

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 42 (1951)
Heft: 14

Artikel: Die Messung der Luftzirkulation in Trockenschränken
Autor: Zürcher, M. / Lüder, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061006>

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: 04.02.2026

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

Bei einem mit VWS-Fahrleitung ausgerüsteten, elektrischen Bahnbetrieb ist eine von der Hasler A.-G., Bern, gelieferte Hochfrequenzanlage installiert, durch welche die Telephonverbindung zwischen Lokomotivführer und Stationen über die Fahrleitung erfolgt. Auf Grund der einwandfreien Stromabnahme-Verhältnisse bei der VWS-Fahrleitung ist es möglich, solche Telephongespräche auch während der Fahrt störungsfrei zu führen (max. Fahrgeschwindigkeit auf dieser Strecke 60 km/h).

Der Bau von VWS-Fahrleitungen wurde wegen ihrer Radiostörfreiheit in der Schweiz durch die PTT subventioniert.

4. Zusammenfassung

Zahlreiche langjährige Betriebserfahrungen mit und Messungen an den von der A.-G. Kummel & Matter entwickelten und gebauten, vollelastischen VWS-Fahrleitungen haben folgendes ergeben:

- a) Unterbruchlose, funkenfreie Stromabnahme und gleichbleibender Kontaktdruck bei allen Geschwindigkeiten infolge gleichbleibender Elastizitätsverhältnisse entlang der ganzen Fahrleitung. Die Rekuperation z. B. kann auf Grund des funkenfreien Arbeitsens der VWS-Fahrleitung ohne die bisherigen Schwierigkeiten angewendet werden.
- b) Billige Bauweise durch den Wegfall von Spurhaltern und infolge grosser Spannweiten, speziell in Kurven (Einsparung von Masten).
- c) Billige Bauweise ausserdem, da es der starke Zickzack des Tragseils gemäss Fig. 12 ermöglicht, bei wechselseitig gestellten Masten sehr kurze Ausleger zu verwenden oder diese ganz wegzulassen.

d) Praktisch unbegrenzte Lebensdauer des elastisch aufgehängten Fahrdrähtes, bedingt durch die stoss- und schwungsdämpfende Wirkung der VWS-Fahrleitung. Nach einer Betriebszeit von 5 Jahren und 20 Stromabnehmerdurchgängen pro Tag ergab sich ein Fahrdrähtdurchmesser, welcher noch innerhalb der Fabrikationstoleranz lag. Eine Fahrdrähtabnutzung konnte somit nicht festgestellt werden. Die durchschnittliche Lebensdauer des Kohle-Schleifstückes am Pantograph betrug mehr als 200 000 km. Diese Tatsachen ermöglichen eine kupfersparende Bauweise mit Kupferpanzer-Fahrdräht (Yverdon-Ste-Croix-Bahn).

e) Übersichtlicher, solider Aufbau der Fahrleitung, besonders kein Ersatz von Hängedrähten, da diese sowohl in Ruhe- als auch in Arbeitslage stets unter Zugspannung stehen.

f) Gutes Temperatur-Verhalten, d. h. horizontale Fahrdrähtlage im Winter und im Sommer.

5. Mit VWS-Fahrleitung ausgerüstete Bahnbetriebe

Verkehrsbetriebe Winterthur (Strassenbahn), Yverdon-Ste-Croix-Bahn, Wynentalbahn, Bremgarten-Dietikon-Bahn, Städt. Strassenbahn Schaffhausen (Strecke Enghof-Beringen), Schwyzer Strassenbahn, Sernftal-Bahn, PSC-Bahn (La Chaux-de-Fonds-Les Ponts de Martel), Basler Verkehrsbetriebe (Strecke Höhlebach).

Adresse des Autors:

M. Wittgenstein, Dipl. Ing., Scheideggstrasse 124, Zürich 38.

Die Messung der Luftzirkulation in Trockenschränken

Von M. Zürcher und J. Lüder, Zürich

542.47

Es wird eine Methode angegeben, welche gestattet, die Luftumwälzung bzw. den Trocknungseffekt verschiedener Trockenschränke miteinander zu vergleichen. Sie besteht in der Messung der von einer Naphthalinoberfläche pro Flächen- und Zeiteinheit verdampften Menge Naphthalin als dem Mass für die verdampfende Wirkung, die ein Trockenschrank auf das Prüfobjekt ausübt. Versuche zeigen, dass hinsichtlich Verdampfungswirkung zwischen verschiedenen gebräuchlichen Trockenschränken beträchtliche Unterschiede auftreten können.

