

# Fortschritt-Berichte VDI

VDI

Reihe 10

Informatik/  
Kommunikation

Nr. 852

Dietmar Prestel,  
Kempten, M. Sc. M. Sc.

## Informationstechnische Verbesserung des Zahnputzvorgangs



FernUniversität in Hagen  
Schriften zur Informations-  
und Kommunikationstechnik



# Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 10

Informatik/  
Kommunikation

Dietmar Prestel,  
Kempten, M. Sc. M. Sc.

Nr. 852

Informationstechnische  
Verbesserung des  
Zahnputzvorgangs



FernUniversität in Hagen  
Schriften zur Informations-  
und Kommunikationstechnik

Prestel, Dietmar

## **Informationstechnische Verbesserung des Zahnpflegevorgangs**

Fortschr.-Ber. VDI Reihe 10 Nr. 852. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.

128 Seiten, 57 Bilder, 0 Tabellen.

ISBN 978-3-18-385210-9, ISSN 0178-9627,

€ 48,00/VDI-Mitgliederpreis € 43,20.

**Für die Dokumentation:** Zahnpflegevorgang – Sensorunterstützte Zahnbürste – Anzeigegerät für den Zahnpflegevorgang

Fertigkeiten für eine gute Mundhygiene bedeuten das Erreichen aller für die Zahn- und Mundgesundheit relevanten Flächen bei der Zahneingabe als auch Zahnpflegetechniken, die gleichermaßen eine hohe Effektivität besitzen und das Weichgewebe vor Verletzung schützen. Mithilfe von Sensordaten aus Beschleunigungsmessungen und deren Verrechnung untereinander und mit der Kombination aus Eingangsdaten verschiedener Geräte wird dargelegt, wie die Bestimmung von Bürstort und elementarer Bürstbewegung gelingen kann. Es werden mehrere Vorschläge entwickelt und diskutiert, die Benutzerführung durch Kombination eines mithilfe der Anzeigegeräte generierten Spiegelbildes mit darüber liegenden transparenten Symbolanzeigen und Texten zu optimieren. Auch Möglichkeiten einer offline erfolgenden nachträglichen Weiterverarbeitung der Sensor- und Videodaten beispielsweise für Forschungszwecke oder für die zahnmedizinische Praxis werden erörtert. Hierbei wird verdeutlicht, dass die entwickelte Technologie nicht nur hohe Praxisrelevanz für den einzelnen Patienten besitzt, sondern ein wertvolles Instrumentarium für Langzeitstudien darstellt, von denen in Zukunft wichtige Forschungsergebnisse erwartet werden können.

### **Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet unter <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

### **Bibliographic information published by the Deutsche Bibliothek**

(German National Library)

The Deutsche Bibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliographie (German National Bibliography); detailed bibliographic data is available via Internet at <http://dnb.ddb.de>.

### Schriften zur Informations- und Kommunikationstechnik

Herausgeber:

Wolfgang A. Halang, Lehrstuhl für Informationstechnik

Herwig Unger, Lehrstuhl für Kommunikationstechnik

FernUniversität in Hagen

© VDI Verlag GmbH · Düsseldorf 2017

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, im Internet und das der Übersetzung, vorbehalten.

Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.

ISSN 0178-9627

ISBN 978-3-18-385210-9

# Vorwort

Weiten Teilen der Bevölkerung fehlen Kenntnisse über Anforderungen an die Mundhygiene sowie die Fertigkeiten, gute Mundhygiene aufrecht zu erhalten. Dabei geht es insbesondere um das Erreichen aller für die Zahn- und Mundgesundheit relevanten Flächen bei der Zahnreinigung als auch darum, Zahnpflegetechniken anzuwenden, die gleichermaßen eine hohe Effektivität besitzen und das Weichgewebe vor Verletzung schützen.

Die vorliegende Arbeit dokumentiert, welche Vorteile zukünftige Zahnreinigungssysteme den Benutzern bei der Lösung dieser Aufgaben bieten können. Sie zeigt, wie Visualisierungsgeräte dem Benutzer erlauben können, seinen Mundraum dreidimensional in transparenter Optik mit eingeblendeten Putzstatusinformationen zu erkunden. Dabei wird verdeutlicht, dass sogar eine mit nur wenigen Sensoren ausgestattete manuelle Zahnbürste in Verbindung mit einem Anzeigegerät dem Nutzer erhebliche Fortschritte bieten kann.

**Danksagung**

Herrn Prof. Dr. Dr. Wolfgang A. Halang, dem Leiter des Lehrgebietes Informationstechnik an der Fernuniversität in Hagen, danke ich sehr herzlich für die freundliche Aufnahme der Arbeit und die konstruktiven Diskussionen über Umfang, Inhalt und sinnvolle Ergänzungen der Dissertation.

