

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 39 (1948)  
**Heft:** 12

**Artikel:** Englische Arbeiten auf dem Gebiete der Isoliertechnik : unter besonderer Berücksichtigung der Arbeiten der Electrical Research Association (ERA)  
**Autor:** Meier, G.A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059279>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 03.04.2025

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

## Englische Arbeiten auf dem Gebiete der Isoliertechnik unter besonderer Berücksichtigung der Arbeiten der Electrical Research Association (ERA)

Vortrag, gehalten an der Isolationstagung des SEV vom 24. April 1947 in Zürich,  
von G. A. Meier, Zürich

621.315.61

*Der Verfasser berichtet über Entstehung und Organisation der englischen Electrical Research Association (ERA), sowie über Arbeiten dieser Forschungsorganisation auf dem Gebiet der Isoliertechnik. Abschliessend erwähnt er einige in der Schweiz weniger bekannte Leistungen der ERA.*

*L'auteur expose le développement et l'organisation de l'Electrical Research Association (ERA) et parle des travaux de recherches de cet organisme dans le domaine de la technique des isolants. Il conclut en mentionnant quelques travaux de l'ERA peu connus en Suisse.*

### Allgemeines

Im Bull. SEV Bd. 37(1946), Nr. 21, S. 629...630, habe ich in einem kurzen Aufsatz unter dem Titel «Forschungsarbeit der elektrischen Industrie in England» auf die bemerkenswerte Zusammenarbeit aller beteiligten Kreise auf dem Gebiete der Forschung hingewiesen, die es verdient, auch bei uns in der Schweiz einem grösseren Kreis bekannt zu werden.

Ich stellte dort in Aussicht, in einem weiteren Aufsatz kurz über einige typische Forschungsarbeiten der British Electrical and Allied Industries Research Association, auch Electrical Research Association, kurz ERA genannt, zu berichten.

Während der vergangenen Kriegsjahre hatte ich in England für einige Zeit Gelegenheit, mich als Assistent des dort gut bekannten Isolationsfachmannes Dr. Guido Haefely, eines Sohnes des bekannten Schweizer Emil Haefely, sehr intensiv mit isoliertechnischen Problemen zu beschäftigen.

Es kommt nicht von ungefähr, dass sich die ERA nach der Gründung im Jahre 1920 hauptsächlich mit Untersuchungen von verschiedenen Isoliermaterialien und Imprägniermethoden beschäftigte, da diese Gebiete damals aufs dringlichste der Verbesserung bedurften. Allerdings waren die Mittel noch recht bescheiden im Vergleich zu den heutigen Jahresausgaben, die für alle Forschungen zusammen über 3 Millionen Schweizer Franken betragen. Bekanntlich ist eine Kette nicht stärker als das schwächste Glied, und für lange Zeit war in der Elektrotechnik die Isolationstechnik dieses schwächste Glied. Vor einigen Jahren wurde in England eine sorgfältige Untersuchung durchgeführt und festgestellt, dass Isolationsdefekte in elektrischen Anlagen die Energieproduzenten und damit die Konsumenten mindestens um eine Million Pfund im Jahre schädigten. Durch die Arbeit der ERA konnte die Zuverlässigkeit von Isoliermaterial in England wesentlich gesteigert werden; man veranschlagt die Ersparnisse durch das Ergebnis dieser Forschungen auf mindestens eine halbe Million Pfund, d. h. über 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Millionen Schweizer Franken pro Jahr.

Die Zusammenarbeit in den verschiedenen Gruppen der englischen Industrie, die teilweise schon vor dem Kriege gut entwickelt war, wurde während der Kriegsjahre noch vertieft. Sie existiert fast in jeder wichtigen Beziehung, zwischen Konsumenten und Produzenten, zwischen Privatindustrie und Regierungsstellen, zwischen Arbeitern und Betriebs-

leitern, und was besonders interessant ist, auch zwischen den Konkurrenzfirmen.

