

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 66 (1975)

**Heft:** 5

**Artikel:** Kunststofftragbeutel als Niederspannungs-Rettungsbehelf in Haushalten

**Autor:** Irresberger, G.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-915266>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 03.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

serentnahme in die Hand des Bundes legen würde, stünde deshalb mit dem Verfassungsrecht – sofern Art. 24<sup>bis</sup> BV in der vorgesehenen Fassung rechtskräftig wird – in Widerspruch. Eben diese Konsequenz ergäbe sich auch, wenn man der Auffassung von Prof. Huber folgen wollte, der bei einer konsequenten Realisierung der Anliegen der aargauischen Standesinitiative eine Erteilung der Nutzungskonzession für das Kühlwasser durch den Bund im Namen und auf Rechnung des Kantons sieht <sup>42)</sup>.

Anders verhält es sich mit der Rückgabe des Kühlwassers an den Vorfluter. Die Kompetenz, die Oberaufsicht beim Gewässerschutz auszuüben, steht dem Bund auf Grund von Art. 24<sup>quater</sup> BV bereits zu. Er machte von diesem Recht denn auch beim Verbot weiterer Flusswasserkühlungen an Aare und Rhein vom 5. März 1971 Gebrauch. Es bietet deshalb keine Schwierigkeiten, Gewässerschutzprobleme einem einheitlichen Bundesverfahren zuzuordnen, wie dies auf Grund der Rechtsprechung schon heute der Fall ist.

<sup>42)</sup> Prof. H. Huber in NZZ Nr. 303 vom 4. Juli 1973: «Die verhältnismässig geringe praktische Bedeutung, die den kantonalrechtlichen Bewilligungen noch zukommt, könnte wohl ein Grund für die Gesetzesrevision sein. Das Baubewilligungsverfahren mitsamt der grundsätzlichen Anwendbarkeit der Zoneneinteilung würde dann wohl ausgemerzt, das heisst durch die allseitige bundesrechtliche Bewilligung konsumiert. Die Nutzungskonzession für das Kühlwasser würde durch den Bund im Namen und auf Rechnung des Kantons erteilt. Ob aber diese Konzentration der Bewilligungen an und für sich ein zureichender oder gar ein durchschlagender Grund für die Revision wäre?»

### c) Enteignungsrecht

Bei Wasserkraftanlagen und Übertragungsleitungen besteht die Möglichkeit, das Enteignungsrecht in Anspruch zu nehmen; für Kernkraftwerke war bislang kein solches Recht vorgesehen. Nachdem die Erstellung von Kernkraftwerken anerkanntermassen im nationalen Interesse liegt, wäre es sinnvoll, auch hier das eidgenössische Expropriationsrecht vorzusehen. Darunter müssten ausser den Kernkraftwerken auch Lagerstätten für radioaktive Abfälle verstanden werden.

Der Direktor des Eidgenössischen Amtes für Energiewirtschaft teilt diese Auffassung, was er anlässlich seines bereits erwähnten Vortrages <sup>40)</sup> zum Ausdruck brachte. Somit wäre bei einer Revision und Vereinheitlichung der Atomgesetzgebung auch die Verankerung des Enteignungsrechtes vorzusehen.

Die Erfahrung der letzten Jahre hat deutlich gemacht, dass klare Kompetenzverhältnisse beim Bewilligungsverfahren für Kernkraftwerke von grosser Bedeutung sind. Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag dazu leisten.

#### Adresse des Autors:

Ulrich Fischer, Fürsprecher, Motor-Columbus AG, Parkstrasse 27, 5401 Baden.

## Kunststofftragbeutel als Niederspannungs-Rettungsbehelf in Haushalten

Von G. Irresberger

*Aufgrund von experimentellen Untersuchungen an Polyäthylenfolien wurde bestätigt, dass sich gewöhnliche Plastik-Einkaufsbeutel als Hilfsmittel zur Befreiung von im Stromkreis befindlichen Personen verwendet werden können.*

*Es wird über die durchgeführten Messungen und die erhaltenen Ergebnisse berichtet.*

### Zweck der Versuche

Im Betrieb der Oberösterreichischen Kraftwerke Aktiengesellschaft (OKA), Linz/Donau, Landesgesellschaft für die Stromversorgung Oberösterreichs, sind vor einiger Zeit experimentelle Untersuchungen (Durchschlagprüfungen und Ableitstrommessungen) an Polyäthylenfolien (Fig. 1) durchgeführt worden. Die gewonnenen Ergebnisse bestätigen die Brauchbarkeit der von Prof. Ing. Franz Maresch dem Direktor des Elektropathologischen Museums (EPM) in Wien, propagierten Idee, gewöhnliche Plast-Einkaufsbeutel als Behelf zur Befreiung von im Stromkreis befindlichen Personen im Haushalt (vorwiegend also bei 220-V-Wechselstrom) zu verwenden.

Im Gegensatz zur Schaffung eines «vollisolierten Rettungshakens» (für einerseits Hochspannung, andererseits Niederspannung), über den bereits an anderer Stelle [1] ausführlich berichtet worden war, geht es hier grundsätzlich nicht um die Entwicklung eines speziellen Elektro-Rettungs-

*Des essais expérimentaux réalisés à l'aide de feuilles de polyéthylène ont démontré qu'on peut employer des sacs ordinaires d'emballage en plastique pour dégager des personnes prises dans un circuit électrique.*

*Rapport est donné des mesures effectuées et des résultats obtenus.*

behelfes für Betriebe (z. B. im Sinne der kürzlich erschienenen Allgemeinen Leitsätze für sicherheitsgerechtes Gestalten technischer Erzeugnisse gemäss Normblatt DIN 31 000). Die Aufgabe bestand hier ausschliesslich nur im Prüffeldnachweis, inwieweit Kunststoff-Breitfolien in Form der vielfältigen Kunststoff-Tragtaschen des Alltagsgebrauchs, über die elektrotechnische Laien gar keine Beurteilung über elektrische Eigenschaftswerte abzugeben in der Lage sind, ausreichend gegen Licht- oder Kraftspannungen (hierorts einheitlich 380/220 V) isolieren. Wesentlich ist aber, dass hierbei, unter Einbeziehung eines in solchen Notsituationen trotzdem zumutbaren beschränkten Unfallrisikos, für den Retter (wie etwa eine geringfügige Elektrisierung) jedoch entschieden weder ein Hängenbleiben im Stromkreis zustande kommen kann noch derselbe ernstlich gefährdet werden darf.

Da an anderer Stelle 2, 3, [4] einzelne gegenständliche Fragen, wie Statistiken über Haushalts-Stromunfälle in der Schweiz, in Schweden, Österreich und Deutschland (in Öster-

reich z. B. 1970: 40 Unfälle mit 15 Toten), Formen der Selbst- und Fremdbefreiung bei Niederspannungs-Personenunfällen, Stromweg beim Unfall, Leitfähigkeit des Standortes, Ausführungen und Eigenschaften von Plast-Einkaufsbeuteln sowie Durchschlagfestigkeit von Polyäthylenfolien, bereits behandelt worden sind, beschränken sich nachstehende Ausführungen ausschliesslich auf die experimentellen Untersuchungen, die die Fremdbefreiung von unter Einwirkung von Elektrizität (220 V Wechselspannung) stehenden Personen nach vorher erfolgter Isolierung der Hand (oder Hände) des Retters betreffen.

