

Projekttitle: Entwicklung von Island-in-the-Sea-Monofilamenten für
Zahnbürstenborsten mit erhöhter Reinigungsleistung -
1000-in-1-Filament

Partner: ITA an der RWTH Aachen
DWI – Leibniz-Institut für Interaktive Materialien
ZPP - Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und
Präventive Zahnheilkunde der Uniklinik Aachen

Laufzeit: 01.08.2019 - 31.10.2022

Förderträger: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
(BMWK) – Industrielle Gemeinschaftsförderung (För-
dernummer 20778 N)

Univ.-Prof.
Prof. h.c. (Moscow State Univ.)
Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing.
Thomas Gries
Direktor

Dr.-Ing. Franz Pursche
Bereichsleiter

Mein Zeichen: FP
11.02.2021

Mission Statement

In diesem Forschungsvorhaben wurden neue Borsten für Zahnbürsten entwickelt, die gegenüber konventionellen Borsten eine erhöhte Reinigungsleistung besitzen. Karies und Parodontitis, die häufigsten Zahnerkrankungen, sind vor allem auf eine mangelnde Reinigung der Zähne zurückzuführen [Mey12]. Ursache dafür ist neben einer schlechten Putztechnik und fehlenden Mundhygiene auch die Reinigungsleistung der Zahnbürste, speziell in den Bereichen der Zahnzwischenräume und Vertiefungen in den Zahnkronen (Fissuren) sowie im hinteren Zahnbereich.

Der wissenschaftliche-technische Ansatz des Projektes besteht darin, Mikrofilamentbündel mit eingebautem Versteifungssystem in einem Prozessschritt herzustellen (Abbildung 1).

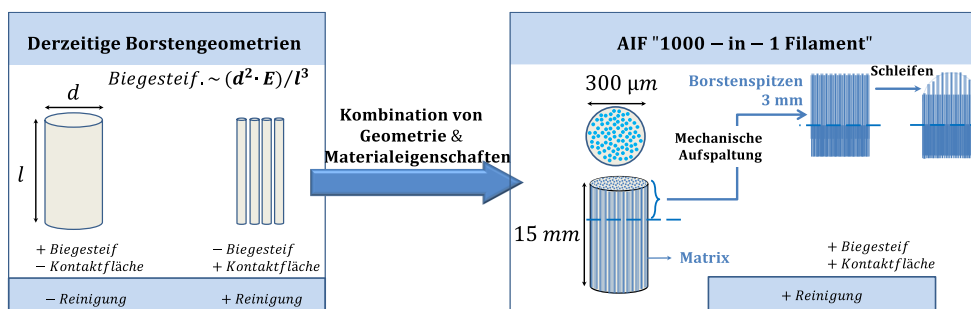


Abbildung 1: Projektansatz des IGF-Vorhabens 20778 N 1000-in-1-Filament

Nachträglich werden die Filamentbündel an den Borstenspitzen teilweise von der Bindematrix gelöst. Basis ist die Entwicklung von Bikomponentenfilamenten hinreichender (mit konventionellen Borsten vergleichbarer) Biegesteifigkeit, die sich an den freien Borstenenden der Zahnbürsten um ein Vielfaches aufteilen lassen, so dass bei Erhalt der ursprünglichen Filamentsteifigkeit lediglich die Borstenspitzen über feine, Mikrofasern mit großer Oberfläche verfügen.

Lösungsweg

Als Lösungsansatz wurden dazu vom Projektpartner DWI die einzusetzenden Polymere ausgewählt sowie ein Ablösungsverfahren für die Borstenenden entwickelt. Am ITA wird eine Spindüsengeometrie sowie ein Faser-spinprozess entwickelt. Vom ZPP werden in-vivo und in-vitro Studien

durchgeführt, um die Wirksamkeit der entwickelten Zahnbürstenborsten zu quantifizieren.

