Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 33 (1941)
Heft: 1-2

Artikel: Les alternateurs triphasés à axe vertical de l'usine du Verbois
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-921967

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: 23.08.2025

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

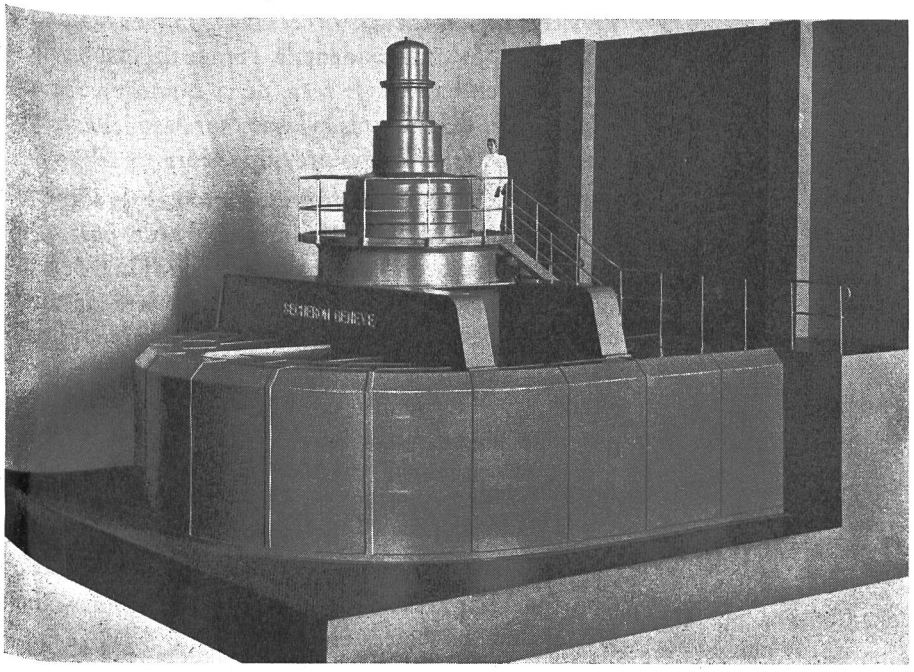

Fig. 1 Maquette des alternateurs Sécheron de 27 500 kVA pour l'usine du Verbois.

Les alternateurs triphasés à axe vertical de l'usine du Verbois

L'usine hydro-électrique du Verbois, actuellement en construction sur le Rhône, comprendra 4 groupes électrogènes, dont 3 installés en première étape. Chaque groupe est constitué par une turbine Charmilles-Kaplan à axe vertical tournant à 136,4 tours/min, et par un alternateur Sécheron de 27 500 kVA produisant de courant triphasé de 50 p/s à 18 000 V.

Les alternateurs de l'usine du Verbois sont de construction entièrement soudée, ce qui est une innovation pour des machines de cette puissance. Jusqu'ici, on se contentait en effet de souder les stators, tandis que les roues polaires étaient encore exécutées en acier coulé.

On trouvera, dans les lignes qui suivent, une description de ces machines, si intéressantes à plus d'un point de vue.

Roue polaire

La roue polaire est constituée par un croisillon qui est monté sur un arbre creux à plateau d'accouplement en acier Siemens-Martin et qui porte les pôles à sa périphérie. Le croisillon comporte des bras en tôle d'acier doux et en profilés, ainsi qu'un moyen en acier doux forgé, le tout étant assemblé par soudage à l'arc électrique. Le croisillon sert de support et de centrage pour les anneaux polaires formant la jante de la roue.

Les pôles sont constitués par des tôles d'acier découpées de 1 mm d'épaisseur, empilées les unes sur les autres et maintenues entre deux fortes plaques d'extrémités au moyen de rivets. Chaque bobine polaire est formée d'un ruban de cuivre qui est enroulé sur champ en une seule couche et dont les spires sont isolées au moyen d'un matériel isolant impregné de vernis spécial résistant à la chaleur. Les bobines polaires sont maintenues pressées au moyen de deux cadres en fer reliés par des vis.

La fixation des masses polaires à la périphérie des anneaux de la roue polaire se fait au moyen de tenons (genre de queues d'arronde, mais de section ronde) constitués par une saillie faisant corps avec la masse de chaque pôle et s'ajustant dans un logement ad hoc pratiqué à la périphérie de la jante. Le corps polaire est ainsi tenu sur toute sa longueur de façon absolument sûre, et son montage ne présente aucune difficulté. Les pôles sont simplement glissés dans les logements et arrêtés en bas par des brides traversant ces logements.

Les bagues collectrices en acier amenant le courant d'excitation à l'inducteur de l'alternateur sont placées sur l'arbre de ce dernier directement en dessous de la roue polaire. Ces bagues sont montées à chaud sur une douille-support isolée. Les bagues collectrices et les balais sont accessibles pendant la marche de l'alternateur.

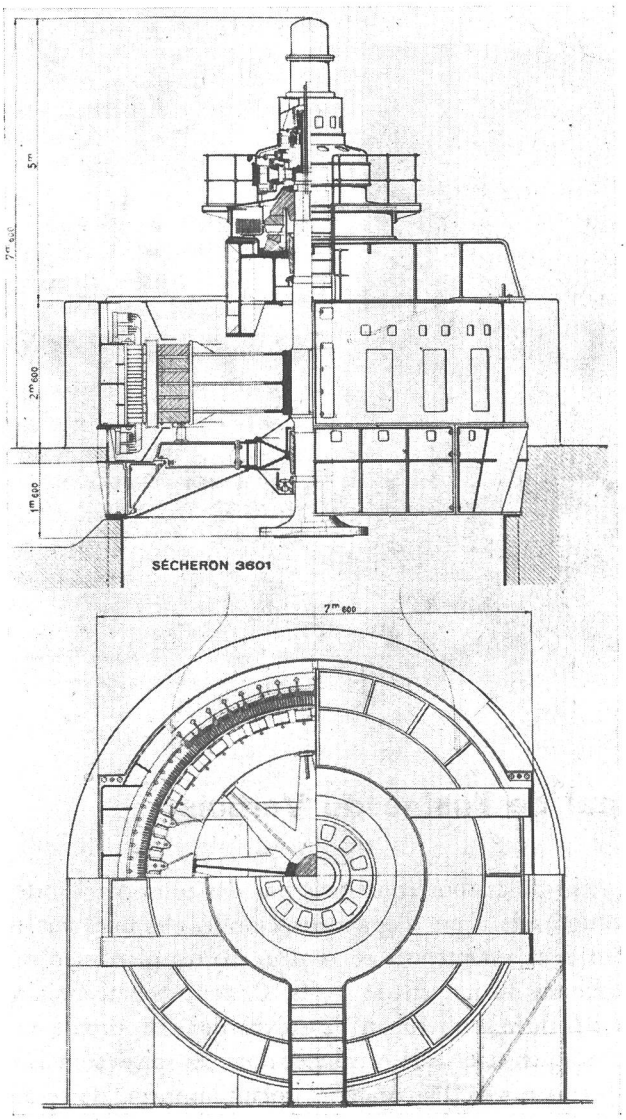

Fig. 2 Coupe de l'alternateur.

