

Die Spacelab-Astronauten werden die einzelnen Experimente der Reihe nach in HO-LOP einbauen und überwachen. Den größten Teil der Experimentsteuerung übernimmt dabei ein Computer. Bei MARCO brauchen wir die Astronauten jedoch beim Füllen der Küvette. Man kann zwar berechnen, was zu geschehen hat, damit die Küvette genau bis zum Rand gefüllt ist, aber es gibt mindestens zwei Unbekannte in dieser Rechnung:

– Welche Temperatur haben wir dann im Spacelab? Je nach Temperatur nimmt die berechnete Flüssigkeitsmenge ein anderes Volumen ein.

– Bleibt die Flüssigkeit unter Schwerelosigkeit in der Küvette oder kriecht sie teilweise kapillar aus?

Hier sollen das Auge und die Hand des Astronauten korrigierend eingreifen, bevor das Meßprogramm automatisch abläuft. Für MARCO ist neben diesem computergesteuerten Lauf unter Umständen noch ein ganz besonderes Experiment vorgesehen: Im sogenannten Telescience-Experiment wird der Experimentator am Boden Funkverbindung mit Spacelab haben und ein li-

fe-Videobild der Strömung und der Temperaturverteilung in der Flüssigkeit erhalten. Er kann dann per Funkkommando Flüssigkeit aus der Küvette saugen oder einspritzen, die Temperaturdifferenz ΔT ändern und wählen, welche Aufnahme er machen will – geradeso, als säße er im Labor neben seinem Experiment. Er muß lediglich eine zeitliche Verzögerung von einigen Sekunden zwischen Befehlerteilung und Befehlsausführung berücksichtigen.

Hoffen wir, daß alles klappt. Die Spacelabmission dauert genau acht Tage und kleine Fehler des Experiments können an Bord kaum repariert werden. Da muß alles hundertprozentig funktionieren. Eine der wesentlichen Arbeiten besteht z. Z. darin, alle Möglichkeiten für Fehler zu bedenken und sowohl gedanklich als auch experimentell durchzuspielen. Dies ist ein großer Aufwand für ein relativ kurzes Experiment.

Danksagung: Das Experiment MARCO wird vom Bundesminister für Forschung und Technologie unter der Nr. 01 QV 88425 gefördert und von der DLR-PT in Köln-Lind geleitet. Wir danken für die uns gegebene Möglichkeit und die Hilfe.

Probleme mit Schutzhandschuhen

Dichtigkeitsprüfung nach neu entwickelter Methode

Von Klaus-Peter Wefers*

Die routinemäßige Anwendung von Schutzhandschuhen bei ärztlichen Untersuchungen und Behandlungen mit Blut- und Schleimhautkontakt sowie beim Umgang mit infektiösem oder toxischem Material im Labor muß gerade in heutiger Zeit als unerlässlich angesehen werden. Daß ein realer Sicherheitsgewinn freilich nur mit dichten Exemplaren erzielt werden kann, ist wohl unumstritten. Die vorliegende Untersuchung stellt die Ergebnisse einer Dichtigkeitsprüfung an 20 verschiedenen Handschuhfabrikaten nach einer neu entwickelten Methode vor.

Aufgrund der Bewußtseinschärfung für Infektionsgefahren bei der zahnärztlichen Behandlung werden aus prophylaktischen Gründen zunehmend Schutzhandschuhe getragen. War in früheren Jahren das Infektionsrisiko hinsichtlich der Hepatitis-B anscheinend noch nicht Grund genug zu einer routinemäßigen Anwendung, stieg neuerdings die Nachfrage – wohl vor allem wegen der Angst vor einer Übertragung von HIV-Viren – derart, daß es bei den Herstellern sogar schon weltweit zu Lieferengpässen kam. Bis heute gibt es in der Bundesrepublik aber noch kein genormtes Prüfverfahren (DIN-Norm) für die Dichtigkeit dieser wichtigen Hilfsmittel. Herstellereigene

