

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 81 (1963)
Heft: 20: SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: 68.
Generalversammlung 17. bis 19. Mai 1963 Genf

Artikel: Die Sanierung der Abwässerhältnisse und der Kehrriechtabfuhr in der
Region von Genf
Autor: Ostertag, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-66789>

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: 02.04.2026

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

binenmarkt befindet sich trotz der grossen Nachfrage nach Energie in der ganzen Welt nicht mehr in Ausdehnung, da die wirtschaftlich ausnutzbaren Wasserfälle nicht unbegrenzt sind (der Fall der Schweiz ist in diesem Hinblick charakteristisch). Immerhin neigen wir zur Ansicht, dass die Öffentlichkeit diese Frage mit einem übertriebenen oder wenigstens etwas vorgreifenden Pessimismus beurteilt. Das veranlasst uns, den Gedanken einer Umwandlung der hydraulischen Abteilung zu erwägen. Wir glauben jedoch, dass wir uns Zeit lassen können, diese Umwandlung mit Sorgfalt zu studieren, um unsere Werkstattausrüstung sowie unsere Laboratorien, besonders aber die Leistungsfähigkeit unserer technischen und wissenschaftlichen Mitarbeiter aufs beste auszuwerten. Dagegen würden wir uns glücklich schätzen, wenn wir auf internationaler Basis im Bau von Vorrichtungen zum Auswechseln radioaktiver Brennstoffelemente und Pumpen für radioaktive Flüssigkeiten wirklich Fuss fassen könnten.

Unsere Abteilung «Elektrische Metallbearbeitung», bei der es sich um eine neue Technik handelt, ist mitten in der Entwicklung begriffen, und wir glauben, hierauf Hoffnungen begründen zu können, da wir grosse Anwendungsmöglichkeiten voraussehen und vor keinem finanziellen Opfer zurückschrecken.

Sowohl für die Brenner als auch für die Verbrennungsmotoren der Motosacoche entwickeln sich unsere Geschäfte in erfreulicher Weise, dank dem Ansporn der Bautätigkeit und der Mechanisierung der Landwirtschaft. Unsere Anstrengungen gehen darauf hinaus, neue Modelle zu schaffen, um den technischen Stand weiter zu heben und durch die fortschreitende Rationalisierung der Fabrikation die stetige Senkung der Gewinnmarge auszugleichen.

Die Entwicklung unserer französischen Fabrik übersteigt bei weitem die Verhältnisse in der Schweiz. Der Grund hierfür dürfte in den grösseren Absatzmöglichkeiten in Frankreich liegen. Ausserdem glauben wir, in dieser Fabrik eine ausgezeichnete Vorbereitung zu haben, um gegen irgendwelche wirtschaftliche Eventualitäten in den kommenden Jahren, die aus der Entwicklung des Gemeinsamen Marktes entstehen könnten, gewappnet zu sein.

Ganz allgemein liegen unsere augenblicklichen Haupt-

sorgen im Personalmangel und den inflationistischen Tendenzen unserer Wirtschaft. Die Vollbeschäftigung ist bereits so lange und in so ununterbrochener Weise in Ueberbeschäftigung ausgeartet, dass sie grosse Gefahren in sich birgt. Aus volkswirtschaftlichen Gründen, vor allem aber, um unsere gefährliche wirtschaftliche Abhängigkeit vom Ausland nicht zu erhöhen, müssen wir ein weiteres Ansteigen der Zahl der ausländischen Arbeitskräfte verhindern. Unglücklicherweise bleibt die schweizerische Anwerbung für alle Berufe weiterhin unzureichend, und wir wissen nicht mehr, wo unser Personal untergebracht werden soll. Unter diesen Bedingungen muss man nicht über die Inflation der Gehälter und der Preise staunen. Man braucht kein grosser Gelehrter zu sein, um die Gefahr, die auf uns lauert, vorausszusehen: das Verschwinden der Konkurrenzfähigkeit der schweizerischen Industrie auf dem Weltmarkt, d. h. das Verschwinden dessen, was ihren ausserordentlichen Wohlstand seit Kriegsende ausgemacht hat.

Wir haben ohne Zögern in die Verpflichtungen, die durch den Arbeitgeberverband Schweizerischer Maschinenindustrieller letzten Winter vorgeschlagen wurden, eingewilligt. In der Tat hatten wir uns in diesem Sinne schon Ende 1960 entschlossen, unsere Fabrik in Annemasse zu vergrössern und gewisse Investitionen in unseren Genfer Fabriken auf später zu verschieben. In der darauffolgenden Zeit haben wir aber noch mehr unternommen: Die Autoreparaturwerkstatt für die Kundschaft wurde aufgehoben — ein altes Ueberbleibsel aus der ruhmvollen Pic-Pic-Zeit — und wir haben soeben beschlossen, unsere Giesserei in einigen Monaten zu schliessen. Solche Massnahmen gehen offenbar weiter als bloss zu einem Aufhalten der Expansion, und weisen in sozialer Hinsicht keine Schwierigkeiten unter den gegenwärtigen wirtschaftlichen Bedingungen auf.

Das Personalproblem weist eine Seite auf, die allzu oft übersehen wird. Die Personalknappheit lässt sich nämlich auf längere Sicht nur durch eine verbesserte Ausbildung hinsichtlich Qualität und Quantität bewältigen. Wir machen in dieser Hinsicht augenblicklich eine grosse Anstrengung zugunsten unserer Werkstatt- und Zeichnerlehrlinge. Wir sind dabei, für sie ausgedehnte Räume einzurichten, die durch das Aufheben der Autoreparatur-Werkstätte frei wurden.

Die Sanierung der Abwässerverhältnisse und der Kehrriechtabfuhr in der Region von Genf

Nach Mitteilungen des Département des Travaux Publics du canton de Genève, Division de l'assainissement, zusammengestellt von
A. Ostertag, dipl. Ing., Zürich DK 628.2/4

Das Baudepartement des Kantons Genf befindet sich gegenwärtig mitten in der Verwirklichung eines umfassenden Programms, das die Sanierung der Abwässerverhältnisse und der Kehrriechtabfuhr in der Region von Genf zum Gegenstand hat. Es dürfte unsere Leser und vor allem die Teilnehmer der diesjährigen Generalversammlung des S. I. A. in Genf interessieren, die Entwicklung der Projekte und den Stand der Arbeiten zu verfolgen, die sich auf dieses grosse und heute aktuelle Bauvorhaben beziehen.

Da sich zahlreiche städtische und kommunale Verwaltungen sowie viele Ingenieurbureaux heute vor ähnliche Aufgaben gestellt sehen, schien es angezeigt, im Zusammenhang mit den in Genf getroffenen Massnahmen auch die Vorgänge in Erinnerung zu rufen, die sich bei der Abwasserreinigung wie auch bei der Verarbeitung von Klärschlamm und Kehrriech abspielen, und die dazu heute gebräuchlichen Verfahren und Einrichtungen kurz zu schildern.

Die Region von Genf hat sich seit dem Ende des Zweiten Weltkrieges ausserordentlich stark entwickelt. Alle Anzeichen sprechen dafür, dass diese Entwicklung noch über längere Zeit anhält. Demgegenüber sind die sanitären Einrichtungen, vor allem die Kanalisationen und die Kehrriechtabfuhr, stark im Rückstand geblieben. Es ergab sich also die Notwendigkeit, diesen Rückstand aufzuholen. Das bedeutet nicht nur die Planung und Verwirklichung umfassender, kostspieliger Bauaufgaben, sondern auch rasches Handeln. Tatsächlich

hat die Zeitfrage das Vorgehen in allen Phasen der Projektentwicklung und der Ausführung massgeblich beeinflusst.

Das zu sanierende Gebiet, das auf Bild 3 dargestellt ist, umfasst das der Stadt Genf und das einer grösseren Zahl von Nachbargemeinden, die als Aussenquartiere oder Satellitensiedlungen städtischen Charakter angenommen haben. Es stellt den bei weitem am dichtesten bewohnten Teil des Kantons Genf dar. Eine gemeinsame Bearbeitung drängte sich aus technischen und wirtschaftlichen Gründen auf. Damit weitete sich die Angelegenheit zu einer kantonalen aus, was sich u. a. auch auf die Rechtsgrundlagen und die Kostenverteilung ausgewirkt hat.

Um sich ein Bild über die Grösse der Aufgabe machen zu können, seien einige Zahlen angegeben. Das Ballungsgebiet von Genf umfasst schätzungsweise 250 000 Seelen. Das bedeutet einen täglichen Anfall an Abwasser von 150 000 m³, an Schlamm aus dem Abwasser von 400 m³, an Kehrriech von 150 t und an festen Industrieabfällen von 30 t. Diese gewaltigen Mengen sind der Natur in einer Form zurückzugeben, die menschlich verantwortbar ist.

Vom technischen Standpunkt aus bilden das Abwasserwesen und das Kehrriechtabfuhrwesen weitgehend getrennte Gebiete, von denen jedes seine eigenen Anlagen mit eigener Betriebsführung aufweist. Dementsprechend sollen diese Gebiete nachstehend in getrennten Teilen behandelt werden.

I. Die Ableitung und Reinigung der Abwässer

1. Die verschiedenen Netzgruppen

In Genf unterscheidet man drei Gruppen von Kanalisationen, nämlich 1. das primäre Netz, das Sache des Kantons ist und dazu dient, die Abwässer der Gemeinden zu sammeln und gebietweise zu Kläranlagen hinzuführen. 2. die sekundären Netze, die den Gemeinden gehören, und 3. die privaten oder kollektiven Abläufe und Abwassergruben. Die sekundären Netze leiten die Abwässer der jeweiligen Gemeindegebiete oder Quartiere ab. Zu den häuslichen Abwässern kommt das Regenwasser hinzu. Die einzelnen Kanalisationsstränge folgen in der Regel den Strassenzügen. Sie mündeten früher und teilweise auch noch heute unmittelbar in Vorfluter, ohne dass das Abwasser vorher irgend eine Reinigung erfahren würde. Vorfluter bilden der Genfersee, die Rhone, die Arve sowie vorhandene Bachläufe und Kanäle.