Zentrale Ergebnisse

Vom DWI wurden kommerzielle Zahnbürsten beschafft und charakterisiert, um die Materialauswahl für die im Rahmen des Projektes benötigten Referenzzahnbürsten festzulegen. Weiterer Schwerpunkt war die Auswahl der gemeinsam verarbeitbaren Polymermaterialien, die das Spinnen von Island-in-The-Sea-Filamenten grundsätzlich ermöglichen. Darauf aufbauend wurden orientierende Spinnversuche bei Hills Inc. durchgeführt und Filamente mit 500 Inseln aus Polybutylenterephthalat (PBT) in einer Matrix aus Nylon 6 (PA 6) hergestellt. Der beste Spinnversuch lieferte die Basis für die Herstellung eines Prototyp-Filaments, das den Projektpartnern einschließlich entsprechender Materialspezifikationen für die weiteren Entwicklungsarbeiten zur Verfügung gestellt wurde. In enger Zusammenarbeit mit der Perlon GmbH und Zahoransky AG wurden aus dem neuen Filament Zahnbürsten-Demonstratoren und aus den zuvor ausgewählten kommerziellen Zahnbürstenfilamenten vergleichbar aufgebaute (Kopfform, Kopfgröße, Besteckungsdichte) Referenzzahnbürsten hergestellt. Die erfolgreiche Herstellung von Zahnbürsten zeigt das Potential für die Weiterverarbeitung des neuen Filaments auf industriell etablierten Anlagen. Um die Kontaktfläche der Filamente zu vergrößern, wurden zudem ein Verfahren zum selektiven Freilegen der Mikrofilamente an den Borstenenden der Demonstrator-Zahnbürste entwickelt und dem ZPP entsprechend modifizierte Zahnbürsten für die weiterführenden Arbeiten bereitgestellt.

Als zentrales Ergebnis stehen am ITA mehrere in Kooperation mit dem PBA-Mitglied Sossna GmbH entwickelte Spinn Düsen und deren Geometrien sowie ein stabiler Herstellungsprozess für die Bikomponentenfasern. Um die Entwicklungszeiten der Spinn Düsengeometrien zu verkürzen, wurde eine CFD basierte Simulation zur Vorhersage entwickelt, auf Basis derer die notwendige Spinn Düsengeometrie vorhergesagt werden kann. Die Ergebnisse der Simulation konnten in Praxisversuchen validiert und bestätigt werden. Die Anwendungsmöglichkeiten der Simulation reichen über „Bikomponentenfilamente für Zahnbürstenborsten“ hinaus und können in nahezu jedem Faserbildungsprozess mit eingesetzt werden. Auch eine Anwendung in der Kunststofftechnik ist denkbar.

Weiterhin wurde ein stabiler Faserspinnprozess mit verschiedenen Filamentgeometrien entwickelt. Die Geometrie hat einen signifikanten Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften. Die vom ZPP getesteten Filamente weisen einen „Blumenstrauß“ Effekt auf. Messungen bestätigen den Filamenten ein geringes Wiederaufstandsvermögen. Das Konsortium geht davon aus, dass dieser Effekt mit einer alternativen Materialkombination mit beispielsweise PA6.10 behoben werden könnte. Diese Entwicklung konnte im Projekt nicht mehr umgesetzt werden. Das gewonnene Knowhow kann neben dem Anwendungsfall Zahnbürstenborsten auch für weitere Monofilamentprozesse, wie beispielsweise Bürstenborsten oder Kunstrasenfilamente eingesetzt werden.

Im Rahmen der Arbeiten der ZPP wurde zunächst das Abrasionsverhalten kommerziell erhältlicher Zahnbürsten auf gesunder und säure-erodierter

Zahnhartsubstanz untersucht. Zusammenfassend zeigte sich, dass auf gesunder Zahnhartsubstanz das größte Schädigungspotential für die meisten der untersuchten Parameter für die Zahnbürste Muji fine bristles beobachtet werden konnte, wohingegen die Curaprox 5460 das geringste Schädigungspotential für die meisten der untersuchten Parameter zeigte. Auf säure-erodierter Zahnhartsubstanz zeigte ebenfalls die Zahnbürste Muji fine bristles für die meisten der untersuchten Parameter das größte Schädigungspotential, wohingegen die Zahnbürste Curaprox 5460 das geringste Schädigungspotential für die meisten der untersuchten Parameter zeigte. Im Anschluss wurde das Abrasionsverhalten der Demonstratorzahnbürste auf gesunder und säure-erodierter Zahnhartsubstanz analog untersucht. Insgesamt zeigte die Demonstratorzahnbürste auf gesunder ebenso wie auf säure-erodierter Zahnhartsubstanz vergleichbare Abrasionswerte in Schmelz und Dentin wie handelsübliche Zahnbürsten.

Auf Basis dieser Ergebnisse wurde ein Ethikantrag bei der Medizinischen Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der RWTH Aachen gestellt (CTC-A-Nr.: 20-344) und die Reinigungseffektivität der Demonstratorzahnbürsten im Rahmen einer doppelblinden, klinischen Kreuzstudie untersucht. Im Rahmen der Untersuchungen wurden Parameter in der Mundhöhle der Probanden erhoben, welche Rückschlüsse auf die Menge bakteriellen Zahnbelags (*Approximalraum-Plaque-Index (API)*, *Plaque-Index nach Quigley und Hein (QH)*) und den Entzündungszustand des Zahnfleisches (*Papillenblutungsindex nach Saxer und Mühlemann (PBI)*) zuließen.

