

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 10 (1919)
Heft: 12

Artikel: Elektrische Eindampfanlagen, System Autovapor
Autor: Wirth, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061076>

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>

SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Erscheint monatlich mit den Jahres-Beilagen „Statistik der Starkstromanlagen der Schweiz“ sowie „Jahresheft“ und wird unter Mitwirkung einer vom Vorstand des S. E. V. ernannten Redaktionskommission herausgegeben.

Alle den Inhalt des „Bulletin“ betreffenden Zuschriften sind zu richten an das

Generalsekretariat
des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins,
Neumühlequai 12, Zürich 1 - Telephon: Hottingen 37.08

Alle Zuschriften betreffend Abonnement, Expedition und Inserate sind zu richten an den Verlag:

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G.,
Hirschengraben 80/82 Zürich 1 Telephon Hottingen 36.40

Publié sous la direction d'une Commission de Rédaction nommée par le Comité de l'A. S. E.

Ce bulletin paraît mensuellement et comporte comme annexes annuelles la „Statistique des installations électriques à fort courant de la Suisse“, ainsi que l'„Annuaire“.

Prière d'adresser toutes les communications concernant la matière du „Bulletin“ au

Secrétariat général
de l'Association Suisse des Electriciens
Neumühlequai 12, Zurich 1 - Telephon: Hottingen 37.08

Toutes les correspondances concernant les abonnements, l'expédition et les annonces, doivent être adressées à l'éditeur:

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei S. A.
Hirschengraben 80/82 Zurich 1 Téléphone Hottingen 36.40

Abonnementspreis
für Nichtmitglieder inklusive Jahresheft und Statistik:
Schweiz Fr. 15.—, Ausland Fr. 25.—.
Einzelne Nummern vom Verlage Fr. 1.50 plus Porto.

Prix de l'abonnement annuel (gratuit pour les membres de l'A. S. E.), y compris l'Annuaire et la Statistique, Fr. 15.— pour la Suisse, Fr. 25.— pour l'étranger.
L'éditeur fournit des numéros isolés à Fr. 1.50, port en plus.

X. Jahrgang
X^e Année

Bulletin No. 12

Dezember 1919
Dezembre

Elektrische Eindampfanlagen, System Autovapor.

Von Dipl.-Ing. E. Wirth, Aarau.

Einleitende Bemerkung des Generalsekretariates.

Der hohe Brennstoffpreis hat den Ausbau unserer Wasserkräfte mächtig gefördert. Im ganzen Lande wird am Ersatz der aus der Kohle stammenden Energie durch diejenige unserer Wasserkräfte, in Form elektrischer Energie, gearbeitet. Der Uebergang vom Betrieb mit Kohle zu demjenigen mit Elektrizität darf aber, sollen die bestmöglichen Resultate erzielt werden, in der grossen Mehrzahl der Fälle nicht einfach darin bestehen, dass Betriebe, wie sie sich bei Benützung der ersteren Energieform als bewährt und wirtschaftlich herausgebildet haben, so „elektrifiziert“ werden, dass dieselben Methoden angewandt werden, sondern es müssen diese Methoden der neuen Energieform angepasst werden.

Das nachstehend beschriebene Verfahren zum Eindampfen von Lösungen und Laugen, auf das im Bulletin schon einmal hingewiesen wurde¹⁾, gibt ein Beispiel neuer Methoden zum Ersatz von Kohlenenergie durch motorische aus Wasserkraft. Es wird dabei die im Abdampf enthaltene Wärme zur weiteren Verdampfung der Lösung und zu deren Vorwärmung verwendet. Elektrische Energie wird in der Weise zur Vermehrung dieser Wärme verwendet, dass der Abdampf durch einen elektrisch angetriebenen Kompressor verdichtet und dadurch weiter erhitzt wird. Auf diese Weise wird es möglich, wie weiter unten an Hand von Versuchsergebnissen gezeigt wird, mit einer kWh 16 ÷ 17 kg Wasser zu verdampfen. Dieses auf den ersten Blick überraschende Resultat ist lediglich der gut durchgearbeiteten Wärmewirtschaft des Systems zu verdanken.

Prinzip des Verfahrens.