Schon vor etwa 80 Jahren hatte der Genfer Staatsrat und Ingenieur Turretini Sammelleitungen längs den beiden Rhoneufern verlegt, die die Abwässer der sekundären Netze der Stadt aufgenommen hatten und sie an einer Stelle in die Rhone ausfliessen liessen, die damals noch unterhalb der städtischen Wohngebiete lag. Das war der Anfang eines primären Netzes. Eine Reinigung des Abwassers war allerdings damit noch nicht verbunden.

Aus dieser Sachlage wird deutlich, dass heute die grösste und dringendste Aufgabe in der möglichst baldigen Erstellung eines vollständigen und auf weite Sicht geplanten primären Netzes sowie der nötigen, genügend leistungsfähigen und ausbaubaren Kläranlagen besteht. Gleichzeitig sind die sekundären Netze schrittweise mit der baulichen Entwicklung der Stadt und der Aussengemeinden zu erweitern oder neu zu erstellen.

2. Die Grundzüge des Projektes

Wie aus Bild 1 ersichtlich, ist das Kantonsgebiet in drei Zonen aufgeteilt worden. Bild 3 gibt einen Ueberblick über die örtliche Anordnung der ausgeführten, der im Bau begriffenen und der projektierten Anlagen. In der weniger dicht besiedelten Aussenzone mit vorwiegend land- und forstwirtschaftlicher Nutzung des Boden bestehen meist schon Gemeindeflächen oder sind, wo sie noch fehlen, demnächst zu erstellen. Diese Netze werden mit einfachen Kläranlagen mit mechanischer Reinigung ausgerüstet. Nur wo besondere Umstände es verlangen, so z. B. in Hermance am linken Seeufer, wird auch eine biologische Reinigung durchgeführt.

Die zweite Zone besteht aus vier getrennten Randgebieten mit eigenen Netzen und eigenen Kläranlagen. Diese «bassins d'assainissement» sind: Le Nant d'Avril im Westen der Stadt, La Plaine de l'Aire im Südwesten, La Seymaz im Osten und Le Nant d'Aisy am linken Seeufer. Die dritte Zone umfasst die Stadt und die beiden Seeufer und soll mit einer zentralen Kläranlage auf der Rhonehalbinsel von Aire ausgerüstet werden. Diese Aufteilung ergab sich aus Gründen der technischen Ausführung, aus finanziellen Ueberlegungen und aus Rücksichten auf eine möglichst rasche Verwirklichung.

Die erste Zone stellt keine Probleme von nennenswerter Bedeutung und soll hier nicht näher betrachtet werden. In der zweiten Zone ist das Gebiet von Seymaz bereits 1960 teilweise ausgebaut und mit der biologischen Vollreinigungsanlage von Vilette ausgerüstet worden. Diese genügt für 20 000 Einwohner und dient als Pilotanlage, um die Zweckmässigkeit der Verfahren ausprobieren und Erfahrungen sammeln zu können. Diese werden bei der Projektierung und dem Betrieb der grossen Anlage von Aire verwertet. Ebenfalls schon ausgeführt sind die wichtigsten Bauwerke im Gebiet von Nant d'Aisy und Nant d'Avril. Im ersten Fall wurde eine Pumpstation in Ufernähe erstellt, was die Anordnung der Kläranlage in etwas erhöhter Lage und etwa 300 m vom Ufer entfernt an einem städtebaulich günstigen Ort ermöglichte. Im zweiten Fall ist die Kläranlage an das rechte Rhoneufer bei Peney verlegt worden, was einen verhältnismässig langen Hauptstrang ergab. Der Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass sich ein grösseres

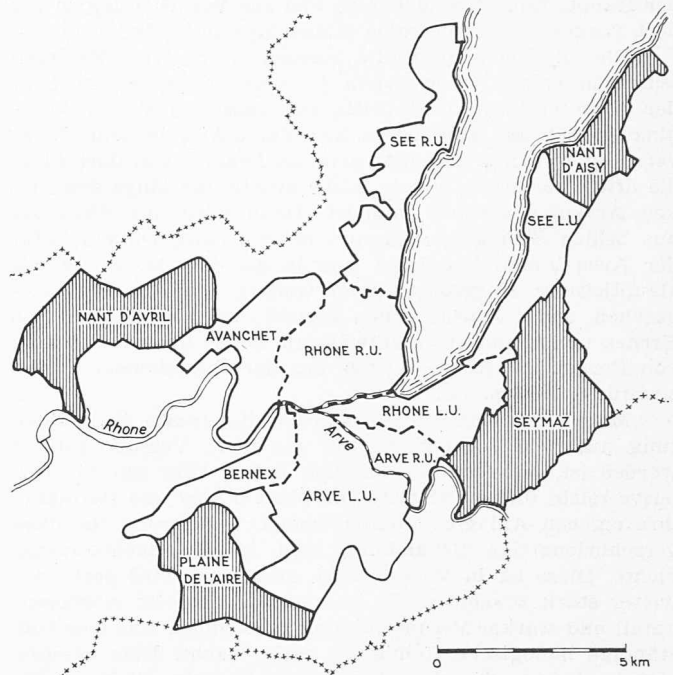


Bild 1. Uebersicht über die Zoneneinteilung der Abwasserkanalisation, 1:200 000

Gebiet erfassen lässt und dass man zugleich dank reichlicherer Wasserführung in der Kanalisation und im Vorfluter auf eine totale biologische Reinigung verzichten kann. Auch die Aussengemeinde Hermance am linken Seeufer von nur etwa 500 Einwohnern erhielt eine kleine, abseits liegende biologische Kläranlage mit Pumpstation in Ufernähe, wie sie für Nant d'Aisy ausgeführt wurde, Bild 2.

In der Hauptzone sind die Gefällsverhältnisse ungünstig. Die sekundären Netze der Gebiete längs den beiden Seeufern münden knapp über dem Seespiegel, so dass für die primären Stränge nur noch wenig Gefälle verfügbar ist. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, eine grössere Anzahl von Pumpstationen einzuschalten (vier auf dem rechten Ufer und sieben auf dem linken). Die Sammelleitungen folgen, wie aus Bild 1 ersichtlich, zunächst den beiden Seeufern, dann den beiden Ufern der Rhone bis oberhalb La Jonction. Dort mündet der Strang, der dem rechten Ufer der Arve entlang führt, in den Strang längs dem linken Rhoneufer ein, worauf das Wasser aus beiden Strängen mittels eines Dükers unter der Rhone durchgeführt und in den rechtsufrigen Strang eingeleitet wird. Wenig unterhalb dieser Vereinigungsstelle ist eine Pumpstation vorgesehen. In ihr heben Pumpen das Abwasser auf jene Höhe, die zur Ueberwindung der Strömungswiderstände in

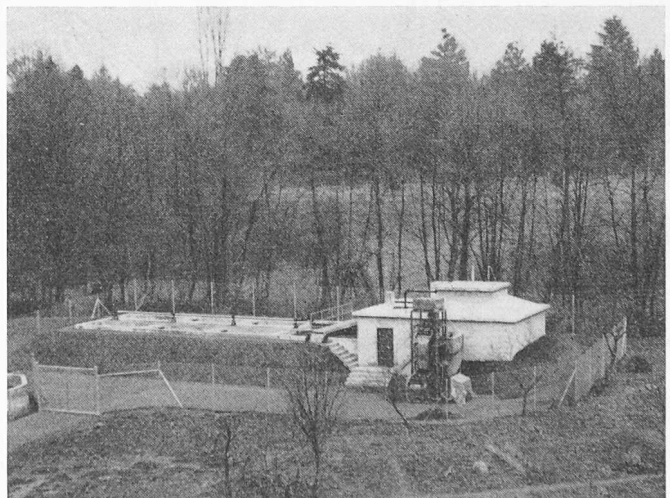


Bild 2. Biologische Kläranlage Hermance

Nun ist aber noch ein zweiter Gesichtspunkt zu berücksichtigen, nämlich die Kosten der Grabarbeiten. Diese wachsen mit der Tiefe unter der Erdoberfläche beträchtlich an. Man wird also darauf achten, dass die Leitungen möglichst genau den tiefsten Stellen des Geländes folgen und dass Bodenerhebungen vermieden bzw. umfahren werden.

Diese Gesichtspunkte lassen es als wünschbar erscheinen, die primären Stränge nicht mehr, wie sonst üblich, unter bestehenden Strassenzügen, also ausschliesslich auf öffentlichem Grund, zu verlegen, sondern dafür auch Parkanlagen und privaten Grund in Anspruch zu nehmen. Die hierfür erforderliche rechtliche Grundlage ist in Genf vorhanden, indem das Kantonale Wasserrechtsgesetz alle für die Abwasserführung in Frage kommenden Bauwerke als im öffentlichen Interesse stehend erklärt. Tatsächlich haben sich die Grundstückseigentümer nach erfolgter Aufklärung über die sachlichen Notwendigkeiten im allgemeinen als entgegenkommend gezeigt, weil auch sie an einer raschen Sanierung der Abwasserverhältnisse interessiert sind.

Die freie Verlegung der Hauptstränge ausserhalb der Strassenzüge bietet grosse Vorteile. In Gärten und Parks können Grabenbagger eingesetzt werden, die die Grabarbeiten viel schneller und billiger durchführen, als es mit den bei Strassen anzuwendenden Methoden möglich ist. Der Strassenverkehr kann nicht nur unbehindert weitergehen, sondern es ist bei den Bauarbeiten auf ihn auch nicht Rücksicht zu nehmen, was diese Arbeiten wesentlich erleichtert und abkürzt. Bei noch nicht festgelegten Strassenzügen muss keine Entscheidung über die Baulinien abgewartet werden. Da ihnen meist langwierige Verhandlungen vorausgehen, wird viel Zeit gespart. Das hat sich in zwei Fällen besonders deutlich gezeigt: Der Hauptstrang längs des rechten Seefers wurde durch die Pärke geführt und konnte rasch erstellt werden. Hätte man ihn in der Avenue de France vorgesehen, so hätte die Entscheidung über die Führung dieser Strasse abgewartet werden müssen, was Jahre gedauert hat, weil es dazu nötig war, vorher das Trasse der Nationalstrasse festzulegen. Der zweite Fall betrifft die Sammelleitung der Satellitenstadt Meyrin im Gebiet von Nant d'Avril, wofür die Route de Meyrin in Frage kam. Auch hier lagen die Verhältnisse so, dass eine rasche Erstellung der Kanalisation besonders wichtig war, dass aber mit deren Bau erst Jahre nach dessen tatsächlicher Beendigung hätte begonnen werden können.