### Physikalische Überlegungen

Warum von vornherein die Verwendung von Plast-Einkaufsbeuteln für gegenständliche Rettungszwecke erfolgversprechend schien, dafür gab es – allein physikalischen Überlegungen zufolge – zwei Begründungen:

Einerseits: Die ausgezeichneten elektrischen Eigenschaften von Polyäthylen, einem verhältnismässig jungen Kunststoff (mehr unter den Rohstoff-Handelsnamen, wie z. B. Hostalen, Lupolen, Vestolen u. a. m. bekannt), prädestinieren es für elektrotechnische Anwendungen. Der spezifische Widerstand und die Durchschlagfestigkeit sind hoch, die Dielektrizitätskonstante und der dielektrische Verlustfaktor sind klein. Verständlich also, dass Polyäthylen deshalb heute in zunehmendem Masse in der Starkstrom-, Fernmelde- und Hochfrequenztechnik verwendet wird. Für den vorliegenden Verwendungszweck scheiden spezielle Anforderungen an den Werkstoff, wie z. B. Beständigkeit gegen Glimmentladungen, Dauertemperaturen o. ä. aus der schon erwähnten, begrenzten Anwendung ohnehin aus.

Andererseits: Die elektrostatischen Aufladungen bei der Erzeugung und Verarbeitung von Kunststofffolien (bis zu 30 kV und mehr), ihre Messung und die verschiedenen Massnahmen zu ihrer Beseitigung (wie z. B. Erhöhung der Luftfeuchtigkeit in den Fabriksälen, Anwendung von Luftionisatoren, Wasserberieselung der Aussenfenster) sind sogar zu einem Grundproblem in der Kunststoffindustrie geworden.

Beide Umstände sind verständlich, bewegt sich doch für Polyäthylenfolien der spezifische Widerstand innerhalb der Grenzen von  $10^{17}$ ... $10^{20}$  Ohm/cm, die Durchschlagfestigkeit innerhalb der Grenzen von 140...2900 kV/cm [4].

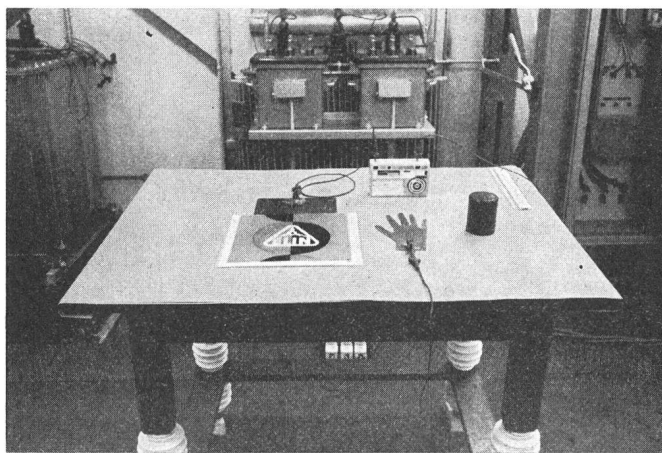


Fig. 1 Prüfanzordnung: Der Plast-Einkaufsbeutel ist über die Erd-Plattenelektrode gestülpt. Die darauf gelegte Metall-Ersatzhand (rechts), mit einem Gewicht von 3 kp (ganz rechts) belastet, bildet die Spannungs-Plattenelektrode

### Umfang des Prüfgutes

Für die im Hochspannungs-Prüffeld sowie Niederspannungs-Laboratorium des eingangs erwähnten Unternehmens durchgeführten Messungen (bei fast ausschliesslich Wechselstrom) standen insgesamt 161 Tragbeutel aus Kunststoff, aus aller Welt gesammelt, mit meist angeschweisstem oder ausgestanztem Traggriff (Henkel/Griffloch) zur Verfügung; dieser Umfang des Prüfgutes (Fig. 2) war notwendig, um statistisch gesicherte Aussagen machen zu können.

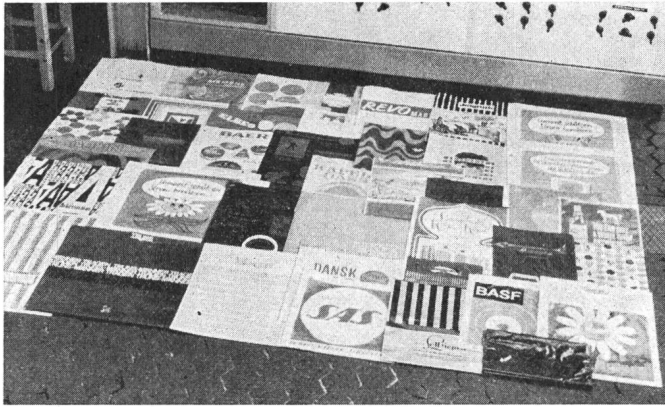
Bis auf einige wenige Taschen war die Firmenbezeichnung des hierfür verwendeten Werkstoffes (z. B. Lupolen der BASF) unbekannt; bei den Prüfobjekten schweizerischer Herkunft war in nahezu allen Fällen auf der Aussenseite des Blockbodens ein mehrsprachiger Aufdruck vorhanden, der besagte, dass der Beutel aus Polyäthylen niedriger Dichte (chlor- und schwefelfrei hergestellt) auf der Müllhalde grundwasserneutral ist, bei seiner Verbrennung keine schädlichen (giftigen oder korrodierenden) Abgase – ferner weder Russ noch Asche – entstehen, unter Lichteinfluss langsam zerfällt, der Beutel deshalb also völlig unschädlich und umweltfreundlich ist. Nur in etwa der Hälfte der Fälle war an der vorerwähnten Stelle des Beutels das Herstellerwerk genannt. Alle Taschen (Beutel) bestanden aus gedecktem Material, waren also nicht klarsichtig; sie waren nahezu immer zwei- bis sechsfärbig bedruckt.

Die Abmessungen der Kunststofftragtaschen halten sich – fast international gesehen – in engeren Grenzen. Die Höhen schwankten zwischen minimal 290 mm und maximal 490 mm, die Breiten zwischen minimal 150 mm und maximal 545 mm. Die grösste Dicke betrug 0,11 mm, die kleinste 0,035 mm. Die Bestimmung der Foliendicke erfolgte mittels einer handelsüblichen Mikrometerschraube; auf exakte Messungen musste verzichtet werden, obwohl in letzter Zeit in elektrotechnischen Kreisen auf Unterschiede zwischen Berechnung und Messung von dünnen Folien, auf die Notwendigkeit der Messung in staubfreiem Raum sowie auf die Möglichkeit vorhandener zusätzlicher Schichten (Staub und Schmutzpartikelchen) hingewiesen wurde [4].

### Grösse der Handberührungsfläche

Bei der Ermittlung der Durchschlagspannung von Kunststoff-Tragtaschen (Polyäthylenfolien) sowie des Ableitstromes an einer geschützten (mit einem Plastbeutel überstülpten) Hand, spielen zunächst zwei Faktoren eine Rolle: einerseits die Handfläche (genauer gesagt: die Berührungsfläche zwischen z. B. der Hand des Retters und dem Arm des Unglücklichen), andererseits die Handmuskulatur.