Stator

Le stator est subdivisé en deux parties suivant un plan passant par l'axe de l'alternateur.

La carcasse est construite en tôle d'acier doux et fers profilés soudés électriquement. Elle est constituée, en principe, par un fort cercle de base dont le rebord intérieur sert en même temps d'appui pour le fer actif du stator et par d'autres cercles principaux moins forts, tenus à distance par un système de nervures verticales. Entre ces cercles principaux sont placés, parallèlement à eux, des cercles secondaires de moindre hauteur. L'enveloppe de la carcasse est formée par une tôle de 20 mm d'épaisseur dans laquelle sont pratiquées de grandes ouvertures de ventilation. Les parties de la carcasse destinées à transmettre, sur l'anneau de base (cuvelage), la charge totale due au poids de la partie tournante du groupe, au poids de la poutre portant le pivot et les excitatrices, au poids d'une partie du stator et à la pression hydraulique, sont très fortement renforcées. Ces parties diamétralement opposées, prennent la forme de deux piliers dépassant en hauteur le reste de la carcasse et se terminant par de robustes plaques sur lesquelles reposent les pattes de la poutre supérieure.

La partie active du stator est composée de segments en tôles magnétiques à faible chiffre de pertes, de 0,5 mm d'épaisseur, isolées au papier sur l'une de leurs faces. Les tôles sont empilées à recouvrement total; entre chaque paquet, un canal de ventilation, obtenu par interposition de robustes intercalaires soudés électriquement, permet une circulation radiale énergique de l'air de ventilation.

Enroulement du stator

L'enroulement est constitué par des bobines logées dans des encoches ouvertes. Ces bobines sont concentriques par groupe plural. Toutes les bobines d'une phase sont connectées en série.

La tension exceptionnellement élevée de 18 000 volts a obligé le constructeur à étudier d'une manière très approfondie la question de l'isolation des conducteurs, des bobines et des têtes de bobines. Des solutions nouvelles ont été imaginées pour résoudre avec succès les difficultés que présentait ce problème.

Une attention particulière a été vouée au problème de la protection mécanique des enroulements contre les effets des courts-circuits. Les têtes de chaque groupe de bobines concentriques sont fixées à un support tubulaire métallique solidaire de la carcasse, et cela au moyen de plaques en bakélite et de solides bandages; les parties rectilignes des bobines sont solidarisées entre elles dès leur sortie de l'encoche au moyen de pièces en bakélite et de bandages, de façon à former une sorte de chaîne.

Croisillon inférieur

Le croisillon inférieur, comme la carcasse, est en acier doux soudé électriquement. Il se compose de deux poutres principales parallèles, au profil en I, reliées au centre par des plaques de tôles horizontales et verticales formant un robuste cadre avec trou central assez grand pour laisser passage à la bride d'accouplement de l'arbre.

Deux poutres transversales de même profil sont fixées, au moyen de plaques d'assise et de vis, contre les flancs des poutres principales. Les six extrémités de ces poutres formant bras, s'appuient sur l'anneau de fondation (cuvelage) par l'intermédiaire de pièces en forme d'équerre. Ces dernières étant enlevées, on peut descendre la roue de la turbine à travers l'anneau de fondation. Les poutres principales sont dimensionnées de telle façon qu'elles peuvent supporter le poids

de toute la partie tournante du groupe (roue polaire de l'alternateur et roue de la turbine) lorsque les 4 vérins doubles, montés chacun sur un des bras, sont en action.

Actionnés par une pompe à main, ces vérins hydrauliques sont capables de soulever la partie tournante du groupe et ce, d'une hauteur suffisante pour permettre le contrôle des segments du pivot; leur patin freinant la jante de la roue polaire, ils permettent de provoquer, en 5 minutes environ, l'arrêt complet de la partie tournante du groupe lancée à sa vitesse normale.

Palier supérieur

Egalement en construction soudée, cet organe comporte essentiellement deux poutres — longerons parallèles de section en forme de I, dont la hauteur va en diminuant vers les extrémités. Au centre, les deux poutres sont reliées entre elles par un système de plaques et d'entretoises formant un solide caisson qui sert de support au pivot fourni par le turbinier. Les quatre extrémités de ces poutres munies de plaques d'assise, reposent sur les piliers de la carcasse. Poutre et piliers sont assemblés au moyen de vis et repérés par des prisonniers.

Paliers de guidage et graissage de ceux- ci

Les coussinets sont en fonte de première qualité, garnie de métal antifriction; la surface de contact est sillonnée de rainures assurant un graissage parfait et un refroidissement efficace par circulation abondante d'huile à travers les paliers.

Le coussinet inférieur est monté dans un corps de palier en deux pièces fixé et centré dans le corps central du croisillon, tandis que le coussinet supérieur est placé directement dans la plaque de base du pivot.

La circulation de l'huile est assurée par une pompe à engrenage entraînée directement par l'arbre de l'alternateur au moyen d'un harnais d'engrenages. Cette pompe est noyée dans le réservoir auxiliaire d'huile placé sous le palier inférieur; à l'entrée dans la pompe, l'huile traverse un filtre métallique. La pompe refoule l'huile dans un réservoir principal placé au-dessus de l'excitatrice auxiliaire. Ce réservoir d'huile supérieur a un écoulement de trop plein; toutes dispositions sont prises pour que, pendant les périodes de démarrage et d'arrêt du groupe, la réserve d'huile soit suffisante.

Ventilation

L'intérieur de l'alternateur est complètement séparé de la salle des machines; toutefois, un certain nombre de protections amovibles permettent un accès aisé à l'intérieur de la machine.