4. Grundlagen für die Bemessung der Durchflussquerschnitte

Grundsätzlich ist zwischen Kanalisationen zu unterscheiden, die die Abwässer und die Regenwässer gemeinsam aufnehmen (Mischsystem) und solchen, die die beiden Abwasserarten getrennt abführen (Trennsystem). Wo das Mischsystem angewendet wird, stellt sich die Frage nach der vorzusehenden Leistungsfähigkeit. Es wäre technisch unzweckmässig und preislich nicht vertretbar, für sie den Spitzenanfall zugrunde zu legen, wie er etwa bei Platzregen oder Gewittern auftritt. Starke Regenfälle, die im Jahr mindestens einmal vorkommen und 15 Minuten andauern, erreichen oder überschreiten im schweizerischen Mittelland Intensitäten, die zwischen 100 und 150 l/s · ha liegen¹⁾. Rechnet man mit dem kleineren Wert, so ergibt sich für das an die zentrale Kläranlage von Aire anzuschliessende Gebiet und unter Berücksichtigung der Versickerung im Boden ein Regenwasseranfall von rd. 150 m³/s, welche Zahl mit dem Jahresmittelwert des Rhoneabflusses bei Genf (Pont Sous-Terre) vergleichbar ist²⁾. Es ist ohne weiteres einleuchtend, dass solche Wasserströme mit Sammelsträngen für grössere Gebiete nicht zu bewältigen sind. Man muss sich somit für einen bestimmten Grenzanfall entscheiden und die Mengen, die diese Grenze überschreiten,

¹⁾ A. Hörler und H. R. Rhein: Die Intensitäten der Starkregen in der Schweiz. SBZ 1961, H. 32, S. 559—563. Dort wird für Lausanne die Zahl 117 l/s · ha, für Neuchâtel 107 l/s · ha angegeben (Tabelle 2).

²⁾ Dieser bewegte sich innerhalb der Jahre von 1935 bis 1961 nach den Angaben im Hydrographischen Jahrbuch der Schweiz 1961, S. 199 zwischen 181 und 301 m³/s.

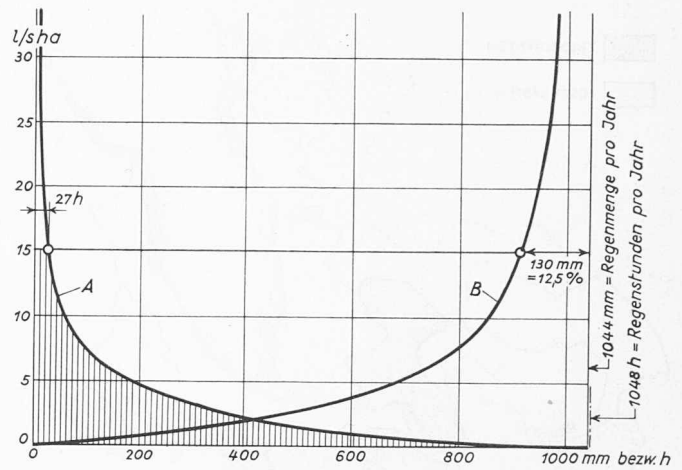


Bild 4. Dauerkurve der Regenintensitäten (A) und Regenhöhenkurve (B). Approximative Mittelwerte 1901 bis 1930 in Zürich

durch Ueberlaufkästen und Stichleitungen auf kürzestem Weg und ohne Behandlung in den nächsten Vorfluter leiten. Dabei ist allerdings zu prüfen, wie stark die Regenüberschüsse sein werden, wie oft sie pro Jahr vorkommen, wieviel und was für Verunreinigungen sie dem Vorfluter zuführen und ob dieser in der Lage ist, sie ohne nachteilige Wirkungen aufzunehmen. In Uebereinstimmung mit den Empfehlungen der EAWAG³⁾ und der unter den Schweizerischen Fachleuten allgemein vertretenen Meinung ist in Genf die Grenzintensität des Regenanfalles, bei dem die Ueberlaufbauwerke in Funktion treten sollen, zu 15 l/s · ha festgesetzt worden.

In Bild 4 stellt die Kurve A die Regenintensität in Abhängigkeit der Regendauer dar⁴⁾. Nach Erhebungen für die Stadt Zürich beträgt die mittlere Dauer 1048 Stunden pro Jahr. Die Intensität von 15 l/s · ha wird jährlich nur während 27 Stunden erreicht oder überschritten. Dabei beträgt die Regenhöhe, wie aus Kurve B ersichtlich ist, 130 mm oder 12,5 % der gesamten jährlichen Höhe von 1044 mm. Bei der getroffenen Wahl der Grenzintensität können somit 87,5 % des jährlichen Regenanfalles durch die Kanalisation abgeführt werden, soweit diese nach dem Mischsystem arbeitet.

Die Abflussverhältnisse hängen von der Art der durch den Regen benutzten Oberflächen ab. So ist der Abfluss aus einem Garten viel langsamer als von einer Strasse. Ueberdies versickert ein grosser Teil im Erdboden. Dementsprechend ist für jede Oberflächenart ein bestimmter Abflussbeiwert ermittelt, und es sind entsprechende mittlere Zahlen für die verschiedenen Zonen festgelegt worden, und zwar sowohl für die bestehenden Quartiere als auch für die später zu überbauenden Gebiete. Diese Abflussbeiwerte liegen zwischen 0,1 und 0,8. Für das Gebiet, das an die zentrale Kläranlage in Aire angeschlossen werden soll, beträgt der mittlere Abflussbeiwert 0,262. Dementsprechend vermindert sich die tatsächliche Oberfläche von 5490 ha auf die für vollen Abfluss massgebende von 1437 ha.

Die Abflüsse, die sich auf Grund eines Regenwasseranfalls von 15 l/s je Hektare ergeben, sind vier- bis sechsmal grösser als der häusliche Abwasseranfall. Man kann sich fragen, ob nicht mit dieser Annahme die Hauptstränge unnötig gross und kostspielig gebaut werden müssen und ob sich nicht überdies technische Nachteile ergeben. Wenn kein Regenwasser abzuführen ist, fliesst nur wenig Wasser durch die grossen Kanäle, und es bilden sich an Stellen mit geringem Gefälle Ablagerungen, die bei langandauernder Trockenheit hart werden und beträchtliche Grösse annehmen können, sofern sie nicht entfernt werden. Wenn dann bei den ersten Regenfällen die Abflüsse anschwellen, werden diese Ablagerungen grösstenteils weggeschwemmt und so

³⁾ EAWAG = Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz in Zürich.

⁴⁾ Vgl. A. Hörler: Die Wirkung der Regenauslässe. SBZ Bd. 118 (1941) Nr. 20, S. 229—233, speziell Bild 3.

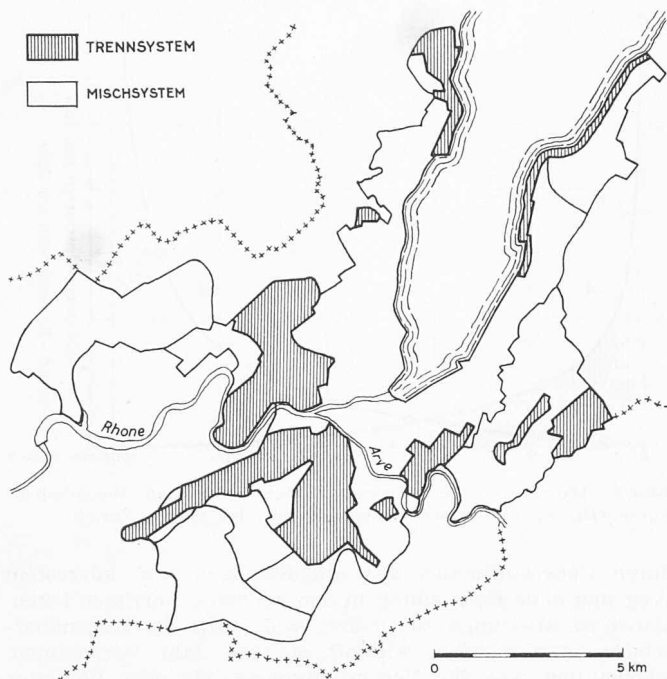


Bild 5. Uebersicht über die Gebiete mit Abwasserableitung nach dem Mischsystem und nach dem Trennsystem

die Kanalisationsröhren gereinigt. Dabei ist naturgemäss die Konzentration des Abwassers an Schmutzstoffen sehr hoch. Sie nimmt jedoch bei längerer Regendauer erheblich ab, so dass dann von einer Verdünnung des Abwassers durch das Regenwasser gesprochen werden kann. Es besteht also für das Kanalisationssystem kein technischer Nachteil, wenn die Hauptstränge in der genannten Art nach dem Mischsystem bemessen werden. Dagegen stellt sich die Frage, wie die Kläranlage diesen Anfall zu bewältigen vermag, der hinsichtlich Menge und Verunreinigungsgrad sehr ungleichmässig ist.

Ein wichtiger praktischer Vorteil der nach dem Mischsystem bemessenen Hauptstränge liegt darin, dass sie für eine gut drei- bis viermal grössere Bevölkerungszahl ausreichen, wenn zum Trennsystem übergegangen wird, wenn also die bestehenden primären Leitungen ausschliesslich

zum Ableiten der häuslichen Abwässer dienen sollen. Dazu ist alles Regenwasser von Dächern, Strassen und Bodenflächen, das nicht versickert, nach besonderen Schächten zu führen, von denen es durch Stichleitungen ohne Reinigung dem nächsten Vorfluter zufliesst. Um die Leistungsfähigkeit des primären Sammelnetzes festzusetzen, wird im allgemeinen zum Anfall an häuslichen Abwässern ein Zuschlag von 50 bis 100 % gemacht. Dieser ist im Gebiet von Genf für Neuplanungen auf Grund genauer Erfassung aller Faktoren auf 20 % verringert worden.

