

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 33 (1942)
Heft: 13

Artikel: Beitrag für die Begutachtung von Mineralölen, insbesondere Isolierölen
Autor: Boller, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056673>

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: 25.12.2024

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

worden, so dass das Metallgehäuse des medizinischen Apparates beim Anschluss zwangsläufig unter 220 V Spannung gegen Erde geriet. Glücklicherweise wurde der Verunfallte beim Berühren des Apparates weggeschleudert und erlitt auf diese Weise nur eine nervöse Störung, die einige Tage dauerte.

Die letzte Kolonne von Tabelle V gibt die Zahl der Unfälle an, die sich in den

übrigen Hausinstallationen

ereignet haben. Es werden dort 21 Verletzungen und 3 Todesfälle aufgezählt. Bei den Verletzungen handelt es sich zu einem grossen Teil um Monteure, die an Hausinstallationen zu arbeiten hatten und dabei Kurzschlüsse verursachten oder sich dem direkten Stromdurchgang aussetzten.

Unter den Verunfallten befinden sich drei Kinder, von denen zwei ihr Leben verloren. Alle drei Unfälle traten beim Spielen mit elektrischen Geräten auf. Ein 20 Monate altes Kind konnte die Anschlusskabel eines elektrischen Kochers, die über die Zuleitungsschnur mit der festen Zuleitung in Verbindung geblieben waren, vom Küchenboden aus ergreifen. Die Schutzspirale der einen Stöpsel-einführung stand infolge eines Isolationsdefektes unter 220 V Spannung gegen Erde und führte zum Tode des Kindes, als es diesen Stöpsel vom Steinboden aus ergriff. Ein ähnlicher Unfall stiess einem sechs Jahre alten Knaben zu, der eine Eisenbahnschiene mit isoliert montierter dritter Schiene in die Büchsen einer unter Spannung stehenden Kupplungssteckdose, die für den Anschluss eines elektrischen Ofens gedient hatte, hineinsteckte und damit einen erheblichen Stromdurchgang zwischen den einzelnen Fingern der linken Hand einleitete, bis sein Schreien gehört wurde, und die herbeieilende Grossmutter den Stecker aus der Wandsteckdose herausriss. — Ein sechsjähriger Knabe wurde getötet, als er sich, wie bereits er-

wähnt, auf der Bühne eines Landgasthauses an den Beleuchtungsapparaten und deren Regulierwiderständen betätigte.

Was den tödlichen Unfall eines Garagearbeiters anbelangt, der die in unqualifizierbarer Weise unter ca. 2 600 V Spannung gesetzte Türfalle eines Versuchsgebäudes, wo er auftragsgemäss etwas zu holen hatte, ergriff, sei auf die eingehendere Schilderung im Bulletin SEV 1941, S. 214, verwiesen.

Zum Schluss seien noch drei Vorkommnisse erwähnt, die leicht hätten verhängnisvoll werden können, die aber durch Zufall ohne schwere Folgen blieben. In einem Fall wurde eine Waschmaschine installiert und genullt. Dabei beachtete aber der Monteur nicht, dass im Nulleiter der Zuleitung noch ein Schmelzeinsatz vorhanden war. Als dieser Schmelzeinsatz durchschmolz, geriet die Waschmaschine unter 220 V Spannung gegen Erde.

In einem städtischen Wohnhaus war eine Sonnenschnur um den metallenen Leuchter einer Stubenlampe gewickelt worden. Bei einem Isolationsdefekt des Leuchters übertrug sich die Lichtspannung (220 V) auf die ganze Sonnereinlage. Eine Hausbewohnerin mit nassen Schuhen, die das elektrisch verriegelte Türschloss öffnen wollte, wurde sehr heftig elektrisiert. Ausserdem war an einer andern Stelle im Haus ein Stromübertritt von der Schwachstromanlage auf eine Wasserleitung eingeleitet worden und hatte bereits zum Verkohlen von Holzteilen geführt.