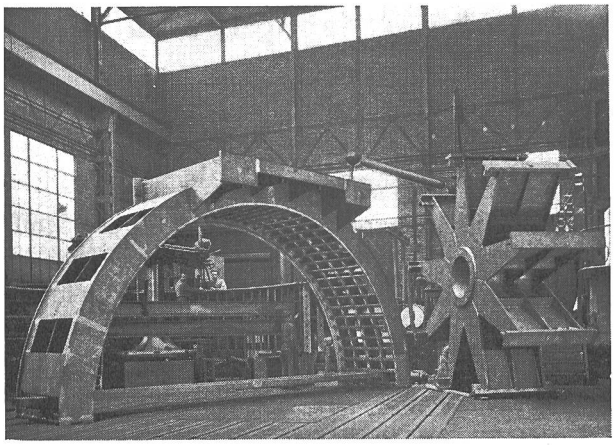

Fig. 3 Roue polaire et segment de stator dans le hall de montage des Ateliers de Sécheron.

La partie inférieure de l'alternateur est aussi complètement séparée de la fosse de la turbine par une cloison en plusieurs parties.

L'air de refroidissement arrive sous l'alternateur à travers un canal ménagé dans le sous-sol de la salle des machines; ce canal s'élargit afin d'envelopper le quart environ de l'anneau de fondation entre les nervures duquel passe l'air. L'air pénètre ensuite dans une chambre de répartition d'où il est aspiré et chassé dans la partie active de l'alternateur, la roue polaire jouant le rôle de ventilateur.

L'air arrivant aux têtes des bobines du stator est conduit par des chicanes de façon à balayer la plus grande surface des têtes de bobines, assurant ainsi un refroidissement très énergique de l'enroulement. L'air chaud s'échappe à la périphérie du stator; il est rassemblé dans un canal d'évacuation formé par un manteau entourant le stator de l'alternateur. Ce canal d'évacuation doit être relié à celui conduisant l'air chaud au dehors de la salle des machines.

Appareillage de contrôle

Des éléments de mesure à distance de la température seront répartis à 6 endroits; chacun sera logé dans une encoche du stator, entre l'isolation de d'encoche et l'enroulement.

Chaque coussinet de guidage est équipé d'un thermomètre à distance avec contact d'alarme.

Chacun des réservoirs d'huile possède un indicateur de niveau; le contrôle de la circulation de l'huile se fera au moyen d'un indicateur de circulation.

Auch die neue Schleuse in Nidau an der Aare von 52 m Länge und 12 m Breite kann höchstens Schiffe von 600 t Ladefähigkeit aufnehmen. Der ganze Flusslauf der oberen Aare ist eher der Kahngrösse von 600 t angepasst, und es ist niemals zu erwarten, dass einmal Schiffe von 1000 bis 1200 t die Aare von Brugg nach Biel befahren werden. Wegen der zukünftigen Rhone-Schiffahrt sind auf der Aare Kähne von über 600 t nicht vorzusehen. Auch die belgische Binnenschiffahrt arbeitet mit kleineren Schiffen, zieht aber das Motorboot vor.

So ergab die letzte Binnenschiffahrts-Zählung in Belgien, dass in den Jahren 1931 bis 1938 folgende Veränderung stattfand (laut Rheinquellen, Basel, Sept. 1939, Heft 9, S. 154):

	Schlepp-Schiffe	Kähne Tonnage t	Schiffe mit mech. Antrieb Stück	Schiffe mit mech. Antrieb Tonnage t	Ungefähre Prozente der Selbstfahrerboote Stück	Ungefähre Prozente der Selbstfahrerboote Tonnage
1931	5633	2 045 725	1368	322 233	24 %	16 %
1938	4774	1 872 980	2138	563 892	45 %	33 %

In Deutschland ist das Verhältnis insofern verschieden, als die neuern Wasserstrassen mit Einheits-Kahntyp, wie der Rhein-Hernekanal, bloss 2,9 % Motorschiffe aufweisen, wogegen bei Weser, Elbe, märkische Wasserstrassen das Verhältnis gleich ist 26,3 %, 20,9 % und 14,4 %. (Aus Wasser- und Energiewirtschaft, Zürich, Nr. 10, Oktober 1939, Seite 109 und Motor- und Schleppschiffahrt, Dr. Klepzig, Breidenstein-Verlag, Frankfurt a. M.)

5. *Gütermenge und Kosten des Schiffparkes*

Wir nehmen die zu transportierende Gütermenge per Jahr zu 6 Millionen Tonnen an, max. 7 Millionen Tonnen.

Bodensee	1 800 000 t	(auf Schweizerkähnen
Aare-Genfersee	1 200 000 t	max. 900 000 t)
Reuss-Zürich-Luzern-Flüelen-Transit	3 000 000 t	
Zusammen	6 000 000 t	(auf Schweizerkähnen 5 100 000 t)

Anfänglich würde die Gesamtfrachtmenge zum Bodensee wahrscheinlich meist von deutschen Schiffen transportiert, aber mit der Zeit doch bis zirka zur Hälfte von Schweizerbooten. Dies bedeutet dann eine für die Schweiz zu bewältigende Jahrestonnage von 5,1 Mio Tonnen, die wir mit zirka 550 Kähnen bei 15 km stündlicher Fahrstrecke, bei 12stündiger täglicher Fahrzeit und bei 300 Betriebstagen im Jahre bewältigen könnten, eingerechnet für jede Fahrt etwa 4 bis 5 Tage für Laden, Liegen, Löschen. Ferner gilt dabei als Voraussetzung 350 Tonnen mittlere Beladung per Kahn bei Tal- und Bergfahrt und 700 bis 800 km mittlere Transportdistanz (Ruhrgebiet–Rotterdam).

Die Anschaffung der Schiffe erfolgt, entsprechend der Eröffnung neuer Wasserstrassen, nach und nach. Total wäre eine Kapitalaufwendung von 110 bis 125 Mio Fr. nötig zur Beschaffung eines geeigneten Schiffsparks von Selbstfahrern von 600 bis 800 t Ladefähigkeit. Etwa 100 Schiffe müssten wir dabei als Reserve vorsehen, die in der angegebenen Zahl inbegriffen ist. Rechnen wir den in Basel vorhandenen Schiffspark hinzu im Werte von ca. 27 Mio Fr., so kann die gesamte Kahnzahl auf ca. 450 reduziert werden und damit der Neuaufwand an Kapital für unseren Schiffspark auf 90 bis 100 Mio Fr. festgesetzt werden. Dies also bei 200 000 Fr. Kosten per Schiff.