Im Gegensatz zur Handfläche, welche sich durch Ausplanimetrieren der auf Papier aufgelegten und dann senkrecht projizierten rechten und linken Hand (oder aus Röntgenaufnahmen) ermitteln lässt, muss für die Bestimmung der eigentlichen Berührungsfläche das Rußspurverfahren beziehungsweise Kohlepapierverfahren herangezogen werden. Bei gegenständlichen Betrachtungen konnten zwar die für die Textilwirtschaft genormten Standardkörpermasse für Männer und Frauen (gemäss Normblatt DIN 61515/61524), im Detail insbesondere die Abmessungen für die Hand (Fingerlänge, Handlänge und Handbreite) das Normblatt DIN 61528, mitherangezogen werden; es erschien aber dennoch zweckmässig, selbst einige orientierende Messungen an mehreren Versuchspersonen beiderlei Geschlechts anzustel-



**Fig. 2** Prüfgut. Zur Messung kamen insgesamt 161 Plast-Einkaufsbeutel aus aller Welt, die in 8 Prüfserien (siehe Bild) aufgeteilt wurden

len. Für gegenständliche Untersuchungen konnte verständlicherweise allerdings kein grosser Aufwand getrieben werden, für die grössenordnungsgemässe Gefahrenbeurteilung sind denn auch gewisse Vereinfachungen und Annäherungen zulässig. Um nur ein Beispiel zu nennen, ergaben sich gewisse Grössenunterschiede bei der Handfläche, je nach Messung, mit gespreizten beziehungsweise anliegenden Fingern; in einem Fall verhielten sich diese wie  $132 : 125 \text{ cm}^2$ , in einem anderen Fall wie  $145 : 133 \text{ cm}^2$ .

Die Ermittlungen ergaben nun, dass je nach Verhältnissen (Art, Oberflächenbeschaffenheit sowie Werkstoff der Oberkleidung des Verunglückten, Berührung von isolierenden oder metallischen Rockknöpfen, Zierspangen, Reissverschlüssen usw.) die Berührungsfläche zwischen minimal 38 und maximal 82 % der Handfläche schwanken kann und dass die Handfläche selbst bei maximal  $145 \text{ cm}^2$  liegt. Bei Nachrechnungen von über den menschlichen Körper geflossenen Stromstärken müssen aber selbstverständlich die beim elektrischen Unfall jeweils tatsächlich vorgelegenen Umstände (Berührungsflächen) berücksichtigt werden; beispielsweise werden beim Erfassen eines drahtgitterförmigen Schutzkorbes einer Handleuchte wegen der nur streifenförmigen Berührungsflächen (von nur einigen Millimetern Breite) an einzelnen Fingern sogar nur Bruchteile vorgenannter Werte vorhanden sein.

Das für die Bestimmung von Handberührungsflächen gelegentlich auch angewandte Kapazitäts-Messverfahren stellt eigentlich die Umkehrung der hier zur Debatte stehenden Ableitstromprüfung dar [4].

### Grösse der Handdruckkraft

Die Frage der Handdruckkraft kann demgegenüber leider nicht in so einfacher Weise beantwortet werden. Mit der Ermittlung dieser anatomisch-biologischen Kenngrösse befassten sich jedoch schon frühzeitig neben der Humanmedizin (Mechanik der Gelenke) einzelne Institute für Arbeitsphysiologie, Gerichtsmedizin, Prothesentechnik, Sportwesen und Werkzeugforschung; seit etwa zwei Jahrzehnten gibt es in Deutschland sogar ein eigenes Institut für Griff-Forschung, das sich ebenfalls derlei Fragen messtechnisch zuwendet. Eine Reihe nützlicher Hinweise vermittelt jedoch auch das Studium des Patentschrifttums, beispielsweise betreffend Hanteln mit zusammendrückbaren Federn zum Stärken der Handmuskeln, Ausbildung von Kraftmessern in

Hanteln für Spiel und Sport sowie Hanteln mit elektrischen Stromerzeugern.

Für Messungen der Handdruckkraft bedient man sich unter anderem des Collinschen Dynamometers. Es besteht aus einem starken elliptischen Stahlring, der durch die Handkraft zusammengedrückt wird; der Druck wird auf einen Zeiger übertragen, der auf einer halbkreisförmigen Skala die Höhe des ausgeübten Druckes anzeigt.

Für die Bestimmung der Handdruckkraft stellten sich ebenfalls mehrere Versuchspersonen beiderlei Geschlechts zur Verfügung. Je nach Alter, Geschlecht, Grösse und Leistungsvermögen dieser Versuchspersonen ergaben sich auch hier teils stark unterschiedliche Werte; die Handdruckkraft lag bei minimal 27 kg und maximal 53 kg. Bei Messungen von anderer Seite hatte man bei einheitlichem Alter (z. B. 18 Jahre) die Handdruckkraft einer Frau zu 29,3 kp, die eines Mannes zu 49,3 kp ermittelt. In den Technischen Lieferbedingungen für Greifzangen (Normblatt DIN 5232) wird im Abschnitt über die Gebrauchsprüfung derselben eine Handdruckkraft von maximal 70 kp (700 N) erwähnt, verschiedenlich wird jedoch nur mit 40 kp geprüft [4].

### Wahl der Prüfelektroden

Vor Beginn der gegenständlichen experimentellen Untersuchungen musste des weiteren über Art und Grösse der Prüfelektroden entschieden werden.

Setzt man die Handfläche im Mittel zu  $145 \text{ cm}^2$  und den Berührungsgrad dieser zu 71 % an, so ergibt sich eine Elektrodenfläche von  $100 \text{ cm}^2$ ; es bestätigt sich also rückwirkend der auch in den Vorschriften einzelner Länder angesetzte Ersatzhand-Belag von  $100 \text{ cm}^2$  Fläche. Auch bei den Prüfungen von metallgekapselten Hochspannungs-Schaltanlagen für Spannungen bis 72,5 kV (gemäss Vorschrift VDE 0670/Teil 5.1/72, § 30.1) sollen die Metallfolien eine Fläche von (höchstens)  $100 \text{ cm}^2$  besitzen. Demgegenüber hatte man bei den schon vor mehreren Jahrzehnten von anderer Seite durchgeführten grundlegenden Widerstandsmessungen an Leichen [4] mit Handberührungsflächen von  $90 \text{ cm}^2$  und einem Berührungsgrad von 75 %, bei Messungen für elektromedizinische Untersuchungen [4] mit Handberührungsflächen von 100 und  $150 \text{ cm}^2$ , bei neueren Ableitstrommessungen an Mittelspannungs-Kleinschaltanlagen [4] mit Handberührungsflächen von  $120 \text{ cm}^2$  gearbeitet.

Bei den gegenständlichen Messungen waren sowohl genormte Prüfelektroden als auch ebene Plattenelektroden verwendet worden. Bei den vorerwähnten Widerstandsmessungen an Leichen hatte man an Hand und Unterarm gewölbte, der Handkrümmung angepasste Plattenelektroden verwendet, welche mittels Riemen an die Körperteile kräftig angeschnallt wurden. Für die Erfassung einer grösseren Folienprüffläche und damit leichter Lokalisierung von etwaigen Fehlerstellen in der Kunststoffolie erwies sich jedenfalls die hauptsächlich benützte planausgeführte Metall-Ersatzhand (Plattenelektrode) als am zweckmässigsten.

Aus Gründen der Einfachheit wurde die Prüfung der Durchschlagspannung in Luft gewählt, obwohl die Messwerte dabei etwas stärker streuen als bei der Prüfung unter Öl (Fig. 3). In einem konkreten Fall (Kunststoff-Tragtasche von 0,09 mm Stärke) lag die unter Öl ermittelte Durchschlagspannung bei 9,1 kV, gegenüber 8,9 kV in Luft.