Die Ergebnisse des *Approximalraum-Plaque-Index (API)* sowie des *Plaque-Index nach Quigley und Hein (QH)* zeigten tendenziell günstigere Werte hinsichtlich der Plaquemenge in den Zahnzwischenräumen sowie auf den Außenflächen der Zähne durch Verwendung der Demonstratorzahnbürste; jedoch keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der Verwendung der Demonstrator- und Referenzzahnbürste. Aufgrund des bekannten *Hawthorne Effekts* ist dieses Ergebnis als nicht unerwartet einzustufen. Der Effekt besagt, dass Teilnehmer ihr natürliches Verhalten ändern, weil sie wissen, dass sie an einer Studie teilnehmen und unter Beobachtung stehen, was zu einer falschen Einschätzung, z.B. zur Wirksamkeit einer Intervention, führen kann. Transferiert auf das vorliegende Forschungsvorhaben bedeutet dies, dass die Probanden ihre Zähne vor den Untersuchungen besonders gründlich reinigen, da sie wissen, dass hierbei die in der Mundhöhle vorliegende Menge bakteriellen Zahnbelags evaluiert wird.

Daher wurde im Rahmen dieser Studie zusätzlich zu den, aufgrund der beschriebenen Effekte hinsichtlich ihrer Aussagekraft beeinträchtigten, Plaque-Indizes auch ein Blutungsindex (*Papillenblutungsindex nach Saxer und Mühlemann (PBI)*) erhoben. Liegen bakterielle Zahnbeläge vor induzieren deren Stoffwechselprodukte entzündliche Veränderungen am Zahnfleischrand und bedingen so eine erhöhte Blutungsneigung. Die im Rahmen des PBI erhobenen Blutungswerte erlauben somit direkte Rückschlüsse auf das längere Vorhandensein (stärkere Blutung) bzw. die längere Abwesenheit (verminderte Blutung) bakterieller Zahnbeläge. Als zentrales Ergebnis der klinischen Untersuchungen zeigte sich eine statistisch signifikante Reduktion der Blutungsneigung, also des Entzündungszustands, des Zahnfleisches durch Verwendung der Demonstratorzahnbürste, resultierend aus einer bereits länger

andauernden Reduktion bakterieller Zahnbeläge. Die Evaluation der Effektstärke (Cohen´s d = 1,164 / Effektstärke r = 0,517) konnte zeigen, dass das als statistisch signifikant imponierende Ergebnis auch praktische Relevanz aufweist.

Zusammenfassung und Relevanz

Da sich im Rahmen der Nutzung der Demonstratorzahnbürste Einschränkungen hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften der Borsten („Kniebildung“, „Blumenstraußeffect“) zeigten, weist dies auf eine über dieses Projekt hinausgehende Notwendigkeit der Optimierung mechanischer Eigenschaften hin. Trotz dieser Einschränkungen zeigte die Demonstratorzahnbürste die beschriebene statistisch signifikante Überlegenheit im Vergleich zu kommerziell erhältlichen Zahnbürsten, sodass vermutet werden kann, dass diese Überlegenheit bei Beseitigung der beschriebenen mechanischen Einschränkungen noch deutlicher ausfällt.

Die entwickelte Mikrofilament-Zahnbürstenborste deckt somit nicht nur einen großen, sondern auch einen für KMU in allen Anwendungsbereichen kontinuierlich wachsenden Markt ab. Krankheiten der Zähne und des Zahnhalteapparates sind in Deutschland die vierthäufigste Ursache von Arbeitsunfähigkeitsbescheinigungen mit ca. 166.000 Fällen im Jahr 2015 [FDM16]. Behandlungskosten, die auf Karies und Parodontitis zurückzuführen sind, lagen im Jahr 2014 bei knapp 420 Mio. Euro [FDM16]. Eine Nutzung der Ergebnisse ist grundsätzlich in allen Wirtschaftsbereichen (z.B. Medizin, Hygiene, Industrie) denkbar, wo Bürstenborsten bzw. auch Mikrofasern zum Einsatz kommen.

Fördergeber und Danksagung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 20778 N der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstraße 14-16, 10117 Berlin wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Kontakt

Dr.-Ing. Franz Pursche
Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University
Otto-Blumenthal-Str. 1
52074 Aachen
Tel.: +49/(0)241/80 232 68
Fax: +49/(0)241 80 224 22
franz.pursche@ita.rwth-aachen.de