Der dritte Unfall ist sodann auf das eigenmächtige Erstellen eines elektrischen Weidezaunes mit direktem Anschluss an die 220-V-Lichtinstallation durch einen Landwirt zurückzuführen. Beim Berühren des geladenen Zaundrahtes wurde eine Kuh getötet. Der Landwirt, der die Kuh weggreissen wollte, erhielt selbst einen elektrischen Schlag und wurde bewusstlos. Wie wiederholt bekanntgegeben wurde, dürfen für elektrische Weidezäune nur sogenannte Batterieapparate benützt werden (Siehe Bulletin SEV 1942, No. 7, S. 203.)

Beitrag für die Begutachtung von Mineralölen, insbesondere Isolierölen

Von *W. Boller*, Zürich

621.315.615:2.0014

Es wird eine Methode beschrieben, die gestattet, Mineralöle, insbesondere Isolieröle, auf ihren Raffinationsgrad zu prüfen. An Hand von Beispielen wird gezeigt, dass die Methode, auf ungealterte Oele angewendet, Anhaltspunkte über den Verlauf der Alterung, insbesondere der Schlamm-bildung, bietet.

L'auteur décrit une méthode permettant de déterminer le degré de raffinage des huiles minérales, notamment des huiles isolantes. Il montre, avec quelques exemples à l'appui, que cette méthode appliquée à des huiles neuves donne des indications sur l'allure probable du vieillissement et, en particulier, sur la formation de dépôts.

Die wachsenden Schwierigkeiten in der Rohstoffbeschaffung machen sich beim Isolieröl, einem ausschliesslichen Importartikel, besonders empfindlich bemerkbar. Sofern überhaupt noch Oel angeboten wird, muss sich der Interessent für die Uebernahme rasch entscheiden, damit der Lieferant die Transportmittel für anderweitige Lieferungen wieder verfügbar hat. Andererseits kann aber ein Betriebsleiter über den Ankauf eines Oeles erst entscheiden, wenn er sich durch eine Prüfung über dessen Eignung für den vorgesehenen Zweck ein Bild machen kann.

Ausser den physikalischen Konstanten, die sich alle rasch ermitteln lassen, ist insbesondere bei den *Isolierölen* der Ausfall der Alterungsprobe von entscheidender Bedeutung. Die Alterungsprüfung nach den technischen Bedingungen des SEV für Isolieröl vom 1. Januar 1936, Publikation Nr. 124, hat sich für die Beurteilung der Isolieröle bestens bewährt.

Als ausgesprochene Alterungsprüfung verlangt aber die Beurteilung eines Oeles nach dieser Methode eine Prüfdauer von mindestens 3 Tagen, um nur einen ersten Anhaltspunkt zu gewinnen. Die

vollständige Prüfung benötigt sogar 7 Tage, abgesehen von der anschliessenden Auswertung der Ergebnisse. Unter den heutigen Umständen werden diese Prüfungszeiten unangenehm empfunden. Das Bedürfnis nach einer schnellen Orientierungsmöglichkeit hinsichtlich der Alterungseigenschaften der Oele macht sich in steigendem Masse geltend. Die bestehende Oelknappheit hat bewirkt, dass auch in der Schweiz in steigendem Masse Altöle chemisch nachraffiniert werden, um sie wieder verwendbar zu machen. Da erscheint es für den Raffineur sehr wichtig, Anhaltspunkte über den Zustand der zu raffinierenden Oele zu erhalten.

Die im folgenden beschriebene, im chemischen Laboratorium der *Maschinenfabrik Oerlikon* vor mehreren Jahren entwickelte Methode versucht, diesen Bedürfnissen entgegenzukommen. Sie beruht darauf, das zu prüfende Oel mit Kaliumpermanganat in Reaktion zu bringen und den Verbrauch an diesem Oxydationsmittel zu bestimmen. Das verbrauchte Kaliumpermanganat wird in Milligramm Sauerstoff, die von einem Gramm Oel aufgenommen werden, ausgedrückt. Dieser Wert wird im folgenden als «Sauerstoffzahl» bezeichnet.