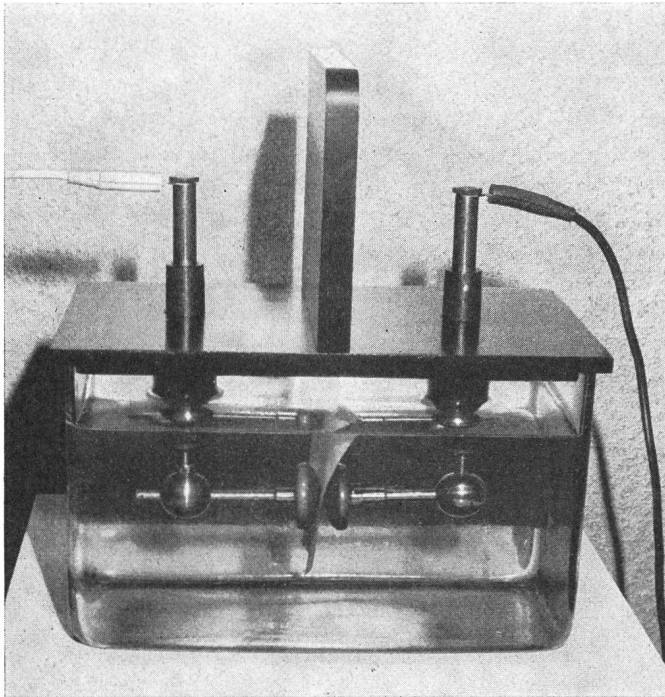


Fig. 3 Ermittlung der Durchschlagspannung von Kunststoff-Folien unter Öl

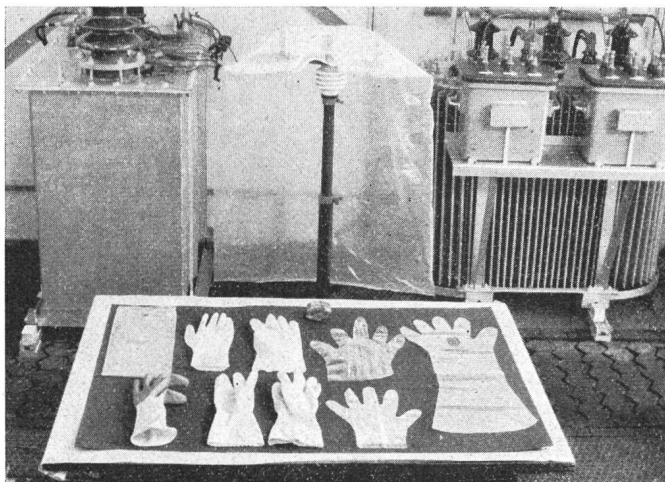


Fig. 4 Haushalts- und Landwirtschafts-Schutzhandschuhe verschiedener Herkunft, im Hintergrund ein Silo-Rettungssack, als Prüflinge

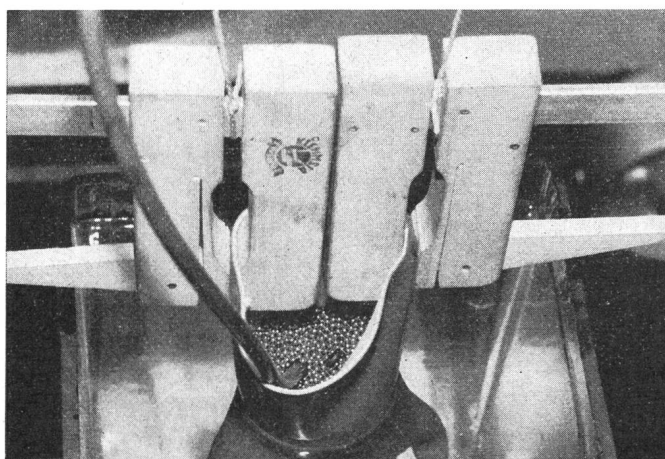


Fig. 5 Durchführung einer Ableitstrom-Messung an Schutzhandschuhen nach der früher in Vorschriften verankerten Trocken-Nass-Prüfmethode (man beachte die 3-mm-Metallkugeln im Handschuhinneren)

Die Prüfung der später betrachteten Haushalt-Schutzhandschuhe (Fig. 4) u. ä. m. erfolgte in einem Wasserbad, ähnlich wie bei den Berührungsstrommessungen an elektrischen Isoliermaterialien der Draht- und Kabelisolation oder bei den Ableitstrommessungen an Elektriker-Isolierhandschuhen. Bezüglich näherer Einzelheiten der Prüfanordnung wird auf die Bestimmungen für Schutzbekleidung, Schutzvorrichtungen und Werkzeuge zum Arbeiten an unter Spannung stehenden Betriebsmitteln: VDE 0680/Teil 1/11.71 (IV, § 12 a.4), verwiesen. Einige Kontrollmessungen wurden in der Metallkugel-Wasser-Badanordnung (Trocken-Nass-Prüfmethode) vorgenommen (Fig. 5).

#### Kriterien: Durchschlagspannung/Ableitstrom

Für die Entscheidung, ob die gegenständlichen Plast-Einkaufsbeutel für den erwähnten Rettungszweck geeignet erscheinen, bestehen zwei Kriterien: Einerseits eine möglichst grosse Sicherheit gegenüber einem elektrischen Durchschlag, andererseits ein möglichst geringer Ableitstrom für den Folienbenutzer. Zunächst einige grundsätzliche Bemerkungen zur Durchschlagspannung (bei technischem Wechselstrom mit Netzfrequenz):

Bekanntlich ist die Durchschlagspannung derjenige Wert einer sinusförmigen Wechsellspannung, bei der die Spannung zwischen zwei Elektroden unter Zerstörung des Isolierstoffes (Durchschlag) zusammenbricht; er wird als Effektivwert angegeben. Die Umkehrung hiervon gibt es in der Kunststoffverarbeitung selbst: Um Kunststofffolien wie Leder atmend, also luftdurchlässig zu machen, können sie durch elektrische Durchschläge perforiert werden.

Die Durchschlagspannung einer Kunststoffolie ist abhängig von der Art des Werkstoffes, der Dicke der Probe, der Zeitdauer der Spannungsbeanspruchung, der Kurvenform der Prüfspannung, der Geschwindigkeit der Spannungssteigerung, der Temperatur der Umgebung, dem Luftdruck, der Luftfeuchte sowie dem Zustand der Probe. Wegen der unterschiedlichen Dicke der Folie, bezogen auf deren Gesamtfläche, ist die Durchschlagfestigkeit damit also auch geometrieabhängig [4].

Zum zweiten Kriterium, dem Ableitstrom, wäre kurz folgendes zu sagen: Bekanntlich ist der Ableitstrom der Strom, der von den spannungsführenden Teilen eines Gerätes über die Gesamtheit aller berührbaren Metallteile und/oder einer Metallfolie, die über eventuell vorhandene Isolierstoffgehäuse oder -abdeckungen gelegt wird, zu einem beliebigen Pol der Zuleitung fliesst. Er kann sich aus einem Wirkstrom und einem merkbaren Blindstromanteil zusammensetzen (Begriffsbestimmung gemäss Vorschrift VDE 0720/Teil 1/9.57, § 2 b.5).

