



Inhaltsverzeichnis

I Einführung in die Thematik, Hintergrund und Zielsetzung.....	1
1 Epidemiologischer Hintergrund.....	2
2 Rechtlicher Hintergrund	4
3 DGUV-Forschungsprojekt „In-vivo-Evaluierung von Hautreinigungsprodukten“	7
4 Ziel	8
II Übersicht über die Kapitel der Arbeit.....	9
III Theoretischer Hintergrund.....	11
1 Dermale Adhäsion	11
1.1 Adhäsionstheorien	11
1.2 Haut als Adhärenz.....	15
1.2.1 Aufbau der Haut.....	15
1.2.2 Optische Diskrimination von Haut und Hautverschmutzungen	16
1.2.2.1 Charakterisierung der Hautfarbe.....	17
1.2.2.2 Lichttypen nach Fitzpatrick	18
1.2.2.3 Hautfarbmessung.....	19
1.2.3 Hautoberflächenrelief.....	21
1.2.4 Chemische Eigenschaften des Stratum Corneums.....	23
1.2.4.1 <i>Hydrophile Bestandteile, Wassergehalt und pH-Wert</i>	23
1.2.4.2 <i>Oberflächenspannung</i>	27
1.2.4.3 <i>Lipide und Lipidverteilung</i>	28
1.2.5 Schlussfolgerungen.....	29
1.3 Dermale Verschmutzungen als Adhäsiva	33
1.3.1 Definitionen	33



1.3.2 Berufsbedingte Hautverschmutzungen.....	35
1.3.3 Klassifizierung beruflicher Verschmutzungen.....	41
2 Berufliche Hautreinigungsmittel.....	46
2.1 Produktdifferenzierung auf dem Hautreinigungsmittelsektor.....	46
2.2 Reinigungsmittel und reinigungswirksame Inhaltsstoffe.....	46
2.2.1 Tenside	49
2.2.1.1 Ionische Tenside.....	51
2.2.1.2 Nicht-ionische Tenside (Niotenside)	51
2.2.2 Reinigungsverstärker – Abrasive und adsorptive Körper und Lösemittel.....	52
2.2.3 Wirkprinzip – Lösung der Adhäsion	53
2.2.4 Interaktionen mit der Haut.....	55
2.2.4.1 Irritatives Potential und Hautverträglichkeit	55
2.2.4.2 Hautverträglichkeitstests	58
3 Forschungsfragen.....	61
IV Stand der Forschung: Darstellung und Diskussion publizierter Hautreinigungsmodelle.....	
63	
1 In-vivo-Verfahren.....	65
1.1 Nachweis der Reinigungswirkung mittels Fluoreszenz	65
1.2 Nachweis der Reinigungswirkung durch photometrische Analyse des Eluats	67
1.3 Nachweis der Reinigungswirkung durch farbmetrische Analyse der Restverschmutzung auf der Haut	71
1.3.1 Reinigung mit Hilfe von strömungserzeugenden Reinigungskammern	71
1.3.2 Reinigung mit Hilfe von mechanischen Hautreinigungsmaschinen.....	72
1.3.3 Reinigung mittels manueller Hautwaschtests	78
1.4 Nachweis mittels eines visuellen Scores	80
1.5 Kombinierte Nachweisverfahren - Visueller Score und farbmetrische Messung....	82



1.6 Nachweis der Reinigungswirkung durch Sebumetrie	84
2 Ex-vivo-Verfahren	85
3 Diskussion und Implikationen für das In-vivo-Modell	88
3.1 Modellschmutzformulierungen.....	88
3.1.1 Eigenschaften und Haftungsintensität	89
3.1.2 Hautverträglichkeit.....	95
3.1.3 Applikation.....	102
3.2 Nachweismethoden.....	106
3.3 Standardisierung der Waschprozedur	110
3.3.1 Waschlösungen – Mengenverhältnisse und Applikationsdesign.....	113
3.3.2 Waschzeiten.....	116
3.3.3 Waschttemperaturen.....	117
3.3.4 Wasserqualität.....	118
3.3.5 Testfeldspülung.....	118
3.3.6 Testfeldtrocknung.....	119
3.3.7 Schlussfolgerungen.....	120
3.4 In-vivo-Teststellen.....	120
3.5 Referenzwerte und -substanzen	122
3.6 Bestimmung der Reinigungswirkung	123
3.6.1 Prinzipien	124
3.6.2 Berechnungsformeln.....	125
3.6.3 Einflussfaktoren bei der Berechnung.....	126
3.6.4 Qualitätskontrolle.....	128
3.6.5 Schlussfolgerungen.....	128
3.7 Kombinierte Testung der Reinigungswirkung und Hautverträglichkeit von Hautreinigungsprodukten	129



