

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 35 (1957)

Heft: 4

Artikel: Die Wasseraufbereitung mit Hilfe von Ionenaustauschern in den PTT-Betrieben

Autor: Hess, W. / Mauch, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875073>

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: 24.01.2026

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

Bibliographie

- [1] Metzler, E. Trägerwellen- und Einseitenband-Modulation. Techn. Mitt. TT 1934, Nr. 6, 222...226.
 — Modulation sur onde porteuse et sur une seule bande latérale. Bull. techn. TT 1934, n° 6, p. 222...226.
- [2] Pol, B. van der. The Fundamental Principles of Frequency Modulation. J. Inst. Electr. Engrs. 93 (1946), Part 3, p. 153...158.
- [3] Tibbs, Ch. E. Frequency Modulation Engineering. London 1947.
- [4] Comité consultatif international des Radiocommunications (CCIR). Propagation de l'onde de sol. Genève 1955.
- [5] Meinke, H. und F. W. Gundlach. Taschenbuch der Hochfrequenztechnik. Berlin 1956.
- [6] Matricon, M. La modulation en fréquence. Rev. techn. CFTH, Extrait Doc. 638.

Adresse des Verfassers: E. Metzler, Dr. sc. techn., Directeur du CCIR, Palais Wilson, Genève.

Die Wasseraufbereitung mit Hilfe von Ionenaustauschern in den PTT-Betrieben

Von W. Hess, Aarau, und H. Mauch, Bern

663.632

Zusammenfassung. Die Wasseraufbereitung in der PTT-Verwaltung erfolgte früher nach der Destillationsmethode. Heute wird in unseren Betrieben fast ausschliesslich ionenausgetauschtes Wasser verwendet. In der vorliegenden Arbeit werden zuerst die chemische Struktur sowie die Wirkungsweise ionenaktiver Substanzen erläutert. Anschliessend werden die verschiedenen Apparatetypen kurz beschrieben. An Hand von Kurven sind die Resultate der Wasseruntersuchungen zusammengestellt. Abschliessend weisen die Verfasser noch auf die Wirtschaftlichkeit des Ionenaustauschverfahrens hin.

Résumé. Autrefois, l'eau nécessaire aux services des PTT était purifiée par distillation. Aujourd'hui, l'administration ne recourt presque plus qu'au procédé par échange d'ions. Le présent travail traite d'abord de la structure chimique et des effets des substances activées par des ions. Il décrit ensuite succinctement les divers types d'appareils et montre, par des courbes, les résultats des expériences faites avec l'eau. Il relève, pour terminer, les économies que le système de purification par échange d'ions permet de réaliser.

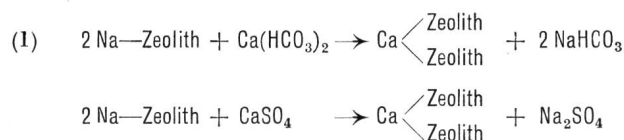
1. Einleitung

In den PTT-Betrieben ist der Bedarf an aufbereitetem Wasser recht erheblich. Dieses dient vor allem zum Auffüllen von Akkumulatoren, als Kühlflüssigkeit für Senderöhren und zur Speisung von Luftbefeuchtungsapparaten. Die im Gebrauchswasser gelösten Salze lassen sich nach drei verschiedenen Methoden entfernen, und zwar: durch Destillation, durch Elektroosmose und mit Hilfe ionenaktiver Substanzen. Das älteste und bis vor kurzem am häufigsten angewandte Aufbereitungsverfahren ist die Destillation. Hierbei wirken sich der grosse Energieaufwand und der Verbrauch an Kühlwasser nachteilig aus. Leistungsfähige Anlagen sind sehr teuer und erfordern viel Platz. Zudem muss die Apparatur periodisch entkalkt werden. Von weit geringerer Bedeutung ist die Wasserentsalzung mit Hilfe der Elektroosmose. Dieses Verfahren ist wohl seit längerer Zeit bekannt, setzte sich jedoch infolge der hohen Anschaffungskosten der Anlagen nicht durch. Seit dem letzten Kriege sind nun ionenaktive Substanzen entwickelt worden, die eine totale Entmineralisierung des Wassers erlauben. Es sollen im folgenden der chemische Aufbau und die Wirkungsweise dieser Stoffe beschrieben werden. Weiter berichten wir über die Anwendungsmöglichkeiten und über die Erfahrungen, die im PTT-Betrieb mit Ionenaustauschapparaten gemacht wurden.

2. Die chemische Struktur und die Wirkungsweise ionenaktiver Substanzen

Die Vorläufer der modernen Ionenaustauschmassen sind die sogenannten Zeolithe. Bei diesen Substanzen handelt es sich um natürliche oder syn-

thetische Natrium-Alumino-Silikate, die einen ähnlichen chemischen Aufbau wie Ton besitzen. Zeolithe haben die Eigenschaft, ihre Natriumionen gegen Erdalkalimetalle, wie Calcium und Magnesium, auszutauschen. Somit gelingt es mit diesen Verbindungen, dem Wasser die für verschiedene Zwecke schädlichen Härtebildner zu entziehen. Dieser Vorgang wickelt sich, chemisch betrachtet, folgendermassen ab:



Analog verläuft die Reaktion mit den im Wasser vorhandenen Magnesiumsalzen. Wenn sich schliesslich genügend Calcium- bzw. Magnesiumionen in der Austauschmasse angereichert haben, lässt die enthärtende Wirkung langsam nach. Wird der verbrauchte Zeolith mit einer konzentrierten Natriumchlorid-Lösung behandelt, so wird die in der Gleichung (1) skizzierte Reaktion rückgängig gemacht. Dieser Vorgang verläuft folgendermassen:



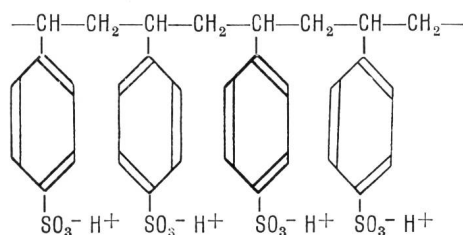
Dieses Wasseraufbereitungsverfahren wird als Teilentsalzung bezeichnet. Im anfallenden Wasser ändert sich die gesamte Menge an gelösten Stoffen nicht wesentlich. Dem Wasser werden lediglich die schädlichen Härtebildner entzogen und durch leicht lösliche Natriumsalze ersetzt. Nach derselben Methode kann Wasser auch mit Hilfe der modernen Kationenaustauscher aus Kunstharzen enthärtet werden. In diesem Falle ist die Qualität des Wassers bedeutend besser als bei der Enthärtung mit Zeolithen. Als Bei-

spiel ist der *Tabelle I* die Veränderung der chemischen Zusammensetzung eines so behandelten Wassers zu entnehmen.

Tabelle I. Analysenresultate eines Wassers vor und nach dem Basenaustausch (Bern, Juli 1955)

Prüfung	Ergebnisse	
	Rohwasser	entkalktes Wasser
Leitfähigkeit	3080 $\Omega \cdot \text{cm}$	2730 $\Omega \cdot \text{cm}$
pH-Wert	7,8	8,9
Trockenrückstand	202 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	257 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
Calciumhärte	16,2 frH°	0
Chloridgehalt	1,8 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	1,8 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
Sulfatgehalt	6,2 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	6,2 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
Kohlendioxidgehalt . . .	9,2 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0
Sauerstoffgehalt	10,5 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	10,5 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$

Zeolithe eignen sich nur für den Ionenaustausch im neutralen Gebiet, das heisst, ihre austauschfähigen Ionen können nur durch andere ebenfalls neutrale Ionen ersetzt werden. Erst mit den modernen Kunstharz-Austauschmassen gelang es, Metallionen gegen die sauren Wasserstoffionen auszutauschen. Diese Kunstharzpräparate sind meistens gelb bis braun gefärbte, körnige Massen. Die wesentlichen Bestandteile dieser Harze sind die sauren Gruppen, die an die sogenannte Matriz (Kunstharz) gebunden sind. Als saure Gruppen kommen die folgenden in Frage: die Sulfonsäure- ($-\text{SO}_3\text{H}$), die Carboxyl- ($-\text{COOH}$) und die phenolische Hydroxylgruppe ($-\text{OH}$). Als Matriz dienen im allgemeinen Polystyrol- und Polyacrylsäureharze, die in Form grosser Kettenmoleküle oder dreidimensionaler Netze vorliegen. Die chemische Struktur eines kettenförmigen Sulfonsäureharzes würde etwa folgendermassen aussehen:

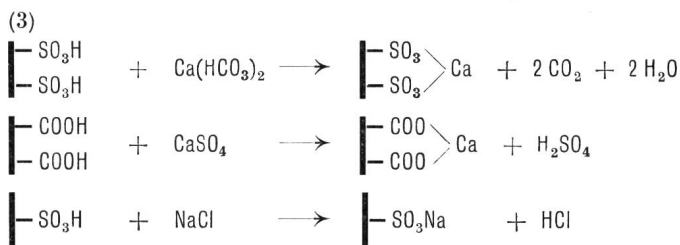


Obwohl diese Harze in Wasser unlöslich sind, dürfen sie als mehr oder weniger stark dissoziierte Säuren bezeichnet werden. Vor allem zeichnen sich die Sulfonsäureharze durch einen stark sauren Charakter aus. Bei der Titration eines solchen Austauschers mit Natronlauge erzielt man einen sehr steilen pH-Sprung, ähnlich wie bei Schwefelsäure. Harze mit einer COOH - bzw. phenolischen OH -Gruppe wirken weniger stark sauer.

Gegenüber den alten mineralischen Austauschmassen besitzen die ionenaktiven Kunstharze mehrere Vorteile. Zu erwähnen ist die hohe Austauschkapazität, die vor allem den Sulfonsäureharzen eigene hohe Austauschgeschwindigkeit, die Anwendbarkeit innerhalb eines grossen pH-Bereiches usw. Auch in

mechanischer (Abreibefestigkeit) und thermischer Beziehung sind die Harzaustauscher den Zeolithen überlegen.

Wie bereits erwähnt, lassen sich mit Hilfe der Kunstharz-Kationenaustauscher Metallionen gegen Wasserstoffionen austauschen. Aus dem zu enthärtenden Wasser können somit sämtliche Kationen entfernt werden. Dabei werden die vorhandenen Anionen in die freien Säuren übergeführt. Die Austauschreaktion sei an Hand einiger Gleichungen skizziert:



Natürlich lassen sich mit Austauschharzen nicht nur die härtebildenden Kationen des Wassers abscheiden. Prinzipiell kann jedes Metallion gegen Wasserstoff ausgetauscht werden. Dabei ist die Affinität der Harze für die verschiedenen Metallionen abhängig von der Ladung, Hydratisierung und Grösse der Ionen.