Das diesen Eindampfapparaten zugrunde liegende Prinzip ist in Fig. 1 schematisch veranschaulicht. Durch eine am Boden des Eindampfapparates 1 liegende Heizschlange 2 wird die frisch eingefüllte Flüssigkeit, z. B. Lauge, mittels Kesseldampf bis auf Siedetem-

¹⁾ Bulletin 1918, Seite 19.

peratur erwärmt. Ist diese erreicht, so lässt man den Kompressor 6 an, der die sich bildenden Dämpfe durch die Leitung 5 absaugt, auf einen höheren Druck verdichtet und in das eigentliche, im Innern des Verdampfers befindliche Heizsystem 8 hineindrückt. Infolge der Temperaturdifferenz kondensieren sich die Dämpfe und geben ihre latente Wärme an die Lauge ab, die eingedampft wird. Der erzeugte Dampf wird ständig vom Kompressor abgesaugt und im Heizsystem kondensiert. Das noch heisse Kondensat führt man zum Zwecke weiterer Wärme-Ausnützung in einen Vorwärmer 10, in welchem es die neu hinzuströmende Lauge durch die Schlange 12 vorzuwärmen hat.

Entwicklung und Gesichtspunkte für die Beurteilung des Verfahrens.

Nachdem die erste nach den Intentionen des Verfassers durch die A.-G. Kümmler & Matter in Aarau in Betrieb gebrachte Anlage einiges Aufsehen erregt hat, werden wohl einige Angaben über die historische Entwicklung des Verfahrens von Interesse sein.

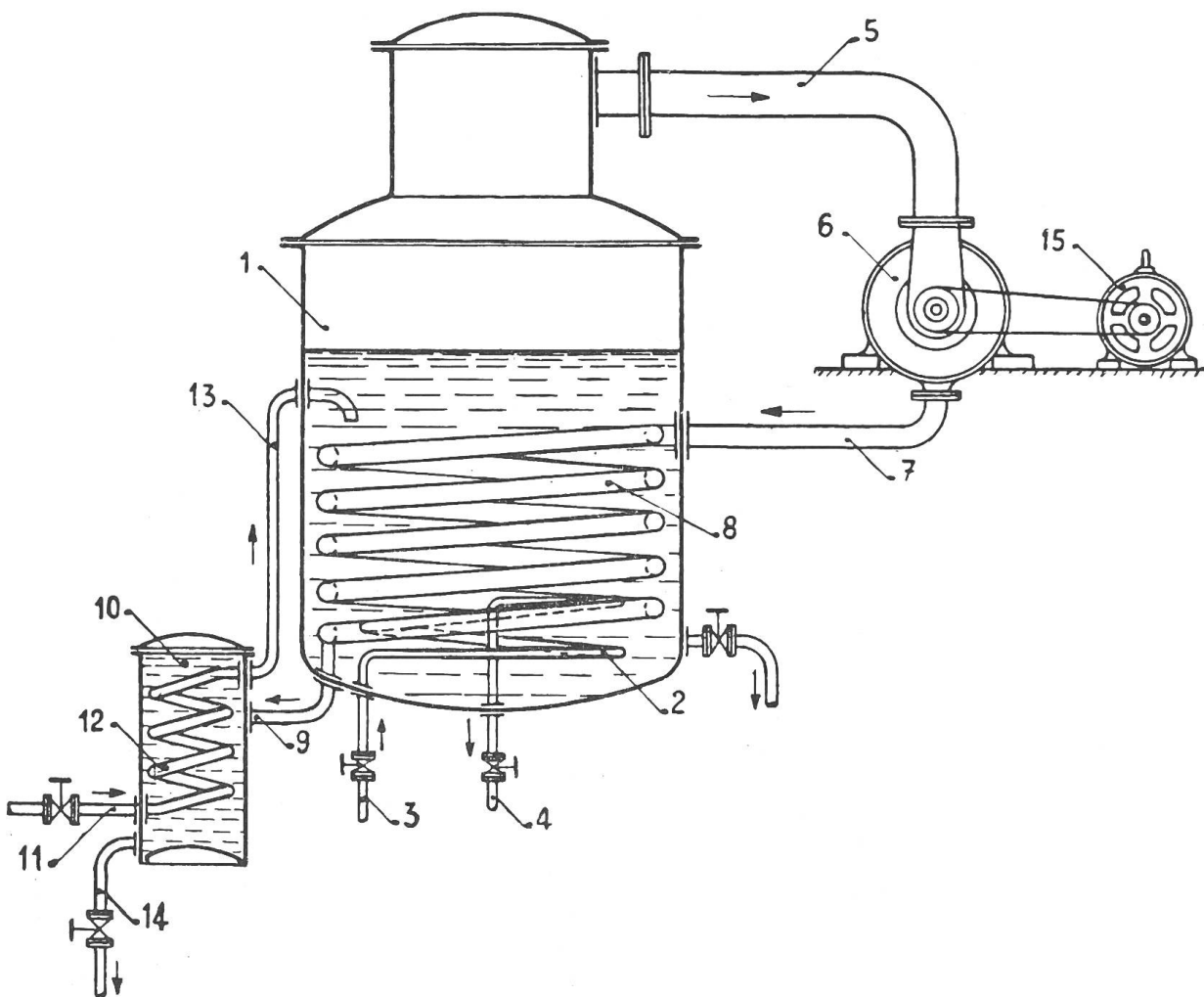


Fig. 1.