V Stand der Herstellerpraxis: Umsetzung, Anforderung und Grenzen der Bewertung der Reinigungswirkung – Ergebnisse einer empirischen Analyse	130
1 Methodisches Vorgehen.....	130
1.1 Fragebogenerhebung und Betriebsbegehung	130
1.2 Identifizierung der Hersteller	131
2 Ergebnisse der Befragung	131
2.1 Allgemeine Angaben	131
2.2 Modellschmutze	132
2.2.1 Einsatz.....	132
2.2.2 Anforderungen	134
2.2.3 Akzeptanz	134
2.3 Hautreinigungsmodelle	134
2.4 Weitere Angaben und Methoden zur Produktauslobung	136
3 Ergebnisse der Betriebsbegehung	137
4 Diskussion	138
5 Schlussfolgerungen	141
VI Formulierung von forschungsleitenden Kriterien zur Entwicklung eines praxisnahen, reproduzierbaren In-vivo-Reinigungsmodells.....	143



VII Modellentwicklung 148

1 Modellschmutzentwicklung 148

1.1 Identifizierung von Hautverschmutzungen am Arbeitsplatz – Schriftliche Befragung unterschiedlicher Berufsgruppen zur beruflichen Schmutzexposition.....	149
1.1.1 Ausgangshypothese	149
1.1.2 Auswahl untersuchungsrelevanter Berufsgruppen.....	149
1.1.3 Zielgruppen der Befragung.....	150
1.1.4 Erhebungszeitraum	151
1.1.5 Konstruktion der Fragebögen	151
1.1.6 Pretest.....	152
1.1.7 Datenerhebung.....	153
1.1.7.1 Fragebogenversendung und Rücklauf.....	153
1.1.7.2 Betriebsbesichtigungen	155
1.1.7.3 Auswertung.....	156
1.1.8 Ergebnisse der Befragung – Berufsprofile zur Schmutzexposition	156
1.1.8.1 Agrar- und Tierwirtschaft	156
1.1.8.2 Bauwirtschaft.....	159
1.1.8.3 Bauchemie.....	161
1.1.8.4 Druck.....	164
1.1.8.5 Friseurhandwerk	168
1.1.8.6 Gesundheitsfachberufe.....	170
1.1.8.6.1 Altenpflege.....	170
1.1.8.6.2 Entbindungspflege (Hebammen)	172
1.1.8.6.3 Krankenpflege	173
1.1.8.6.4 Zahnmedizinische Fachangestellte.....	176
1.1.8.7 Maler- und Lackiererhandwerk.....	178
1.1.8.8 Metallbau, Instandhaltung und Kfz-Mechatronik	183
1.1.8.9 Nahrungsmittelgewerbe (Studienzentrum Jena)	188



1.1.8.10	<i>Reinigung</i>	191
1.1.8.11	<i>Verwaltung</i>	193
1.1.8.12	<i>Zahntechnik</i>	194
1.1.9	Schlussfolgerungen	197
1.1.10	Berufsvergleichende Darstellung der Hautverschmutzungen	197
1.1.10.1	<i>Chemische und physikalische Eigenschaften</i>	197
1.1.10.2	<i>Schlussfolgerungen</i>	203
1.2	Identifizierung relevanter Modellschmutzeigenschaften	204
1.2.1	Entwicklung eines Klassifizierungssystems	206
1.2.2	Möglichkeiten und Grenzen der Simulation	217
1.2.3	Orientierender Pretest mit kommerziellen Produkten	225
1.2.4	Schlussfolgerungen	230
1.3	Extern entwickelte Modellschmutzformulierungen (Hochschule Ostwestfalen-Lippe)	232
1.4	Validierung der Modellschmutze (Studienzentrum Jena)	238
1.5	Modellschmutzapplikation	244
1.5.1	Designentwicklung (Studienzentrum Jena)	244
1.5.2	Pretest (Studienzentrum Jena)	246
1.5.3	Modifizierung (Studienzentrum Osnabrück)	247
1.5.4	Qualitätskontrolle	248
1.6	Diskussion	249
1.6.1	Fragebogenbasierte Berufsgruppenbefragung	251
1.6.1.1	<i>Rücklauf und Aussagekraft</i>	252
1.6.1.2	<i>Konzeption der Fragebögen und Ergebnisse</i>	254
1.6.2	Klassifizierung von beruflichen Verschmutzungen	256
1.6.3	Identifizierung abzubildener Schmutzklassen	262
1.6.3.1	<i>Orientierender Pretest mit kommerziellen Produkten</i>	265
1.6.3.2	<i>Pionieraspekt</i>	266