In den letzten Jahren sind in Basel acht Motorselbstfahrer gebaut worden mit Tragfähigkeiten von 440 bis 865 t per Schiff, also mit einer für unsere Verhältnisse passenden Ladefähigkeit. Für die Hochrhein-Schiffahrt wären 100 Motorboote nötig = 20 000 000 Fr. Wollten wir Kähne von über 1000 t zugestehen, dann würden die Mehrkosten für Schleusen und Kanalisierung unserer Wasserstrassen bei Innehaltung der vorgeschriebenen Normen mehr betragen als die Kosten des gesamten Schiffsparkes für 600- bis 800-t-Boote.

Der schweizerische Einheits-Kahntyp, das Selbstfahrer-Güterboot, muss 600 bis 800 Tonnen Ladefähigkeit haben.

6. *Betriebskosten-Vergleich*

Die Berechtigung dieser Forderung ergibt sich auch aus einem Vergleich der Betriebskosten der beiden Transportarten:

Die Untersuchungen des deutschen Schiffahrts-Sachverständigen Dr. R. Klepzig (Motor- und Schleppschiffahrt im rheinischen Massengüterverkehr, Breidenstein-Verlagsgesellschaft, Frankfurt a.M. 1939), die auf exakten Betriebskostenrechnungen beider Fahrtypen, Motor- und Schleppschiffahrt, beruhen, kommen für bestimmte Verkehrsbeziehungen auf dem Rhein und bestimmtes Transportgut zum Schluss, dass die Motorschiffahrt nach Aufwand und Leistung vorteilhafter ist als die Schleppschiffahrt, und zwar um so mehr, je weiter man die *oberen Rheinstrecken* in Berücksichtigung zieht.

Es kommt nach diesen Untersuchungen die Verschiffung mit Motorschiffen billiger zu stehen als die Schleppschiffahrt und zwar:

Von Duisburg bis Mannheim um 17 %,
von Duisburg bis Kehl um 20 %,
von Duisburg bis Basel um 36 %.

Daraus lässt sich der Schluss ziehen, dass die Verbilligung mit der Verwendung des Selbstfahrer-Güterbootes in den Hochrheinstrecken und in der Folge

noch mehr in den schweizerischen Binnengewässern wegen des grösseren Gefälles oder der virtuellen Länge von 2,5 bis 3 km pro Schleuse noch grösser ist und sicherlich 50 % erreicht.

Nach Dr. R. Klepzig ist das Motorschiff im Massengüterverkehr in der Regelmässigkeit, Billigkeit und Schnelligkeit dem Schleppverkehr stark überlegen. Wenn Dr. Klepzig trotz der zahlenmässig nachgewiesenen Vorzüge der Selbstfahrer nicht den logischen Schluss zieht, dass die Motorschiffahrt in der Zukunft die Schleppschiffahrt ersetzen werde, so geschieht dies offenbar mit Rücksicht auf den vorhandenen Schiffspark und die Verwendung von Steinkohlen bei Mangel an Rohöl. Wir besitzen weder das eine noch das andere.

Nach seinen Statistiken zeigt sich die Ueberlegenheit der Motorschiffahrt in vielfacher Hinsicht. So zum Beispiel vergleicht er die Reisedauer des Motorbootes mit jener des Schleppschiffes, unter Abzug selbstverständlich der nötigen Zeit für Laden, Liegen und Löschen, und kommt dabei zu folgendem Bild (Klepzig, Seite 44):

Reise von Ruhrort nach	Reine Fahrzeit in Tagen für Motorschiff	Reine Fahrzeit in Tagen für Schleppschiff
Mannheim	5	10
Maxau	6	13
Kehl	7	14
Basel	8	20

Die Fahrzeit des Motorschiffes ist also im geringen Gefälle *halb* so gross wie jene des Schleppschiffs. In grösserem Gefälle, also auf der Strecke des Oberrheins bis Basel, ist die Ueberlegenheit des Motorbootes noch grösser, es braucht weniger als die Hälfte der Zeit des Schleppschiffes. Wenn man nur die Strecke Kehl–Basel mit ihrem grösseren Gefälle (siehe Anlagetafel) in Berücksichtigung zieht, ist die Ueberlegenheit noch viel grösser. Das rührt einmal her von der höheren Fahrgeschwindigkeit der Motorschiffe, trotz grösserem Gefälle, und sodann daher, dass ein Motorschiff ohne Aufenthalte seine Reise abwickeln kann, natürlich abgesehen von der gesetzlichen Nachtruhe. Die Schleppkähne sind auf Schlepper und Bugsierdienste angewiesen, das Umstellen der Schleppzüge braucht Zeit.

7. *Laderaum-Ueberlegenheit der Motorschiffe*

Sehr lehrreich ist auch eine Gegenüberstellung der Tonnagen, die nötig sind, um eine bestimmte Frachtmenge per Jahr zu befördern. So gibt Klepzig in seinem Buche Seite 54 an, dass, um per Jahr eine Frachtmenge von 141 000 Tonnen von Ruhrort nach Mannheim zu transportieren, folgende Aufwände an Schiffstonnage benötigt werden, unter Berücksichtigung der Fahrgeschwindigkeit:

Schleppschiffahrt: 1 Schlepper mit 1300 PS angenommen, 9 Kähne mit je 1350 Tonnen Laderaum.

Motorschiffahrt: 8 Motorschiffe mit je 900 Tonnen Ladefähigkeit und je 450 PS Motorenleistung.

Der Schleppdienst beansprucht also neunmal 1350 oder *12 150 Tonnen*, der Motorschiffdienst aber nur achtmal 900 oder 7200 *Tonnen* Laderaum. Also braucht die Schleppschiffahrt auf der Rheinstrecke 69 % mehr Laderaum als die Motorschiffahrt, um die gleiche Transportmenge von 141 000 Tonnen per Jahr zu bewältigen.