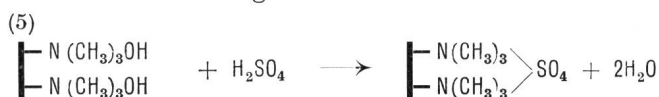
Auch die Austauschharze lassen sich, wie die Zeolithe, beliebig oft regenerieren. Im allgemeinen dient hierzu Salz- oder Schwefelsäure. Bei der Regeneration eines mit Metallionen abgesättigten Harzes spielt sich folgende Reaktion ab:



Das Austauschharz wird durch die Behandlung mit Säure wieder in seine ursprüngliche Form übergeführt.

Wie wir gesehen haben, lassen sich mit Hilfe der Zeolithe nur Kationen gegeneinander austauschen. Mit den Anionenaustauschharzen gelingt es jedoch, aus einer Flüssigkeit auch sämtliche Anionen abzuscheiden. Diese werden dabei gegen Hydroxylionen ausgetauscht. Der aktive Bestandteil der Anionenaustauschharze sind alkalisch reagierende Gruppen. Dabei handelt es sich um primäre, sekundäre, tertiäre und quaternäre Amine. Als Matriz dienen aromatische (z. B. Polystyrol) und aliphatische Kunstharze. Wie bei den Kationenaustauschern wirken auch hier die einzelnen Gruppen verschieden stark. Die am stärksten alkalisch reagierende Gruppe ist die quaternäre Ammoniumgruppe. Bei der Titration verhält sie sich ähnlich wie Tetramethylammoniumhydroxyd oder wie ein Alkalihydroxyd.

Die beim Kationenaustausch frei werdenden Säuren lassen sich mit Hilfe der Anionenaustauschharze entfernen. Diese Reaktion sei an Hand der folgenden Gleichung erklärt. Als Beispiel wurde die Abscheidung der Schwefelsäure gewählt.



Schwach alkalische Harze entfernen nur die starken Säuren vollständig aus dem Wasser. Die sehr schwach dissoziierte Kohlensäure, die für die meisten Zwecke unschädlich ist, wird dabei nicht zurückgehalten. Die Kohlensäure lässt sich nur mit sehr stark alkalischen Harzen austauschen. Die noch schwächere Kieselsäure, die im Wasser in kolloid gelöster Form vorliegt, lässt sich nach dem Austauschverfahren überhaupt nicht oder nur teilweise entfernen. Sie ist eigentlich der einzige anorganische Bestandteil des Wassers, der mit Hilfe von Austauschharzen nicht abgeschieden werden kann.

Auch die Anionenaustauschharze lassen sich praktisch unbegrenzt regenerieren. Hierzu dient im allgemeinen Natriumhydroxydlösung.

An dieser Stelle möchten wir noch kurz auf den Begriff Austauschkapazität einer ionenaktiven Substanz eingehen. Diese gibt die Menge in einer Austauschmasse vorhandener aktiver Gruppen an und ist somit ein Mass für das Aufnahmevermögen. Die Austauschkapazität wird in Milligrammäquivalenten je Gramm Austauschmasse angegeben. Die synthetischen organischen Austauschmassen zeichnen sich, verglichen mit den alten mineralischen Austauschern, durch eine hohe Austauschkapazität aus. Diese bewegt sich je nach Harz zwischen 1,5 und 10 mAeq/g.

3. Beschreibung der Ionenaustauschapparate, die im PTT-Betrieb verwendet werden

Grundsätzlich unterscheidet man drei verschiedene Apparatetypen, nämlich:

- Zweisäulenapparate,
- Viersäulenapparate und
- Gemischtbettentsalzer.

In unserer Verwaltung stehen alle Typen in Modellen verschiedener Grösse in Betrieb. Einige sind im chemischen Laboratorium geprüft und das entsalzte Wasser auf seine Qualität hin untersucht worden. Im folgenden sind verschiedene Entsalzungsapparate beschrieben und die damit gemachten Erfahrungen zusammengestellt.

a) Zweisäulenapparate

Die Wasseraufbereitung mit Hilfe eines Zweisäulenapparates darf als die einfachste Totalentsalzungsmethode bezeichnet werden. Das Rohwasser durchfließt zwei mit Austauschmasse gefüllte Türme. Im ersten Turm werden die im Wasser vorhandenen Kationen (vor allem Calcium, Magnesium, Natrium usw.) mit einem Kationenaustauschharz gegen Wasserstoffionen ausgetauscht. Entsprechend den Gleichungen (3) reagiert dieses teilentsalzte Wasser sauer, weil je nach den im Rohwasser vorhandenen Salzen Kohlensäure, Salzsäure, Schwefelsäure u. a. frei werden. Im zweiten, mit Anionenaustauschharz gefüllten Turm, werden die Säuren aufgenommen. Diese Reaktion ist an Hand von Gleichung (5) wiedergegeben.