Qualitätskontrollen orientieren sich gern an Prüfvorschriften, wie sie beispielsweise in den Vereinigten Staaten oder in Frankreich gelten. Hier werden die Untersuchungshandschuhe bei Raumtemperatur mit 300 ± 25 ml Wasser befüllt, vertikal aufgehängt und zwei Minuten lang auf austretendes Wasser untersucht. Wir halten diese Methode jedoch für wenig geeignet. Zum einen können aufgrund der Oberflächenspannung des Wassers, seiner Adhäsions- und Kohäsionskräfte, kleinere Löcher einfach überbrückt werden und somit nicht als Schadstellen auffallen. Zum anderen ist die Füllmenge einfach zu gering. Eigene Nachprüfungen ergaben, daß schon bei Handschuhen mittlerer Größe die nach den oben genannten Prüfvorschriften maximale Füllmenge von 325 ml Wasser bei weitem nicht ausreicht, die gesamte Handschuhoberfläche zu prüfen. Dadurch können ganze Ab-

Zu den Autoren:



Prof. Dr. Dietrich Schwabe, Jahrgang 1942, leitet seit 1973 das Kristallzuchtlabor am I. Physiologischen Institut der Universität Gießen. Er studierte an der Universität Gießen Physik, erhielt dort 1970 sein Diplom, wurde 1973 promoviert und habilitierte sich 1981 in Experimentalphysik. Seine Forschungsgebiete sind Festkörperphysik mit den Schwerpunkten Materialtechnologie und Kristallzüchtung sowie Hydrodynamik mit Schwerpunkt Marangoni-Konvektion. Seit 1978 leitet er Projekte zu Experimenten unter Schwerelosigkeit.

Prof. Dr. Dr. h.c. D. Sc. Arthur Scharmann, Jahrgang 1928, seit 1969 Direktor des I. Physikalischen Instituts der Universität Gießen, ist Vorsitzender der Schutzkommission des Bundesministeriums des Innern, Mitglied der Strahlenschutzkommission des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Kurator der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig.

Dipl.-Ing. Winfried Senger, Jahrgang 1944, hat an der Technischen Universität Hannover Elektrotechnik studiert. Seit 1971 ist er im Fachbereich Physik der Universität Gießen tätig und für die Lösung elektronischer Problemstellungen zuständig.

schnitte des Schutzhandschuhs von der Begutachtung ausgeschlossen bleiben, z. B. der Daumen und die Handflächen, wie Abb. 1 zeigt. Zumindest tendenziell müssen deshalb das US-amerikanische und das französische Prüfverfahren als „herstellerfreundlich“ angesehen werden.

Schiffner (Schiffner, U., Defekte in Einmal-Untersuchungshandschuhen nach zahnärztlichen Behandlungen, Dtsch. Zahnärztl. Z 43, 1988, 5, 150–154) beschränkte

* Die vorliegende Arbeit ist eine überarbeitete und erweiterte Fassung des Artikels: Wefers, K.-P., Untersuchungen über die Dichtigkeit von Schutzhandschuhen, in: ZWR 12, 1988, S. 1053–1058; mit freundlicher Genehmigung des A. Hüthig-Verlags

seine Untersuchungen an benutzten (!) Schutzhandschuhen auf die Dichtigkeit der Fingerabschnitte. Er kombinierte eine durchschnittliche Füllmenge von 200 ml Wasser mit einer nicht näher definierten Zugabe an Druckluft und beobachtete ebenfalls das austretende Wasser. Gleich (Gleich, P., Probleme mit Einmalhandschuhen, in: Hygiene und Medizin, Wiesbaden 1986, S. 448–449) füllte zwölf verschiedene Handschuhfabrikate mit 1000 bis 1500 ml Wasser. Da weitere Angaben zur Methode fehlen, muß wohl davon ausgegangen werden, daß die Prüfexemplare für einige Minuten bei Zimmertemperatur in vertikaler Ausrichtung auf Wasseraustritt untersucht wurden. Seine Methode des „Voll“-Füllens bezieht zwar die gesamte Handschuhoberfläche in die Prüfung ein; sie erscheint uns dennoch ungeeignet, da sie von einer Standardisierung eher wegführt. Es muß nämlich entsprechend der Handschuhgröße und -dehnbarkeit mit den unterschiedlichsten Füllmengen gearbeitet werden, welche ihrerseits zu unterschiedlichen Prüfkriterien führen. Außerdem geht mit steigendem Füllungsdruck die Formkonstanz des Handschuhs verloren, so daß zusätzliche Schäden durch das Prüfverfahren selbst, etwa infolge von Überdehnung, nicht sicher ausgeschlossen werden können.