Die Wichtigkeit dieser Zusammenarbeit für die Wirksamkeit der Forschung kann nicht hoch genug eingeschätzt werden. Firmen brauchen nicht Mühe und Kosten aufzuwenden, um schliesslich als mageres Ergebnis ihrer Forschungen die Wiederentdeckung von Geheimnissen ihrer Konkurrenten, die Umgehung gegnerischer Patente usw. verzeichnen zu können. Im Gegenteil werden die grundlegenden Arbeiten allen gemeinsam zur Verfügung gestellt und entfachen die sogenannten «Forschungsteams» der Einzelfirmen zu grösserem Eifer in der Entwicklung ihrer speziellen Produkte. Die Bewegung greift in England auf alle Industrien über, nachdem der Krieg gezeigt hat, was Zusammenhalten im allgemeinen und grosszügige, systematische Forschung auf bestimmten Gebieten für Erfolge einbringen können. Firmen mit ganz grossen wie auch Betriebe mit kleinen oder gar keinen Forschungseinrichtungen machen mit. Die Veröffentlichung der Ergebnisse setzt sich mehr und mehr durch und befruchtet die Arbeiten der Forscher gegenseitig.

Die Arbeiten der ERA werden durch das National Physical Laboratory stark unterstützt; fast alle britischen Universitäten arbeiten am grossen Forschungsprogramm der ERA, besonders aber die Universitäten von Bristol, Cambridge, Liverpool, London, Sheffield und das Imperial College in London. Zur Erzielung weiterer Fortschritte auf dem Gebiete der Isoliermaterialien ist eine besondere Gruppe von Physikern, Ingenieuren und Chemikern tätig.

Im Rahmen der ERA spielen die verschiedenen Komitees eine wichtige Rolle. Auf Grund ihres Rates beschliesst der Council das Programm. Es wird keine Forschung begonnen ohne gründliche Vorprüfung, die in erster Linie, soweit wie möglich, sämtliche früheren Arbeiten in der ganzen Welt ermittelt und zusammenfasst.

Der Forschungsrat setzt sich aus Vertretern wichtiger Dachorganisationen zusammen. Erwähnen möchte ich nur:

1. BEAMA British Electrical and Allied Manufacturers' Association.
2. Central Electricity Board.
3. Die englische Regierung durch ihr Department of Scientific and Industrial Research.
4. IEE Institution of Electrical Engineers.
5. CMA Cable Makers' Association.

Auf dem Gebiete der Isolierstoffe sind folgende Hauptausschüsse tätig:

- A Faserstoffe, Lacke und Füllstoffe
- B Zusammengesetztes Material
- C Porzellan
- D Glimmer
- E Isolieröle
- F Isolierkabel
- L Elektrische Isolierstoffe allgemein

Fast jeder Hauptausschuss hat mehrere Unterkomiteen.

Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt aus dem Informationsbureau mit dem wissenschaftlichen und technischen Index, der allen Mitgliedern selbst über das Telefon zur Verfügung steht und über 35 000 verschiedene Artikel und Sachgebiete enthält.



Fig. 1  
Eine Ecke im Informationsbüro der ERA mit der umfangreichen Kartothek

Ausserordentlich wertvoll sind die periodischen Berichte über verschiedene Sachgebiete. Über Isolationen erscheint jeden Monat ein Bericht mit einem kompletten, aber kondensierten Überblick über die einschlägige Weltliteratur.

Die Fachkollegien des SEV, sowie die technischen Kommissionen des VSM und der SNV leisten ebenfalls ausserordentlich wertvolle Arbeit. Doch fehlen gegenüber der ERA vielleicht die in die Tiefe und Breite gehende Verästelung, und vor allem die der ERA direkt zur Verfügung stehenden Forschungsstätten und Mitarbeiter. Die ERA zählte schon im Jahre 1944 über 200 Angestellte.

Obwohl die ERA nur etwa ein Zehntel der Forschung der Industrie repräsentiert, hat sie eine ganz überragende Bedeutung als Zentrum und Mittel der Koordination und Zusammenarbeit aller Kreise.

Bevor ich den Hauptbeitrag der ERA auf dem Gebiet der Isolation beleuchte, möchte ich folgende Arbeiten über die Prüfung, Normung und Entwicklung von verbessertem Isoliermaterial erwähnen.