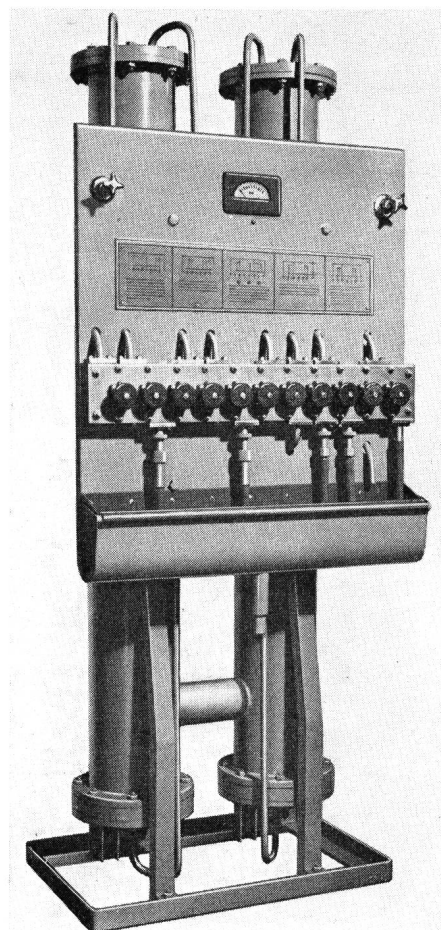


Fig. 1. Zweisäulenentsalzer (Typ ME II/90 der Fa. Maestrolit A.G., Basel)

Figur 1 zeigt einen kleineren Zweisäulenentsalzer, wie er in unserer Verwaltung hauptsächlich verwendet wird. Die beiden Türme sind aus Stahl hergestellt. Um das Metall gegen die korrosiven Eigenschaften der Regenerierflüssigkeiten wie auch vor dem sehr aggressiven entsalzten Wasser zu schützen, sind die Türme innen mit einem resistenten Kunststoff ausgekleidet. Um zu verhüten, dass das entsalzte Wasser wieder Metallionen aufnehmen kann, sind sämtliche Teile, die mit dem Wasser in Berührung kommen, ebenfalls aus Kunststoffen hergestellt. Für die Rohrleitungen dient vor allem Polyvinylchlorid, für die Abschlussmembranen der Ventile säure- und alkalibeständiger Kautschuk.

Die Leistung eines Entsalzungsapparates ist, abgesehen von der Menge und Art der verwendeten Harze, abhängig vom Salzgehalt (Härte) des Rohwassers. Die Leistung zwischen zwei Regenerationen verhält sich umgekehrt proportional zur Härte des Rohwassers. Die Kapazität wird vorteilhaft in m³ Rohwasser von 1 frH°* angegeben. Daraus kann für jedes Wasser anderer Härte die entsprechende Leistung berechnet werden. Der voranstehend beschriebene Apparat entsalzt nach Angaben der Her-

* 1 frH° entspricht einem Gehalt von 10 mg Calciumcarbonat, bzw. 8,4 mg Magnesiumcarbonat je 1 l Wasser.

Tabelle II. Analysendaten verschiedener Leitungswässer

Untersuchung	Zürich Telephonzentrale Riedtlistrasse	Bern Hauptpostgebäude Bollwerk	Lausanne Hauptpostgebäude Place St-François
Spezifischer Widerstand	2480 $\Omega \cdot \text{cm}$	3830 $\Omega \cdot \text{cm}$	4930 $\Omega \cdot \text{cm}$
pH-Wert.	7,60	7,36	7,30
Gesamthärte ($\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$)	24,1 frH°	20,0 frH°	14,9 frH°
Calciumhärte	18,4 frH°	17,2 frH°	13,6 frH°
Magnesiumhärte	5,7 frH°	2,8 frH°	1,3 frH°
Chloridgehalt (als Cl')	5 mg $\cdot \text{l}^{-1}$	1,8 mg $\cdot \text{l}^{-1}$	0,8 mg $\cdot \text{l}^{-1}$
Sulfatgehalt (als SO_4'')	nicht bestimmt	5,5 mg $\cdot \text{l}^{-1}$	6 mg $\cdot \text{l}^{-1}$
Freies Kohlendioxyd	7 mg $\cdot \text{l}^{-1}$	4 mg $\cdot \text{l}^{-1}$	0
Trockenrückstand	282 mg $\cdot \text{l}^{-1}$	215 mg $\cdot \text{l}^{-1}$	194 mg $\cdot \text{l}^{-1}$
Glührückstand	161 mg $\cdot \text{l}^{-1}$	125 mg $\cdot \text{l}^{-1}$	118 mg $\cdot \text{l}^{-1}$

stellerfirma etwa 100 m³ Wasser von 1 frH°. Wird beispielsweise ein Wasser von 24 frH° behandelt, so muss die Leistung demnach etwa 4,2 m³ betragen.

Zur Kontrolle wurde mit dem beschriebenen Zweisäulenentsalzer Leitungswasser der Stadt Zürich enthärtet. In *Tabelle II* sind die Analysendaten des Rohwassers angeführt.

Die Qualität eines entsalzten Wassers wird in erster Linie nach dem spezifischen elektrischen Widerstand beurteilt. Dieser ist ein Mass für die im Wasser vorhandenen dissoziierten Stoffe. Für Wasser, das zum Auffüllen von Akkumulatoren dient, wurde für unseren Betrieb ein Mindestwert von 50 000 $\Omega \cdot \text{cm}$ festgelegt. In *Figur 2* sind der spezifische Widerstand, der pH-Wert und der Gehalt an Kohlendioxyd als Funktion der Wasserentnahme graphisch aufgetragen. Die Durchflussgeschwindigkeit betrug rund 100 l je Stunde. Sie kann bei diesem Apparatyp auf 220 l/h erhöht werden.