Material und Methode

In Ermangelung eines geeigneten und bewährten Prüfverfahrens wurde deshalb von uns eine eigene Methode entwickelt, mit der überprüft werden sollte, ob und in welchem Ausmaß fabrikneue Untersuchungshandschuhe schon mit Perforationen in den Handel kommen. Dazu wurden dem laufenden Kliniksbetrieb stichprobenhaft insgesamt 5000 Exemplare unbenutzter Schutzhandschuhe – 20 verschiedene Fabrikate zu je 250 Stück – unterschiedlicher Chargen entnommen. Es handelte sich um zwei Folien-, sechs Vinyl- und zwölf Latexfabrikate; von letzteren waren sechs Marken als sterile OP-Handschuhe deklariert. Zur Untersuchung kamen nur solche Exemplare, deren Verpackung keine Beschädigung aufwies. Leider fehlen häufig, insbesondere bei den preiswerteren Vinyl- und unsterilen Latexprodukten Chargen-Angaben, bzw. Produktions- oder Verfallsdaten. Alle Prüfexemplare wurden über einen Glashohlzylinder gestülpt und am Rand rund 2 cm eingespannt, sodann langsam bis zum relativen Überdruck von 20 mbar annähernd formgetreu mit Luft gefüllt, für 20 Sekunden in körperwarmes Wasser getaucht und vorsichtig durchgetastet. Durch das Einbringen und die Manipulation unter

Wasser stieg der Prüfdruck der Handschuhe auf Werte zwischen 30 und 40 mbar. Die Abb. 2 und 3 zeigen, wie deutlich sich bei dieser Methode vorhandene Perforationen durch aufsteigende Luftblasen erkennen lassen. Für jeden Handschuh wurde protokolliert, ob er fehlerfrei war bzw. ob er ein, zwei, drei oder mehr Löcher hatte, und wo sich die schadhafte Stellen befanden, nämlich ob sie an den Fingern 1 bis 5, ihren Interdigitalräumen und/oder an den Handflächen auftraten. Ein kleinerer Teil der Exemplare hielt dem Prüfdruck nicht Stand und platzte während der Testphase bzw. hatte so viele und/oder so große Löcher, daß sich ein Prüfdruck erst gar nicht aufbauen ließ.

Diese Handschuhe wurden sämtlich als schadhafte eingestuft und im Protokoll besonders geführt.

Von einigen Schadstellen wurden elektronenmikroskopische Aufnahmen hergestellt. Die Abb. 4 zeigt den Ausschnitt eines Latexhandschuhs samt einer Perforation, die inmitten einer Materialschwachstelle liegt. Auf der Abb. 5 erkennt man viele kleine Schadstellen bei einem Vinylhandschuh. Zweifel an der produktionsbedingten Herkunft dieser Löcher dürften hier wohl kaum aufkommen.



Abb. 1: Folienhandschuh mit 325 ml tuschegefärbtem Wasser gefüllt.



Abb. 2: Vinylhandschuh bei der Unterwasserprüfung.

Untersuchungsergebnisse

Die statistische Auswertung erfolgte nach Materialgruppen getrennt und brachte nach unserer Methode folgende Ergebnisse. Bei den Folienhandschuhen erwiesen sich durchschnittlich nur 28% – also nur gut ein Viertel – als fehlerfrei, 10% hielten der Prüfmethode nicht stand, bei 62% der Folienhandschuhe ließen sich Löcher nachweisen: 24% der geprüften Folienhandschuhe hatten ein Loch, 17% hatten zwei Löcher, bei 9% ließen sich drei Löcher nachweisen und 12% der Fabrikate hatten sogar mehr als drei Löcher. Eine besondere Aufmerksamkeit verdient auch die *Verteilung* der Schadstellen (Tabelle 2). Obwohl die Oberfläche von Daumen, Zeige- und Mittelfinger nur etwa ein Drittel der Gesamtoberfläche eines Handschuhs ausmacht, entfielen 74% aller Schadstellen gerade auf diese drei bei Untersuchung und Behandlung so wichtigen, da vornehmlich benutzten Finger. Allein der Interdigitalraum zwischen Daumen und Zeigefinger trug dazu mit 40% bei. Fast alle aufgefundenen Schadstellen, nämlich 94%, lagen unmittelbar im Bereich der Schweißnaht. Nur unwesentlich besser schnitten bei unserem Test die sechs untersuchten Vinylfabrikate ab. Durchschnittlich 43% erwiesen sich hiervon als fehlerfrei, 2% hielten der Prüfmethode nicht stand, bei 55% ließen sich Löcher nachweisen. So hatten 27% der Exemplare ein Loch, 17% zwei Löcher, 7% drei Löcher, und mehr als drei Löcher wiesen immerhin noch durchschnittlich 4% der von uns geprüften Vinylhandschuhe auf. Bei der Verteilung der Schadstellen zeigten sich wiederum die Hauptuntersuchungsfinger mit durchschnittlich 60% aller gefunde-

nen Perforationen als besonders betroffen. Das Häufigkeitsmaximum lag auch hier zwischen Daumen und Zeigefinger.