Der an und für sich naheliegenden Idee, Permanganat in ähnlicher Weise auf das Oel einwirken zu lassen, wie z. B. Jod bei der Bestimmung der Jodzahl, stellten sich bei dem Versuch der analytischen Verwertung bedeutende Schwierigkeiten entgegen. Vor allem liess sich kein Lösungsmittel finden, das Oel und Permanganat gleichzeitig in Lösung hält und von Permanganat nicht angegriffen wird. Diese Schwierigkeit liess sich schliesslich beheben, indem das mit wässriger Permanganatlösung vermischte Oel mit einem Wasserdampfstrahl behandelt wurde. Der aus einer rechtwinklig abgelenkten Düse in das Gemisch einströmende Dampf bewirkt einerseits eine äusserst intensive Durchmischung und andererseits eine stets gleichbleibende Reaktionstemperatur. Beide Umstände

sind für die Reproduzierbarkeit der Resultate von ausschlaggebender Bedeutung.

Arbeitsvorschrift: Man wiegt 1...2 Gramm des zu prüfenden Oeles in einen Erlenmeyerkolben von 100...150 cm³ Inhalt ein. Aus einer Bürette werden 15 cm³ 1/1 normale Kaliumpermanganatlösung hinzugefügt und 1 cm³ ca. 20prozentige Natronlauge dazu pipettiert. Aus einem Dampfentwickler wird nun Wasserdampf von ca. 0,1 kg/cm² Ueberdruck in den Kolben geleitet. Man lässt den Dampf durch eine Glasdüse von 0,5 mm lichter Weite derart in das Lösungsgemisch einströmen, dass dieses in rotierende Bewegung gerät. Der Kessel wird mit destilliertem Wasser beschickt, um jede Verunreinigung des Dampfes mit reduzierenden Substanzen, die einen zusätzlichen Verbrauch von Kaliumpermanganat zur Folge hätten, auszuschliessen. Damit sich im Kolben nicht zu viel Wasser kondensiert, wird er mit einem Tuch umwickelt. Wenn sich der Kolbeninhalt auf 100° C erwärmt hat, was sich am Geräusch des einströmenden Dampfes leicht erkennen lässt, wird die Zeit abgestoppt. Nach 30 Minuten wird die Dampfzuleitung unterbrochen und aus einer Pipette 5 cm³ Akkumulatorensäure (spez. Gew. 1,21) dazugegeben und dann der Erlenmeyerkolben durch Einstellen in kaltes Wasser auf Zimmertemperatur abgekühlt. Man fügt aus einer Pipette 20 cm³ 1/1 normale Ferrosulfatlösung hinzu, spült das Dampfeinleitungsrohr ab, schwenkt um, bis sich alles überschüssige Permanganat, samt dem gebildeten Braunstein gelöst hat, und giesst den Kolbeninhalt in eine Weithalsflasche aus hellem Glas mit Glasstopfenverschluss um. Der Inhalt dieser Flasche soll ca. 500 cm³ betragen. Man titriert mit der vorher benützten Kaliumpermanganatlösung auf deutliche Rotfärbung, verschliesst die Flasche und schüttelt gehörig durch, um die vom Oel eingehüllten Flüssigkeitströpfchen zur Reaktion zu bringen. Meist verschwindet die Rötung hierbei. Durch weitem Zusatz von Permanganat