Die Notwendigkeit eines Uebergangs vom Misch- zum Trennsystem stellt sich heute verhältnismässig häufig ein, nämlich überall dort, wo von einer lockeren Ueberbauung durch Villen und Einfamilienhäuser mit grossen Gärten zu einer dichten Bauweise mit Wohnblöcken geschritten werden muss. Solche Veränderungen finden auch im Raume von Genf statt, und es sind auch hier grössere Gebiete für eine Abwasserableitung nach dem Trennsystem teils schon ausgeführt, teils vorgesehen. Das trifft insbesondere für alle neuen Quartiere zu. Bild 5 gibt hierüber Auskunft.

Für die Ermittlung des häuslichen Abwasseranfalls ist vom Frischwasserverbrauch auszugehen. Dazu sind jene Annahmen massgebend, die der Projektierung der entsprechenden Frischwasser-Verteilnetze zu Grunde gelegt wurden. Man geht dazu von den Bevölkerungszahlen der einzelnen Quartiere und Gemeinden sowie von deren mutmasslichem Wachstum aus. Tabelle 1 enthält auf ihrer linken Hälfte Angaben über die gegenwärtigen und die zu erwartenden Zahlen, wie sie der Projektierung der sanitären Anlagen zu Grunde gelegt wurden.

Eine weitere Bestimmungsgrösse ist der Frischwasserverbrauch pro Kopf. Er nahm, wie aus Bild 6 hervorgeht, im Laufe der Jahre entsprechend den wachsenden Ansprüchen an Komfort sowie an persönlicher und allgemeiner Hygiene zu. Zu berücksichtigen sind ferner die verhältnismässig starken saisonmässigen Schwankungen, Bild 7. Es zeigt sich, dass der Mittelwert für die Sommermonate um etwa 50 % über dem Jahresmittelwert liegt. Weiter kommen beträchtliche Schwankungen zwischen Werktagen und Wochenenden sowie zwischen Tag und Nacht hinzu, Bild 8.

Der Wasserverbrauch pro Kopf ist in Genf einer der grössten in der ganzen Schweiz. Er entspricht etwa dem in den Städten der USA und liegt damit etwa bei dem dreifachen Verbrauch der westeuropäischen Länder. Der mittlere Tagesverbrauch betrug in den letzten Jahren rd. 550 l pro Kopf und stieg im Hochsommer bis auf 900 l pro Kopf,

Tabelle 1 Entwicklung der Einwohnerzahl und Abwassermengen im Kanton Genf

Quartier bzw. Gemeinde	Einwohner in Tausend						Abwassermengen in m ³ /s					
	1962		in Zukunft		1. Etappe		Rhone rechtes Ufer	Rhone Düker	Pump- station	Bern- nex	Avan- chet	Klär- anlage
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%						
Bellevue	1	4	4	5	2	4	0,24		0,24			0,24
Bernex	2	9	15	18	6	14				0,29		0,29
Carouge	13	56	18	22	16	39		1,50	1,50			1,50
Chêne-Bougeries	1	4	15	18	4	11		0,27	0,27			0,27
Collonge-Bellerive	2	9	8	10	4	9		0,65	0,65			0,65
Cologny	2	9	7	9	4	9		0,90	0,90			0,90
Confignon			8	10	2	5				0,12		0,12
Genève	176	766	414	504	260	638	7,47	8,51	15,98			15,98
Genthod	1	4	7	9	4	6	0,41		0,41			0,41
Lancy	7	30	69	84	23	57		1,35	1,35	0,17		1,52
Meyrin	2	9	20	24	7	16				0,23		0,23
Onex	2	9	37	45	11	27		0,06	0,06	0,62		0,68
Plan-les-Ouates	3	13	33	40	10	26		1,10	1,10			1,10
Pregny-Chambésy	2	9	7	9	4	9	0,57		0,57			0,57
Saconnex-le-Grand	3	13	40	49	13	31						0,60
Troinex	1	4	2	2	1	3		0,10	0,10			0,10
Vernier	8	35	90	110	29	72	0,30		0,30		1,72	2,02
Versoix	3	13	22	27	8	20	0,62		0,62			0,62
Veyrier	1	4	4	5	2			0,20	0,20			0,20
Total	230	1000	820	1000	410	1000	9,61	14,64	24,25	1,20	2,55	28,00

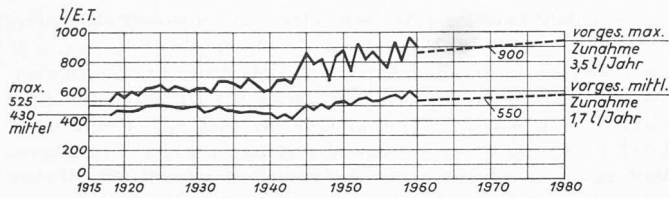


Bild 6. Täglicher Frischwasserverbrauch in Litern pro Einwohner zwischen 1920 und 1960

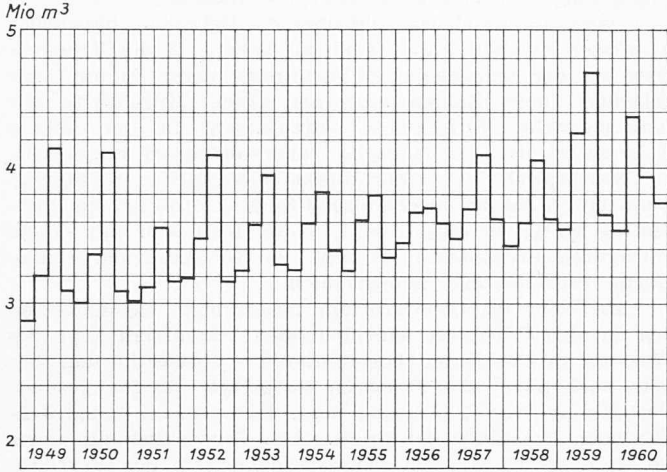


Bild 7. Frischwasserverbrauch pro Monat der Stadt Genf von 1949 bis 1960

Bild 6. Für die Bemessung der Hauptstränge des primären Abwassernetzes wurde mit 900 l pro Tag und Kopf, verteilt auf 17 Stunden gerechnet, was eine Wassermenge pro 1000 Einwohner von 15 l/s ergibt. Diese Berechnungsart schliesst angemessene Reserven für allfällige spätere Verbrauchssteigerungen ein.

Mit entsprechenden Mittelwerten wird auch bei der Bemessung der verschiedenen Apparaturen der Kläranlagen gerechnet. Weiter sind jene Grenzbedingungen ermittelt worden, bei denen in den primären Hauptsträngen eine minimale Wassergeschwindigkeit noch vorhanden ist. Man hat dazu den mittleren Verbrauch bei Nacht zu Grunde gelegt, der dem auf 40 Stunden verteilten Verbrauch pro Tag gleichgesetzt wurde.

Da in Genf nur sehr wenige Industrieunternehmen grössere Wasserverbraucher sind, hat man sie nicht, wie sonst üblich, durch eine äquivalente Einwohnerzahl berücksichtigt, sondern lediglich die Verbrauchszahlen pro Kopf entsprechend erhöht.

Aus den geschilderten Ueberlegungen und Berechnungen ergaben sich die im rechten Teil der Tabelle 1 angegebenen Zahlen für die Abwassermengen, die für die Bemessung der Hauptstränge massgebend waren.

5. Bemerkungen zur Ausführung

Eine grundlegende Grösse für die konstruktive Gestaltung eines grossen Kanalisationsstranges ist das Gefälle. Vielfach ist es durch die Topographie des Geländes gegeben und so gross, dass sich Pumpstationen erübrigen. In Genf ist das für die Hauptstränge längs den beiden Seeufern nicht der Fall. Hier gibt es kein natürliches Gefälle. Es muss künstlich geschaffen werden, weshalb Pumpstationen unerlässlich sind. Dabei stellt sich die Frage, bei welchem Gefälle sich minimale Kosten ergeben.

Je grösser das Gefälle gewählt wird, desto grösser ist die Wassergeschwindigkeit, desto kleiner kann der Rohrquerschnitt ausgeführt werden, desto geringer fallen die Anlagekosten aus. Diese sind in Bild 9 pro 1 m Kanallänge in Abhängigkeit vom Gefälle aufgezeichnet (Kurve A). Mit grösserem Gefälle wächst aber auch die Förderhöhe und mit ihr der Energiebedarf für den Antrieb der Abwasser-

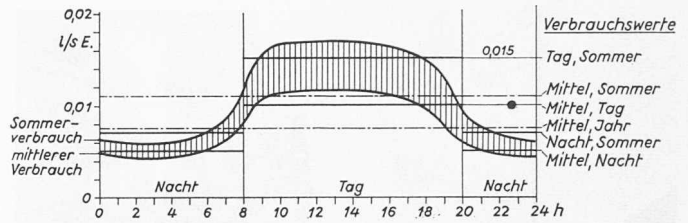


Bild 8. Tägliche Schwankungen des Frischwasserverbrauchs pro Kopf nach Annahmen der Services Industriels de la Ville de Genève

pumpen angenähert verhältnissgleich an. Diese Kosten wurden unter Annahme eines Satzes von 5 % kapitalisiert, wodurch sich die Kurve B ergab. Die Summe beider Kurven zeigt im untersuchten Fall ein ausgesprochenes Minimum bei einem Gefälle von 0,7 ‰. Bild 10 zeigt das Innere einer Abwasser-Pumpstation.