Man kann auch sagen, dass die Ausnützung einer Tonne Laderaum im Schiff bei Schleppkähnen 11,5 Tonnen transportierter Güter im Jahr ausmacht, und beim Motorschiff 19,5 Tonnen. Das Verhältnis dieser Zahlen würde sich im grösseren Gefälle der Schweizer Flüsse noch ganz bedeutend zu Ungunsten der Schleppschiffahrt ändern. Die grössere Geschwindigkeit des Motorbootes ist Ursache dieses Tatbestandes, und es ist leicht verständlich, weil auf eine bestimmte Zahl Ladetonnen die Motorenstärke des Motorschiffs fast die dreifache jener des Schleppzuges ausmacht. Dann kommt hinzu, dass ein einzelnes Schiff eher schnell fahren kann als ein Schleppzug mit mehreren Kähnen, der oft eine Länge von über 1000 Meter aufweist. Der grosse Zeitverlust, der beim Zusammenstellen so grosser Schleppzüge entsteht, fällt beim Motorschiffbetrieb weg. Auch die Verbesserung im Bau der Schrauben mit Verstellpropellern, welche Bremsen der Fahrt und sogar Rückwärtsfahren bei immer gleichlaufendem Motor gestattet, ist Ursache einer wesentlich grössern Manövrierfähigkeit des Motorbootes. Das wirkt sich alles auf das Zustandekommen einer kleinern Reisezeit aus, und somit auch auf bessere Totalausnützung des Laderaumes. Oberflächlich betrachtet überschätzt man die Aufwände der Motorschiffahrt leicht, zeigt sich doch auf Grund der vorhandenen Statistiken, dass auch die Ausgaben für Personal bei der Schlepperei grösser sind als bei der Motorfahrt. Der Dieselmotor braucht fast keine Wartung, während die Dampfmaschine des Schleppers ständiger Wartung bedarf für Heizung, Unterhalt, Steuerung der Maschine usw. Beim Motorschiff kann man sich den Steuermann, mehrere Heizer und Maschinisten und die Rudergänger der Schlepper ersparen, man schafft mit reduziertem Personal, nämlich mit drei Mann statt mit 14, also mit $^1/_4$ bis $^1/_5$ desjenigen eines Schleppzuges.

Die Motorschiffahrt braucht weniger Anlagekapital und weniger Personal. Wir erwähnen hier einen Ausspruch von Dr. Klepzig (S. 64), den wir wörtlich wiedergeben, weil er sich eigentlich auf die zukünf-

tige schweizerische Flußschiffahrt bezieht, wenn auch nicht allein auf sie. Er lautet:

«Ferner ist auf einen Vorzug der Motorschiffe hinzuweisen, der von besonderer Bedeutung sein wird, sobald das Kanalsystem und die kanalisierten Flussläufe, die Anschluss an den Rheinstrom haben, erweitert sind. Auf den künstlichen Wasserstrassen ist nämlich, wie im Hafengebiet, die Manövrierfähigkeit von grosser Wichtigkeit für die Schnelligkeit und Zuverlässigkeit, dies gilt besonders für das Durchfahren der Schleusen. Das Motorschiff ist dem Schleppkahn insofern überlegen, als es zum Beispiel die Fahrgeschwindigkeit durch Umsteuern der Schiffschraube auf Rückwärtsgang abbremsen kann. Ausserdem sind für das Befahren der künstlichen Wasserstrassen die Geschwindigkeiten der Motorschiffe höher angesetzt als jene der Schleppzüge.»

Dr. Klepzig bezeichnet gerade die grossen Reisestrecken des Rheins als jene, auf denen die Ueberlegenheit der Motorschiffe am grössten ist, und die Reise in die Schweiz und speziell in die West- und Zentralschweiz zählt mit zu den Reisen grösster Streckenlänge und grössten Gefälles.

Der Bestand der deutschen *Motorschiff*-Flotte auf dem Rhein ergibt nach Stat. Jahrbuch 1935/37 folgende Zunahme:

1. Jan. 1934 = Anzahl 301, Kähne von 1000 t 54, 1000 PS 39
1. Jan. 1935 = Anzahl 404, Kähne von 1000 t 89, 1000 PS 66
1. Jan. 1936 = Anzahl 471, Kähne von 1000 t 113, 1000 PS 84

Man ersieht daraus, dass die Umlagerung des Schiffbestandes auf Fahrzeuge mit eigenem Antrieb sich fortsetzt, ferner, dass bereits Dieselmotoren von 1000 PS in die Schiffe eingebaut werden. Motorschiffe, die vorwiegend für die Baselfahrt bestimmt sind, erhalten stärkere Dieselanlagen, denn wie schon bemerkt, beansprucht das ansteigende Gefälle Kehl–Basel auch eine gesteigerte Schlepp- oder Motorantriebskraft.

8. *Einfluss der Strömungsänderung auf die Transportkosten*

Die Strömungsverhältnisse auf den einzelnen Stromabschnitten sind von sehr grossem Einfluss auf die Schlepp- und Antriebsleistung. Zum Beispiel schwankt die *Schleppleistung* nach Klepzig (a. a. O.) auf der Strecke Bingen bis Basel im Verhältnis 1 : 4,8, d. h. 1 PS hat von Bingen bis Mannheim das 4,8fache der Schleppleistung, die es auf der Strecke von Kehl bis Basel erzielt. Das *Motorselbstfahrerschiff* ist für diese Verhältnisse weniger empfindlich als die Schleppschiffe mit grossen Kähnen; diese Empfindlichkeit äussert sich für die Schleppschifffahrt um so mehr, je weiter wir von Kehl und Basel aufwärts in die grösseren Strömungen gelangen, aber erst recht bei unseren Binnengewässern. Diese Verhältnisse fallen derart in die Waagschale, dass laut unserer Frachtkostenaufstellung (siehe Abb. 1) bei gleicher Ausnützung der Ladefähigkeit von 80 %, per km/t die Spesen etwa doppelt so viel betragen bei der Schleppschifffahrt als bei der Motorschifffahrt, nämlich 9.30 Schweizer Franken bei dieser und 17.50 bei jener. Aus der Reisekosten-Zusammenstellung Ruhrort–Basel von Dr. Klepzig (Motor- und Schleppschifffahrt Seite 37) und einer in Abbildung 2 wiedergegebenen graphischen Darstellung (auf Seite 41 der genannten Veröffentlichung) der Frachten Mannheim–Basel ist ersichtlich, wie die Frachtspesen mit zunehmendem Wasserspiegelgefälle und daher zunehmender Fliessgeschwindigkeit des Wassers verschieden ansteigen. Und zwar steigen sie bei zunehmender Wasserspiegelneigung nach oben für die Motorschiffahrt von Kehl aufwärts bis Basel weit schwächer. Bei der Schleppschifffahrt dagegen