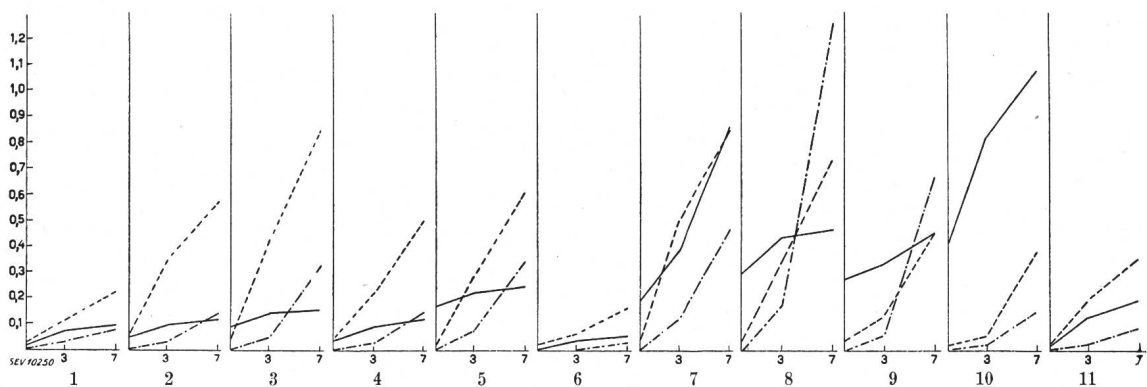


Fig. 1 bis 11.
Graphische Darstellung der Resultate der Untersuchung der Oele Nr. 1 bis 11.
Abszissen: Prüfdauer (3 und 7 Tage).
Ordinaten: ----- Säurezahl. -.-.- Schlamm. ——— Sauerstoffzahl × 0,01.

- | | |
|---|--|
| Oel Nr. 1: Gutes Transformatoröl, den T. B. des SEV entsprechend. | Oel Nr. 7: Schlecht raffiniertes Oel, bildet zuviel Schlamm und Säure. |
| » » 2: Transformatoröl, den T. B. des SEV nicht entsprechend hinsichtlich Säurebildung. | » » 8: Ausgesprochenes Spindelöl, sehr viel Schlamm und Säure bildend. |
| » » 3: Transformatoröl, bildet zuviel Schlamm und Säure. | » » 9: Spindelöl, etwas besser als Nr. 8. |
| » » 4: Transformatoröl amerikanischer Herkunft, bildet zuviel Säure. | » » 10: Nachraffiniertes Spindelöl, mit Zusatz von einem Stabilisator. |
| » » 5: Regeneriertes Altöl, bildet zuviel Schlamm. Enthält kein Stabilisierungsmittel. | » » 11: Regeneriertes Oel, das wieder als neuwertig gelten kann, enthält keine Stabilisatoren. |
| » » 6: Sehr gutes Transformatoröl. | |

wird zu Ende titriert. Die Rötung soll mindestens 10 Sekunden bestehen bleiben. Anschliessend bestimmt man den Permanganatverbrauch von 20 cm³ Ferrosulfatlösung an einer «blinden» Probe. Die Differenz beider Zahlen entspricht der durch das Oel verbrauchten Anzahl cm³ Permanganatlösung. Da 1 cm³ 1/1 normale Permanganatlösung 8 mg Sauerstoff entspricht, erhält man die Sauerstoffzahl, indem man die vom Oel verbrauchten cm³ Permanganat mit 8 multipliziert und das Produkt durch das Gewicht des Oeles dividiert.

Ursprünglich wurde die Methode als weiteres Kriterium beim Verlauf der Alterung bei den gewöhnlichen Alterungsprüfungen gewertet. Es hat sich aber bald herausgestellt, dass die Sauerstoffzahl, auf das Oel im Anlieferungszustand angewendet, gute Anhaltspunkte über dessen Raffinationsgrad ergibt. Bekanntlich sind die Alterungseigenschaften in hohem Masse vom Raffinationsgrad eines Oeles abhängig. Die Sauerstoffzahl eines Oeles gibt somit Anhaltspunkte über den mutmasslichen Verlauf der Alterung, insbesondere in bezug auf die Schlamm- und Säurebildung. Zwischen dem Verlauf der Säurebildung und der Sauerstoffzahl im Anlieferungszustand sind die Zusammenhänge weniger ausgeprägt. Das hängt damit zusammen, dass mit dem Schlamm immer saure Bestandteile ausfallen, so dass bei der beginnenden Schlamm- und Säurebildung die Säurezahl nicht mehr so rasch ansteigt; oft zeigt sie sogar einen gewissen Rückgang.