Ein weiterer Gesichtspunkt war bei der grossen Pumpstation St. Jean unterhalb la Jonction zu berücksichtigen. Die zu fördernden Abwassermengen sind dort sehr gross (s. Tabelle 1), so dass man mit einer möglichst geringen Förderhöhe auskommen muss. Es mag erwähnt werden, dass die Kosten des Pumpenbetriebs je m Förderhöhe (hauptsächlich Stromkosten) einer Kapitalsumme von 1 Mio Fr. entsprechen. Die Höhe des Hauptstranges oberhalb der Pumpstation ist durch die Topographie des Geländes und das nötige Gefälle gegeben. Demzufolge konnte die Förderhöhe nur dadurch klein gehalten werden, dass man die Kläranlage von Aire so tief wie möglich anordnete. Diesem Bestreben kamen die örtlichen Verhältnisse weitgehend entgegen: Schon die Geländeform am Aufstellungsort war günstig. Das selbe ist vom Baugrund zu sagen: Um die Bauwerke auf guten Grund stellen zu können, müssen deren Fundamente verhältnismässig tief sein. Deshalb konnten die verschiedenen Becken, die das Wasser zu durchlaufen hat, ebenfalls tief, d. h. nur wenig über dem Spiegel der gestauten Rhone angeordnet werden.

Ein wichtiges Konstruktionselement bilden die Düker unter der Arve und der Rhone. Um Verstopfungen durch Ablagerungen zu vermeiden, darf eine minimale Wassergeschwindigkeit nicht unterschritten werden. Diese Bedingung ist wegen den sehr starken Schwankungen zwischen Tag und Nacht sowie zwischen Trocken- und Regenperioden mit einem einzigen Rohr nicht zu erfüllen. Daher wurden mehrere Rohre vorgesehen, die in geeigneter Weise automatisch zu- oder abschalten.

Zum Verlegen der Leitungen werden im allgemeinen Gräben ausgehoben. Für den Hauptstrang längs des rechten Rhoneufers kam diese Bauweise nicht in Betracht. Einerseits bestand an einzelnen Stellen die Gefahr von Rutschungen und andererseits hätten die schönen Bäume längs dem Sentier des Falaises gefällt werden müssen. Man entschloss sich daher zum Stollenbau, nachdem festgestellt werden konnte, dass sich dieser nicht teurer stellt als der Grabenbau.

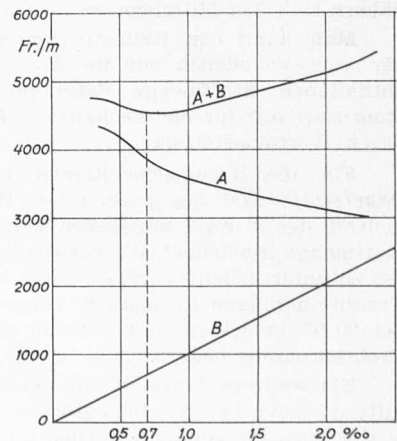


Bild 9. Anlagekosten A und kapitalisierte Betriebskosten für die Pumpen B je 1m des Kanalisationshauptstranges in Abhängigkeit vom Gefälle.

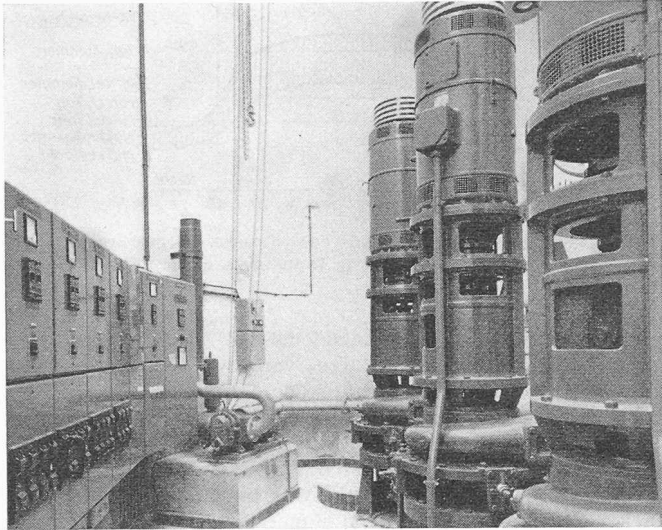


Bild 10. Inneres einer Pumpstation mit vertikalachsigen Abwasserpumpen

6. Grundsätzliches zur Abwasserreinigung

a) Der Reinigungsgrad

Die Abwasserreinigung bezweckt, die Abwässer soweit zu reinigen, dass im Unterlauf des Vorfluters, in den das Abwasser eingeleitet wird, gesunde Verhältnisse entstehen: Der Vorfluter soll nur soweit belastet werden, dass er die restlichen organischen Schmutzstoffe infolge seiner Selbstreinigungskraft abzubauen vermag. Wird eine gewisse Grenzbelastung überschritten, so bilden sich auf dem Bett Algen, Pilze und anderweite Verkrautungen, die durch ihre Lebensfunktionen zusätzliche biologische Verunreinigungen bewirken. Hinzu kommen Gefährdungen der Grundwasser-Verhältnisse, Geruchbelästigungen, hygienische Unzukömmlichkeiten und eine Beeinträchtigung der Landschaft.

Offensichtlich hängt der zu erzielende Reinheitsgrad von der Grösse und der Beschaffenheit des Vorfluters ab. Ist dessen Wassermenge im Verhältnis zur Abwassermenge klein, so muss ein hoher Reinheitsgrad herbeigeführt werden. Das selbe gilt in stärkerem Masse für ein stehendes Gewässer. Kleine Seen sollen überhaupt nicht als Vorfluter verwendet werden. Weiter ist der Zustand des Vorfluters zu berücksichtigen, insbesondere der Grad seiner Verunreinigung durch Oberlieger. Je grösser die Vorbelastung ist, desto höher ist der anzustrebende Reinheitsgrad in der Kläranlage.

Das Reinigungsverfahren und die zu dessen Durchführung erforderlichen Bauwerke werden nun aber nicht nur durch den zu erzielenden Reinheitsgrad, sondern auch durch Grad und Art der Verunreinigungen im ankommenden Abwasser bestimmt. Die Schmutzstoffkonzentrationen sind von Stadt zu Stadt und namentlich auch von Land zu Land sehr verschieden und hängen hauptsächlich vom Frischwasserverbrauch pro Kopf ab. Sie sind in der Schweiz etwa dreimal kleiner als in Frankreich oder Deutschland und nähern sich den Mittelwerten in den USA.

Man kann den Reinigungsgrad durch das Verhältnis der ausgeschiedenen zur im Abwasser vor der Reinigung enthaltenen Stoffmenge definieren. Diese Verhältniszahl stellt aber nur für die mechanische Reinigung einen brauchbaren Wertmasstab dar.

Für die biologische Reinigung ist der *biochemische Sauerstoffbedarf* des gereinigten Wassers (Bsb 5) massgebend, der in mg/l angegeben wird. Damit ist jene Sauerstoffmenge bezeichnet, die notwendig ist, um in einem Liter des zu untersuchenden Wassers die vorhandenen organischen Verunreinigungen abzubauen. Dieser Sauerstoffbedarf wird bei 20 °C gemessen und auf die ersten 5 Tage nach der Probeentnahme begrenzt.

Ein weiteres Mass ist für gereinigte Abwässer die Belüftungsdauer bei der biologischen Reinigung. Auf sie soll später zurückgekommen werden.

Gesunde Gewässer weisen einen biochemischen Sauerstoffbedarf von 1 bis 2 mg/l auf. In einem Vorfluter kann je nach Verhältnissen ein solcher von 3 bis 4 mg/l noch zugelassen werden, sofern soviel Fliesstrecke bis zur nächsten Einleitstelle von Abwasser vorhanden ist, dass sich dieser Grad durch Selbstreinigung genügend verringern kann. Demgegenüber sind die Abflüsse von Kläranlagen wesentlich stärker belastet. So hat man bei der Kläranlage von Nant d'Aisy, die ihr Wasser in den See ablaufen lässt, einen grössten Endgehalt von 10 mg/l zugelassen, während bei der grossen Anlage von Aire, deren Wasser in die Stauhaltung von Verbois gelangt, mit 20 mg/l gerechnet worden ist.

Damit man sich ein Bild über die Belastung häuslicher Abwässer machen kann, sind in Tabelle 2 die Trockengewichte der verschiedenen Verunreinigungen in mg/l angegeben. Diese Zahlen sind als grobe Mittelwerte für schweizerische Verhältnisse aufzufassen. In der letzten Kolonne ist der biochemische Sauerstoffbedarf angegeben.

Man spricht von einer totalen biologischen Reinigung, wenn durch sie der biochemische Sauerstoffbedarf um mindestens 90 % verringert wird. Wenn man sich mit einem geringeren Prozentsatz begnügt, ist der Ausdruck «biologische Teilreinigung» gebräuchlich.

Mit dem im Laboratorium bestimmten Reinheitsgrad des in den Vorfluter einzuleitenden Abwassers und des Wassers im Vorfluter bei minimaler Wasserführung hat man noch nicht alle Faktoren festgelegt, die für gesunde Verhältnisse von Bedeutung sind. Es kommen hauptsächlich noch Umstände der praktischen Verwirklichung hinzu. So ist u. a. die Art der Wasserrückgabe in den Vorfluter von wesentlichem Einfluss. Das gereinigte Abwasser muss sich möglichst bald mit dem ganzen Strom des Vorfluters vermischen. Es soll also an einer Stelle mit starker und stark turbulenter Strömung eingeführt werden. Wo nur schwache Strömung herrscht oder bei Niederwasser sogar Rückströmungen vorkommen, können die organischen Stoffe bzw. die Nährstoffe des Abwassers zu übermässiger Bildung von Algen und Pilzen Anlass geben.

b) Die Vorgänge bei der biologischen Reinigung

Die hauptsächlichsten Vorgänge in einer Kläranlage sollen an Hand des Schemas Bild 11 kurz geschildert werden. Das Rohwasser durchläuft zunächst eine Reihe von Bauwerken, in denen die groben Verunreinigungen ausgeschieden werden. Davon ist das erste ein Rechen oder Sieb, das die grossen mechanischen Verunreinigungen (Holz, Lumpen, Büchsen, Gemüsereste usw.) zurückhält und wofür verschiedene Bauweisen in Gebrauch stehen.