Erst bei den Latexhandschuhen fanden wir bessere Werte. So ergab sich bei den zwölf von uns getesteten Fabrikaten immerhin eine mittlere Fehlerfreiheit von 91%, was freilich andererseits bedeutet, daß durchschnittlich immer noch 9% dieser Latexhandschuhe nicht dicht waren. Die einzelnen Marken unterschieden sich bei diesem Handschuhstyp gewaltig¹. 1% aller unter-

¹ Eine Tabelle über die Schadhafteigkeit der untersuchten Marken kann beim Autor dieses Artikels angefordert werden (s. Autorenverzeichnis auf S. 1)

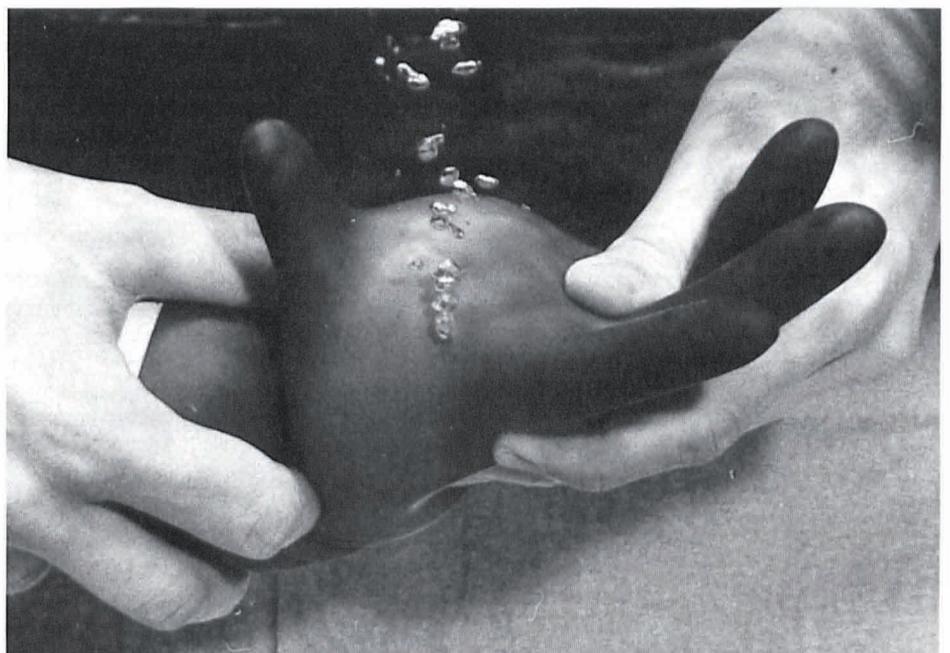


Abb. 3: Latexhandschuh mit Perforationsstelle.

suchten Latexhandschuhe war der Prüfmethode nicht gewachsen. Ein Loch fand sich im Durchschnitt bei 6% der Prüflinge, 1% hatte zwei, ein weiteres Prozent hatte sogar drei Löcher. Wiederum waren Daumen, Zeige- und Mittelfinger überproportional oft beschädigt; 58% der Schadstellen traten hier auf. Der Daumen war absolut am häufigsten undicht.

Die große Qualitätsspanne bei den Latexprodukten legte eine getrennte Auswertung für die sterilen und unsterilen Fabrikate nahe. Erwartungsgemäß setzten sich die OP-Handschuhe im Durchschnitt tatsächlich noch einmal deutlich von den unsterilen Fabrikaten ab. Sie erwiesen sich insgesamt als die besseren Produkte. Im direkten Fabrikatvergleich überraschten allerdings die unsterilen Latexhandschuhe, da sich unter ihnen das mit 46% Undichtigkeit schlechteste Latexprodukt, aber auch der mit nur einem Prozent Undichtigkeit testbeste Handschuh überhaupt befanden.