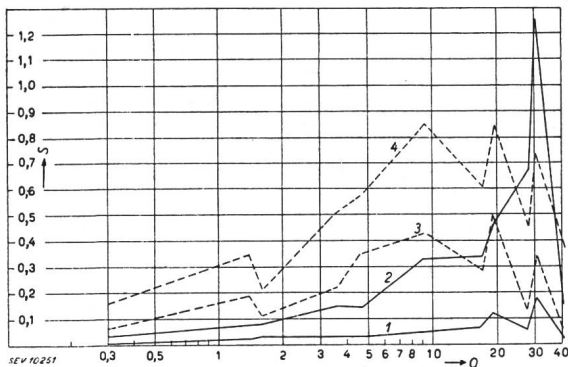


Fig. 12.

Schlamm- und Säurebildung der Oele als Funktion der Sauerstoffzahl.

O Sauerstoffzahl (bei Anlieferung des Oeles).
S Säurezahl, bzw. % Schlamm.

1 Schlamm nach 3 Tagen. 2 Schlamm nach 7 Tagen.
3 Säurezahl nach 3 Tagen. 4 Säurezahl nach 7 Tagen.

In Tabelle I sind die Resultate der normalen Alterungsprobe nach SEV zusammengestellt. Die Resultate beziehen sich auf 11 verschiedene Oele, die heute als Transformatorenöle verwendet werden. Ausser den üblichen Messwerten von Säurezahl, Schlamm und Abnahme der Festigkeit von Baumwollgarn sind die Sauerstoffzahlen der Oele im Anlieferungszustand und nach den beiden Alterungszeiten von 3 und 7 Tagen angegeben¹⁾. In Fig. 1...11 sind die Resultate graphisch dargestellt. Auf die Eintragung der Festigkeitsabnahme von Baumwolle wurde verzichtet, da hierbei noch we-

¹⁾ Die Resultate wurden mir von der Materialprüfanstalt des SEV zur Verfügung gestellt.

Untersuchung von 11 Oelen Tabelle I.

Oel Nr.	Bestimmung	Nach der Alterung bei 110°C		
		bei Anlieferung	3 Tage	7 Tage
1	Schlamm %	0	0,03	0,08
	Säurezahl	0,03	0,11	0,22
	Baumwollfaden-Abnahme %	—	0	5
	Sauerstoffzahl	1,6	7,8	9,8
2	Schlamm %	0	0,03	0,14
	Säurezahl	0,06	0,35	0,58
	Baumwollfaden-Abnahme %	—	13	22
	Sauerstoffzahl	4,6	9,7	11,8
3	Schlamm %	0	0,05	0,33
	Säurezahl	0,05	0,43	0,85
	Baumwollfaden-Abnahme %	—	5	20
	Sauerstoffzahl	9,2	14,0	15,8
4	Schlamm %	0	0,03	0,15
	Säurezahl	0,04	0,22	0,51
	Baumwollfaden-Abnahme %	—	11	24
	Sauerstoffzahl	3,6	9,1	11,7
5	Schlamm %	0	0,07	0,34
	Säurezahl	0,03	0,29	0,61
	Baumwollfaden-Abnahme %	—	0	0
	Sauerstoffzahl	17,0	22,0	24,5
6	Schlamm %	0	0,0	0,03
	Säurezahl	0,02	0,06	0,16
	Baumwollfaden-Abnahme %	—	0	5
	Sauerstoffzahl	0,3	4,0	5,6
7	Schlamm %	0	0,12	0,47
	Säurezahl	0,03	0,50	0,84
	Baumwollfaden-Abnahme %	—	0	0
	Sauerstoffzahl	19,2	38,8	84,7
8	Schlamm %	0	0,18	1,26
	Säurezahl	0,04	0,34	0,73
	Baumwollfaden-Abnahme %	—	2	4
	Sauerstoffzahl	30,1	43,6	46,5
9	Schlamm %	0	0,06	0,67
	Säurezahl	0,04	0,13	0,45
	Baumwollfaden-Abnahme %	—	0	0
	Sauerstoffzahl	27,8	33,0	45,0
10	Schlamm %	0	0,02	0,15
	Säurezahl	0,02	0,06	0,38
	Baumwollfaden-Abnahme %	—	0	0
	Sauerstoffzahl	40,4	82,0	107
11	Schlamm %	0	0,02	0,08
	Säurezahl	0,02	0,19	0,35
	Baumwollfaden-Abnahme %	—	9	17
	Sauerstoffzahl	1,4	12,5	18,9