Die Versuche, das Grundprinzip der Brühdampfkompression praktisch auszunützen, gehen in die letzte Hälfte des vergangenen Jahrhunderts zurück. Die ältesten, dem Verfasser bekannten Patentschriften über diesen Gegenstand datieren aus den Jahren 1872 und 1878. Im letzteren Jahre wurde auch in der Schweiz durch Ingenieur Piccard aus Genf eine Anlage in der Saline Bex erstellt, die heute noch im Betrieb sein soll und die erst in den allerletzten Jahren durch eine neue Anlage ergänzt worden ist. Genaue Resultate sind dem Verfasser nicht bekannt. Auch in Frankreich wurde auf diesem Gebiete gearbeitet und in Skandinavien sind ebenfalls Versuche gemacht worden. Dass trotzdem in anderen Ländern keine überraschenden Erfolge erzielt worden sind, muss auf folgende Gründe zurückgeführt werden:

1. Kompressoren für die verlangten Verdampfungsleistungen haben sehr grosse Dampfvolamina zu fördern. Erst mit der Verwendungsmöglichkeit des *Kreisverdichters* (Zentrifugalkompressor) der auch grosse Dampfvolamina bei relativ geringem Platzbedarf fördern kann, konnte die Brühdampfkompression wirtschaftlich gelöst werden.

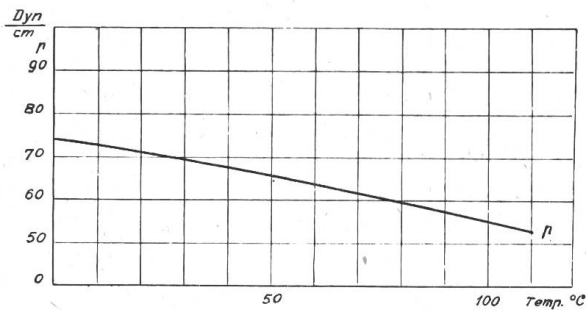


Fig. 2. Oberflächenspannung von reinem Wasser in Berührung mit seinem Dampf.

Apparates bei abnehmender Temperaturdifferenz nicht linear mit derselben sinkt, sondern rascher. Der Konstrukteur muss daher einen steten Kampf führen um den Ausgleich zwischen der Forderung kleiner Temperaturdifferenz wegen des Kraftbedarfes und der Möglichkeit, die erforderlichen Heizflächen noch wirtschaftlich unterbringen zu können.

Soweit dem Verfasser bekannt ist, leistet die erste Piccardanlage in Bex ca. $3 \div 5$ kg Verdampfung pro m^2 Heizfläche, während bei den neuesten Ausführungen Autovapor über 60 kg pro m^2 also bis zum 20-fachen erreicht worden ist. Darin kennzeichnet sich der *wirtschaftliche* Fortschritt.

3. Für eine bestimmte Verdampfungsleistung wird der erforderliche Kompressor umso *kleiner* und daher *billiger*, je höher der Druck des angesaugten Dampfes liegt. Zu verstehen sind Drücke, die zwischen 0,1 bis 1,5 kg/cm^2 abs. liegen. Damit entfernt man sich von den Gewohnheiten und Erfahrungen der bisherigen Eindampfungstechnik, die wegen der Ausnützung der einmal eingeführten Wärme in sog. Vielkörperapparaten gezwungen war, mit der Siedetemperatur möglichst tief herunterzugehen. Es ändern sich damit aber auch verschiedene Eigenschaften der Flüssigkeiten, die sich im Siedevorgang fühlbar machen. Als Beispiel gibt Fig. 2 die Oberflächenspannung von reinem Wasser in Berührung mit seinem Dampf, in Funktion der Temperatur.

Aus den unter 2. und 3. angeführten Gründen mussten deshalb besonders die Eindampfapparate eigentlich von Grund auf neu konstruiert werden, was auch zu verschiedenen Schutzrechten Veranlassung gegeben hat.