Die Vorteile und die Wirtschaftlichkeit von einheitlichen Normen bezüglich Qualität und technischen Grundlagen für den Einkauf und die Materialübernahme muss hier wohl nicht betont werden. Auf diesem Gebiet hat die Research Association gute Arbeit geleistet. Die Untersuchungen wurden auf die Fragen der Prüfmethode für Gewebe, Bänder, lackierte Tücher und andere Stoffe ausgedehnt;

weiter wurden alle Klassen von Papieren eingehend erforscht, aber auch Lacke einschliesslich Emailierlacke und Isolierfüllmassen.

Dem Einfluss von Feuchtigkeit, von hygroskopischen elektrolytischen Verunreinigungen usw. auf die elektrischen Eigenschaften von Papier im besonderen und von Isoliermaterialien im allgemeinen wurden umfangreiche Untersuchungen gewidmet (Fig. 2). Dies sind Fragen, die für wirksame Isolationen von hervorragender Bedeutung sind. Die Arbeiten haben zur Einführung von besonderen Messungen und Messeinrichtungen, von Massnahmen für die Lagerung, Behandlung usw. geführt und auf die Papier herstellende Industrie und deren Laboratorien befruchtend gewirkt.

Für Isolierplatten und Rohre wurden British Standard Specifications ausgearbeitet, wie auch beispielsweise für folgende Isoliermaterialien:

- Mikanite,
- Kabel verschiedenster Art,
- Kunsthartz-Presskörper,
- Keramisches Material,
- Asbestprodukte für elektrische Zwecke,
- Isolieröle,
- Isolierlacke,
- Kunstharze,
- Verschiedene Rohstoffe für Isoliermaterialien, z. B. Phenol.

Diese Arbeiten, auf die ich hier wegen Raum mangels nicht eintreten kann, haben zur Ausschaltung von minderwertigen Isoliermaterialien auf dem englischen Markt beigetragen. Zur Illustration seien jedoch zwei Beispiele erwähnt. Durch besondere Behandlung konnte der Isolationswiderstand

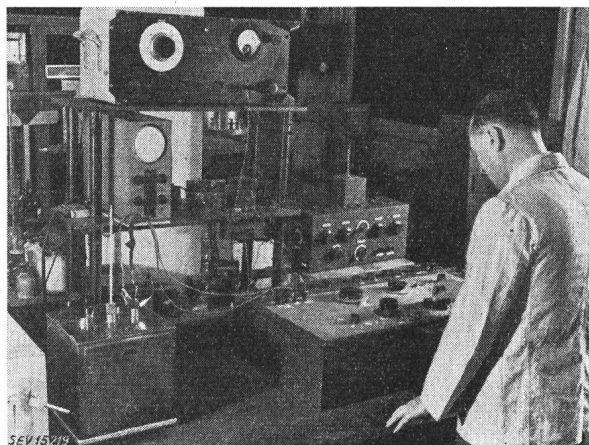


Fig. 2  
Prüfraum der ERA für dielektrische Untersuchungen  
(Verlustmessungen)

von Asbestgeweben in den sogenannten Gitterwiderständen erhöht werden, ein Verfahren, das dann von der ERA patentiert und den Mitgliedern zur Verfügung gestellt wurde.

Gute Ergebnisse wurden auch erzielt durch das Studium der Glasfasern als Isoliermaterial, wobei besonders die Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen, Schlagbeanspruchung, Schürfung usw. untersucht wurde; der Glasfabrikant erhielt dadurch die nötige Anleitung für die Verwertung seines Produktes auf einem neuen Gebiet.

### Theoretische Grundlagen für Isolierstoffe

In den Jahren 1912 bis 1929 wurde bekanntlich die Theorie von Debye über Dipole entwickelt, die, basierend auf molekularer Polarisation, den Weg zu einem Verständnis des Verhaltens von Isoliermaterial wies. Seither haben viele weitere Forscher das Bild vervollständigt, das kurz beschrieben zu folgenden Resultaten führte.