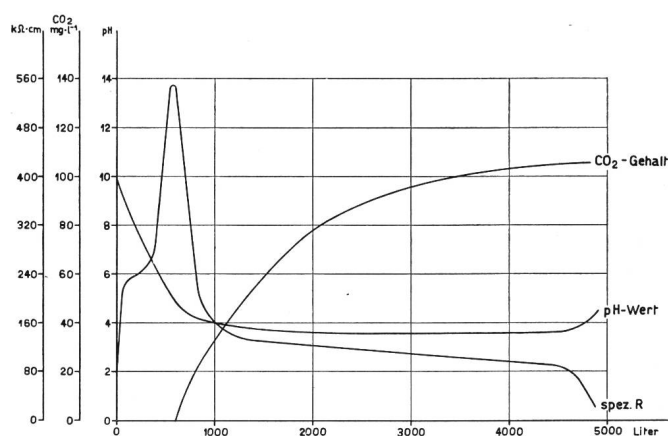


Fig. 2. Graphische Darstellung der Wasserqualität des Zweisäulenentsalters MEII/90 der Fa. Maestrolit AG., Basel

Wie aus der Kurve hervorgeht, erzielt man mit dem geprüften Entsalzungsapparat nur anfänglich kohlendioxydfreies Wasser. Später wird das schwach sauer reagierende Kohlendioxyd durch die starken, im Kationenaustauschturm gebildeten Säuren (Schwefelsäure, Salzsäure) wieder verdrängt. Die Kurve, die den Gehalt an Kohlendioxyd angibt, steigt steil an.

Dadurch fällt der anfänglich hohe spezifische Widerstand des entsalzten Wassers rasch ab, um einen ziemlich konstanten Wert von ungefähr 100 000 bis 130 000 $\Omega \cdot \text{cm}$ anzunehmen. Die Prüfung ergab, dass mit diesem Zweisäulenentsalzer 4,8 m³ Rohwasser mit einer Gesamthärte von 24 frH° entmineralisiert werden können. Die wirkliche Leistung ist somit etwas besser als der berechnete Wert.

Im weiteren sei angeführt, dass ein so behandeltes Wasser noch eine Resthärte von 0,05 frH° und einen Chloridgehalt von 0,3 mg $\cdot \text{l}^{-1}$ aufweist. Das entsalzte Wasser unterscheidet sich von einem Destillat guter Qualität im wesentlichen durch seinen extrem hohen Kohlendioxydgehalt und durch den dadurch bedingten niederen pH-Wert. Für unsere Verwendungszwecke stört der hohe Gehalt an Kohlendioxyd in keinem Falle. Nebenbei sei bemerkt, dass prinzipiell das Kohlendioxyd auch durch Ionenaustausch entfernt werden könnte. Dieses Verfahren ist jedoch wenig wirtschaftlich. Durch Belüftung in einem speziellen Entgasungsapparat lässt sich das Kohlendioxyd fast vollständig entfernen. Ein so behandeltes Wasser kann in seiner Qualität mit einem doppelt destillierten Wasser verglichen werden.

b) Viersäulenapparate

Die ersten Ionenaustauschapparate, die nach dem letzten Krieg erhältlich waren, stammten aus Amerika. Es handelte sich dabei fast ausschliesslich um Viersäulenapparate. Da in unserer Verwaltung noch mehrere dieser Apparate im Betrieb sind, sei der Vollständigkeit halber dieser Typ und die damit gemachten Erfahrungen kurz beschrieben.

Die Arbeitsweise ist grundsätzlich dieselbe wie bei einem Zweisäulenapparat, nur dass nach dem Anionenaustauschturm (2. Säule) noch je ein weiterer Kationen- und Anionenaustauschturm folgt. In der Telephondirektion Bern wurde ein solcher Apparat geprüft. Die Analysendaten des Rohwassers sind der *Tabelle II* zu entnehmen.

In *Figur 3* sind der spezifische Widerstand, der pH-Wert und der Kohlendioxydgehalt des entsalzten Wassers zwischen zwei Regenerationen graphisch