Als zweites Bauwerk ist der Sandabscheider zu nennen. Der Sandanfall erfolgt sehr unregelmässig; er ist bei Starkregen nach Trockenperioden und in der Schneeschmelze am grössten. Im Mittel kann mit 5 l pro Einwohner und Jahr gerechnet werden. Auch hier bestehen verschiedene Bauweisen. Wesentlich ist ein geringer Druckhöhenverlust des durchströmenden Wassers.

Wichtig sind Entölungsanlagen. Öle und Fette können durch Aufrahmen und nachheriges Abschöpfen von der Oberfläche entfernt werden. In Genf, wo eine biologische Reinigung nachgeschaltet wird, sind auch die in Emulsionsform enthaltenen Öle auszuschleiden, was z. B. nach dem Flotationsverfahren mit Hilfe von Druckluft vorgenommen werden kann.

Tabelle 2 Trockengewicht der Fremdstoffe in mg/l Abwasser und biochemischer Sauerstoffbedarf (Bsb 5) *

	mineral.	organ.	Total	Bsb 5
Absetzbare Stoffe	90	177	267	83
Schwebestoffe	47	87	134	60
Gelöste Stoffe	217	217	434	107
Total	354	481	835	250

* A. Kropf: Die Verunreinigung der ober- und unterirdischen Gewässer «Strasse und Verkehr» 1944.

Das auf solche Weise vorbehandelte Abwasser gelangt nun in ein primäres Absetzbecken, in welchem sich dank der sehr kleinen Strömungsgeschwindigkeit die absetzbaren Stoffe ausscheiden. Meist werden hierfür Behälter von kreisförmiger oder rechteckiger Grundrissform verwendet, und das Abwasser wird durch geeignete Einlaufkonstruktionen derart eingeleitet, dass es sich gleichmässig über die ganze Querschnittsfläche verteilt. Wo keine weitere Reinigung mehr vorgenommen wird, spricht man von mechanischer Klärung, im andern Fall von biologischer Reinigung. Dieser geht selbstverständlich immer eine mechanische Klärung voraus.

Die biologische Reinigung besteht in der Aufspaltung der fäulnisfähigen organischen Stoffe, die sich im Abwasser in Form echter und kolloidaler Lösungen vorfinden, in mineralische Bestandteile, die stabil und nicht mehr fäulnisfähig sind. Die gelösten Fremdstoffe werden zum Teil in Bakterieneiweiss übergeführt, also in Feststoffe, die sich durch einen nachgeschalteten Absetzvorgang aus dem gereinigten Abwasser entfernen lassen. Diese Vorgänge sind die Folgen einer sehr regen Bakterientätigkeit, die umso wirksamer ist, je mehr Sauerstoff zugeführt wird. Das Abwasser ist also intensiv zu belüften⁵⁾.

Träger der Reinigungsarbeit sind die mit Bakterien und Kleinlebewesen belebten Schlammflocken, die sich von selbst bilden, wenn Abwasser während längerer Zeit belüftet wird. Das Verfahren lässt sich wesentlich beschleunigen, wenn sich die Schlammflocken nicht neu bilden müssen. Dazu wird das mechanisch geklärte Abwasser bei seinem Eintritt in das Belüftungsbecken mit belebten Schlammflocken «geimpft». Menge und Konzentration des Impfschlammes sind dem Verunreinigungsgrad des zu behandelnden Abwassers anzupassen, was eine sorgfältige Ueberwachung durch geschultes Personal voraussetzt.

⁵⁾ Näheres hierüber s. A. Hörler: Uebersicht der gebräuchlichsten Reinigungsverfahren für vorwiegend häusliche Abwässer. «Schweizer Baublatt» Nr. 38, 8. Mai 1952.

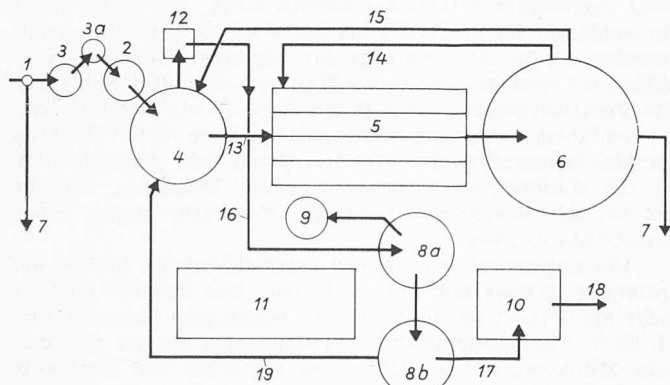


Bild 11. Schema einer biologischen Kläranlage mit Schlammverarbeitung

- 1 Ueberlaufbauwerk am Eintritt
- 2 Oelabscheider
- 3 Entsander
- 3a Abscheider für sperrige Unreinigkeiten
- 4 Primäres Absetzbecken
- 5 Aktivschlammbecken
- 6 Sekundäres Absetzbecken
- 7 zum Vorfluter
- 8a Faulraum I. Stufe
- 8b Faulraum II. Stufe
- 9 Gasometer
- 10 Schlammwässerung
- 11 Maschinenraum
- 12 Pumpstation für Frischschlamm
- 13 Mechanisch gereinigtes Wasser
- 14 Sumpfschlamm
- 15 Restschlamm
- 16 Frischschlamm
- 17 Faulschlamm
- 18 Stichtester bzw. getrockneter Schlamm
- 19 Trübwasser

Zur Vollreinigung wird das Abwasser in den USA meist 4 bis 6 Stunden belüftet, wobei die Rücklaufschlammmenge (Impfschlamm) etwa 25 % der Abwassermenge beträgt. Das abfließende Abwasser ist völlig klar. Die gleiche Wirkung kann aber auch mit Belüftungszeiten von nur 1 bis 2 Stunden erzielt werden, sofern mit grösseren Rücklaufschlammengen und intensiverer Belüftung gearbeitet wird. Aus wirtschaftlichen Gründen begnügt man sich oft mit einer Teilreinigung, d. h. mit Belüftungszeiten von etwa einer Stunde.

Das Gemisch von Abwasser und abgebautem, noch aktivem Schlamm tritt schliesslich in ein sekundäres Absetzbecken über, wo sich die beiden Komponenten trennen: Das Abwasser fliesst mit dem gewünschten Reinigungsgrad in den Vorfluter ab. Der Schlamm wird auf kürzestem Weg zum grössten Teil in den Einlauf des Belüftungsbeckens als Impfschlamm zurückgegeben. Den überschüssigen Schlamm leitet man in das primäre Absetzbecken, wo er sich mit den mechanischen Verunreinigungen absetzt und durch Abpumpen in Faulräume übergeführt wird.

Die Grösse der Absetz- und Belüftungsbecken ist durch die nötigen Verweilzeiten gegeben; sie nehmen proportional mit der zu verarbeitenden Abwassermenge zu. Daneben ist der Verunreinigungsgrad des Abwassers für den biologischen Teil ebenfalls von Einfluss. Da beim Mischsystem bei starken Regenfällen sehr grosse Mengen anfallen, ergäben sich grosse Abmessungen und hohe Kosten, wenn alles Abwasser geklärt werden müsste. Um zu wirtschaftlich tragbaren Grössen zu kommen, sorgt man durch entsprechende Ueberlaufbauwerke, dass der Anfall, der einen gewissen Grenzwert überschreitet, vor der Kläranlage in den Vorfluter abfließt. Dieser Grenzwert liegt etwa beim drei- bis fünffachen des Trockenwetteranfalles.

c) Möglichkeiten der Schlammverarbeitung

Der zweckmässigen Beseitigung oder Verwertung des in Kläranlagen anfallenden Schlammes kommt immer grössere Bedeutung zu, je mehr Kläranlagen gebaut, je mehr also die so dringend nötigen und vom Schweizervolk gutgeheissenen Massnahmen zum Schutze unserer Gewässer vor Verschmutzung in die Tat umgesetzt werden. Dabei stellen sich nicht leicht zu lösende Probleme, wenn die Lösungen wirtschaftlich tragbar sein sollen. Ueber sie wurde schon früher ausführlich berichtet⁶⁾.

Eine erste Möglichkeit besteht in einem weiteren biologischen Abbau, also in der Fortsetzung des Klärprozesses, bis keine nennenswerten Mengen organischer Substanzen mehr vorhanden sind. Dazu wären aber viel Raum und grosse Mengen Luft erforderlich, wodurch sich beträchtliche Kosten ergäben. Für grössere Schlammengen kommt daher dieses Verfahren nicht in Frage, zumal in Stadtnähe, wo die Bodenpreise hoch sind.

Eine zweite Möglichkeit ist die Verbrennung. Dazu muss der Schlamm, der über 90 % Wasser enthält, vorerst genügend entwässert werden. Vorteilhaft ist eine Vermischung des entwässerten Schlammes mit Müll. Alsdann genügt es, die Trocknung bis zu einem Wassergehalt von 70 % vorzunehmen, bei dem der Schlamm stichfest ist. Die Verbrennung kommt in Frage, wo die Voraussetzungen für andere Verwertungsarten des Schlammes, insbesondere für eine Kompostierung, fehlen und Anlagen für die Kehrichtverbrennung vorhanden sind.

Der einfachste Weg ist die Ablagerung des Schlammes an geeigneten Stellen in nicht allzu grosser Entfernung der Kläranlagen, damit die Transportkosten tragbar sind. In weiträumigen Verhältnissen, wie sie im Ausland da und dort bestehen, mag das angehen, nicht aber in den engen Siedlungsräumen der Schweiz.

Je nach der Marktlage für Klärschlamm-Dünger kann eine Kompostierung wirtschaftlich interessant sein. Ihr hat in der Regel ein Faulprozess vorauszugehen. Dazu wird der noch flüssige Schlamm aus dem primären Absetzbecken der Kläranlage in luftdicht abgeschlossene Behälter gepumpt

⁶⁾ Dr. Rudolf Braun: Die Verarbeitung und Verwertung von Müll und Klärschlamm. SBZ 1959, H. 7, S. 89—97.