#### Ableitströme an Plast-Einkaufsbeuteln

Ob nun in weiterer Folge die Handdruckkraft (Elektroden-Anpressdruck) bei den Messungen überhaupt berücksichtigt werden muss, lief auf die Beantwortung der Frage hinaus, in welchem Ausmass eine Abhängigkeit des Ableitstromes von der mechanischen Belastung der Prüfelektrode (Handphantom) gegeben ist. Tatsächlich hat sich die Vermutung, dass grosse Anpressdrücke eine minimale Verringerung der Foliendicke (Quetschung) bedingen können, bestätigt. Bei gegenständlichen experimentellen Untersuchungen ge-

nügte es jedoch vollständig, bei einer einheitlichen Elektrodenbelastung von 3000 g zu messen, zumal die vorerwähnte Abhängigkeit im Bereich der tatsächlich zur Wirkung kommenden Andruckkräfte minimal ist; bei einem Plast-Einkaufsbeutel, der z. B. bei doppelt genommener Folie geprüft wurde, stieg nämlich der bei einer Spannung von 220 V gemessene Ableitstrom linear nur von 64  $\mu\text{A}$  auf 78  $\mu\text{A}$  (also um lediglich rund 12 %), obwohl der Anpressdruck (von 3 auf 21 kp) versiebenfacht worden war (der Maximalwert von 18,1 % wurde bei einem Plast-Einkaufsbeutel aus dem Fernen Osten, einlagig gemessen, ermittelt). Der aus der erwähnten Elektrodenbelastung von etwa 2900 g sich errechnende spezifische Elektrodendruck von etwa 20 p/cm<sup>2</sup> entspricht dabei den Bestimmungen für elektrische Prüfungen von Isolierstoffen: VDE 0303/Teil 2/3.67 (III, § 5 A). Unter dieser Messbedingung lag für die Kunststoff-Tragtaschen (bei einfach genommener Folie) der bei 220 V Wechselspannung gemessene Ableitstrom zwischen minimal 71  $\mu\text{A}$  und maximal 180  $\mu\text{A}$  (Fig. 6 und 7). Bei mehreren Ableitstrom-Versuchsreihen wurden ausser der 220-V-Anlagen-Gebrauchsspannung auch die Industrie-Verteilspannungen in die Messung mit einbezogen; die bei den Prüfspannungen von 220/380/500 V gemessenen Ableitströme brachten – wie vorauszusehen war – den den physikalischen Gesetzmässigkeiten zu erwartenden linearen Anstieg (z. B. 98/168/220  $\mu\text{A}$ ; 129/220/288  $\mu\text{A}$ ; 135/230/304  $\mu\text{A}$ ). Dass grundsätzlich nur im ungünstigsten Grenzfall die Körperdurchgangsströme den Wert der Ableitströme erreichen können, darf in Fachkreisen als bekannt vorausgesetzt werden [4].

In der Praxis kommt aber einer Unterscheidung zwischen einem einerseits losen und kleinflächigen Berühren, andererseits kraftschlüssigen und grossflächigen Umfassen (also mit

der deutschen Schutzbestimmungen (VDE 0100) nicht mehr ins neue Vorschriftenwerk übernommen [4].

Da bekanntlich eine qualitative Prüfung des Stromdurchganges an Platten (Folien), wie auch an beliebig geformten Prüfkörpern, mit Glimmlampe (im Sinne der seinerzeitigen Vorschrift VDE 0303/1929, II, B, § 13) erfolgen kann, wurde auch noch dieser Versuch unternommen. Bei der der Anlagen-Gebrauchsspannung (220 V) eingestellten Prüfspannung und gegenständlicher Prüfanordnung konnte bei einer gegen störendes Licht völlig abgeschirmten Glimmlampe wohl bereits ein schwaches Aufleuchten derselben, jedoch noch kein Aufleuchten des Kreuzes (Zeichen) beobachtet werden. Diese Beobachtung steht denn auch in Übereinstimmung mit früheren Messungen an mehreren Glimmlampenmodellen ohne Gradeinteilung (Spannungsanzeiger für Niederspannung), bei denen die zum Zünden erforderliche Spannung zu 72...88 V, der Strom zu 60...85  $\mu\text{A}$  ermittelt wurde.

#### Ableitströme am Arm-Imitator

Vorstehende Ausführungen machen verständlich, dass es zweckdienlich erschien, einen praktischen Rettungsversuch auch experimentell nachzubilden und nachzumessen. Der Modellfall war hierbei der, dass der Retter eine im Stromkreis befindliche Person, welche zufolge eingetretener Muskellähmung z. B. eine metallene Tischlampe nicht mehr loslassen kann, am Oberarm anfasst und versucht, sie durch Wegziehen aus ihrer bedrohlichen Lage freizubekommen. Hand und Arm des Menschen sind im Hinblick auf seinen anatomischen Aufbau (im wesentlichen Haut, Gewebe, Muskeln, Gefässe, Blut und Knochen, teils hintereinander, teils parallel-

Lfd. Nr.	Herkunft	Abmessungen in mm			Ableitstrom $\mu\text{A}$	Durchschlagsspannung i. V	
		H	B	S		Vorderseite	Rückseite
1	Senking	350	350	0,100	105	8800	1600
2	Globus-Zürich	390	350	0,090	104	8300	-
3	Pini - Photo	400	300	0,095	98	8200	-
4	Jumo - Meßtechnik	380	330	0,080	112	7200	-
5	Honold - Zürich	330	350	0,085	115	6700	-
6	Keine Aufschrift	430	340	0,085	113	6600	-
7	Bally-Capitol	420	340	0,085	105	6400	-
8	Junkers	400	390	0,075	123	6300	-
9	British Press	390	340	0,080	119	6100	-
10	Textilhaus Traugott	440	320	0,080	110	4700	-
11	Elin	310	310	0,045	128	4600	550
12	Brigitte	400	310	0,095	94	4500	-
13	Keine Aufschrift	450	340	0,075	142	4200	-
14	Benger	470	340	0,060	134	4150	520
15	Slogan	410	340	0,080	110	3950	-
16	Chäs vom Sännebueb	390	350	0,085	112	3600	-
17	Karstadt	450	440	0,065	129	3400	-
18	Eternit	290	400	0,075	170	2950	-
19	Paulaner Bier	340	300	0,075	95	2100	1450

Fig. 6 Ergebnis der Ableitstrom- und Durchschlagsspannungsmessungen an der Prüfgut-Serie I (Plast-Einkaufsbeutel Nr. 1...19)

der vollen Handfläche), letzteres z. B. beim betriebsmässigen Umfassen von Handgriffen oder Bügeln, keine allzu grosse Bedeutung zu, weil die gefährdende Wirksamkeit einer elektrischen Körperdurchströmung in gewissen Stromstärkebereichen schon nach etwa 0,2...0,3 s beginnt. Man hat daher im Hinblick auf das viel entscheidendere Kriterium Zeit auch die diesbezügliche Unterscheidung in einer früheren Fassung

Lfd. Nr.	Herkunft	Abmessungen in mm			Durchschlagsspannung in kV
		H	B	S *	
64	Siemens	420	410	90	10,8
65	Italianissimo	415	345	80	8,3
66	Ackermann	460	545	90	8,1
67	EKZ	415	410	87	7,8
68	VSE - Zürich	490	490	61	7,8
69	Elbeo	330	275	60	6,5
70	Weber - Luzern	350	310	70	6,4
71	Bühlmann - Fenner	415	340	90	6,2
72	Nordmann	425	345	75	5,8
73	Spengler	400	445	80	5,8
74	Kauffmann	360	280	70	5,6
75	CKW - Luzern	490	490	65	5,3
76	Beldona	360	285	70	5,2
77	Rabattspareverein	450	345	60	4,3
78	Baer	410	345	65	4,2
79	Jungrüth	425	345	80	4,1
80	Revo - Markt	450	340	70	3,9
81	Truns - Zürich	465	510	90	3,9
82	Hauenstein - Zürich	360	280	61	3,9
83	Ohne Aufschrift	350	245	50	3,6
84	Dansk Mad	460	355	50	3,1
85	Scandinavian Airlines	430	350	44	2,9

\* in Tausendstel Millimeter

Fig. 7 Ergebnis der Durchschlagsspannungsmessungen an der Prüfgut-Serie III (Plast-Einkaufsbeutel Nr. 64...85)

geschaltet) widerstandsmässig gesehen elektrische Halbleiter. Bekanntlich ist dabei die Hand derjenige Körperteil, der den geringsten Querschnitt hat; aus diesem Grunde treten in der Hand die grösste Stromdichte und daher auch die stärksten Muskelkrämpfe auf [4].