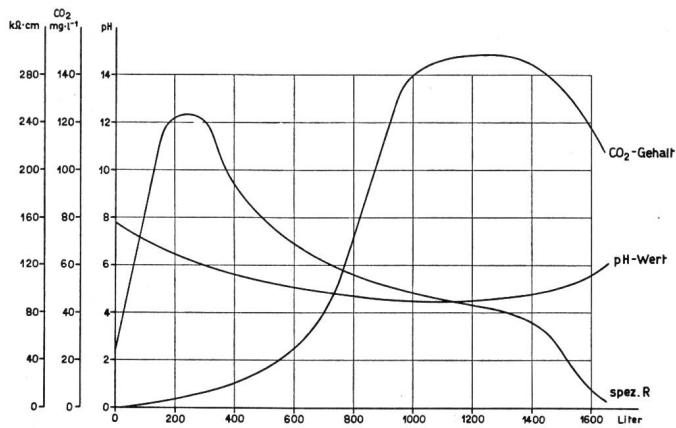


Fig. 3. Graphische Darstellung der Wasserqualität eines Viersäulendentsalzlers

dargestellt. Die Charakteristiken der Kurven sind ähnlich denjenigen eines Zweisäulenapparates. Der spezifische Widerstand des entsalzten Wassers steigt ebenfalls anfänglich stark an. Wegen des sich erhöhenden Gehaltes an Kohlendioxyd fällt die Kurve allmählich wieder ab. Die Resthärte des entsalzten Wassers betrug $0,25 \text{ frH}^\circ$. Aus diesem Grunde reagiert dieses Wasser trotz dem hohen Kohlendioxydgehalt weniger sauer als dasjenige aus dem Zweisäulenapparat. Chlorionen konnten keine nachgewiesen werden.

Der geprüfte Apparat soll 30 m^3 Wasser von 1 frH° entsalzen. Unsere Untersuchung ergab, dass die wirkliche Leistung dieser Angabe entspricht. Es konnten rund $1,5 \text{ m}^3$ Wasser mit einer Härte von 20 frH° aufbereitet werden.

Nach unseren Erfahrungen bietet ein Viersäulenapparat, verglichen mit einem Zweisäulenapparat, keine Vorteile. Werden an die Qualität des entsalzten Wassers höhere Anforderungen gestellt, so muss das im folgenden beschriebene Verfahren gewählt werden.

c) Gemischtbettentsalzer

Diese Apparate bestehen nur aus einem Turm, der mit einem innigen Gemisch eines Kationen- und eines Anionenaustauscharzes gefüllt ist. Das zu entsalzende Wasser wird von oben nach unten durch den Turm geleitet. Zur Regeneration der Harzmischung müssen die beiden Komponenten im Apparat wieder getrennt werden. Dies ist nur dann möglich, wenn die beiden Harze sich in ihrem spezifischen Gewicht, bzw. in ihrer Korngrösse unterscheiden. Allgemein wird ein spezifisch schwereres Kationenaustauscharz und ein entsprechend leichteres Anionenaustauscharz verwendet. Das Gemisch wird mit Wasser durch Schlammung im Gegenstromprinzip in seine beiden Bestandteile zerlegt. Die Anionenaustauschmasse lagert sich über der spezifisch schwereren Kationenaustauschmasse ab. Harze von einheitlicher Korngrösse ergeben eine scharfe Trennlinie. Die beiden Schichten werden jede für sich regeneriert, und zwar im allgemeinen zuerst die obere (Anionenaustauscher) und dann die untere (Kationenaustauscher).

Anschliessend wird von unten her Pressluft durch die Säule geleitet, wobei sich die beiden Harze wieder mischen.

In Figur 4 ist ein Gemischtbettentsalzer abgebildet. Der Turm ist etwas mehr als zur Hälfte mit Harzmischung gefüllt. Die am Turm angebrachten Schau-gläser gestatten, den Mischungs- und Entmischungsvorgang zu verfolgen.

Die praktische Prüfung führten wir in der Telephondirektion Lausanne durch. Die Analysenresultate des Rohwassers sind ebenfalls in der *Tabelle II* zusammengestellt.

Der Verlauf der wie üblich aufgezeichneten Kurven kann in der Figur 5 ersehen werden. Das durch den Gemischtbettentsalzer aufbereitete Wasser zeigte gegenüber demjenigen eines Zwei- bzw. Viersäulenapparates wesentliche Unterschiede. Die Qualität des entsalzten Wassers war während der Entnahme praktisch unverändert. Bis zu einer Menge von $3,4 \text{ m}^3$ war das Wasser kohlendioxydfrei und wies einen durchschnittlichen spezifischen Widerstand von $1,65 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ auf. Entsprechend diesem hohen Wert enthielt das Wasser nur noch Spuren gelöster Stoffe. Auf chemischem Wege waren keine Fremdionen mehr nachzuweisen. Unter der Annahme, dass es sich bei den Spuren gelöster Substanzen um Calciumsalze