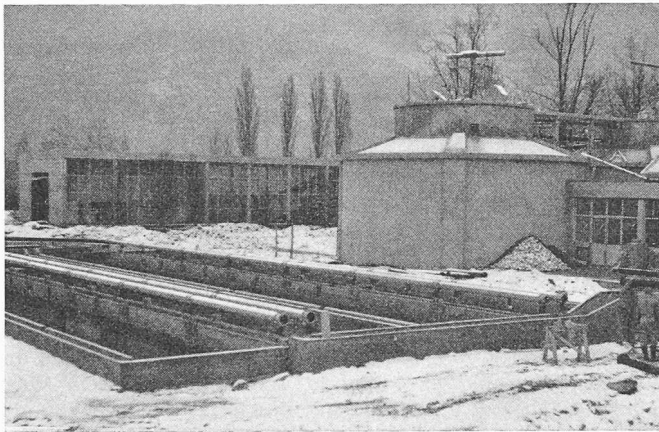


Bild 12. Klär- und Kompostierungsanlage Villette. Hinten das Gebäude mit dem Biostabilisator, vorn Absetzbecken, rechts Faulraum

(Bild 11), wobei die pflanzlichen und tierischen Stoffe durch Fäulnis-Bakterien zu einfacheren organischen Verbindungen abgebaut werden. Bei diesem Prozess wird Wärme frei, und es bilden sich Kohlenwasserstoffe, vor allem Methan, und Kohlendioxyd. Der selbe Vorgang spielt sich auch in der Natur in Mooren und auf dem Grund von Seen ab.

Um ein Bild über das Fortschreiten des Ausfäulvorganges bei einer Prozesstemperatur von 15 °C zu geben, sind in Tabelle 3 einige Zahlen über die Stoffveränderungen zusammengestellt. Die technische Ausfallgrenze ist nach 60 Tagen erreicht, wobei sich die organischen Stoffe von 53 auf 25 g/Einwohner u. Tag abgebaut haben. Wie ersichtlich, nehmen der Wassergehalt wenig, das Schlammvolumen sehr beträchtlich ab. Durch Erhöhen der Temperatur auf 25 bis 35 °C geht der Ausfäulvorgang doppelt so rasch vor sich. Zudem kann er einwandfreier im alkalischen Bereich gehalten werden.

Vielfach ist eine Ausfäulung in zwei Stufen angezeigt. Im Vorfaulraum, wo sich die erste Stufe vollzieht, läuft der eigentliche Faulprozess mit Vergasung der organischen Stoffe bei intensiver Heizung ab. Ein Rührwerk sorgt für genügendes Umrühren des Schlammes und zerstört die Schwimmschlammdecke, die sich sonst an der Oberfläche bilden würde. Die zweite Stufe, die in einem ungeheizten Nachfaulraum vor sich geht, besteht im wesentlichen in der Trennung des Faulwassers und des ausgefäulten Schlammes. Das klare Wasser wird in das primäre Absetzbecken zurückgeführt. Der Schlamm setzt sich im untern Teil des Nachfaulraumes ab und wird von dort durch eine Leitung periodisch abgelassen. Das wertvolle Methan-Kohlendioxyd-Gasgemisch (etwa 2 Teile CH₄ und 1 Teil CO₂) wird in Gasometern gesammelt und kann zum Heizen der Faulräume dienen. Es lässt sich auch dem Leuchtgas beimischen oder nach Auswaschen des Kohlendioxyds mittels Kompressoren unter hohen Druck setzen, in Flaschen abfüllen und als Treibstoff für Lastautos verwenden.

Der Faulschlamm ist nach Abschluss des Faulprozesses noch mit sehr viel Wasser vermischt. In dieser Form könnte er zwar ohne weiteres zum Düngen von Kulturland dienen, was aber nur bei kurzen Transportwegen wirtschaftlich vertretbar ist. In der Region von Genf ist diese Verwendungsart kaum möglich. Hier sind andere, für die Bezüger günstigere

Formen zu finden. Diese lassen sich nur durch Entwässern des Schlammes erreichen.

Das einfachste Entwässerungsverfahren besteht im Ausbreiten über eine grosse Grundfläche, so dass der Schlamm an der Luft trocknet. Es lässt sich in Stadtnähe meist nicht durchführen, weil der nötige Raum fehlt und der Umgebung die Geruchbelästigung nicht zugemutet werden darf.

Für eine Entwässerung bis zur Stichfestigkeit sind Vibrationssiebe oder langsam rotierende Vakuum-Trommeln in Gebrauch, deren unterer Teil in den Schlamm eintaucht; von diesem wird infolge der Drehung eine dünne Schicht nach oben gehoben, wodurch sich das Wasser ausscheidet. Ein Schälmesser schabt den entwässerten Schlamm von der Trommel ab.

Es sind auch Einrichtungen zum Trocknen des Faulschlammes geschaffen worden, bei denen das Gut über schiefe Wände im Gegenstrom zu aufsteigenden heissen Verbrennungsgasen herunterrieselt, dabei bis auf 800 °C erwärmt wird und so eine staubförmige, geruchlose Beschaffenheit annimmt. Leider sind diese Anlagen und ihr Betrieb sehr teuer.

Wird der Faulschlamm bis zur Stichfestigkeit entwässert, so kann er zusammen mit Müll in Mieten gelagert werden, in deren Innerem erst die Hauptverrottung stattfindet. Es sind das wiederum biologische Abbauvorgänge bei Temperaturen von 65 bis 70°. Nach einer Lagerung von drei und mehr Monaten kann der nunmehr ausgereifte Kompost als Dünger und Bodenverbesserungsmittel verwendet werden. Als Wärmespender für Triebbeete lässt sich auch verrotteter Rohkompost nach Entwässerung gebrauchen.

d) Gemeinsame Verarbeitung von Klärschlamm und Müll

In städtischen Verhältnissen, wo Klärschlamm und Müll in grossen Mengen anfallen und zu beseitigen sind, drängt sich eine gemeinsame Verarbeitung auf. So hatte die EAWAG schon in den Jahren 1955/56 im Auftrag verschiedener Kantonalen Verwaltungen ausgedehnte Versuche in dieser Richtung durchgeführt. Es hat sich dabei gezeigt, dass ausgefäulter Klärschlamm und Müll bei richtiger Mischung sehr wohl gemeinsam verarbeitet werden kann. Allerdings muss der Schlamm vor der Mischung auf etwa 70 % Wassergehalt entwässert sein. Alsdann liegt das günstigste Mischungsverhältnis bei zwei Gewichtsteilen Müll und einem Teil Schlamm. Die Verarbeitung erfolgt z. B. im Dano-Biostabilisator (Maschinenfabrik Dano, Kopenhagen) oder nach dem Verfahren der Maschinenfabrik Gebr. Bühler, Uzwil, oder nach anderen, für die Müllkompostierung entwickelten Prozessen. Hierauf soll bei der Beschreibung der Kehrichtverbrennung näher eingetreten werden.

Die Ergebnisse waren sehr befriedigend. Es konnte ein optimaler Rotteverlauf erzielt werden. Das Produkt enthielt mehr als doppelt so viel wirksame organische Substanz und rd. 50 % mehr laugenlösliche Humusstoffe als der gewöhnliche Müllkompost. Der Gehalt an Phosphor und Stickstoff konnte erhöht werden. Sehr wesentlich ist, dass die im Klärschlamm in beträchtlichen Mengen enthaltenen Unkrautsamen vollständig vernichtet werden.

Der für die Versuche verwendete Faulschlamm war in einem Vibrationseindicker entwässert worden. Vergleichsversuche mit Faulschlamm, der in den üblichen Schlamm-trocknungsbeeten bis zum gleichen Wassergehalt entwässert wurde, ergaben eine deutliche Ueberlegenheit des vibrierten Schlammes. Dieser weist ein grösseres Porenvolumen auf und lässt sich mit zerkleinertem Müll mühelos mischen und anschliessend verrotten, während der Trockenbeetschlamm Klumpen bildet, die weder bei der Mischung noch bei der nachfolgenden Verrottung zum Zerfall gebracht werden konnten.

Weitere Versuche sind mit unausgefäultem Schlamm durchgeführt worden, der durch Vibration entwässert wurde. Der Rotteverlauf war noch besser als bei Faulschlamm, und der so erhaltene Kompost wurde als hygienisch einwandfrei befunden. Es besteht also die grundsätzliche Möglichkeit, auf die teure Schlammausfäulung zu verzichten. Ob das im praktischen Betrieb unter den da herrschenden Bedingungen tatsächlich auch zutrifft, muss weiter geklärt werden.

Tabelle 3 Beispiel einer Schlammausfäulung bei 15 °C *)

Faulzeit	Tage	0	30	60	90	120
Tot. Feststoffe	%	95	90,5	87	84	82
Wassergehalt	g/ET **)	53	38	25	15	9
Organ. Stoffe	g/ET	22	22	22	22	22
Anorg. Stoffe	g/ET	75	60	47	37	31
Schlammvol.	l/ET	1,5	0,63	0,36	0,23	0,17

*) Nach A. Hörler im Aufsatz nach Fussnote 5)

**) ET Einwohner Tag

7. Die Kläranlage in Villette

Die Versuche der EAWAG, von denen soeben die Rede war, wie auch die Studien des Baudepartementes bilden nicht mehr als eine unerlässliche und wertvolle Grundlage. Für den Entwurf von Grossanlagen, die einfach, betriebs-sicher und robust sein müssen, die ungeschulte Arbeiter sollen bedienen können und die sich den unvermeidlichen Verschiedenheiten des zu verarbeitenden Schlammes anzupassen vermögen, sind noch viele Fragen zu klären. Das kantonale Baudepartement hat sich daher entschlossen, in Villette eine vollständige biologische Kläranlage zu erstellen und ihr eine Anlage zur Kompostierung von Klärschlamm-Müll-Gemischen anzugliedern. In dieser Pilot-Anlage soll der Anfall an Müll und Schlamm des gesamten Einzugsgebietes (Bild 3) industriell verarbeitet werden. Man will damit in erster Linie die Erfahrungen sammeln, die für Entwurf, Ausführung und Betrieb der geplanten Werke in Aire und Cheneviers erforderlich sind.

