

**Analyse und Optimierung der Barrierewirkung
textiler Fügeverbindungen gegenüber kontaminierten Körperflüssigkeiten
am Beispiel von OP-Schutzsystemen**

Der Fakultät Maschinenwesen
der Technischen Universität Dresden

zur

Erlangung des akademischen Grades
Doktoringenieur (Dr.-Ing.)
vorgelegte Dissertation

Dipl.-Ing. Maïke Rabe
geb. am: 10.06.1968

Tag der Einreichung: 15.01.1999

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. H. Rödel
Prof. Dr. rer. nat. H.-K. Rouette
Prof. Dr. med. habil. W. Steuer

Berichte aus der Textiltechnik

Maike Rabe

**Analyse und Optimierung der Barrierewirkung
textiler Fügeverbindungen gegenüber kontaminierten
Körperflüssigkeiten am Beispiel von OP-Schutzsystemen**

Shaker Verlag
Aachen 1999

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Rabe, Maike:

Analyse und Optimierung der Barrierewirkung textiler Fügeverbindungen
gegenüber kontaminierten Körperflüssigkeiten am Beispiel von
OP-Schutzsystemen / Maike Rabe.

- Als Ms. gedr. - Aachen : Shaker, 1999

(Berichte aus der Textiltechnik)

Zugl.: Dresden, Techn. Univ., Diss., 1999

ISBN 3-8265-6437-5

Copyright Shaker Verlag 1999

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.

ISBN 3-8265-6437-5

ISSN 1430-0559

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin und Promotionsstudentin am Institut für Textil- und Bekleidungstechnik der Technischen Universität Dresden.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. H. Rödel für die umfassende Betreuung und seine stete Bereitschaft zur wissenschaftlichen Diskussion. Danken möchte ich auch allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für Textil- und Bekleidungstechnik für ihre Unterstützung bei der experimentellen Durchführung.

Des weiteren danke ich Herrn Prof. Dr. rer. nat. H.-K. Rouette, Fachbereich Textiltechnik der Fachhochschule Niederrhein, für seine fachlichen Hinweise und Anregungen bei der Erstellung dieser Dissertation.

Für die wertvollen Diskussionsbeiträge, insbesondere bezüglich der Krankenhaushygiene, möchte ich auch Herrn Prof. Dr. med. habil. W. Steuer, Direktor des Instituts für Hygiene und Biotechnologie im Forschungszentrum Hohensteiner Institute danken.

Für die Überlassung von Prüfgeräten sowie die Unterstützung im Rahmen der Analytik bin ich des weiteren folgenden Personen zu großem Dank verpflichtet:

- Herrn Dr. med. H. Mergeryan, Institut für allgemeine Hygiene und Umwelthygiene am Klinikum der Georg-August-Universität, Göttingen
- Herrn Dr. rer. nat. H. Krüßmann, wfk- Forschungsinstitut für Reinigungstechnologie e. V., Krefeld
- Frau Dipl.-Ing. U. Bernstein, Sächsisches Textilforschungsinstitut Chemnitz e. V., Chemnitz
- Herrn Dr. rer. nat. L. Jatzwauk, Bereich Krankenhaushygiene der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus der Technischen Universität Dresden
- Herrn Prof. Dr. med. habil. G. Burger, Institut für Mikrobiologie und Hygiene der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus der Technischen Universität Dresden
- Frau Dr. rer. nat. K. Grundke, Institut für Polymerforschung e. V., Dresden

Inhaltsverzeichnis

1	Wissenschaftliche Problemdarstellung und Zielsetzung	1
2	Textile Schutzsysteme im Operationssaal	3
2.1	Allgemeine Betrachtung der Textilien im Gesundheitswesen	3
2.2	Die Bedeutung der Barrierewirkung von OP-Textilien für die Infektionsprophylaxe	5
2.3	Technologische Realisation der Barrierewirkung	8
2.4	Übersicht über OP-Textilien	11
2.5	Prüfung der Barriereeigenschaften	14
2.6	Ökonomische und ökologische Aspekte der OP-Textilien	15
3	Fügen	18
3.1	Allgemeine Bemerkungen	18
3.2	Eigenschaften von Fügeverbindungen	19
3.3	Fügen in der Konfektionstechnik	20
3.3.1	Fügeverbindungen durch Formschluß	22
3.3.2	Fügeverbindungen durch Stoffschluß	24
3.3.2.1	Schweißen	25
3.3.2.2	Kleben	29
3.3.3	Eigenschaften von Fügeverbindungen in der Konfektionstechnik	30
3.4	Prüfmethodik	32
3.5	Stand der Technik bei der Erzeugung flüssigkeitsdichter Nähte in Barriertextilien	33
4	Stofftransportvorgänge in textilen Barriersystemen	35
4.1	Vorbemerkungen	35
4.2	Modellierung des Stofftransportes	35
4.2.1	Mechanismen der Filtration und mechanische Trenngrenzen	36
4.2.2	Mechanismen der Permeation fluiden Systeme durch poröse Festkörper	37