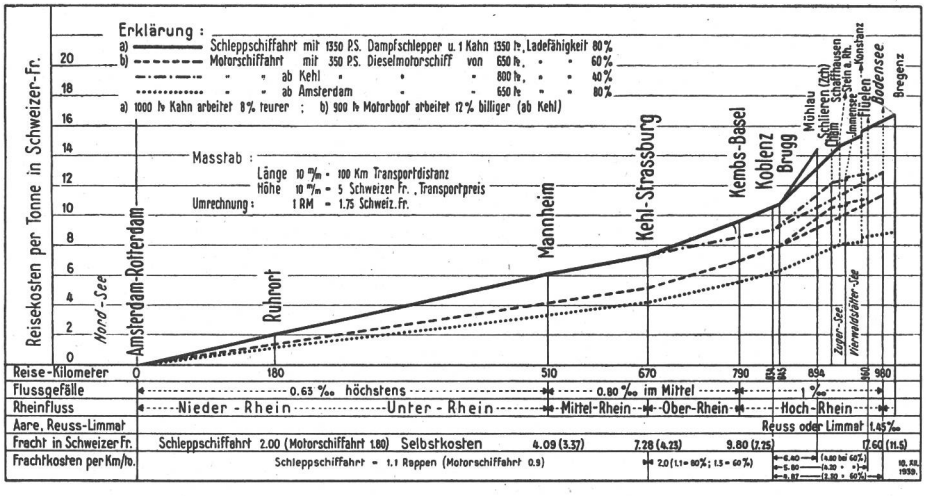

Abb. 1 Schweiz. Binnenschiffahrt. Reisekosten per Tonne Transportgut ohne Belastung mit Abgaben für die Wasserstrasse und ohne Gütervertverminderung bei 80 %iger Ausnützung der Ladefähigkeit (und 60 %iger nur für die Motorschiffahrt ab Kehl).

Abb. 2

machen sie bei Kehl einen Sprung in die Höhe, der zum Aufsehen mahnt. Der Anstieg der Frachten ist derart, dass die Reisekosten der Güter auf der 120 Kilometer langen Strecke Kehl–Basel mit 2.59 RM. je Tonne fast gleich hoch sind wie auf der vorher zurückgelegten über viermal so langen Strecke der 490 Kilometer Reise Ruhrort–Mannheim-Kehl mit 3.02 RM., also um das vierfache mehr per t/km. Dies gilt bei 80%iger Ausnützung der Ladefähigkeit. Bei 40%iger Ausnützung ist es noch schlimmer, es kosten nämlich die 120 km von Kehl bis Basel je Tonne 4.36 RM., gegenüber 5.61 RM. je Tonne auf der 490-Kilometer-Reise Ruhrort–Mannheim–Kehl. Das rührt von dem Einflusse der zunehmenden Wassergeschwindigkeit bei ansteigendem Gefälle auf das Führen zweier oder mehrerer Kähne der Schleppschiffahrt her — der eine Kahn beladen mit Transportgütern, der andere mit Dampfkesseln, Dampfmaschine, Kohlen, Wasser und sehr reichlichem Personal usw. Im Gegensatze dazu führt der Motorkahn seine Diesel-Treibmaschine am Heck in kleinem Raum selbst mit; er hat den Wasserstoss gegen den Kahn nur einmal zu überwinden, nicht ein zweites oder drittes Mal wie bei der Schlepperei, wobei der geschleppte Kahn noch den erzeugten Wasserschwall der Radwerke aufnimmt. Laut Berechnungen und der graphischen Zeichnung (Klepzig Seite 41) werden die Güterreisekosten einzig durch die Schleppkosten derart in die Höhe getrieben, während der Anteil der Laderaumkosten eine kaum merkbare Beeinflussung zeigt bei beiden Antriebsarten. Das äussert sich in den Frachtspesen so, dass der gesamte Frachtsatz beim Motorboot vom Flussgefälle fast gar nicht beeinflusst wird; es kostet nämlich bei 80%iger Laderaumausnützung Ruhrort–Mannheim–Kehl (490 km) je Tonne 2.42 RM., Kehl–Basel mit 120 km je Tonne 1.02 RM., bei 40%iger Ausnützung 3.95 RM. bzw. 1.22 RM., verläuft also fast proportional. Die Tatsache, dass die Motorschiff-Frachten beim Wechsel der 80%igen zu der 40%igen Ausnützung auf der 120-km-Reise je Tonne nur von 1.02 RM. auf 1.22 RM. wechselt, beweist, dass das Motorboot in seiner Fortbewegung anpassungsfähiger ist, sowohl an das Flussgefälle, als an die wechselnde Ausnützung des Laderaumes, und daher für unsere besonderen Verhältnisse der Binnengewässer geeigneter ist als die Schleppschiffe. Die Schleppschiffahrt hat zwar die romantischere Tradition, aber sie ist für unsere Verhältnisse viel zu teuer. Die Frachtspesen vergrössern sich stark bei geringem Ansteigen des Flussgefälls und sie verdoppeln sich, wenn wegen der damit zunehmenden Wassergeschwindigkeit die Ausnützung in der Beladung abnimmt und z. B. von 80% auf 40% erniedrigt werden muss (Klepzig Seite 37), was aber bei uns bei Teilauslad der Güter alltäglich vorkommt. Zwar lassen sich die grösseren Flussgefälle mit Schleusen überwinden, aber die Volkswirtschaft muss die Kosten immer tragen, sei es durch erhöhte Transport- oder grössere Anlage- und Wartekosten. Die Schleusen verringern wohl das Gefälle, dafür ist am Hochrhein die virtuelle Streckenlänge um 30% grösser als ohne Schleusen. Laut unserer graphischen Frachtkosen - Aufzeichnung kostet die Fracht bis in den Bodensee oder in die Seen der Zentralschweiz oder Ostschweiz mittelst Schlepperei fast das Doppelte der Motorschiffahrt. Wir werden nicht schleppen, weil wir damit nicht aufkommen, nicht durchkommen und nicht konkurrieren können. Deutschland hat eigene Kohlen, dagegen kein Rohöl, und mag daher die Schlepperei, mit vier Heizern per Schlepper, vorziehen, namentlich weil mit 120 km Kehl–Basel ja das Gebiet grösseren Gefälles sehr klein ist. Wir müssen Kohle und Rohöl kaufen, haben die grösseren Gefälle und müssen daher in freier Wahl das für uns Richtige, also die Motorschiffahrt wählen; wir können wohl auch mit der Zeit mit Holzgasmotor fahren statt mit Rohöl.