Für die Nachbildung des Armes wurde ein Holzzylinder von 10 cm Durchmesser verwendet, weil hierorts Messungen an mehreren Versuchspersonen einen Oberarmumfang von 20...36 cm ergaben. Bei den ebenfalls schon vor mehreren Jahrzehnten von anderer Seite durchgeführten Studien über die Wirkung von Kondensatorentladungen auf den menschlichen Körper, die im Hinblick auf die Beeinflussung des Rundfunkempfangs durch Starkstromgeräte aller Art und dem damit gegebenen Verbinden ihrer Gehäuse mit spannungsführenden Teilen über Kondensatoren [4] durchgeführt wurden, benutzte man zylindrische Aluminiumelektroden von 65 mm Durchmesser. Bei Messungen ähnlicher Art am Menschen waren es ähnliche zylindrische Messingkolben (von 90 mm Durchmesser), gelegentlich Bügelelektroden mit 100 cm<sup>2</sup> Oberfläche.

Da aber gewöhnliches (unimprägniertes) Holz im gut trockenen Zustand zumindest bei einer Spannung von 220 V fast einen Isolator darstellt, wurde dieses zylindrisch abgedrehte Holzstück mehrere Tage unter Wasser gelagert, bis es einen spezifischen Widerstand von grössenordnungsmässig 1000 Ohm/cm aufwies (in diesem Zustand bestanden zwischen der Längs- und der Querleitfähigkeit des Holzes bereits die geringsten Unterschiede). Die bequemere Methode einer vereinfachten Nachbildung des menschlichen Körpers oder seiner Teile durch eine homogene, leitfähige Masse (Gelatine), wie man sie zur Ermittlung der Potentialverteilung im Körper bei den verschiedenen Stromwegen verwendet, musste aus naheliegenden Gründen ausscheiden [4].

Des weiteren wurde angenommen, dass die verunglückte Person mit einem Hemd und einem Rock bekleidet war, welche (wenigstens fallweise) reichlich durchgeschwitzt waren; um diesen Zustand nachzubilden, wurden beide Kleidungsstücke mit physiologischer Kochsalzlösung angefeuchtet, weil letzterer grössenordnungsmässig die elektrische Leitfähigkeit von Schweiß zuzuweisen ist. Die physiologische Kochsalzlösung ist bekanntlich eine als Blutersatz dienende wässrige (sterile) Lösung von Natriumchlorid (Kochsalz), deren Salzgehalt (0,911 %) so eingestellt ist, dass die Lösung mit dem menschlichen Blutserum isotonisch ist, also den gleichen osmotischen Druck hat. Mit einer Parallelschaltung dieser drei Teile (Arm, Hemd und Rock) war damit die Spannungselektrode gebildet. Schliesslich wurde über die beiden Kleidungsstücke und die Kunststoffolie eine 100 mm breite Metallfolie (aus Messing) gelegt, diese zunächst mittels zweier Riemen kräftig angeschnallt und in die Verbindungsleitung zur Erde ein Mikroamperemeter geschaltet. Wie vorauszusehen war, kann der Widerstand des Unterarms (im Hinblick auf die Grössenordnung der Widerstände von Kunststoffolien selbst) bei derartigen Messungen im Regelfall unberücksichtigt bleiben; die Aufbringung der Kunststoffolien erfolgte daher fast immer auf einem metallbelegten Ersatzarm, sofern über diesen nicht die verschiedensten Armbekleidungen aufgebracht waren. Aus den Reihenmessungen hiezuhin ein Beispiel: Erfolgte der Abgriff (Mikroamperemeter gegen Erde) über die Kunststoffolie (als letzte

Schicht), so lag die Differenz des über den hölzernen beziehungsweise des über den metallbelegten Ersatzarm gemessenen Ableitstromes (mit 0...2  $\mu$ A) im Bereich der Messgenauigkeit; bestand die Armbekleidung aus nur einem Hemd, so belief sich der Ableitstrom auf 48 (50)  $\mu$ A, bei einem leichten Rock auf 25,5 (24)  $\mu$ A, bei Vorhandensein beider auf 35 (35)  $\mu$ A.

Einige Messungen am Arm-Imitator wurden unter Zuhilfenahme eines Gerätes für die Blutdruckmessung, dem Riva-Roccischen Apparat (Sphygmomanometer) durchgeführt, um die Ableitströme bei kontinuierlichem Anpressdruck genau verfolgen zu können. Dieser Apparat besteht aus einer breiten Gummimanschette, die um den Oberarm des zu Untersuchenden gelegt wird und durch ein Gummigebläse aufgeblasen werden kann; der in der Manschette erzeugte Druck wird an einem Federmanometer abgelesen. Auch hier hielt sich der Anstieg des Ableitstromes in Abhängigkeit vom Anpressdruck (0...maximal 300 mm Hg.) in bescheidenen Grenzen (z. B. von 52  $\mu$ A auf 58  $\mu$ A).

#### **Einfluss von Packgut**

Im Haushalt muss damit gerechnet werden, dass Kunststoff-Tragtaschen nicht nur äusserlich mehr oder minder stark zerknittert sind, sondern dass auch noch ihre Innenseite zusätzlich mit einer scharfen Flüssigkeit (beispielsweise durch Verschütten von Essig) in Berührung gekommen ist. Um die Frage einer möglicherweise daraus folgenden Isolationsminderung beantworten zu können, wurden einschlägige Messungen durchgeführt, wie sie bei der Beurteilung von Elektro-Isolierfolien für Tropenklima zur Anwendung kommen; dies hielt man für nützlich, obschon bekannterweise Polyäthylen eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen Öle, Fette, Lösungsmittel, Laugen und Säuren besitzt. Diese Prüfungen bestehen bekanntlich darin, dass die Folien mehrere Wochen hindurch zylindrische Glasgefässe abdecken (also darüber lagern), in welche aggressive Mittel (Säuren) gefüllt sind; bei einer derart langen zeitlichen Einwirkung kondensiert die Flüssigkeit auf der Innenseite der Folie, wovon (wie fotografische Ausmittlungen ergaben) etwa die Hälfte der Kreisfläche – konzentrisch um den Mittelpunkt herum – betroffen wird. Wenn dieser Flüssigkeitsbelag flüchtig abgewischt wird, kommen dann die Folien zur Durchschlagprüfung.

Das Ergebnis dieser Versuche an praktisch neuen Kunststoff-Tragtaschen war kurz folgendes: Die unbehandelte Polyäthylenfolie wies eine Durchschlagspannung von 8,9 kV auf. Die Durchschlagspannung von behandelten Folien hingegen sank bei 10%iger Schwefelsäure auf 8,8 kV, bei 10%iger Salpetersäure auf 8,7 kV, bei 10%iger Ammoniaklösung auf 8,2 kV; die grösste Isolationsminderung mit 6,9 kV brachte die 96%ige Essigsäure mit sich. Da die chemische Beanspruchung der Folien über einen derart langen Zeitraum als ungewöhnlich lang zu bezeichnen ist, kann für Kunststoff-Tragtaschen im Alltagsgebrauch des Haushalts eine Isolationsminderung im Durchgangswiderstand (Durchschlagspannung) durch z. B. verschüttetes Packgut mit relativ hoher Leitfähigkeit, vernachlässigbar gering angesehen werden. Bei von anderer Seite mit denselben Flüssigkeiten und denselben Einwirkungszeiten (von 32 Tagen) durchgeführten Messungen an Polyäthylenfolien (von allerdings

0,21 mm Stärke) ergaben sich grössenordnungsmässig ähnlich geringfügige Werte der Isolationsminderung (z. B. 13,2/12,3 kV) [4].