Les auteurs décrivent une méthode permettant de comparer la circulation d'air, respectivement l'effet de séchage de différentes étuves. Elle consiste à déterminer la quantité de naphtaline qui, par unité de temps et de surface, s'évapore d'une surface de naphtaline déterminée; cette quantité est une mesure de l'effet dessiccatoire auquel est soumis l'éprouvette dans une étuve. Les essais effectués montrent que, pour différentes étuves d'utilisation courante, l'effet de séchage peut varier de manière appréciable d'une étuve à l'autre.

Einleitung

Beim Arbeiten im Trockenschrank sind folgende zwei Gesichtspunkte auseinanderzuhalten:

1. Das Prüfobjekt soll lediglich einer erhöhten Temperatur ausgesetzt werden, ohne dass eine merkliche Wechselwirkung mit der Umgebung, z. B. durch Austausch flüchtiger Stoffe stattfindet. Dieser Fall tritt auf, wenn es sich darum handelt, Reaktionen, z. B. Polymerisationen zwischen nicht flüchtigen Stoffen im Prüfobjekt, durch Wärme zu beschleunigen oder kurzzeitige Messungen bei einer gegebenen Temperatur auszuführen.

2. In weitaus den meisten Fällen aber wird erwartet, dass flüchtige Substanzen aus dem Prüfobjekt beabsichtigt oder unbeabsichtigt entweichen. Dies ist der Fall beim Trocknen, wo die Entfernung des Wassers oder von flüchtigen Lösungsmitteln verlangt wird, oder besonders bei künstlichen Alterungen, wo die Flüchtigkeit von Bestandteilen des

Prüfobjektes, z. B. von Weichmachern, eine ausschlaggebende Rolle spielt.

Damit eine gleichmässige Temperaturverteilung im Trockenschrank gewährleistet ist, muss eine gewisse Luftzirkulation vorhanden sein, die durch natürliche Konvektion oder durch Ventilatoren erreicht wird. Es leuchtet ein, dass in allen Fällen, in denen mit einer Verdampfung flüchtiger Stoffe gerechnet werden muss, neben der Oberfläche des Prüfobjektes die Intensität der Luftzirkulation von grundlegender Bedeutung ist, und dass Vorschriften, welche nur Temperatur und Trockenheit enthalten, bloss dann einen Sinn haben, wenn gleichzeitig über die Intensität der Luftumwälzung über dem Prüfobjekt eine Aussage gemacht werden kann; es sei denn, die Aufenthaltszeit sei so lange bemessen, dass alle flüchtigen Bestandteile quantitativ entfernt werden. Da eine gasvolumetrische Messung der Luftzirkulation in den meisten Fällen nur schwer durch-

zuführen ist, besteht das Bedürfnis, eine einfache und gut reproduzierbare Masszahl zur Verfügung zu haben, welche die Einwirkung der Luftzirkulation auf das Prüfobjekt charakterisiert und damit einen Vergleich zwischen verschiedenen Schränken ermöglicht.

Prinzip

Ein geometrisch genau definierter Körper aus einer einheitlichen, leicht und vollständig verdampfbaren Substanz wird an einer genau bestimmten Stelle des Trockenschrankes aufgehängt. Der Verdampfungsverlust, ausgedrückt pro Oberflächeneinheit des Prüfkörpers und pro Zeiteinheit, wird durch Wägung bestimmt und gibt ein Mass für die Verdampfung, welche durch die Luftzirkulation bedingt ist. Die gemessenen Verdampfungszahlen sind Vergleichszahlen, welche den Vergleich und die Charakterisierung verschiedener Schränke ermöglichen.

Als Modellsubstanz wurde Naphthalin (Schmelzpunkt 80,2 °C) verwendet, welches in Form von gegossenen zylindrischen Stangen von rund 75 mm Länge und rund 15 mm Durchmesser, einer Oberfläche von rund 40 cm² und einem Gewicht von rund 15 g entsprechend, in den zu prüfenden Trockenschrank gebracht wurde.

Als Prüftemperatur wurde 70 °C gewählt, weil diese Temperatur für künstliche Alterungen von Kautschuk und Thermoplastmaterialien weitgehend eingeführt ist und bei Verwendung von Naphthalin günstige Verdampfungswerte ergibt. Es kann angenommen werden, dass die Zirkulationsverhältnisse bei anderen Temperaturen nicht grundsätzlich andere sind.