4.2.2.1	Benetzungsverhalten von Textilien	40
4.2.2.2	Porendurchmesser	47
4.3	Meßmethoden zur Bestimmung des Abscheideverhaltens textiler Strukturen	48
4.3.1	Bestimmung der Trenngrenzen	48
4.3.2	Bestimmung des Benetzungsverhaltens von Textilien	48
4.3.2.1	Kontaktwinkelmessung	48
4.3.2.2	Steighöhenmethode	50
4.3.2.3	Hydrostatischer Druckversuch	52
4.3.2.4	Die Barrierewirkung gegenüber kontaminierten Körperflüssigkeiten	53
5	Experimentelle Durchführung	54
5.1	Allgemeine Bemerkungen	54
5.2	Auswahl der Prüfverfahren	55
5.2.1	Die Bestimmung der funktionalen Eigenschaften	55
5.2.1.1	Voraussetzungen zur Bestimmung der Barrierewirkung mittels textiltypischer Prüfverfahren	55
5.2.1.2	Festlegung der Prüfverfahren zur Bestimmung der Barrierewirkung	58
5.2.2	Bestimmung des Benetzungsverhaltens	61
5.2.2.1	Kontaktwinkelmessung	61
5.2.2.2	Steighöhentest	61
5.2.3	Bestimmung der morphologischen Eigenschaften	61
5.2.4	Bestimmung der mechanischen Eigenschaften	62
5.2.5	Untersuchung des Einflusses der Wiederaufbereitung	62
5.3	Auswahl und Untersuchung repräsentativer OP-Textilien	63
5.4	Analyse praxisüblicher Fügestellen	63
5.5	Analyse und Optimierung der Barrierewirkung formschlüssiger Fügeverbindungen	64
5.5.1	Einfluß der Nähnadelgeometrie	65
5.5.1.1	Nadelspitzenform	65
5.5.1.1.1	Stichlochgeometrie	66
5.5.1.1.2	Nadeldurchstechkraft	66
5.5.1.1.3	Wasserdichtigkeit	66
5.5.1.2	Nadeldicke	66

5.5.2	Einfluß der Nähgarnausrüstung	67
5.5.3	Einfluß des Stichtyps	67
5.5.4	Einfluß der Nahtart	67
5.5.5	Einfluß der Stichdichte	68
5.5.6	Barrierewirkung gegenüber kontaminierten Körperflüssigkeiten	68
5.6	Analyse und Optimierung der Barrierewirkung stoffschlüssiger Verbindungen	68
5.6.1	Fügeverbindungen durch Schweißen	68
5.6.1.1	Bestimmung des Schmelzbereichs der Textillamine	68
5.6.1.2	Einfluß der Verfahrensparameter Anpreßdruck und Vorschubgeschwindigkeit	69
5.6.2	Fügeverbindungen durch Kleben	69
5.6.3	Bestimmung der Barrierewirkung gegenüber kontaminierten Körperflüssigkeiten	69
5.7	Kombinierte Fügeverbindungen	70
5.7.1	Kombination Nähen und Schweißen	70
5.7.2	Kombination Nähen und Kleben	70
5.7.2.1	Nähgarn mit Klebekomponente	70
5.7.2.2	Versiegelung der Naht mit einem Heißsiegelband	71
5.7.2.3	Versiegelung der Naht mit einer eingenähten Schmelzklebefolie	72
5.8	Mechanische Eigenschaften linearer Fügeverbindungen	72
5.8.1	Nähen: Einfluß der Stichdichte und Laminatfestigkeit auf die Nahtfestigkeit	72
5.8.2	Schweißen und Kleben: Einfluß der Geometrie des Fügebereichs auf die Festigkeit	73
5.8.3	Einfluß der Wiederaufbereitung auf die Festigkeit stoffschlüssiger Fügeverbindungen	73
5.8.4	Charakterisierung des Kraft-Dehnungs- und Bruchverhaltens	73
5.8.5	Biegesteifigkeit von Fügeverbindungen	73
6	Ergebnisse	74
6.1	Allgemeine Bemerkungen	74
6.2	Die konkrete Zielsetzung der Fügstellenoptimierung	74
6.3	Eigenschaften der ausgewählten OP-Textilien	74