### **Einfluss von Schwachstellen**

Während Folien grösserer Dicke, z. B. 0,050 mm und mehr, als homogene Isolierkörper angesehen werden können, trifft dies bei sehr dünnen Folien (von z. B. 0,010...0,020 mm) nicht mehr zu. Gerade bei der Messung der Durchschlagfestigkeit machen sich bei Foliendicken unter 0,025 mm Inhomogenitäten in der Folie als elektrische Schwachstellen bemerkbar. Mit abnehmender Foliendicke treten auch durchgehende Mikroporen in steigendem Masse auf, Erscheinungen, die insbesondere Kondensatoren-Herstellerwerken wohl bekannt sind. Dennoch ist auch bei dünnsten Folien die Poren- und Schwachstellenzahl je Flächeneinheit durch geeignete Verfahren stark herabgesetzt worden [4].

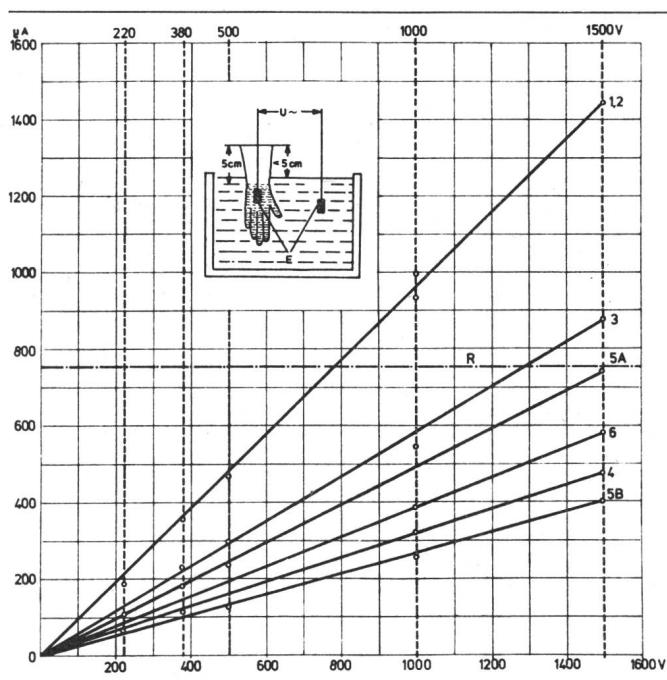
Sämtliche Plastbeutel, die zur Prüfung kamen, standen schon in Benützung; manche mussten – dem stark zerknitterten Aussehen (mit Falten, Runzeln und Wellen) zufolge – sogar schon über einen längeren Zeitraum in Verwendung gestanden haben. Kein einziger Prüfling wies jedoch einen Schäl-, Scher- oder Randbruch der Naht auf, wie er bei der Prüfung von Nähten an Kunststoffsäcken (gemäss Normblatt DIN 55445) auftreten kann.

Bei Plast-Einkaufsbeuteln können Schwachstellen im Zuge der Aufbringung des Farbdruckes zustande kommen, beispielsweise bei einer versehentlichen Fehleinstellung der je nach Bedruckung und Werkstoffart mit einer Wechselspannung von 10...20 kV und einer Frequenz von 5...40 000 Hz arbeitenden Funkensprühanlagen, welche erst die ideale Lösung für diese Vorbehandlung brachten. Bei derart dünnen Folien können überdies auch Luftschwebstoffe (wie Rauch) schädliche, isolationsmindernde Einlagerungen in den Kunststoffbahnen mit sich bringen.

### **Prüfung von Haushaltbehelfen**

Aus Gründen der Schonung der Hand (insbesondere gegen aggressive Wasch- und Spülmittel) benützt man im Haushalt spezielle Haushalt-Schutzhandschuhe, die früher aus Gummi, jetzt vornehmlich aus Kunststoff (meist ungefütert) gefertigt sind. Da sie auch praktisch in jedem Haushalt vorhanden sind, erschien es nützlich, auch ihren elektrischen Schutzwert bei den üblichen Gebrauchsspannungen (in Tarifabnehmeranlagen) zu ermitteln. Dasselbe gilt für klarsichtige, besonders dünne Schutzhandschuhe, wie man sie z. B. in Schuhspraydosen vorfindet, sowie für andere, im Stanz-Schweiss-Verfahren hergestellte Einweg-Schutzhandschuhe. Schliesslich sollten auch Bratfolien aus Kunststoff (verschiedener Herkunft) in diese Messungen mit einbezogen werden. Das Ergebnis war nun kurz folgendes:

Die Durchschlagspannung lag bei klarsichtigen Brat- und Back-Kunststoff-Beuteln (von 0,01 mm Stärke) zwischen minimal 4050 V und maximal 4350 V, bei klarsichtigen Kunststoff-Schutzhandschuhen (von 0,02 mm Stärke) zwischen minimal 1500 V und maximal 4400 V (für letztere ergaben sich Ableitströme zwischen 46 und 153  $\mu$ A). Demgegenüber hatten klarsichtige Haushalt-Kunststoff-Flachbeutel (von 0,035...0,045 mm Stärke) Durchschlagspannungen von



**Fig. 8** Ableitstrom-Messungen an vorwiegend ungefüterten Elektriker-Handschuhen verschiedener Grösse, Stärke, Farbe und Herkunft (bei 220/380/500/1000/1500 V Ws)

3600...5200 V, wobei bei zehn Prüfmustern nur drei unter 5200 V lagen. Bei einem 0,03 mm starken klarsichtigen Kunststoff-Schutzhandschuh, der aus der Innenseite der Verschlusskappe einer Schuhspraydose entnommen worden war und von dem nur mehr ein stark zerknittertes Versuchsmuster zur Verfügung stand, wurden hingegen die Durchschlagspannung zu nur 920 V, der Ableitstrom zu 3,4 mA (dem bisher gemessenen Höchstwert) bestimmt.

Auch wurden verschiedene, meist stark zerknitterte Klarsichtfolien, welche als Verpackung dienten, hinsichtlich ihrer elektrischen Durchschlagfestigkeit getestet. So lag die Durchschlagspannung einer solchen für Hemden bei 2,7 kV, für Kleidungsstücke bei 3,9 kV, für Sandspielgarnitur bei 1,8 kV sowie für Zellstoffwindeln bei 1,3 kV.

Schliesslich kamen – einer von anderer Seite gegebenen Anregung Folge leistend – auch einige Behelfe aus dem Bereich der Land- und Forstwirtschaft zur Prüfung. Verschiedenfarbige starke Plast-Landwirtschafts-Schutzhandschuhe (von 0,36...0,60 mm Stärke, aus drei verschiedenen Ursprungsländern stammend) hatten eine Durchschlagspannung von 6100...8500 V; der Ableitstrom lag bei 148...172  $\mu$ A, gut übereinstimmend mit den Werten, wie wir sie kürzlich erneut bei unseren Ableitstrommessungen an speziellen (0,7...1,78 mm starken) Elektriker-Isolierhandschuhen (Fig. 8) ermittelt hatten. Kontrollmessungen wurden im Wasser-Metallkugel-Bad (Trocken-Nass-Prüfmethode) mit geringfügig anderen Messwerten (Fig. 5) durchgeführt. Eine Ausnahme bildeten lediglich zwei Plast-Landwirtschafts-Handschuh-Typen (Fig. 9), welche Ableitströme von 270  $\mu$ A und 580  $\mu$ A aufwiesen. Eine Silo-Rettungshaube (von 0,04 mm Stärke, Abmessungen: 930  $\times$  700 mm), wie sie nach kräftigem Schwenken – genügend Atmungsluft einholend – über den Kopf gestülpt und durch den Gummizug abdichtend, zur Rettung von Personen aus Gärgaslocken in Silos (Fig. 4) verwendet wird, wies eine Durchschlagspannung von 3300 V