niger als beim Verlauf der Säurebildung eine Abhängigkeit von der Sauerstoffzahl im Anlieferungszustand erkannt werden kann. In Fig. 12 sind Schlamm- und Säurebildung der Oele als Funktion der Sauerstoffzahlen der angelieferten Oele graphisch dargestellt. Der Zusammenhang zwischen der Sauerstoffzahl und der Neigung zur Schlamm- und Säurebildung ist hier besonders deutlich erkennbar. Eine auffällige Ausnahme bietet das Oel Nr. 10, indem trotz der hohen Sauerstoffzahl von 40,4 des angelieferten Oeles die Schlamm- und Säurebildung während des Alterns die für normales Transformatoröl geltenden Höchstwerte nicht überschreitet. Der Grund für dieses auffällige Verhalten liegt darin, dass es sich bei diesem Oel um ein nachraffiniertes Spindelöl handelt, dem überdies zur

Verbesserung der Alterungsbeständigkeit ein *Stabilisierungsmittel* zugesetzt worden ist. Solche Zusätze wurden schon während des letzten Weltkrieges gemacht. Diese Stabilisatoren oder Antoxydantien sind im Oel lösliche organische Substanzen von stark reduzierender Wirkung. Sie wirken bei der Oxydation des Oeles als negative Katalysatoren, also Verzögerer. Im Gegensatz zu echten Katalysatoren ist ihre Wirkung jedoch nicht von unbegrenzter Dauer. Ihre Schutzwirkung besteht zur Hauptsache darin, dass sie den im Oel gelösten Sauerstoff abfangen, bevor er das Oel angreifen kann. Wenn sie selber oxydiert sind, muss ihre Schutzwirkung aufhören. Diese Stabilisatoren üben natürlich auf das Kaliumpermanganat eine stark reduzierende Wirkung aus. Die Sauerstoffzahl wird durch ihre Anwesenheit stark erhöht, so dass sie nicht ohne weiteres für die Beurteilung derartiger Oele benützt werden darf. Es besteht aber die Möglichkeit, den Einfluss dieser Stabilisatoren für sich zu ermitteln und für die Sauerstoffzahl zu berücksichtigen, beispielsweise, indem man in einem Vorversuch das Oel mit Permanganat bei 20° C zur Reaktion bringt. Statt Wasserdampf wird für die Durchmischung gereinigte Druckluft oder Stickstoff aus einer Druckflasche verwendet. Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen; deshalb kann hierauf vorläufig nicht näher eingegangen werden.

Es ist noch auf das Verhalten der sogenannten *Weissöle* hinzuweisen. Bei diesen Oelen ist die Raffination bis zur vollständigen Farblosigkeit getrieben. Solche Oele bilden zwar bei der Alterung keinen Schlamm, dagegen grosse Mengen stark saurer Körper und als Zwischenprodukte sauerstoffhaltige Substanzen vom Charakter von Peroxyden. Besonders diese Peroxyde greifen die Baumwoll- und Papierisolation von Transformatoren stark an und führen zu ihrer vorzeitigen Zerstörung.

Für die Kennzeichnung dieser Oele erscheint die Sauerstoffzahl wenig geeignet. Die Werte, die im Anlieferungszustand mit Weissölen erhalten werden, sind, entsprechend ihrer weitgetriebenen Raffination, sehr niedrig. Hochwertige Transformatoröle mit sehr guter Alterungsbeständigkeit können aber ebenso niedrige Werte für die Sauerstoffzahlen im Anlieferungszustand ergeben, so dass es falsch wäre, ein Oel mit niedriger Sauerstoffzahl ohne weitere Untersuchung als Weissöl zu bezeichnen.