Gleichfalls danke ich Herrn Prof. Dr. Arnulf Deinzer sehr herzlich für die Betreuung der Arbeit vor Ort, für fachliche Beratung und für die Erstellung des Zweitgutachtens. Als Ansprechpartner für neue Ideen und Richtungen gab er mir immer die richtigen Impulse.

Weiter danke ich Frau Prof. Dr. Renate Deinzer. Sie hatte stets ein offenes Ohr für mich, gab mir wichtige Hilfestellungen für das wissenschaftliche Arbeiten und war mir als Mittlerin im gesamten psychologischen und zahnmedizinischen Bereich eine sehr große Hilfe.

Herrn Michael Bacher gilt mein Dank für die Beratung in drucktechnischen Fragen.

**Widmung**

Meiner Mutter Berta Kure, die mich stets im Privaten unterstützte und mich zur Forschung ermutigt hat.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
<b>2 Problemstellungen und Lösungen elektronisch unterstützter Zahnpflegenvorgänge</b>	<b>7</b>
2.1 Eine sensorunterstützte Zahnbürste . . . . .	7
2.2 Zahnreinigungssystem mit eingeschränkter Sensorik . . . . .	9
2.2.1 Technische Lösung . . . . .	11
2.2.2 Ausführungen . . . . .	18
2.3 Überwachungssystem für die Zahnhygiene mit erweiterter Sensorik . . . . .	19
2.3.1 Probleme aktuell verfügbarer Anwendungen . . . . .	20
2.3.2 Technische Lösung . . . . .	21
2.3.3 Ausführungen . . . . .	26
2.4 Anzeigegerät zur Überwachung des Zahnpflegenvorgangs . . . . .	27
2.5 Einweisung in elementare Bürstbewegungen . . . . .	32
2.5.1 Problematik der Bewegungsdetektion bei aktuell verfügbaren Geräten . . . . .	33
2.5.2 Technische Lösung . . . . .	34
2.6 Zahnreinigungsgerät mit Flüssigkeit liefernden Borsten . . . . .	38
2.6.1 Probleme der alternativen Zahnbürstentechnik . . . . .	39
2.6.2 Technische Lösung . . . . .	40
2.7 Zahnreinigung mittels Beschuss von Tröpfchen . . . . .	42
2.7.1 Probleme der aktuell verfügbaren borstenlosen Zahnbürstentechnik . . . . .	43
2.7.2 Technische Lösung . . . . .	45
2.8 Zahnreinigungsgerät mit ausfahrbaren Borsten . . . . .	48
2.8.1 Probleme interdentaler Zahnreinigungssysteme . . . . .	49
2.8.2 Technische Lösung . . . . .	50
2.9 Kombinierte Reinigung von Zähnen und zahnärztlicher Prothesen . . . . .	53
2.9.1 Probleme aktuell angewandter Prothesenreinigung . . . . .	54

2.9.2	Technische Lösung zur verbesserten Mundhygiene von Betreuten	56
<b>3</b>	<b>Anzeigegerät zur Überwachung des Zahnpflegevorgangs</b>	<b>65</b>
3.1	Erfassung der Messdaten	65
3.2	Auswertungen der aufgenommenen Daten	65
3.3	Auswertungen basierend auf Segmenten mit probabilistischen Schlussfolgerungen	72
3.3.1	Bürsten der Zahnmassenflächen	72
3.3.2	Bürsten mit kreisende Bewegungen	74
3.4	Analysen mit schneller Fourier-Transformation	75
<b>4</b>	<b>Prototypische Realisierung von Funktionen des Anzeigegeräts</b>	<b>81</b>
4.1	Ausgabesymbole für den Bürstort und Anweisungen zur Unterweisung in einer Zahnpflegetechnik	82
4.2	Verwaltung, Zugriff und Ausgabe der Symbole und Anweisungen	86
4.3	Erzeugung eines Spiegelbildes	87
4.4	Überlagerung des Spiegelbildes mit Anweisungen und Symbolen des Bürstortes	88
4.5	Erstellung von Momentaufnahmen überwachter Zahnpflegevorgänge	91
4.6	Erzeugung einer Videoaufnahme des Spiegelbildes	96
4.7	Sicherung und Analyse mehrerer Aufzeichnungsspuren	97
<b>5</b>	<b>Transfer der Technologie</b>	<b>101</b>
5.1	Probleme bei sensorischen Prothesen	102
5.2	Technische Lösung	103
<b>6</b>	<b>Ergebnisse und Ausblick</b>	<b>107</b>
6.1	Zusammenfassung	107
6.2	Erzielte Ergebnisse	108
6.3	Ausblick	113
<b>Literatur</b>		<b>113</b>