Zusammenfassung und Diskussion

Mit der von uns entwickelten Unterwasserprüfmethode konnten fabrikneue Schutzhandschuhe bei annähernder Formkonstanz an ihrer gesamten Oberfläche auf Perforationen untersucht werden. Dabei zeigten sich einerseits materialspezifische Qualitätsunterschiede, die im wesentlichen von Folien- und Vinylfabrikaten abraten lassen und tendenziell die Verwendung von Latexhandschuhen nahelegen. Andererseits fanden wir produktspezifische Unterschiede, die auch beim besseren Material noch zu einer Auswahl raten.

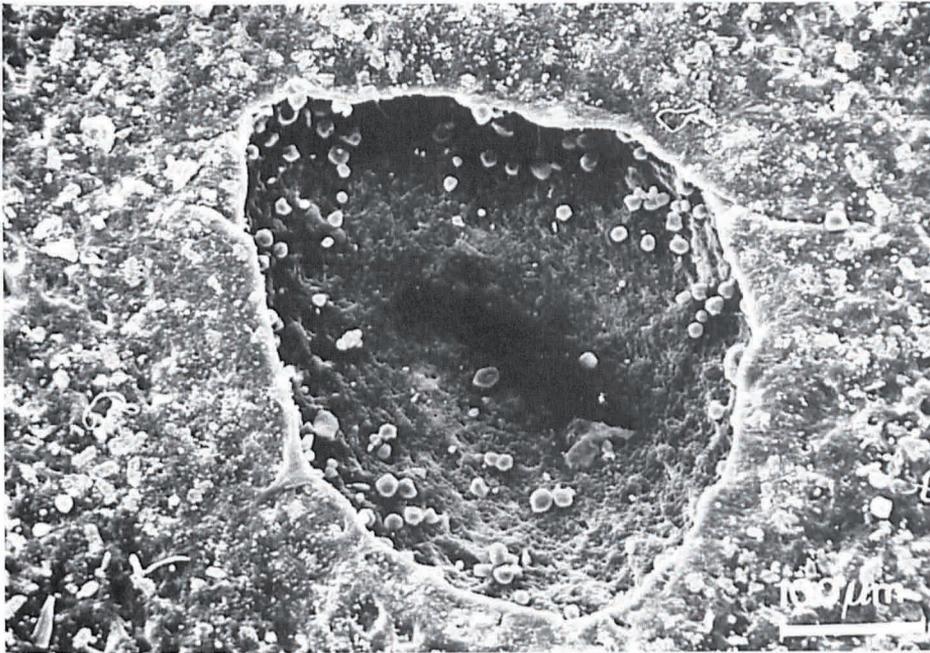


Abb. 4: Elektronenmikroskopische Aufnahme einer Schadstelle (Latexhandschuh).

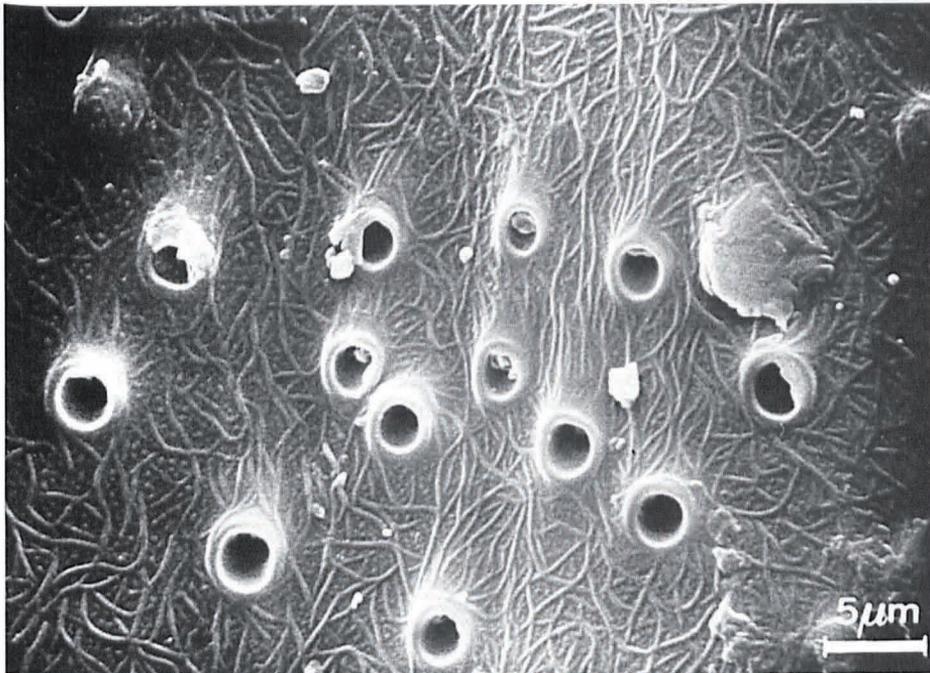
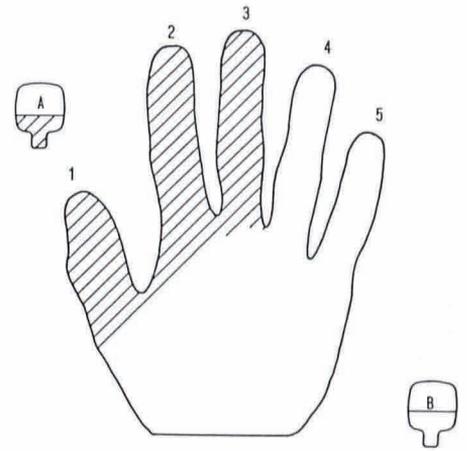