Gestützt auf die bisherigen Erfahrungen können für die Beurteilung der Oele auf Grund der Sauer-

stoffzahlen folgende Anhaltspunkte gegeben werden:

Sehr gute Transformatoröle geben im Anlieferungszustand Sauerstoffzahlen bis max. 1,5. Oele mit Sauerstoffzahlen von 1,6...2,5 genügen bei der Alterungsprobe nach SEV den Bedingungen. Noch höhere Sauerstoffzahlen lassen auf ausgesprochene Neigung zu Schlamm- und Harzbildung schliessen. Sie gehören zur Kategorie der Spindelöle, die heute zur Transformatorfüllung häufig herangezogen werden. Bei Transformatoren mit *Oelkonservator* ist gegen die Verwendung solcher Oele kaum etwas einzuwenden, da der Konservator den Zutritt der Luft sehr behindert, so dass die Oxydation des Oeles dadurch stark vermindert und dementsprechend die Betriebsdauer wesentlich erhöht wird.

Es hat im Laufe der Entwicklung nicht an Vorschlägen für die Beurteilung der Mineralöle auf Grund von chemischen Reaktionen gefehlt. Als bekannteste Beispiele seien die *Teerzahl*, die *Verseifungszahl* und die *Jodzahl* erwähnt. Die beiden letztgenannten sind von der Untersuchung der pflanzlichen und tierischen Fette entlehnt worden. Die Teerzahl erfasst, ähnlich der Verseifungszahl, alle sauer reagierenden, sowie alle verseifbaren Körper. Ausser eigentlichen Säuren, die übrigens schon durch die Säurezahl erfasst werden, kommen vor allem hochmolekulare Ester zur Ausscheidung. Durch die Jodzahl geben sich in erster Linie Körper mit doppelten C-Bindungen zu erkennen, deren Anwesenheit die Alterungsbeständigkeit der Oele allerdings stark vermindert.

Die Sauerstoffzahl erfasst überhaupt alle leicht oxydierbaren Körper. Dazu gehören Kohlenwasserstoffe mit doppelten Bindungen und sauerstoffhaltige Substanzen, bei denen der Sauerstoff in Form von Hydroxyl- oder Aldehydgruppen vorliegt. Hierher gehören auch schwefelhaltige Derivate. Alle diese Körper sind der Oxydation leicht zugänglich. Mit ihrer Oxydation wird die Alterung des Oeles eingeleitet.

Im Gegensatz zu vielen andern Prüfmethode n weist die Ermittlung der Sauerstoffzahl den grossen Vorteil auf, dass sie sehr einfach ist, keine besonderen Apparate erfordert und gut reproduzierbare Resultate ergibt.

H. Bickel †, Leiter des chemischen Laboratoriums der Materialprüfanstalt des SEV, hat die vorliegende Arbeit durch wertvolle Beiträge unterstützt, wofür ich ihm an dieser Stelle bestens danke.

Installation de pompage entre le lac de Joux et le lac Brenet

établie temporairement par la Compagnie vaudoise des forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe en 1942¹⁾

Par R. Golay, Lausanne

621.29 : 621.311.21(494)

L'usine génératrice de La Dernière près Vallorbe, propriété de la Compagnie vaudoise des forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe, utilise les eaux du bassin naturel d'accumulation que constituent les lacs de Joux: Joux proprement

¹⁾ Article reproduit du Bulletin Technique de la Suisse Romande 1942.

dit et Brenet, reliés entre deux par un canal de 240 m de longueur environ (fig. 1).

La concession hydraulique accordée à la Compagnie vaudoise permet d'utiliser les eaux accumulées dans ces lacs, entre les cotes 1008,50 et 1005,00 m. Mais pratiquement dans les années normales au point de vue pluviométrique, le ni-