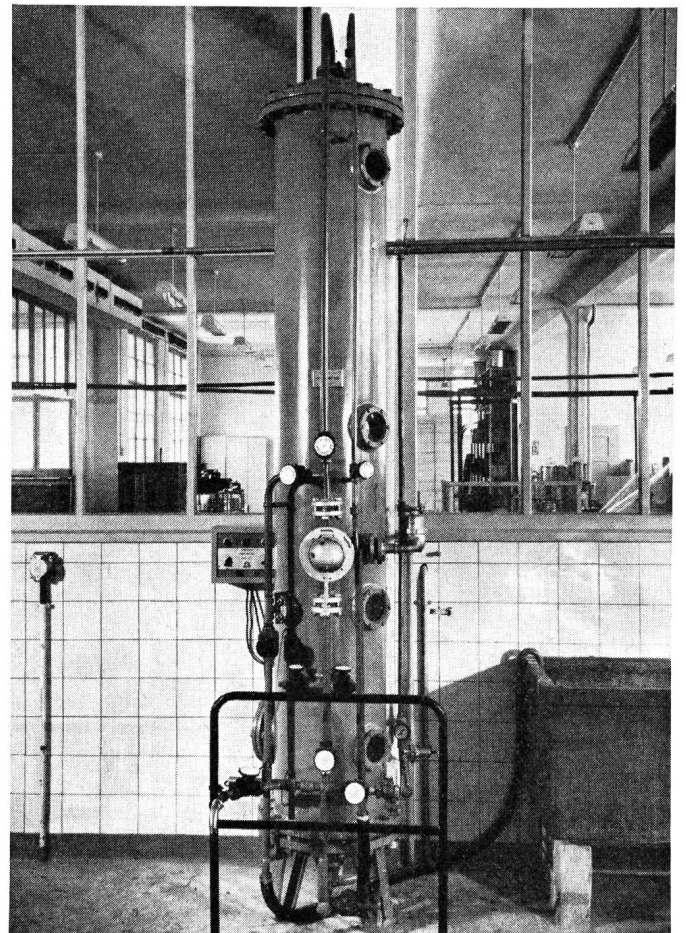


Fig. 4. Gemischtbettentsalzer (Typ E 25 der Fa. Theodor Christ, Basel)

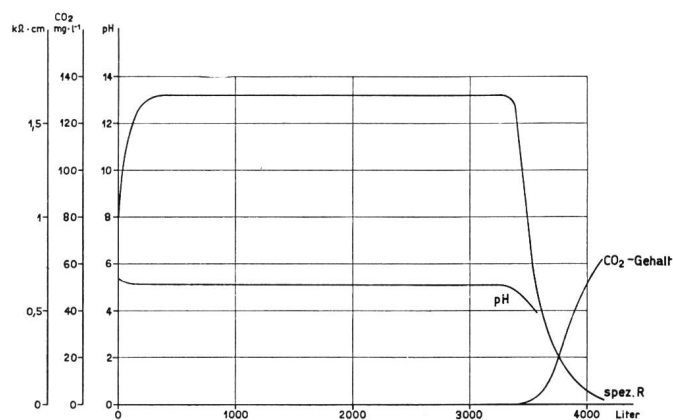


Fig. 5. Graphische Darstellung der Wasserqualität des Gemischtbettentsalzlers E 25 der Fa. Theodor Christ, Basel

handelt, berechneten wir aus dem spezifischen Widerstand eine Resthärte von etwa 0,01 frH°.

Verglichen mit den beiden andern beschriebenen Wasseraufbereitungsmethoden, liefert das Gemischtbettverfahren qualitativ das beste Wasser. Für unsere Verwendungszwecke werden an ein entsalztes Wasser nicht so hohe Anforderungen gestellt. Zudem ist darauf hinzuweisen, dass sowohl die Anschaffungs- als

auch die Betriebskosten bei einem Gemischtbettentsalzer höher sind.

Im Handel sind auch kleine Gemischtbettentsalzer erhältlich, deren Einsatz für unsern Betrieb interessant ist. Für Telephonzentralen in Gebirgsgegenden ist es im Winter wegen der Frostgefahr oft nicht möglich, Wasser für die Akkumulatoren zu transportieren. Mit den erwähnten Geräten lassen sich an Ort und Stelle kleinere Mengen Wasser aufbereiten. Die verbrauchte Harzmasse wird nicht selber regeneriert. Sie kann dem Lieferanten des Gerätes eingesandt werden, der dies in Form eines Servicedienstes besorgt. In Figur 6 ist einer dieser kleinen Entsalzungsapparate zu sehen. Unsere Versuche ergaben, dass mit einer Füllung ungefähr 350 l Leitungswasser mit einer Gesamthärte von 20 frH° aufbereitet werden können. Der Apparat weist demnach eine Kapazität von 7 m³ Wasser von 1 frH° auf. Die Qualität des entsalzten Wassers darf als sehr gut bezeichnet werden. Sie entspricht ungefähr derjenigen des Gemischtbettentsalzlers E 25.

4. Die Wirtschaftlichkeit der Ionenaustauschverfahren

Abschliessend sei noch eine Zusammenstellung über die verschiedenen Wasseraufbereitungsverfahren wiedergegeben. Der Tabelle III können für die verschiedenen Methoden die reinen Material- und Energiekosten, berechnet für 1 m³ Wasser, entnommen werden.

Tabelle III. Preis je m³ des nach verschiedenen Methoden aufbereiteten Wassers

Verfahren	Material- und Energiekosten
Gewöhnliche Destillation mit elektrischer Heizung	Theoretischer Energieverbrauch 630 000 kcal/m³ oder 730 kWh/m³. Bei 6 Rp./kWh = Fr. 44.—/m³
Destillation mit Rückgewinnung der Wärme durch Wärmepumpe	Energieverbrauch 30–100 kWh/m³, je nach Grösse des Apparates. Bei 6 Rp./kWh = Fr. 1.80 bis 6.—, wobei noch zu berücksichtigen ist, dass das Rohwasser wenigstens teilentsalzt werden muss.
Elektroosmose	Energieverbrauch je nach Salzgehalt des Rohwassers: 30...50 kWh. Bei 6 Rp./kWh = Fr. 1.80 bis 3.—/m³
Zweisäulenionenaustauscher	Materialkosten (Säure- und Lauge) bei der Entsalzung eines Rohwassers von: 10 frH° = Fr. —.20/m³ 20 frH° = Fr. —.40/m³ 30 frH° = Fr. —.60/m³ 40 frH° = Fr. —.80/m³
Gemischtbettentsalzung	Materialkosten (Säure und Lauge) bei der Entsalzung eines Rohwassers von: 10 frH° = Fr. —.90/m³ 20 frH° = Fr. 1.80/m³ 30 frH° = Fr. 2.70/m³ 40 frH° = Fr. 3.60/m³