Abb. 5: Vinylhandschuh mit vielen kleinen Perforationen im Bereich einer Rißstelle.



Folien-Fabrikate	Areal A: 74 %, Areal B: 26 %
Vinyl-Fabrikate	Areal A: 60 %, Areal B: 40 %
Latex-Fabrikate	Areal A: 58 %, Areal B: 42 %

Abb. 6: Verteilung der Schadstellen bei den überprüften Fabrikaten.

Schutzhandschuhen. Erst eine umfassende Qualitätsbeurteilung, die neben der unverzichtbaren Dichtigkeitsforderung auch eine Reihe weiterer Kriterien, wie z. B. ihre mechanische und chemische Widerstandsfähigkeit (etwa gegen Akrylmonomer, Detergenzien oder Desinfektionsmittel), ihren Einfluß auf die Tastempfindlichkeit, ihr farbiges Aussehen, ihren Eigengeschmack, ihre umweltfreundliche Entsorgung, etc. berücksichtigt, kann letztendlich Unsicherheiten beseitigen und Kaufentscheidungen steuern. Die Einführung einer an den Anwendungsbereichen orientierten Handschuhklassifikation könnte sich hierbei als sinnvoll erweisen.

Zum Autor:

Dr. med. dent. Klaus-Peter Wefers, Jahrgang 1955, studierte Veterinär- und Zahnmedizin an der Universität Gießen. 1986 wurde er promoviert und mit dem Jahresbestpreis der Sektion ausgezeichnet. Zur Zeit ist er Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde und Oberarzt der Abteilung Zahnärztliche Prothetik an der Universität Gießen und leitet eine „Forschungsgruppe Gerostomatologie“. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen im Bereich der Alterszahnheilkunde, der Kiefer- und Gesichtsprothetik, der Funktionsdiagnostik sowie der Material- und Geräteprüfung.

Aus expositionsprophylaktischen Gründen (Graf, W., Einwegschutzhandschuhe bei der zahnärztlichen Behandlungstätigkeit, in: Der Hessische Zahnarzt 8, 1986, S. 349–350), sind Schutzhandschuhe neben geeigneter Praxis- und Laborkleidung sowie Schutzbrillen, Mund- und Gesichtsmasken von eminenter Bedeutung; sie sind vor allem deshalb unverzichtbar, da uns eine Dispositionsprophylaxe – etwa in Form einer Schutzimpfung – gegen HIV-Viren in nächster Zeit nicht zu Verfügung stehen wird. In Kenntnis des gegenseitigen Infektionsrisikos von Behandler und Patient kann eigent-

lich allen Beteiligten, einschließlich der Industrie, nur daran gelegen sein, daß Schutzhandschuhe auch einen tatsächlichen Schutz gewährleisten. Ob man sich zur Zeit bei den auf dem Markt erhältlichen Fabrikaten wirklich geschützt fühlen darf, ist aufgrund unserer Untersuchungen wohl zweifelhaft. Als besonders beunruhigend muß zudem der Umstand angesehen werden, daß die Perforationen überproportional oft im Bereich der Hauptuntersuchungsfinger gefunden wurden. Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich lediglich mit dem Aspekt der Dichtigkeit von