Uebrigens verkehren seit 1936 im Basler Rheinhafen mehr Motorboote als Schleppkähne, bloss haben letztere zwei- bis dreimal so viel Tonnengehalt als diese. Abgesehen von den Kanalkähnen verkehrten: Bergfahrten:

	Güterboote Stück	Rheinkähne Stück	Güterboote Tonnen	Rheinkähne Tonnen
1935	640	916	143 616	602 546
1936	1306	1242	314 713	905 645
1937	1754	1747	477 109	1 254 047
1938	2107	1365	610 849	999 494

(Wasser- und Energiewirtschaft, Zürich, Nr. 11/12, 1939, S. 123.)

Die fortschreitende Umlagerung der Tonnage vom Schleppkahn auf das Motorboot springt in die Augen. Es kann dies gar nicht anders sein, nachdem laut Seite 15 nach Dr. Klepzig = 1 PS des Schleppers Bingen–Mannheim die 4,8fache Leistung derjenigen auf der Strecke Kehl–Basel hat. Diese Zahlen lassen

sich übrigens überprüfen: Die Schweizerische Reederei A.G., Basel, hat mit einem Dieselmotorschlepper von 2400 PS zwischen Rotterdam und Ruhrort in normaler Fahrt schon 10 200 t durchbefördert. Dazu wird gesagt: Zwischen Strassburg und Basel ist dieser Schlepper imstande, bei normalen Fahrverhältnissen etwa 2500 Tonnen zu befördern. Verhältnis also (mit Vorbehalten) 1 : 4 rund angegeben, was mit obigen Zahlen als übereinstimmend angesehen werden darf, obschon von Dr. F. J. Schroiff (Der Rhein, Duisburg, Nr. 8/9, Aug., Sept. 1939) an den Angaben Klepzigs im Interesse der Schlepperei herumgedeutelt wird: Es sei die Lade- und Löschzeit zu kurz bemessen; er vergisst aber dabei, dass das Motorboot hiezu weit weniger Zeit beansprucht, namentlich wenn man die Kohlen wagonweise mit Krahnen aushebt. (Inzwischen ist die von Klepzig gerechnete kürzere Liegezeit gesetzlich sanktioniert worden). Heute ist leider die Rheinschiffahrt gesperrt, und man sieht, wie wichtig für uns auch der Anschluss nach den Mittelmeerhäfen Italiens und Frankreichs ist.

9. *Unsere Binnenschiffahrt im internationalen Verkehr*

Unsere schweizerische Binnenschiffahrt soll nicht nur der eigenen Landesversorgung dienen, sie soll auch einen rationellen Durchgangsverkehr durch den Zusammenschluss der an unsere Grenzen anstossenden Wasserwege der Nachbarländer ermöglichen. Die 1000 km des Kanalnetzes im Süden müssen durch unsere zukünftigen Wasserwege mit der Rheinwasserstrasse von 1000 km Länge im Norden verbunden werden, derart, dass die Kähne durchgeführt werden können, die an der Grenze ankommen. Das ist im Süden der 600-t- bis max. 800-t-Kahn mit 80% Beladung, der auch gleich gut im Norden den Verkehr bewältigen kann. Es gelangen mit der Verbesserung der Fahrrinne durch die Rheinkorrektion immer mehr Kähne mit eigenem Motor und mit stets zunehmender Tragfähigkeit nach Basel, so im Jahre 1938 bereits 2107 Motorgüterboote von bis 1000 t Tragfähigkeit, die von Strassburg aus wegen der ungenügenden Fahrwassertiefe mit einer Ausnützung von nur 60 % der Ladefähigkeit verkehren, also mit 600 Tonnen.

Die natürliche Entwicklung verlangt, dass wir den Verhältnissen, wie sie sich an unseren Grenzen vorfinden, Rechnung tragen, indem wir ebenfalls die Kahngrösse von 600 bis 800 t wählen, und da die Motorschifferei bloss die Hälfte der Gütertransportkosten gegenüber der Schleppschiffahrt verursacht, dabei die Schleusen und Kanäle viel einfacher und billiger zu bauen sind, so verlangt es die natürliche Entwicklung, dass wir das Motorgüterboot mit eigenem Antrieb als Schweizer Einheits-Kahntyp wählen. Mit dem Motorgüterboot von 600 bis 800 t Ladefähigkeit wird auch die Erschliessung unserer Binnenwasserstrassen auf unseren grösseren Flüssen mit ihren schwierigen Verhältnissen ermöglicht: Einerseits die Verbindung Rhein–Aare–Genfersee–Rhone, anderseits die Verbindung nach Flüelen mit Anschluss der Limmat, und über den bloss noch 100 km langen Schienenweg des Gotthard nach Bellinzona. Eine andere Wahl von Kahngrösse und Antrieb wäre für uns ein Rückschritt in der technischen Entwicklung.

10. *Elektrischer Antrieb der Schweizer Binnenschiffahrt*

Unser Land befindet sich mit seinen Wasserstrassen in einem besonderen Falle. Wir können nur auf den durch die Wasserwerke vorher durch Wehreinbauten kanalisierten Flüssen die Schiffahrt betreiben, mit Ueberwindung von Schleusen neben jedem Stauwehr mit Kraftwerk. Wohl gibt es künstliche Schiffahrtskanäle, die grössere Höhenüberwindungen mit mehr Schleusen aufzuwenden haben, so z. B. der Rhein–Main–Donaukanal, der von Aschaffenburg bis zur Scheitelhaltung 296,5 m Höhe mit 40 Schleusen überwindet, während der Abstieg bis Regensburg und zur alten Landesgrenze bei 125 m Höhenunterschied 13 Schleusen erfordert. Aber die Verhältnisse liegen insofern ganz anders, als neben den Schleusen sich nicht Kraftwerke vorfinden wie bei uns, sondern sogar in die Scheitelhaltung das Schleusenbetriebswasser bei obigem Kanal vom Lechflusse her zugeleitet werden muss.

