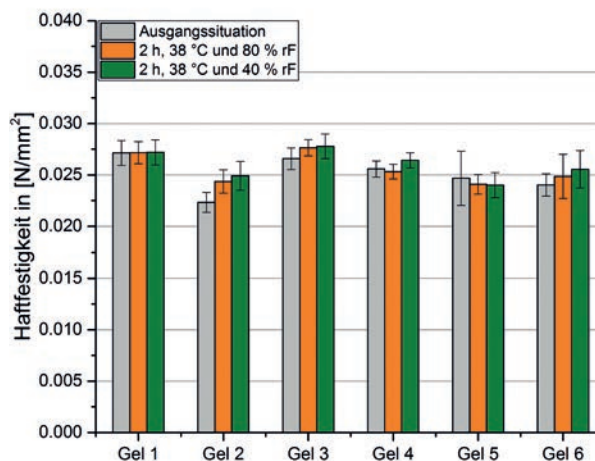


Abb. 3 Haftfestigkeit vor und nach der Auslagerung in der Klimakammer

Die Abb. 3 zeigt die Haftfestigkeiten der Formulierungen vor und nach der 2-stündigen Auslagerung. Die Gele 1 und 5 zeigen keine deutlichen Änderungen bzw. Tendenzen hinsichtlich der Haftfestigkeitswerte vor und nach der Auslagerung. Die Gele 2-4 und 6 zeigen tendenziell einen Anstieg der Haftung nach der Auslagerung. Wahrscheinlich bewirkt ein Austrocknen der Formulierungen diesen Anstieg in den Messwerten. Wünschenswert wären jedoch konstante Haftfestigkeitswerte vor und nach der Auslagerung, da sich Änderungen der Haftfestigkeitswerte, hervorgerufen durch Austrocknungseffekte (= Verlust der Befeuchtungsfunktion der Formulierungen), auch negativ auf das Mundgefühl auswirken können.

### Diskussion

Zur Ermittlung einer sinnvollen Auslagerungszeit der Gele in der Klimakammer wurden verschiedene Quellen verwendet. Die Packungsbeilage eines Handelsproduktes empfiehlt eine Anwendungszeit von 4 h. In der Studie von Murakami et al. (2016) wurden die Gele dagegen 8 h ausgelagert. In dieser Studie ist die Auslagerungszeit auf 2 h begrenzt worden. Voruntersuchungen zu dieser Studie bestätigten, dass die getesteten Gele bereits nach 4 h eine große Menge an Wasser abgegeben hatten und keine Haftfestigkeitswerte mehr bestimmt werden konnten.

Bei der Applikation der ausgelagerten Gele in den Messaufbau wurde deutlich, dass die obere Schicht der Gelproben stärker ausgetrocknet war, als das darunter liegende Gel. Um die Homogenität der Probe zu gewährleisten, wurden die verschiedenen Gelformulierungen vor der Messung mit einem Rührer homogenisiert. In weiteren Untersuchungen sollte geprüft werden, ob eine Auslagerung von einer glatt gestrichenen Probe zu einem gleichmäßigeren Austrocknen der Gelprobe führt.

Die Gele 2-4 und 6 zeigen tendenziell einen geringen Anstieg der Haftfestigkeitswerte nach einer Auslagerung in der Klimakammer.

Auch hier gilt es zu überlegen, ob eine stärkere Haftung an der Mucosa mit Zunahme des Anwendungszeitraums von Patienten mit Mundtrockenheit als unangenehm empfunden werden könnte. Eine endgültige Beurteilung der Prototypen hinsichtlich des Mundgefühls nach Applikation können erst durch in vivo bzw. in situ Studien am Patienten getroffen werden.

## 5. Schlussfolgerungen

Die Zahl der von Mundtrockenheit betroffenen Menschen wird aufgrund des demografischen Wandels in den nächsten Jahrzehnten stark ansteigen. Verbesserte Produkte zur effektiven Behandlung von Mundtrockenheit sind daher unerlässlich. Aus den dargestellten materialwissenschaftlichen Ergebnissen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

1. Mit Hilfe des methodischen Ansatzes nach der DIN EN ISO 10873 ist eine Differenzierung der Haftfestigkeiten verschiedener Gele möglich.
2. Die neu entwickelten Gele zeigen im Vergleich zu den Handelsprodukten identische oder ähnliche Materialeigenschaften.