2. Der Unterhalt eines Eindampfprozesses erfordert ungefähr in demselben Masse weniger Energie als der Brühdampf weniger hoch komprimiert werden muss, mit andern Worten je *geringer die Temperaturdifferenz* ist, die zwischen siedender Flüssigkeit und Heizdampf unterhalten werden muss, damit der Wärmefluss vor sich geht. Die kleine Temperaturdifferenz hat nun wieder erheblichen Einfluss auf die Konstruktion der Eindampfapparate, indem mit abnehmender Temperaturdifferenz auch die pro Flächeneinheit in der Zeiteinheit übertretende Wärmemenge abnimmt und die Leistung eines

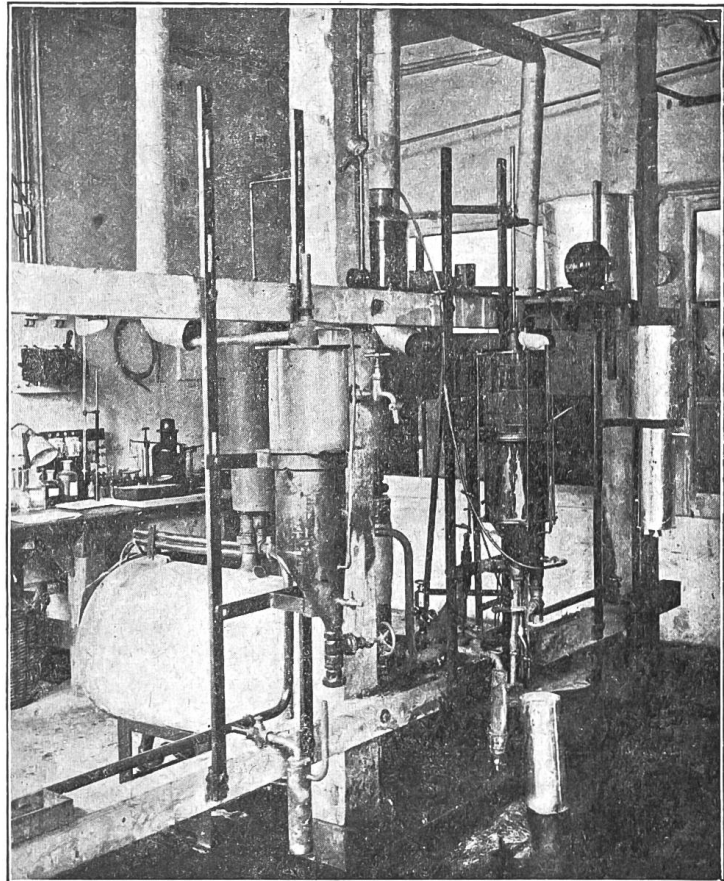


Fig. 3. Laboratorium der A.-G. Kummler & Matter für Eindampfversuche.

Auffällig ist der Umstand, dass zuverlässige Fachliteratur über Eindampfung sehr spärlich ist. Man wird infolgedessen geradezu gezwungen, sich durch den Versuch Aufschluss zu verschaffen. Aus einfachen Anfängen mit einem Versuchsapparat, der erlaubte, wenigstens den Zusammenhang zwischen Konzentration und Dampfdruck von Lösungen zu ermitteln, ist unter Inanspruchnahme von erheblichen Mitteln ein eigentliches Laboratorium entstanden, von dem Fig. 3 eine Aufnahme zeigt. Im Vordergrund sind drei kleine Eindampfapparate montiert, von denen der mittlere im zylindrischen Teile ganz aus Glas besteht, um die Vorgänge genau beobachten zu können. Hinter den Apparaten steht ein kleiner elektrisch geheizter Dampfkessel zum Betriebe der Versuchsapparate, weil Kompressoren nach dem Zentrifugalprinzip für derartig kleine Leistungen nicht gut ausführbar sind, und weil es sich nur um die Beobachtung des Siedevorganges handelt. Im Hintergrunde sind Tische mit den nötigen Messinstrumenten zur Bestimmung der in Frage kommenden Faktoren ersichtlich.

Ergebnisse grösserer neuerer Anlagen.

Um die Wirtschaftlichkeit von grösseren Anlagen zu illustrieren, seien aus einem Berichte über eine dieser Anlagen, der Feder des Herrn Prof. Dr. Stodola in Zürich entstammend, einige Zahlenangaben entnommen: Die im erwähnten Berichte untersuchte Anlage dient zur Konzentration dünner *Natronablauge* von ca. 5 Gew. % auf ca. 17 Gew. % NaOH, und zwar erfolgt die Eindampfung periodisch, indem dünne Lauge eingedampft wird, bis der Apparat dicke Lauge vom gewünschten spezifischen Gewicht enthält, worauf derselbe vollständig geleert wird und der Prozess von neuem beginnt. Die Dauer einer Periode beträgt 6 ÷ 8 Stunden. Während einer solchen Periode wurden beispielsweise gemessen:

	Zeiten:					
	von bis	10 Uhr 30 11 Uhr 30	11 Uhr 30 12 Uhr 30	12 Uhr 30 1 Uhr 30	1 Uhr 30 2 Uhr 30	3 Uhr 30 4 Uhr 30
1. Der Lauge durch den Kompressor entzogenes Wasser in kg		1176.58	1148.30	1069.90	962.10	905.29
2. Dem Antriebsmotor plus Nebenbetrieben zugeführte elektrische Energie in kWh		55.51	56.10	54.24	52.73	52.83
3. Druck im Eindampfapparat in kg/cm ² abs.		1.08	1.135	1.29	1.147	1.189
4. Temperatur der Lauge im Eindampfapparat in °C		104.2	106.7	107.6	108.8	111.1
5. Temperatur des Kondensates nach Verlassen des Vorwärmers in °C		72.6	81.8	91.54	94.45	69.03
6. Zugeführter Frischdampf in kg		130	110	100	95	289
7. Der Lauge entzogenes Wasser in kg pro kWh zugeführter elektrischer Energie (ohne 6.)		21.2	20.4	19.6	18.2	17.1
8. Der Lauge entzogenes Wasser in kg pro kWh zugeführter elektrischer Energie (mit 6, also inkl. Frischdampf)		19.1	18.7	18.0	16.633	13.1

Die Stunde von 2 Uhr 30 ÷ 3 Uhr 30 ist nicht angeführt, weil durch Versehen der Flüssigkeitsstand im Eindampfapparat stark gefallen und die Eindampfung infolgedessen plötzlich gesunken war. Da die Leistungsmessung am Motor, Fig. 4, unter 4000 Volt Spannung direkt neben dem Apparate durchgeführt werden musste, liess die Fabrikleitung ihre gewohnten Bedienungsleute nicht zu und die Regulierung musste von uneingeübten Angestellten vorgenommen werden. Seither ist überdies ein verbesserter Wasserstandsregler mit Schwimmerregulierung eingebaut worden, wodurch die Bedienung erleichtert worden ist. Die in der Stunde von 3 Uhr 30 ÷ 4 Uhr 30 angeführte grosse Menge Frischdampf rührt auch von dem obigen Versehen her: es musste nämlich während dieser Zeit ein guter Teil des Apparates rasch aufgefüllt werden, wozu entsprechend auch viel Zusatzdampf gebraucht wurde.

Aus obiger Tabelle ergeben sich folgende Mittelwerte:

9. Aus 7. *ohne* Berücksichtigung des Frischdampfzusatzes: *19,3 kg Dampf pro kWh.*
 10. „ 8. *mit* „ „ „ „ *17,1 kg* „ „ „

Zur Beurteilung der Frage, ob der Frischdampfzusatz in die spezifische Leistung pro kWh einbezogen werden muss oder nicht, sei noch folgendes angeführt: Das Kondensat lief mit einer hohen Temperatur ab, durch Ausbau der Vorwärmer ist dieser Uebelstand seither behoben worden. Weil dasselbe, wie später bemerkt, rein ist, so findet es als destilliertes Wasser Verwendung, und daher darf man seine ganze, nach dem Apparate noch vorhandene Flüssigkeitswärme gegenüber Kaltwassertemperatur als verwendbar annehmen. Nach obigen Angaben liefern in den notierten 5 Stunden 5262,17 kg Kondensat mit einer mittleren Temperatur von 81,8° C ab. Nimmt man eine Frischwassertemperatur von 10° C an, so ergibt sich als nutzbarer Wärmehalt des Kondensates: $5262,17 \cdot 71,8 = 377\,823,80$ WE. In derselben Zeit wurden 724 kg Frischdampf zu $566 \text{ WE/kg} = 409,784$ WE zugeführt.