6.3.1	Die funktionalen Eigenschaften	75
6.3.1.1	Die Barrierewirkung gegenüber Flüssigkeiten	75
6.3.1.2	Die Barrierewirkung gegenüber Infektionserregern	76
6.3.1.3	Das Benetzungsverhalten	77
6.3.2	Die morphologischen Eigenschaften	81
6.3.3	Die mechanischen Eigenschaften	81
6.3.4	Auswahl von OP-Textilien für die Fügestellenoptimierung	82
6.4	Eigenschaften praxisüblicher Fügeverbindungen	83
6.4.1	Funktionale und morphologische Eigenschaften	83
6.4.2	Mechanische Eigenschaften	83
6.5	Analyse und Optimierung der Barrierewirkung formschlüssiger Fügeverbindungen	84
6.5.1	Einfluß der Nähnadelgeometrie	84
6.5.1.1	Die Nadelspitzenform	84
6.5.1.1.1	Stichlochgeometrie	84
6.5.1.1.2	Nadeldurchstechkraft in Abhängigkeit von der Nadelspitzenform	87
6.5.1.1.3	Barrierewirkung	90
6.5.1.2	Die Nadeldicke	90
6.5.2	Einfluß der Nähgarnausrüstung	91
6.5.3	Einfluß des Stichtyps	92
6.5.4	Einfluß der Nahtart	92
6.5.5	Einfluß der Stichdichte	94
6.5.6	Barrierewirkung gegenüber kontaminierten Körperflüssigkeiten	95
6.5.7	Zusammenfassung	98
6.6	Analyse und Optimierung der Barrierewirkung stoffschlüssiger Fügeverbindungen	99
6.6.1	Fügeverbindungen durch Schweißen	99
6.6.1.1	Bestimmung des Schmelzbereichs der Textillamine	99
6.6.1.2	Einfluß der Verfahrensparameter Anpreßdruck und Vorschubgeschwindigkeit	99
6.6.2	Fügeverbindungen durch Kleben	103
6.6.3	Bestimmung der Barrierewirkung gegenüber kontaminierten Körperflüssigkeiten	105

6.6.4	Zusammenfassung	108
6.7	Kombinierte Fügeverbindungen	109
6.7.1	Kombination Nähen und Schweißen	109
6.7.2	Kombination Nähen und Kleben	109
6.7.2.1	Nähgarn mit Klebekomponente	109
6.7.2.2	Versiegelung der Naht mit einem Heißsiegelband	110
6.7.2.3	Versiegelung der Naht mit einer eingenähten Schmelzklebefolie	111
6.8	Mechanische Eigenschaften linearer Fügeverbindungen	113
6.8.1	Nähen: Einfluß der Stichdichte und Laminatfestigkeit auf die Nahtfestigkeit	113
6.8.2	Schweißen und Kleben: Einfluß der Geometrie des Fügebereichs auf die Festigkeit	114
6.8.3	Einfluß der Wiederaufbereitung auf die Festigkeit stoffschlüssiger Fügeverbindungen	117
6.8.4	Charakterisierung des Kraft-Dehnungs- und Bruchverhaltens	118
6.8.5	Biegesteifigkeit von Fügeverbindungen	123
6.9	Zusammenfassung	124
7	Auswertung	125
7.1	Allgemeine Betrachtungen	125
7.2	Die Theorie der Barrierewirkung und Möglichkeiten der Optimierung	125
7.3	Experimentelle Optimierung der Fügeverbindungen	128
7.3.1	Optimierung der morphologischen Eigenschaften	129
7.3.2	Optimierung der funktionalen Eigenschaften	134
7.3.3	Optimierung der mechanischen Eigenschaften	140
7.4	Bewertung der Prüfverfahren	143
7.5	Zusammenfassung	144
8	Ausblick	146
8.1	Fügestellenoptimierung	146
8.2	Optimierung von Textilien im Gesundheitswesen	147
8.3	Übertragung der Modellansätze	149

9	Zusammenfassung	151
	Literaturverzeichnis	153
	Bildverzeichnis	168
	Tabellenverzeichnis	172
	Anhang 1: Übersicht über experimentelle Meßwerte	174
	Anhang 2: Prüfverfahren zur Bestimmung der Barrierewirkung	187