1.6.4 Modellschmutzformulierungen	266
1.6.4.1 Adhäsionsprinzipien der Modellschmutze	268
1.6.4.2 Vorteile gegenüber vorbeschriebenen Modellschmutzen	269
1.6.4.3 Möglichkeiten einer Schweregradeinteilung	271
1.6.5 Modellschmutzvalidierung	272
1.6.6 Modellschmutzapplikation	277
1.6.6.1 Mengen	278
1.6.6.2 Applikations- und Trocknungs- bzw. Einwirkzeiten	280
1.6.6.3 Intensität der Anschmutzung	282
1.6.6.4 Qualitätskontrolle	283
1.6.7 Möglichkeiten zukünftiger An- und Verwendung der Modellschmutze	284
1.7 Schlussfolgerungen – Konformität mit den forschungsleitenden Kriterien	285

2 Standardisierung der Waschprozedur..... 287

2.1 DGUV-Hautwaschapparat aus Osnabrück „OHWA“	287
2.1.1 Anforderungen	287
2.1.2 Entwicklungszeitraum.....	288
2.1.3 Aufbau und Wirkprinzip.....	288
2.2 Pretest des 1. OHWA-Prototyps – Standardisierung der Anwendung.....	289
2.2.1 Forschungsleitende Fragestellungen und Ziele	289
2.2.2 Kollektiv	290
2.2.3 Durchführung.....	290
2.2.3.1 Material.....	290
2.2.3.2 Methoden.....	291
2.2.4 Ergebnisse	293
2.2.4.1 Waschkammern	293
2.2.4.2 Nachweismethode	298
2.2.4.3 Waschoberfläche.....	301



2.2.4.4	<i>Positionierung des Probanden</i>	310
2.2.4.5	<i>Waschvorgang</i>	312
2.2.4.6	<i>Testfeldspülung</i>	312
2.2.4.6.1	<i>Spültemperatur</i>	313
2.2.4.6.2	<i>Spülvolumen und Strömungskraft</i>	313
2.2.4.7	<i>Trocknung der Testfelder</i>	314
2.2.4.8	<i>Optimierung</i>	315
2.3	Manual zum In-vivo-Reinigungsmodell	317
2.4	Studie zur In-vivo-Validierung des OHWA	322
2.4.1	Ziele.....	322
2.4.2	Ethische Prüfung.....	322
2.4.3	Durchführung und Einschlusskriterien	322
2.4.3.1	<i>Material</i>	322
2.4.3.2	<i>Methodisches Vorgehen</i>	323
2.4.4	Forschungsleitende Fragestellungen und Hypothesenbildung.....	324
2.4.5	Kollektiv	325
2.4.6	Ergebnisse	326
2.4.6.1	<i>Basiswerte vor und nach Anschmutzung</i>	326
2.4.6.2	<i>Überprüfung der Studienvoraussetzungen</i>	327
2.4.6.3	<i>Werte nach Reinigung</i>	329
2.4.6.4	<i>Berechnung der Reinigungswirkung</i>	330
2.4.6.4.1	<i>Reinigungswirkung unter Einbeziehung der „Anschmutzung“</i>	330
2.4.6.4.2	<i>Reinigungswirkung unter Ausschluss der „Anschmutzung“</i>	332
2.4.6.5	<i>Bewertung der Variationskoeffizienten</i>	334
2.4.7	Schlussfolgerungen.....	335
2.5	Diskussion	336
2.5.1	Entwicklung des OHWA und des Manuals.....	337
2.5.1.1	<i>Nachweis der Reinigungswirkung</i>	339



2.5.1.2	Waschprozedur	340
2.5.1.3	Waschoberflächen	341
2.5.1.4	Testfeldspülung	342
2.5.1.5	Waschkammern und Definition der Teststellen	343
2.5.1.6	Positionierung des Probanden	344
2.5.2	Applikation und Mengenverhältnisse der Reinigungslösung	344
2.5.3	Definition der Waschparameter	346
2.5.4	Trocknung der Testfelder	347
2.5.5	In-vivo-Validierung.....	347
2.5.5.1	Anschmutzung	348
2.5.5.2	Werte nach Reinigung.....	349
2.5.5.3	Reinigungswirkung	349
2.5.5.4	Wirkung verschiedener Parametereinstellungen.....	351
2.6	Schlussfolgerungen – Konformität mit den forschungsleitenden Kriterien	351
VIII Zusammenfassung und Gesamtfazit.....		353
1 Zusammenfassung.....		353
1.1	Modellschmutzentwicklung.....	356
1.2	Standardisierung der Reinigungsprozedur	362
2 Gesamtfazit		365
IX Ausblick.....		366
X Verzeichnisse		370
1 Literaturverzeichnis.....		370
2 Abbildungsverzeichnis		409
3 Tabellenverzeichnis		412



4 Formelverzeichnis 420

5 Abkürzungsverzeichnis 421

XI Eidesstattliche Erklärung 423

XII Anhang I