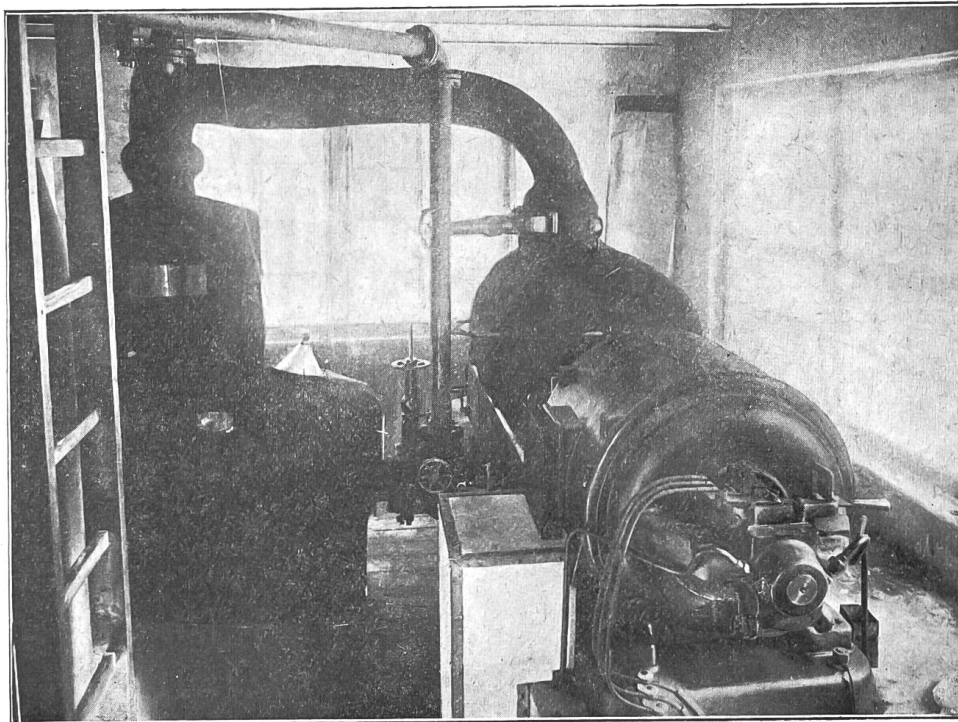


Fig. 4. Eindampfanlage System Autovapor in gedrängter Ausführung.

Davon sind 377 823.80 als wieder verwertbar anzunehmen, so dass als *Verlust nur 31960.2 WE* oder 7,8% der zugeführten Frischdampfmenge figurieren. Man darf sich daher etwa an die Zahl 19 kg Dampf/kWh halten.

Berechnet man die Wärmemenge, die durch Aufwand von 1 kWh für die Verdampfung nutzbar gemacht wird und vergleicht man dieselbe mit den unter 9. und 10. erhaltenen Resultaten, so ergibt sich die bemerkenswerte Tatsache, dass beim angewendeten Verfahren das *11,7 ÷ 13,2 fache* des Wärmewertes der zugeführten elektrischen Energie nutzbar gemacht wird. Praktisch ausgedrückt, heisst dies, dass mit derselben Energiemenge für diese Verdampfungsart *gegenüber solcher mit direkter elektrischer Heizung das 11 ÷ 13 fache erreicht wird*, was von höchster wirtschaftlicher Bedeutung ist.

Aus den Zahlenaufstellungen ist ferner ersichtlich, wie die Leistung mit zunehmender Konzentration der Lauge abnimmt, entsprechend Punkt 2 der Ausführungen auf Seite 349, indem wegen der steigenden Siedepunkterhöhung der Lauge die Temperaturdifferenz zwischen Heizdampf und Lauge kleiner wird.

Der Bericht Stodola enthält im weiteren noch folgende, besonders für die praktische Verwendbarkeit dieses Verfahrens interessante Stellen:

„Das Bemerkenswerte der vorliegenden Anlage bildet weiterhin der Umstand, dass es den Erbauern gelungen ist, den Dampf von mitgerissenen Laugenteilchen so gut wie vollständig zu