Ausführung

Herstellung der Prüfkörper

Um ein Reagensglas von rund 15 mm Durchmesser wird eine Stanniolfolie so gewickelt, dass sie fest an der Wand anliegt. Die Folie wird nun als Hohlzylinder von dem Glas abgezogen und am unteren Ende durch Einsticken des umgekehrten Reagensglases verschlossen. Nach leichter Fixierung mit einem dünnen Draht wird das Reagensglas mit aufgesteckter Stanniolhülse in einem senkrechten, von kaltem Wasser durchflossenen Glaszyylinder so aufgestellt, dass der oberste Teil des Stanniolzyinders noch ca. 1 cm aus dem Wasser herausragt. Das Eingießen des flüssigen Naphthalins in die Stanniolhülse erfolgt in Portionen von jeweils einigen cm³, wobei das Naphthalin infolge der Wasserkühlung sofort und feinkristallin erstarrt. Um die Bildung von Gusslunkern zu vermeiden, wartet man mit jedem Zusatz, bis der vorhergehende vollständig erstarrt ist. Ein am unteren Ende spiralförmig gewundener verzinnter Kupferdraht wird vor dem Ausgießen in der Achse des leeren Stanniolzyinders fixiert und dient nachher zum Aufhängen der Testkörper. Nach dem Erkalten lässt sich das Stanniol leicht abwickeln, die Oberfläche wird, wenn nötig, durch Überstreichen mit einer milden Flamme geglättet, und die Enden werden mit einem warmen Messer glatt abgeschnitten.

Vergleich der Verdampfungsmessungen in drei verschiedenen Trockenschränken

Tabelle I

| Trockenschrank Nr. 1 | | |
|--|---------------|---|
| Innenraum: Breite 36 cm, Tiefe 25 cm, Höhe 30 cm; ohne künstliche Luftumwälzung | | |
| Lage des Prüfkörpers | Temperatur °C | Verdampfte Menge mg/cm ² /30 min |
| Mitte, Schnittpunkt der Raumdiagonalen | 70 | 8,1 8,4 8,5 |
| Mittellebene, hinten rechts, je 5 cm Abstand von der Wand | 71 | 9,5 |
| | 69 | 7,4 |
| Trockenschrank Nr. 2 | | |
| Innenraum: Breite 65 cm, Tiefe 45 cm, Höhe 58 cm; Leichte künstliche Luftumwälzung durch Ventilator | | |
| Eintritt der Umluft: Durch eine Öffnung von rund 10 × 40 cm längs der Unterkante der linken Seitenwand | | |
| Austritt der Umluft: Durch eine Öffnung von rund 10 × 40 cm längs der Oberkante der linken Seitenwand | | |
| Der Ofen entspricht dem für künstliche Alterung von Kautschuk verwendeten «Geer-Ofen». | | |
| Mitte, Schnittpunkt der Raumdiagonalen | 72 | 19,5 19,7 |
| Horizontale Mittellebene, hinten rechts, je 5 cm Abstand von der Wand | 72 | 19,3 19,9 |
| Horizontale Mittellebene, vorn links, je 5 cm Abstand von der Wand | 72 | 17,5 16,7 |
| Mitte, Schnittpunkt der Raumdiagonalen | 72 | 19,5 |
| Mitte, Schnittpunkt der Raumdiagonalen | 71 | 18,7 19,6 |
| Horizontale Mittellebene, hinten rechts, je 5 cm Abstand von der Wand | 71 | 18,5 18,5 |
| Horizontale Mittellebene, vorn links, je 5 cm Abstand von der Wand | 71 | 16,1 16,2 |
| Mitte, Schnittpunkt der Raumdiagonalen | 70 | 16,5 |
| Trockenschrank Nr. 3 | | |
| Innenraum: Breite 60 cm, Tiefe 48 cm, Höhe 62 cm; Starke künstliche Luftzirkulation durch Ventilator | | |
| Eintritt der Umluft durch eine vergitterte, kreisringförmige Einlassöffnung von 40 cm Außendurchmesser und 16 cm Innendurchmesser in der Decke | | |
| Austritt der Umluft durch 2 rechteckige Öffnungen von 4 × 60 cm im Bodenblech, die an Vorder- und Rückwand anschliessen | | |
| Mitte, Schnittpunkt der Raumdiagonalen | 72 | 39,2 |
| Unten, 5 cm über Boden in senkrechter Mittelachse | 72 | 33,9 |
| Oben, 5 cm unter der Decke in senkrechter Mittelachse | 72 | 54,3 |
| Mitte, Schnittpunkt der Raumdiagonalen | 72 | 37,0 |
| Horizontale Mittellebene, 5 cm Abstand von der Wand, hinten rechts | 72 | 56,1 |
| Horizontale Mittellebene, vorn links, je 5 cm Abstand von der Wand | 72 | 42,0 |

| Lage des Prüfkörpers | Temperatur °C | Verdampfte Menge mg/cm ² /30 min |
|---|---------------|---|
| Mitte, Schnittpunkt der Raumdiagonalen | 71 | 36,9 |
| Horizontale Mittelebene, hinten rechts, 5 cm Abstand von der Wand | 71 | 50,0 |
| Horizontale Mittelebene, vorn links, 5 cm Abstand von der Wand | 71 | 43,3 |
| Mitte, Schnittpunkt der Raumdiagonalen | 70 | 27,3 27,5 28,8 |

Versuche haben bestätigt, dass, wie zu erwarten war, die Gewichtsabnahme genau proportional der Zeit ist, sobald der Prüfkörper die Temperatur des Ofens angenommen hat.