Wir treiben unsere Schiffe elektrisch an. Während die Schiffe an den Schleusenhalten stehen, können die Batterien geladen werden, sofern die Aufhängung von Trolleybusdrähten an den Ufern des Rheins die Nachbarschiffahrt stören sollte. Von Basel abwärts wird der in Reserve stehende Dieselmotor in Gang gesetzt, oder später ein Holzgasmotor oder was die Technik Neues bringt. Das Deutsche Reich macht auch mit Karbidgas Versuche. An diesem Vorhaben des elektrischen Antriebes kann man uns nicht hindern, und im Notfalle haben in grösseren Schleusen, als wir sie nötig haben, unsere kleineren Selbstfahrer auch Platz. Ein Nachteil wäre nur der, dass die grossen Schleusen bei der raschen Füllung Störungen im Wasserwerksbetrieb bei niederen Wasserständen verursachen, worüber man sich verständigen muss.

11. *Schlussbetrachtungen*

Die in Deutschland bisher offenbar zu wenig beachteten Vorteile der Motorschiffahrt eröffnen Perspektiven, die uns die Schiffahrt überhaupt erst als wünschenswert erscheinen lassen. Schon auf dem Hochrhein ist die Schleppschiffahrt weit ungeeigne-

ter als unterhalb Basels. Die auf der Oberrheinstrecke Kehl–Basel stark erhöhten Transportkosten der Güter hat in der Hauptsache die Schweiz getragen. Darum wurde weniger beachtet, dass die Frachtspesen bis Konstanz–Bregenz bei Anwendung der Motorschiffahrt die Hälfte derjenigen der Schleppschiffahrt betragen werden. Die Erstellung der Schleusenanlagen und Kanäle ist einfacher und billiger, eine Einigung sollte daher leicht gefunden werden.

Der heutige Stand der Schiffbautechnik führt uns zu folgenden Schlüssen:

1. Aus wirtschaftlichen und technischen Gründen können wir unsere Binnenschiffahrt nicht für grössere Kähne als 600 bis 800 t Ladefähigkeit einrichten. Bei dieser Ladefähigkeit lässt sich der zu erwartende Gütertransport Holland–Bodensee–Bregenz usw. leicht mit der Motorschiffahrt bewältigen, der nötigenfalls auch Anhängekähne mitgegeben werden können.

2. Mit dem selbstfahrenden Güterboot lassen sich der Laderaum wie auch die Transportkosten der Güter bis zum Bodensee und ins Landesinnere infolge der grösseren Reisegeschwindigkeit, die das doppelte der Schlepperei beträgt, auf die Hälfte ermässigen.

3. Wir wählen daher das Selbstfahrergüterboot von 600 bis 800 t Ladefähigkeit als *Schweizer Einheitstyp*.

Wasserreinigung durch Ozon — Ein Anwendungsgebiet für elektrische Energie

Ing. *A. Lüchinger*, Rüschlikon

Allgemeines

Die Anwendung von Ozon als bakterientötendem Mittel in der Wasserreinigung ist schon lange bekannt. Ozon (O_3) ist dreiatomiger Sauerstoff, der durch elektrische Glimmentladung in trockener Luft erzeugt werden kann. Im Wasser löst sich Ozon 15 Mal leichter als Sauerstoff und wirkt durch Abspaltung eines Atoms Sauerstoff auf anorganische und organische Stoffe oxydierend, womit die Vernichtung der allermeisten Bakterien erreicht wird. Durch die bei Behandlung mit Ozon auftretende Vermehrung des Wassersauerstoffs wird zudem eine Verbesserung des Wassers erreicht. Nach Ansicht vieler Fachleute übertrifft das Ozonisierungsverfahren die meisten im Grossbetrieb angewendeten andern Wasserreinigungsmethoden.

Trotz diesen günstigen Bedingungen hat das Ozonisierungsverfahren relativ wenig Anwendungen in der Praxis gefunden. Es sind Anlagen in Deutschland, Frankreich und Russland erstellt; neuerdings wird dieses Verfahren auch in den Vereinigten Staaten Amerikas eingeführt. Im folgenden sollen die interessanten Detailangaben einer dieser neuen Ozonisierungsanlagen in den U. S. A. mitgeteilt werden. (Engineering News Record 1. Febr. und 11. April 1940.)

Ozonanlage in Amerika

Denver Pa, eine Ortschaft von 2100 Einwohnern, besitzt eine eigene Quellwasserversorgung. Zunehmender Wasserverbrauch in der Gemeinde erforderte im Jahre 1938 eine Ergänzung der Wasserzufuhr durch eine Flussanlage mit Sandfilter und Chlorung. Diese Ergänzungsanlage wurde für eine Kapazität von 1100 m³ pro Tag (750 Minutenliter) ausgebaut.

In der Trockenperiode des Jahres 1939 machte sich im chlorisierten Wasser ein unangenehmer Geschmack bemerkbar. Dieser Vorfall sowie der Umstand, dass die Gemeinde jahrelang an reines Quellwasser gewöhnt war, bewog die Behörde, nach einem Wasserreinigungsverfahren ohne Benützung von Chemikalien zu suchen. Es wurde endgültig beschlossen, Apparate für eine Ozonisierung des filtrierten Wassers zu installieren, in der Absicht, damit ein Wasser zu erhalten, *das den guten Eigenschaften des Quellwassers am nächsten kommt.*

Die Ozonanlage besteht aus folgenden drei Hauptteilen: Luftvorbehandlung, Ozongenerator und Verteilapparat. Die vorbehandelte Luft wird unter Druck zwischen zwei durch isolierende Schichten getrennte Elektroden geleitet. Durch elektrische Entladungen wird das zweiatomige Sauerstoffmolekül (O_2) in das dreiatomige Ozonmolekül (O_3) übergeführt.

Lufttrocknung

Die im Ozongenerator verwendete Luft wird vorerst komprimiert und wassergekühlt. Durch Abkühlung und nachfolgende teilweise Expansion können ca. 80 Prozent der Feuchtigkeit der freien Luft entfernt werden. Die restliche Feuchtigkeit wird durch die Verwendung von chemischen Trocknern beseitigt. Von hier gelangt die trockene Luft in den Ozongenerator.

Ozongenerator

Der Generator ist als geschweisster, druckfester Stahlzylinder gebaut. Er enthält den Transformer und die aus Aluminium- und Glasplatten gebildeten Elektroden. Kühlung erfolgt durch künst-