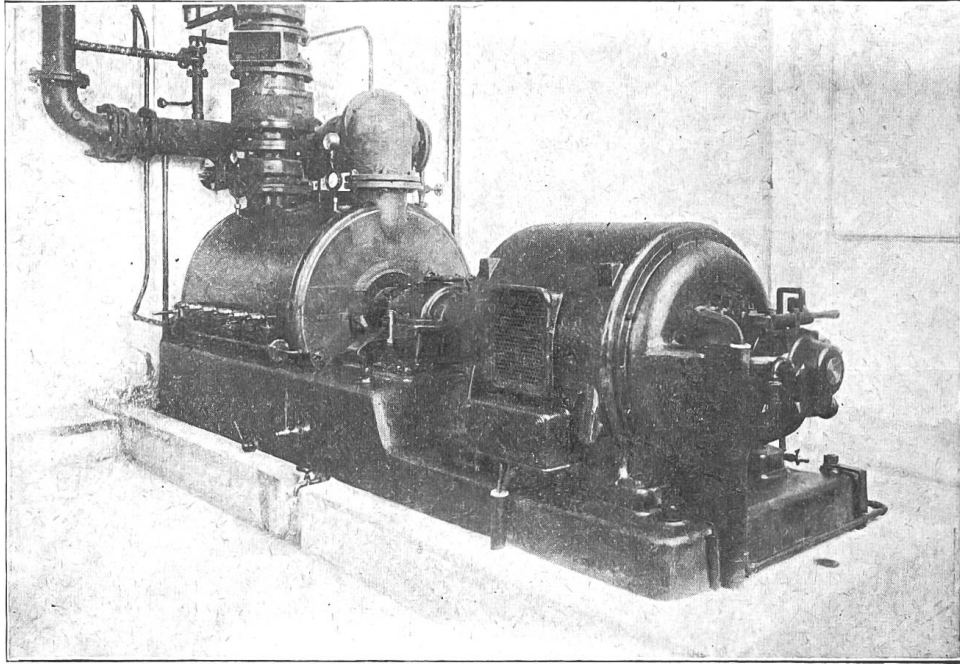


Fig. 5. Kompressoraggregat zu einer Eindampfanlage für chemische Zwecke (siehe Fig. 6).

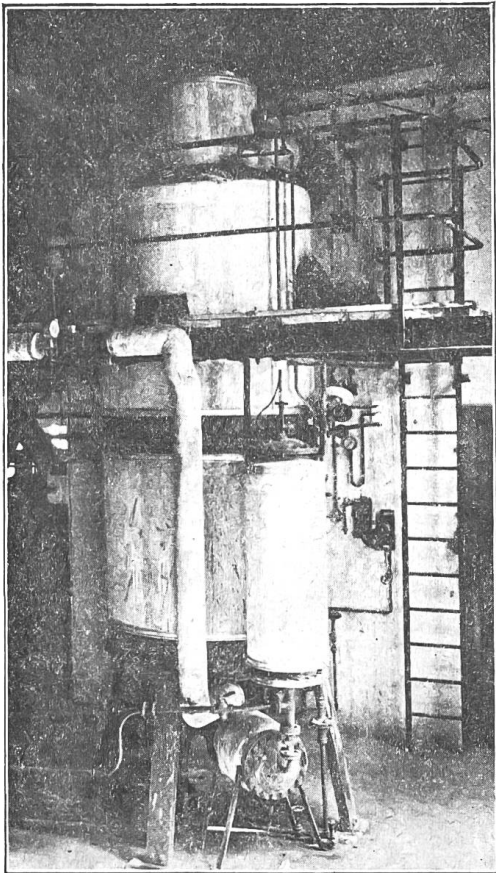


Fig. 6. Eindampfanlage für chemische Zwecke (siehe Kompressor Fig. 5).

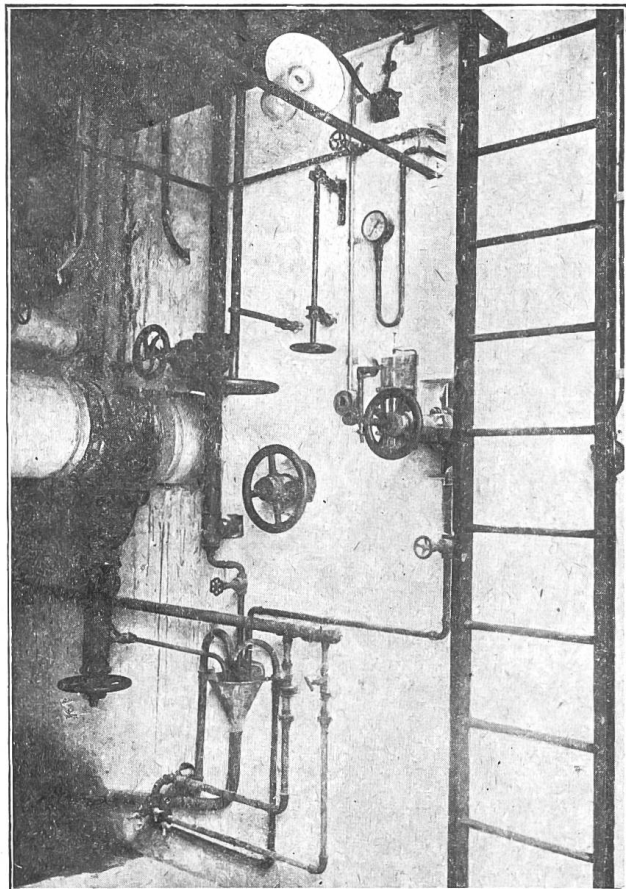


Fig. 7. Regulierstation zu einer Eindampfanlage.

befreien, so dass das gewonnene Kondensat in fast chemisch reinem Zustand für die Fabrikation Verwendung finden kann und gar keine Laugenverluste entstehen.“ „Die einleitend erwähnte Reinheit des Kondensates wird durch die Analyse des chemischen Laboratoriums der Stadt Zürich bestätigt, laut dessen vom 15. Januar 1918 datiertem Bericht der Gehalt des Kondensates an Natronhydrat (NaOH) 0,002 Gramm auf den Liter beträgt.“

Spätere Untersuchungen haben ergeben, dass diese 0,002 g/Liter von der Gasflasche herührten, in welcher das Kondensat zur Untersuchung nach Zürich speditiert wurde. Eine Reaktion mit Phenolphthalin auf Alkali kann nicht erreicht werden, was jederzeit im Betriebe nachgewiesen werden kann.