Für einfache kristalline Stoffe decken sich die Kurven der dielektrischen Verlustziffern und der Dielektrizitätskonstanten als Funktion von Temperatur und Frequenz ziemlich gut mit den berechneten Werten auf Grund der Theorie von Debye. Die Übereinstimmung wurde jedoch in letzter Zeit noch verbessert durch weitere Arbeiten, welche den Einfluss der Dipole durch eine verfeinerte Betrachtung genauer zeigen.

Kürzlich ist in England Dr. Fröhlich einen Schritt weitergegangen. Auf Grund der heutigen Kenntnisse über den Aufbau der Materie hat er Beziehungen für eine Reihe einfacher dipolarer Stoffe entwickelt, mit deren Hilfe Kurven über die wechselseitigen Einflüsse von Dielektrizitätskonstanten, dielektrischen Verlustziffern, Temperatur und Frequenz, und zwar lediglich auf Grund von thermischen Daten, berechnet werden können. Das wesentliche dabei ist, dass diese elektrischen Eigenschaften ohne elektrische Messungen ermittelt werden können.

Noch interessanter ist es, dass heute auch über den Mechanismus des Durchschlages von einfachen Isoliermaterialien ein theoretischer Aufschluss möglich ist, der es beispielsweise erlaubt, für eine grosse Gruppe von kristallinen Substanzen die elektrische Festigkeit auf Grund von optischen Daten zu berechnen. Gewiss haben diese theoretischen Kenntnisse keine grosse Bedeutung für Stoffe wie zum Beispiel Papier, Baumwolle und gewisse Lacke, sicher aber für die neuen synthetischen Isolierprodukte, die mehr und mehr in zielbewusster Arbeit aus dem *Laboratorium des Chemikers* kommen.

### Polythen

Der Hauptreferent, Herr Prof. Imhof, hat bereits auf den britischen Ursprung des neuen Isoliermaterials Polythen hingewiesen. Ergänzend muss ich hier einfügen, dass dieses Material einen sensationellen Werdegang in der Geschichte der englischen Forschungsarbeit einnimmt. Es kam gerade im richtigen Moment für die erfolgreiche Entwicklung von Radar oder der Radiolocation; wer nur etwas mit deren geschichtlicher Bedeutung im vergangenen Weltkrieg vertraut ist, weiss, was dies bedeutet. Die Unterlagen wurden von den Engländern während des Krieges auch sofort den Amerikanern, ihren Alliierten, zur Verfügung gestellt.

Während des Krieges wurden riesige Mengen Polythenkabel hergestellt, die meistens mit einer Schutzschicht von Polyvinylchloriden versehen wurden, welche den nötigen Schutz gegen Entzündung und Abnutzung ergibt.

Heute dürfte das Polythenkabel mehr und mehr auch als Telephon-Unterwasserkabel zur Anwen-

dung kommen, wobei der Hauptgewinn in der verringerten Dielektrizitätskonstante liegt. Doch ist auch die Eigenschaft der kleineren Verluste von Vorteil.

In der englischen Fachpresse wird in letzter Zeit behauptet, dass Polythen und ähnliche Isoliermaterialien — wir vermuten, dass das von Herrn Imhof erwähnte polymerisierte Tetrafluoräthylen gemeint ist — auch für Hochspannungskabel in Frage kommen dürften. Versuche mit Hochfrequenzkabeln bei hohen Umgebungstemperaturen sind bereits erfolgreich abgeschlossen worden.

Noch während meines Englandaufenthaltes erfuhr ich, dass beispielsweise die British-Thomson Houston Co. mit Erfolg einen Hochspannungsstromwandler mit Polythen-Isolation herstellte. Eine nackte Kupferwicklung wurde in einen Porzellan-Isoliermantel gebracht, der in wenigen Stunden mit Polythen ausgegossen wurde. Die Prüfspannung betrug 400 kV. Der hohe Preis verhinderte jedoch damals eine kommerzielle Ausnützung. Seither soll jedoch Polythen wesentlich billiger geworden sein.

### Silikone

Im Kriegsjahre 1943 erreichte uns in England die Kunde, dass es amerikanischen Forschern gelang, die sogenannten organischen Silizium-Verbindungen zu einer praktischen Entwicklung zu bringen und zwar in Form der bereits mehrfach erwähnten Silikone.