Für die

praktische Prüfung

hat folgendes Vorgehen sich als geeignet erwiesen:

Vorerst wird die Oberfläche des Prüfkörpers durch Ausmessen mittels der Schieblehre bestimmt. Dann wird der Prüfkörper an einer bestimmten Stelle des auf genau 70 °C eingestellten Trockenschrankes frei aufgehängt und während 10 min dort belassen, während welcher Zeit er die Temperatur von 70 °C angenähert angenommen hat. Nun wird möglichst rasch auf einer gedämpften Waage bei bereits aufgelegten Gewichten das genaue Gewicht des Prüfkörpers bestimmt, worauf dieser sofort wieder in den Schrank eingehängt wird. Die Wägung soll in weniger als einer Minute beendet sein, so dass keine wesentliche Abkühlung des Prüfkörpers eintritt. Nach 30 min wird der Prüfkörper wieder gewogen. Es empfiehlt sich, die Prüfkörper nur einmal zu verwenden, da bei Ver-

dampfung von viel Naphthalin die Oberfläche aufgerauht wird und nicht mehr genau gemessen werden kann.

Resultate

Die verdampfte Menge wird angegeben in mg/cm²/30 min.

Als Beispiel seien die Resultate mitgeteilt, die an 3 Trockenschränken verschiedener handelsüblicher Konstruktion erhalten wurden (Tabelle I).

Folgerungen

Die vorliegenden Messungen lassen folgende Schlüsse zu, die beim Arbeiten mit Trockenschränken, wo die langsame Verdampfung von flüchtigen Stoffen eine Rolle spielt, zu beachten sind:

Die Verdampfungswirkung von 3 handelsüblichen Trockenschränken, gemessen im Zentrum, steht im Verhältnis von 8 : 16 : 36.

Bei den Schränken 1 und 2 mit geringer Luftumwälzung ist die Verdampfung an allen Stellen des Schrankes von der gleichen Größenordnung.

Im Schrank 3 kann die Verdampfung an verschiedenen Stellen im Verhältnis von etwa 3 : 5 variieren, obwohl die Temperatur mit dem Thermometer gemessen überall die gleiche ist. Diese Streuung ist bedingt durch ungleichmässige Luftgeschwindigkeit, die eine Folge der durch die Anordnung der Ein- und Austrittöffnungen entstehenden Wirbelbildung ist.

Bei intensiver Zirkulation bewirken kleine Temperaturänderungen starke Änderungen der Verdampfung.

Adressen der Autoren:

Dr. sc. techn. Max Zürcher, dipl. Ingenieur-Chemiker, Materialprüfanstalt des SEV, Seefeldstrasse 301, Zürich 8.

Jean Lüder, dipl. Ingenieur-Chemiker, Materialprüfanstalt des SEV, Seefeldstrasse 301, Zürich 8.

Kabelringwandler für Erdschlussschutz*)

Von Eric T. B. Gross, Chicago

621.314.222.08:621.316.925

La signalisation et le déclenchement sélectifs de mises à la terre accidentelles dans les réseaux à haute tension s'opère au moyen de relais. L'auteur montre que la sensibilité de ces relais peut être augmentée, dans les réseaux en câbles, par l'emploi de transformateurs toroïdaux, mais qu'il est nécessaire d'en corriger l'angle d'erreur. Ces transformateurs augmentent également la sensibilité des relais de protection contre les mises accidentelles à la masse des générateurs. L'auteur décrit un relais wattmétrique branché selon ce nouveau système.

I. Vorteile der Verwendung von Kabelringwählern

Erdschlussrelais, welche für die Abschaltung oder für die Anzeige von Erdschlüssen in Hochspannungsnetzen verwendet werden, erhalten den Unsymmetriestrom zugeführt. Der Unsymmetriestrom eines Zweiges kann auf verschiedene Arten gewonnen werden. Allgemein verwendbar ist der Zusam-

menschluss der Messwicklungen von Stromwählern in jeder Phase (Unsymmetrie- oder Summenschal-

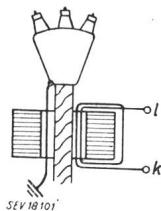


Fig. 1
Kabelringwandler

tung). In Kabelnetzen sind aber auch Kabelringwandler (Fig. 1) geeignet, die besonders bei klei-

*) Das Manuskript wurde uns vor einigen Jahren eingereicht, konnte aber wegen Raumangst nicht früher veröffentlicht werden. Red.