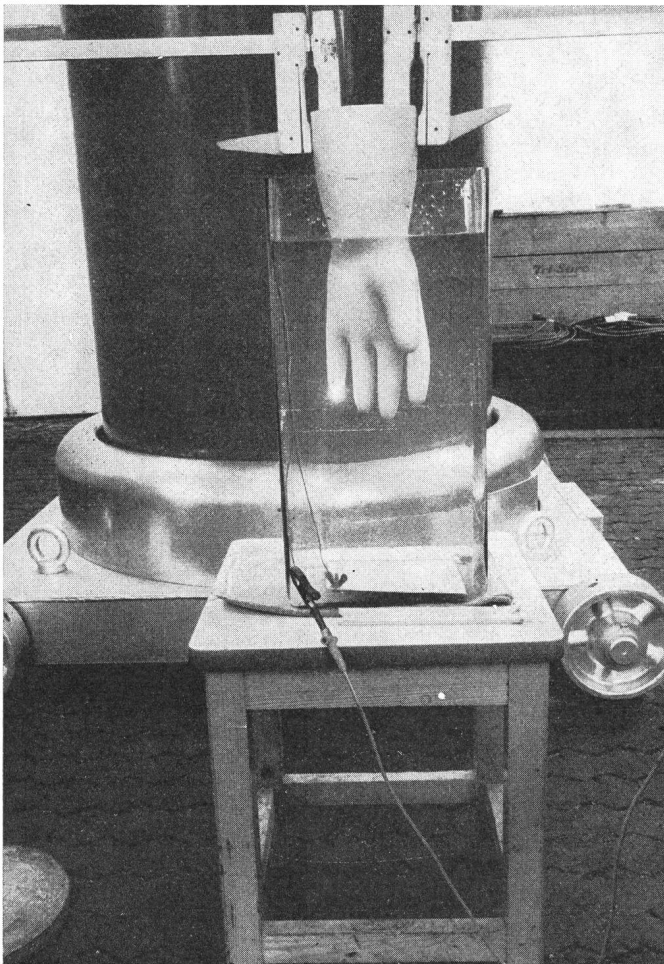


Fig. 9 Landwirtschafts-Schutzhandschuh bei der Wasserbad-Prüfung, im Augenblick des Durchschlages am Kleinfinger (bei 4100 V)

auf. Demgegenüber hatte ein grosser, starker Plastiksack für Baustoffe (Abmessungen:  $980 \times 470$  mm), wie denselben ein hiesiges Kalkwerk verwendet, eine Durchschlagsspannung von 5600 V.

#### Ergebnisse der Durchschlagversuche

Unter den elektrischen Kenngrössen interessierte zunächst die Kurzzeit-Durchschlagsspannung der (einlagig genommenen) Beutelfolie, welche für den Neuzustand dickenabhängig sein musste. Tatsächlich hatten auch die dicksten Tragbeutelfolien die grössten Durchschlagsspannungen, z. B. in einem Fall 8800 V bei 0,10 mm Dicke, im anderen Fall 8600 V bei 0,11 mm Dicke; die geringste Durchschlagsspannung (in einem Fall übereinstimmend mit der geringsten Foliendicke von 0,035 mm) lag bei 2200 V; der bisherige Höchstwert von 10 800 V war bei einem 0,09 mm dicken Plast-Einkaufsbeutel ermittelt worden. In der Regel wurde nur die Durchschlagsspannung auf einer Taschenhälfte, also bei einlagiger Folie, ermittelt; zwischen den Messungen auf Vorder- und Rückseite (Fig. 6) ergaben sich wegen z. B. bereits vorhandener geringfügiger Oberflächenverletzungen

und ansonst bestehender grösserer Foliendickenschwankungen wiederholt grosse Abweichungen (z. B. 8800/1600 V, 5800/2100 V, 4800/1700 V, 2100/1450 V). Werte unter 700 V, welche nur vereinzelt vorkamen, wiesen eindeutig auf stärkere Oberflächenverletzungen hin. Das Gros der Kunststoffbeutel wies dennoch die beachtlich hohe Durchschlagsspannung von im Mittel 5000 V auf; dieser Wert ähnelt übrigens dem Mindestwert der Durchschlagsspannung von 6 kV, wie er für wärmebeständige Kunststoffolien (auf anderer Rohstoffgrundlage, von 0,1 mm Nenndicke) zur Verwendung in elektrischen Maschinen gemäss Vorschrift VDE 0345/III.44 (unter VI, B, § 26) gefordert wurde.

Der Durchschlagkanal hatte, wie von derlei Versuchen her bekannt, die annähernde Grösse eines Stecknadelkopfes (von etwa 1 mm Durchmesser). Die Vermutung, dass der Durchschlag bevorzugt an farbig bedruckten Stellen erfolgen wird, hat sich nicht bestätigt; es war ausgerechnet das Gegenteil (Durchschläge an unbedruckten Stellen) der Fall, obwohl dies als ein rein zufälliges Ergebnis anzusehen ist (bei z. B. 85 Kunststoff-Tragtaschen Verhältnis 37 : 48).

#### Zusammenfassung

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Durchschlagsspannung der Plastbeutel selbst bei nur einlagiger Benutzung (bei im Mittel 5000 V) ein Vielfaches der Wechselstrom-Gebrauchsspannung in Abnehmeranlagen (220 V) beträgt und der Ableitstrom (bei im Mittel  $140 \mu\text{A}$ ) noch weit unterhalb der Reizschwelle des Menschen ( $750 \mu\text{A}$ ) liegt. Da ausserdem die Versuche auf jeweils extrem negativen Prüfbedingungen (z. B. Messungen an stark gebrauchten Plastbeuteln, Standort auf Prüffeld-Erdpotential mit 0,15 Ohm Ausbreitungswiderstand) abgestellt wurden, besteht bei der praktischen Handhabung überdies noch ein beachtlicher Sicherheitskoeffizient gegenüber Stromübertritten (z. B. auch gegeben durch das Anfassen des Verunglückten am mehr oder minder isolierenden dicken Rockärmel). Alle Messwerte dürfen daher nicht allzu engherzig interpretiert werden.

Aufgrund der durchgeführten Messungen und angestellten Überlegungen können demnach Plastbeutel für einen Niederspannungs-Elektro-Rettungsbehelf im Haushalt als geeignet angesehen werden. Die von Prof. Ing. Franz Maresch vorgebrachte Idee verdient – im Sinne der Erhaltung von Leben und Gesundheit von Menschen – in weitesten Kreisen (beispielsweise auch im Wege des Fernsehens) gelegentlich bekanntgemacht zu werden.

#### Literatur

- [1] G. Irresberger: Vollisolierter Rettungshaken – ein neuartiger Rettungsbehelf. Praktisches Wissen 1971, Bd. 45, H. 5, S. 3...5; H. 8, S. 4...6, 1 Fig.
- [2] G. Irresberger: Plast-Einkaufsbeutel als Niederspannungs-Rettungsbehelf. Praktisches Wissen 1973, Bd. 47, H. 12, S. 4...8, 2 Fig.
- [3] E. Homberger: Schutzmassnahmen in elektrischen Anlagen. Verlag. Der Elektromonteur, Aarau (1973), 271 S., 190 Fig.
- [4] G. Irresberger: 211 Schrifttumsquellen zum sicherheitstechnischen Thema «Kunststoff-Tragbeutel als Niederspannungs-Rettungsbehelf» (beim Verfasser erhältlich).

#### Adresse des Autors:

Ing. G. Irresberger, Direktionsassistent der OKA, Anton-Bruckner-Strasse 5, A-4810 Gmunden, Österreich.