Die Anlage, welche die vorstehenden Resultate ergibt, ist in Fig. 4 abgebildet und, wie ersichtlich, sehr gedrängt zusammengebaut; der Kompressor konnte dicht neben den Eindampfapparat gestellt werden, weil im Apparatenraum keine für den Kompressor schädlichen Dämpfe oder Gase zu befürchten waren. Dadurch ergaben sich minimale Längen für die Hauptdampfleitungen und der Temperaturabfall des komprimierten Dampfes, der den Kompressor mit ca. 160^o C im Mittel verliess, beträgt 2 ÷ 3^o C bis zum Eindampfapparat.

Nach der vorbeschriebenen Anlage wurden weitere für die Konzentration von *Sulfitlauge* und für *chemische Zwecke* gebaut. Wegen der Gefahr der Korrosion des Kompressors und speziell auch des Antriebmotors wurde von der wärmetechnisch äusserst günstigen Disposition nach Fig. 4 abgegangen und das Kompressorenaggregat separat und getrennt vom Eindampfapparat aufgestellt, wie es die Fig. 5 und 6 an einem Beispiele zeigen. Fig. 7 zeigt die Regulierstation einer Anlage, bei welcher von einem Kompressor aus verschiedene Eindampfapparate betrieben werden müssen.

Interessant gegenüber der ersten Anlage ist ferner, dass Punkt 2 der allgemeinen Richtlinien eine grosse Rolle spielte. Wegen der enorm gestiegenen Preise war es wirtschaftlicher, durch eine geringe Steigerung der Kompression kleinere Eindampfapparate auf Kosten eines etwas grösseren Kraftverbrauches zu erhalten. Es wird so eine Verdampfung von 16 ÷ 17 kg Dampf/kWh erreicht, ein Wert, der von dem früher angegebenen Ergebnis nicht wesentlich abweicht. Dagegen wurden spezifische Leistungen von 73 kg Verdampfung pro m² Heizfläche erreicht, gegenüber ca. 43 kg/m² bei der ersten Anlage.

Die praktische Durcharbeitung von *Apparaten für Eindampfung von salzabscheidenden Lösungen* ist nach mehr als einjährigen Versuchen fertig, so dass weitere Gebiete erschlossen werden können, und es ist zu hoffen, dass diese sehr wirtschaftlichen Anlagen besonders in der Schweiz weite Verbreitung finden werden.

Zweck und Ziele der „Schweizerischen Kraftübertragung“, A. G. für Vermittlung und Verwertung von Elektrizität.

Von Dr. Bruno Bauer, Ing.

Die *Schweizerische Kraftübertragung A.-G.* wurde im Jahre 1918 gegründet, einerseits durch die Nordostschweizerischen Kraftwerke A.-G., an der die Kantone Aargau, Glarus, Zürich, Thurgau, Schaffhausen und Zug beteiligt sind, und andererseits durch die Bernischen Kraftwerke A.-G., deren Aktien zum grössten Teil im Besitze des Kantons Bern und der bernischen Gemeinden liegen. Beide Gründerunternehmungen tragen somit staatlichen Charakter, wodurch in der Schweizerischen Kraftübertragung die öffentlichen Interessen eines bereits sehr grossen Gebietes unseres Landes vertreten sind.

Es ist schon bei Anlass der Bildung der Gesellschaft die Aufnahme weiterer schweizerischer Elektrizitätswerke ins Auge gefasst worden, um der Unternehmung die ihr zur Erfüllung ihres Zweckes erforderliche Grundlage zu sichern. Der Verwaltungsrat benutzte daher den Anlass der bevorstehenden Erhöhung des Aktienkapitals, um an eine Anzahl grosser schweizerischer Elektrizitätswerke die Einladung zum Beitritt zur Gesellschaft zu erlassen. Durch diese Vergrösserung erweitert sich die Bedeutung der Unternehmung für die Allgemeinheit; es ist daher wohl heute auch für weitere Kreise von Interesse, über Zweck und Ziele der Gesellschaft näheres zu erfahren.