Nach meinen Informationen kann die Anlage der Dow-Corning Corporation, die bekanntlich mit der Westinghouse Electric Corporation zusammenarbeitet, monatlich etwa 40...50 t verschiedene Silikon-Produkte erzeugen. Die Versuchsanlage der General Electric Co. hat bis jetzt zirka 2 t pro Monat produzieren können, doch soll eine grössere Anlage kurz vor der Produktionsaufnahme stehen.

Im Zusammenhang mit meinem Thema möchte ich zwei Bemerkungen über die Silikone anfügen:

Wenn man in der Geschichte der Chemie zurückblättert, findet man erstens, dass die organischen Silizium-Verbindungen seit über 80 Jahren methodisch untersucht worden sind und zweitens, dass ein englischer Professor vom University College Nottingham, nämlich Professor F. S. Kipping, F. R. S., sehr wichtige Untersuchungen auf diesem Gebiet durchgeführt hat. Seit 1899 arbeitete er während rund 40 Jahren auf diesem Gebiet und schrieb über 50 Aufsätze für das «Journal of The Chemical Society».

Nachdem nun die Silikone als *besonders wärmebeständiges und wasserabstossendes* Isoliermaterial dem Konstrukteur zur Verfügung stehen, verhindern nur die heute noch relativ hohen Preise und die beschränkten und kostspieligen Produktionsmöglichkeiten eine grössere Anwendung in der nahen Zukunft. Versuche in England versprechen folgende Anwendungsgebiete:

Spulen mit Glasisolation imprägniert mit Silikon-Resinoiden, Nutenisolation mit Glimmer, Glas und Silikonen, Nutenkeile von grosser mechanischer Festigkeit aus mit Silikonen imprägniertem Schichtgewebe.

### Keramisches Material

Präsident Roosevelt zollte den Engländern in seinem Bericht «Gemeinsame Hilfe im Krieg — Der britische Beitrag» besondere Anerkennung, indem er beispielsweise darauf hinwies, dass durch die Verwendung von wichtigen Entwicklungen auf dem Gebiete der Fabrikation von gesintertem Aluminiumoxyd neue Zündkerzen — also keramische Durchführungsisolatoren — für Flugzeuge hergestellt werden konnten, die eine vier- bis fünfmal längere Lebensdauer besitzen.

Kurz erwähnt werden müssen die neuen Materialien mit besonders hohen Dielektrizitätskonstanten, die zur Hauptsache auf den Titanaten der Erdalkali-Metalle, englisch auch «ferro-electrics» oder «titanate-ceramics» genannt, beruhen. Durch bestimmte Zusätze war es möglich, Dielektrizitätskonstanten von der Grössenordnung von 1000...3000 zu erzielen.

Auf dem keramischen Gebiet entwickelt sich in England eine neue Technik. Durch das Einbrennen einer ganz schwach leitfähigen Glasur wurde es möglich, an Freiluft-Porzellan-Isolatoren unter allen Wetterbedingungen und Verschmutzungsgraden eine äusserst vorteilhafte, gleichmässige Spannungsverteilung zu erzwingen.

### «Schweissen» von Isoliermaterial

Die Einführung der Schweissttechnik für Metalle gab dem Konstrukteur neue, ungeahnte Möglichkeiten. Eine ähnliche Entwicklung zeichnet sich heute für Isoliermaterialien ab.

Zwei Beispiele seien erwähnt:

In der englischen Spezialfirma der Isoliertechnik, in der ich tätig war, hatten Chemiker die Aufgabe, isolierende Klebstoffe, sogenannte «Adhesives» oder «Plastic Glues» zu entwickeln. Für die Durchführung von Koronaversuchen unter Öl konnten wir

dazu ohne Schwierigkeiten einen Öltrog aus zusammengescheissenen, grossen Isolierrohren und -platten herstellen, der das elektrische Feld bei den Versuchen nicht beeinflusste.