Fig. 6. Kleiner Gemischtbettentsalzer (Typ P 4 der Fa. Theodor Christ, Basel)

Es geht daraus hervor, dass die Entsalzung mit Zweisäulenapparaten am wirtschaftlichsten ist. Verglichen mit einem gewöhnlichen Destillierapparat liefert ein Zweisäulenentsalzer ein rund hundertmal

billigeres Wasser. Ein solches darf in qualitativer Hinsicht einem Destillat gleichgestellt werden. Für unseren Betrieb ist es daher unzumutbar, Wasser nach der Destillationsmethode aufzubereiten.

Les travaux de la XVIII^e et dernière Assemblée plénière du «Comité consultatif international téléphonique» (CCIF) à Genève du 3 au 14 décembre 1956

Par *Alfred Langenberger*, Berne

621.395 (061.2) (100)

L'année 1956 marque la fin d'une étape dans l'organisation des télécommunications internationales, soit la fin d'un organisme de collaboration et de coopération techniques et d'exploitation connu sous la dénomination de «Comité consultatif international téléphonique». En effet, sa XVIII^e assemblée plénière, qui s'est tenue du 3 au 14 décembre 1956, a été la dernière manifestation de cette institution si utile et si efficiente. Il convient pourtant de relever que cette fin est essentiellement formelle et théorique, car l'organisme qui reprend la succession de l'ancien, le «Comité consultatif international télégraphique et téléphonique», assurera la continuité de l'œuvre entreprise tant par le CCIF que par le CCIT (Comité consultatif international télégraphique), qui, lui aussi, a cessé d'exister le 31 décembre 1956.

La première séance fut ouverte par le secrétaire général de l'Union internationale des télécommunications M. le Dr *M. A. Andrada*.

La réunion des chefs de délégation avait proposé à l'unanimité que le signataire de ce compte rendu remplisse la charge de président de la XVIII^e assemblée plénière du CCIF, proposition qui fut adoptée par acclamations.

La même réunion avait proposé les personnalités suivantes comme vice-présidents pour diriger les diverses séances de travail:

- M. *C. M. Mapes* (Etats-Unis d'Amérique) pour les séances de transmission-lignes;
- M. *J. Rouvière* (France) pour les séances de signalisation et de commutation;
- M. *D. A. Barron* (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) pour les séances de transmission-appareils;
- M. *F. Nicotera* (Italie) pour les séances d'exploitation, de tarification et de maintenance;
- M. *T. Klovov* (URSS) pour les séances de protection;
- M. *H. Matsuda* (Japon) pour les séances des symboles graphiques et littéraires et du vocabulaire.

Après avoir approuvé l'horaire des séances et le programme de la succession des travaux, l'assemblée plénière décida de transmettre à M. le secrétaire général, avec chaleureuse recommandation, le vœu de publier comme livre-souvenir le document préparé par le secrétariat du CCIF et intitulé «Le Comité consultatif international téléphonique (CCIF) 1924 à

1956». Cet ouvrage sera complété par quelques photographies, parmi lesquelles celle de M. *Valensi*, directeur du CCIF, et de quelques assemblées plénières précédentes.

L'assemblée a ensuite approuvé une proposition de la réunion des chefs de délégation pour la publication du compte rendu de cette assemblée plénière sous forme de trois volumes imprimés:

- Tome IIbis du Livre vert (remplaçant le tome II);
- Tome IIIbis (remplaçant le tome III) et
- Tome Ibis, contenant les procès-verbaux des séances de la XVIII^e assemblée plénière et les additions ou modifications aux tomes du Livre vert qui ne seront pas réédités.

Les séances de travail ont commencé le mardi 4 décembre 1956.

Comme chacun sait, le CCIF a étudié toutes les questions qui ont trait à la téléphonie internationale. Il est pourtant difficile de donner un caractère international exclusif à un grand nombre des études qu'il a entreprises, car elles concernent des questions de caractère national, puisque seulement ce qui se passe entre deux centraux tête de ligne internationale de pays différents est, par définition, de caractère international. Néanmoins, il est du plus haut intérêt, pour les administrations et compagnies privées d'exploitation, tant du point de vue pratique que financier, que cet aréopage de spécialistes appartenant à tous les pays européens et extra-européens se réunisse pour discuter et tenter de résoudre les problèmes communs ou identiques qui se présentent partout. L'uniformisation des méthodes, des moyens, des spécifications est profitable à chacune d'entre elles, car elle peut l'acquérir à peu de frais au CCIF. Les progrès et les réalisations enregistrés dans le domaine de la téléphonie entre Etats européens et même entre tous les Etats du monde qui ont atteint un certain degré de développement technique prouvent que le travail fait au CCIF mérite la plus grande attention, car il est non seulement utile, mais efficient et permet de réaliser, de la manière la plus avantageuse, les conditions les meilleures pour un service téléphonique international rapide, de qualité et bon marché.

Notre clientèle semble être satisfaite de la qualité offerte en téléphonie internationale. Nous pensons que cette qualité a atteint un degré qu'il sera assez