3. Alle getesteten Gele zeigen nach Zugabe von künstlichem Speichel konstante oder höhere Haftfestigkeitswerte im Vergleich zu Versuchen ohne Speichel.
4. Eine Auslagerung in der Klimakammer nach 2 h, 38 °C und 80 % bzw. 40 % relativer Luftfeuchtigkeit zeigt bei allen getesteten Gelen nur einen geringen Einfluss auf die Haftfestigkeitswerte.
5. Das entwickelte Modell eignet sich zur Prüfung der Haftfestigkeit von Gelen zur Behandlung der Mundtrockenheit unter verschiedenen Bedingungen.

### Dank

Wir danken der Fa. Skinomics GmbH und Herrn Moritz Niemöller für die Bereitstellung der Formulierungen, Herrn Dipl.-Ing. (FH) Torsten Theumer für die Erstellung der Konstruktionszeichnungen sowie Herrn Thomas Stordeur für die technische Betreuung der Versuche. Weiterer Dank gilt Prof. Dr. Daniel Raabe für die Betreuung der Arbeit seitens der BA Bautzen und der Investitionsbank Sachsen-Anhalt für die Förderung (IB-FuE 1504/00028).

## Literaturverzeichnis

Delli K., Spijkervet F.K.L., Kroese F.G.M., Bootsma H., Vissink A. (2014): Xerostomia. *Monogr Oral Sci*; 24: 109-125.

DIN EN ISO 10873 (2010): Zahnheilkunde-Prothesenhaftmittel. Ausgabedatum: 12/2010.

Dirix P., Nuyts S., Van den Bogaert W. (2006): Radiation-Induced Xerostomia in Patients with Head and Neck Cancer – a literature review. *Cancer*; 107(11): 2525-34.

Herrmann G., Müller K., Behr M., Hahnel S. (2017): Xerostomie und ihr Einfluss auf die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität. *Z Gerontol Geriat*; 50: 145-150.

Hong G., Tsuka H., Dilinuer M., Wang W., Sasaki K. (2011): The initial viscosity and adhesive strength of denture adhesives and oral moisturizers. *Asian Pac J Dent* 2011; 11: 45-50.

Jensen D.H., Oliveri R.S., Kølle S.F., Fischer-Nielsen A., Specht L., Bardow A., Buchwald C. (2014): Mesenchymal stem cell therapy for salivary gland dysfunction and xerostomia: a systematic review of preclinical studies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*; 117: 335-342.

Jensen S.B., Pedersen A.M., Vissink A., Andersen E., Brown C.G., Davies A.N., Dutilh J., Fulton J.S., Jankovic L., Lopes N.N., Mello A.L., Muniz L.V., Murdoch-Kinch C.A., Nair R.G., Napeñas J.J., Nogueira-Rodrigues A., Saunders D., Stirling B., von Bültzingslöwen I., Weikel D.S., Elting L.S., Spijkervet F.K., Brennan M.T. (2010): A systematic

review of salivary gland hypofunction and xerostomia induced by cancer therapies: prevalence, severity and impact on quality of life. *Support Care Cancer*; 18: 1039-60.

Kano H., Kurogi T., Shimizu T., Nishimura M., Murata H. (2012): Viscosity and adhesion strength of cream-type denture adhesives and mouth moisturizers. *Dent Mater J*; 31(6): 960-8.

Murakami M., Nishi Y., Fujishima K., Nishio M., Minemoto Y., Kanie T., Nishimura, M. (2016): Impact of Types of Moisturizer and Humidity on the Residual Weight and Viscosity of Liquid and Gel Oral Moisturizers. *J Prosthodont*; 25(7): 570-575.

Matolyzc, E. (2012): *Pflege von alten Menschen*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Michel, O. (2012): Wenn die Spucke wegbleibt. *HNO-Nachrichten* 42(5): 42-46.

Momm F., Meßmer M.-B., Kirste S., Becker G. (2010): Xerostomie. Verbesserte Linderung durch ein Spray mit pflanzlichen Polysacchariden. *HNO*; 58: 680-685.

Starostzik, C. (2013): Wüstenklima im Mund bekämpfen. *CME*, 10(4): 18-19.

Sullivan E.M., Higginson I.J. (2010): Clinical effectiveness and safety of acupuncture in the treatment of irradiation-induced xerostomia in patients with head and neck cancer: a systematic review. *Acupuncture Med*, 28: 191-199.