Für Transformatoren von Röntgenanlagen stellen wir Spulenkörper ebenfalls aus Rohren und Platten her. Versuche zeigten eine ganz erstaunliche elektrische Festigkeit der Klebeschicht. Aber auch die mechanische Festigkeit ist äusserst bemerkenswert, und da Isolierstoffe nicht nur untereinander, sondern auch mit Metallen, Holz, Glas usw. verbunden werden können, darf im Laufe der nächsten Jahre mit einer umwälzenden Entwicklung im Apparatebau gerechnet werden. Statt durch Nieten oder Zusammenschrauben verbunden zu werden, wird vieles nur geklebt werden können.

### Isolationsprüfer

Zum Schluss noch etwas Interessantes für Betriebsleiter: Vor einigen Jahren entwickelte ein Ingenieur des Central Electricity Board, Mr. Forrest, eine tragbare Prüfeinrichtung, die heute von vielen englischen Elektrizitätswerken mit Erfolg verwendet wird. Bei Spannungen bis 5 kV können Isolationswiderstände bis 40 000 M $\Omega$  gemessen werden. Es wurde nachgewiesen, dass damit viele Isolationsdefekte im Anfangsstadium entdeckt werden können. Jetzt führt man damit auch Ölprüfungen durch, da die normale elektrische Festigkeitsprüfung nicht immer befriedigt und die Erfahrung gezeigt hat, dass zwischen Verlustziffer und Gleichstromwiderstand von Isolierölen eine für solche Feldmessungen ausreichende Übereinstimmung herrscht. Ein einziger Apparat vereinigt somit die Anforderungen eines Isolationsprüfers für Durchführungen mit denen eines Ölprüfgerätes.

Adresse des Autors:

G. A. Meier, Ingenieur, A.M.I.E.E., Gloriastrasse 70, Zürich 44.

## Prüfung und Bewertung von Isoliermaterialien

Vortrag, gehalten an der Isolationstagung des SEV vom 24. April 1947 in Zürich,  
von M. Zürcher, Zürich

621.315.61.0014

*Es werden die grundsätzlichen Gesichtspunkte dargelegt, welche bei der Prüfung von organischen Werkstoffen in bezug auf ihre Verwendung als Isoliermaterial zu berücksichtigen sind. Neben der sinngemässen Auswertung der Resultate der Werkstoffprüfung einerseits und der Gebrauchsprüfung am fertigen Objekt andererseits ist die Veränderung der Eigenschaftswerte durch Feuchtigkeit und erhöhte Temperatur zu beachten. Auf Grund der Gesamtheit aller Daten muss der Verwendungsbereich eines Isolierstoffes abgegrenzt werden.*

*L'auteur expose quels sont les points essentiels dont il faut tenir compte lors de l'essai de matières organiques destinées à servir d'isolants. Ces matières doivent être essayées non seulement au point de vue de leurs propriétés mécaniques et électriques et du comportement à l'usage des objets confectionnés avec de telles matières, mais aussi de la modification de leurs qualités sous l'influence de l'humidité et d'une température élevée. Le domaine d'utilisation d'une matière isolante doit être délimité en tenant compte de toutes les indications ainsi obtenues.*

### Allgemeines

Es ist die Aufgabe der Materialprüfung, auf Grund möglichst einfacher Prüfungen einen Werkstoff so zu charakterisieren, dass sein Anwendungsgebiet vom Konstrukteur richtig abgegrenzt werden kann. Die Qualität eines Apparates ist eine Funktion der Materialeigenschaften und der Güte der Konstruktion. Sehr oft kann bei Verwendung verhältnismässig minderwertiger oder billigerer Materia-

lien durch geschickte Anwendung eine gute Konstruktion geschaffen werden, während die Anwendung hochwertiger, teurer Werkstoffe nutzlos ist, wenn sie zufolge unzweckmässiger Konstruktion nicht vollständig ausgenützt werden können. Die Güte der Dauerhaftigkeit eines Apparates kann nur durch Prüfungen am fertigen, endgültig ausgeführten Objekt beurteilt werden. Dazu ist es nötig, eine Gebrauchsprüfung vorzunehmen, welche die Be-