Die Kläranlage von Villette ist im Jahre 1960 unter Zusagelegung einer Bevölkerungszahl von 20 000 erstellt worden. Sie weist die oben beschriebenen Bauwerke auf. Der in ihr anfallende Faulschlamm wird so weit getrocknet, dass er stichfest ist, worauf er mit dem Müll gemischt und das Gemisch gemeinsam in einem Biostabilisator auf Kompost verarbeitet wird. Dieser Teil der Anlage ist für einen Müllanfall entsprechend einer Bevölkerungszahl von 30 000 bemessen worden. Durch die anschliessende Verrottung in Mieten wird ein Produkt erhalten, das gute Düngereigenschaften aufweist, haltbar, lagerbar, leicht transportierbar und ohne weiteres als Dünger verwendbar ist. Der Verkauf die-

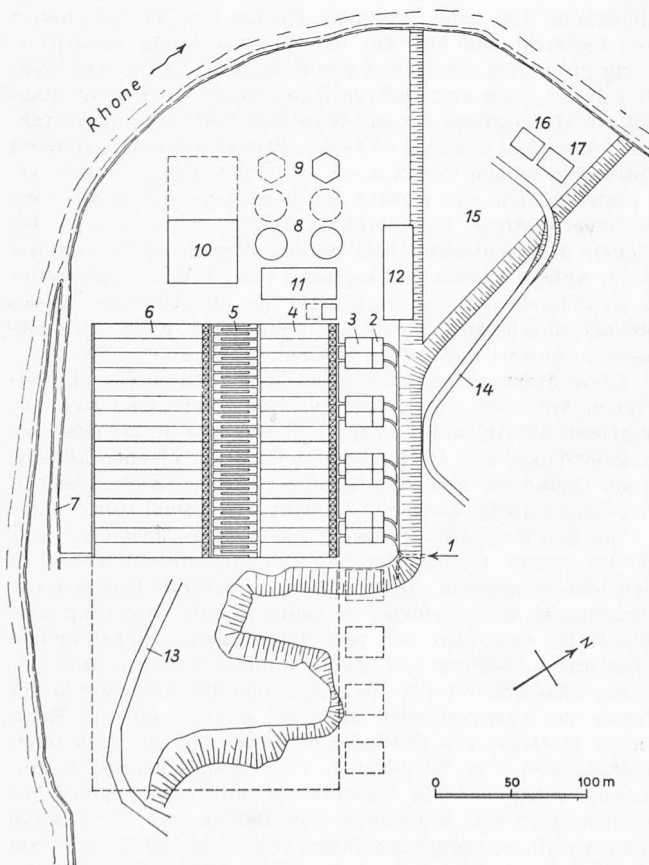


Bild 13. Lageplan der biologischen Kläranlage Aire, 1:5000

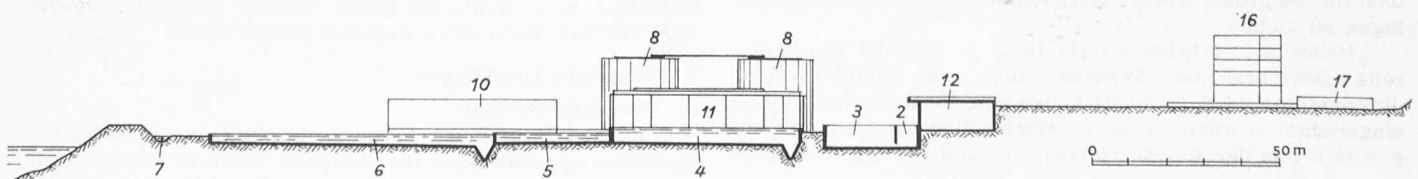


Bild 14. Querschnitt durch die Kläranlage Aire, 1:2000

ses Erzeugnisses wird in der Region von Genf keine Schwierigkeiten bereiten. Bild 12 gibt eine Uebersicht über die Anlagen in Villette.

Wie zu erwarten war, sind bei der Inbetriebsetzung verschiedene Probleme aufgetaucht, die schrittweise gelöst werden konnten. Eines davon verdient kurz beschrieben zu werden: Die Belästigung der Umgebung durch übelriechende Gase. Um diese aus der Welt zu schaffen, werden die Gase an allen Stellen, wo sie auftreten, abgesogen und in einen horizontalen Stollen geleitet, der 4 m unter der Erdoberfläche verläuft. Die Erdmasse wirkt dabei als Filter. Dieses einfache Verfahren hat sich gut bewährt.

Die Entwässerungsanlage für den Faulschlamm ist erst neulich in Betrieb gekommen; demzufolge konnte erst jetzt mit der gemeinsamen Verarbeitung von Faulschlamm und Müll begonnen werden.

8. Das Projekt der zentralen Kläranlage von Aire

Der Aufstellungsort dieses Werkes war durch den Grundflächenbedarf, die Höhenlage und die Nähe des Vorfluters bestimmt, für den nur die Rhone unterhalb der Wohnzonen in Frage kam. Es musste ein Grundstück gefunden werden, auf dem sich im Vollausbau eine Anlage entsprechend einer Einwohnerzahl von 800 000 errichten lässt. Dazu sind 15 Hektaren erforderlich. Das Baugelände soll möglichst tief, also nur wenig über dem Spiegel der gestauten Rhone bei Hochwasser liegen, um den Energiebedarf der Pumpen klein zu halten. Diesen Bedingungen entspricht die durch das Rhoneknie gebildete Halbinsel von Aire bei weitem am besten.

Um die Leistungsfähigkeit der Anlage den Bedürfnissen schrittweise anpassen zu können, die sich mit der Bevölkerungsvermehrung vergrössern, ist ein «Block»-System

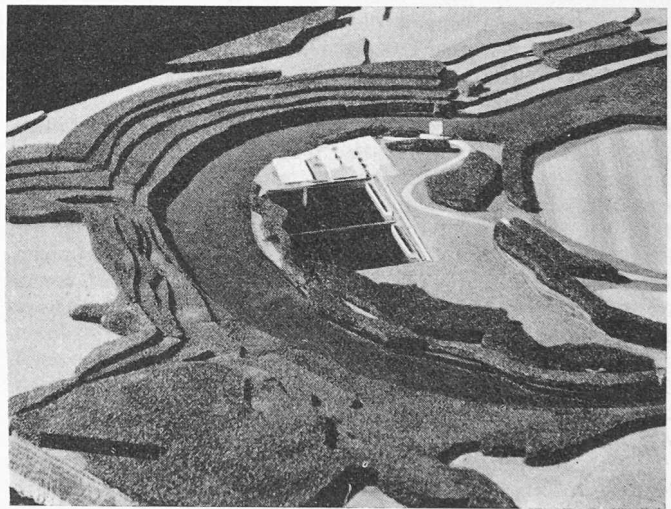


Bild 15. Kläranlage Aire, Modellansicht

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| 1 Abwasser-Zulaufkanal | 10 Schlamm-Entwässerungsanlage |
| 2 Oelabscheider | 11 Maschinenhaus |
| 3 Entsander | 12 Werkstätten |
| 4 Primäre Absetzbecken | 13 Chemin des Sellières |
| 5 Aktivschlamm-Becken | 14 Zufahrtsstrasse |
| 6 Sekundäre Absetzbecken | 15 Parkplatz |
| 7 Ablaufkanal | 16 Verwaltungsgebäude |
| 8 Faulräume | 17 Angestelltenwohngebäude |
| 9 Gasometer | |

mit rechteckigen Absetz- und Umwandlungsbecken in Aussicht genommen. Dabei lassen sich Einheiten entsprechend 25 000 Einwohner aneinander fügen. Die Bilder 13 u. 14 zeigen die Anordnung der einzelnen Anlageteile für eine Leistung entsprechend 400 000 Einwohner mit Ausdehnungsmöglichkeit für eine Verdoppelung des Abwasseranfalles, Bild 15 gibt eine Ansicht des Modells.

Das günstige Gelände erlaubt, die verschiedenen Becken, die vom Abwasser durchlaufen werden, auf gleicher Höhe und unter bester Raumausnutzung anzuordnen, so dass mit minimalen Pumpenleistungen auskommen ist. Grundsätzlich sind die selben Einrichtungen vorgesehen, wie sie oben für normale Kläranlagen beschrieben wurden, nämlich Beseitigung von groben Verunreinigungen mittels Sieben, weiter Entsander und Oelabscheider, dann die primären Absetzbecken (vorerst 16, im Vollausbau 32), die Belebtschlammbecken und schliesslich die sekundären Absetzbecken.

Auf Empfehlung der EAWAG soll auch eine Anlage für das Ausfalten des Schlammes errichtet werden. Noch im Studium sind die Verfahren und Einrichtungen für die Entwässerung des Faulschlammes, für den Transport des entwässerten Schlammes nach Cheneviers, für die Vermischung mit Müll sowie die Kompostierung des Gemisches. Man stützt sich dabei auf die Versuchs- und Betriebsergebnisse von Vilette sowie auf Informationen aus ähnlichen Anlagen in den USA.

Ausser den genannten Einrichtungen sind im Bauprogramm noch verschiedene zusätzliche Gebäude vorgesehen, wie ein Maschinenhaus, Gasometer für Methan und Werkstätten; etwas abseits ein Verwaltungsgebäude, ein Gebäude für Angestellte und eine Zufahrtsstrasse.

II. Die Verarbeitung der festen Abfälle

1. Gesichtspunkte für die Projektierung

Das Baudepartement des Kantons Genf hat die Frage der Kehrichtverwertung⁷⁾ in den letzten Jahrzehnten eingehend verfolgt. Die verschiedenen Vorstudien führten zur Einsicht, dass das Problem nicht nur für die Stadt allein, sondern für die ganze Region von Genf gelöst werden müsse, dass es die Verarbeitung aller festen Abfälle aus Haushaltungen, Gewerbe, Industrien wie auch die des Schlammes aus den Abwasserkläranlagen zu umfassen habe und dass dabei die Frage des Transportes ebenfalls zu klären sei. Auf Empfehlung einer vom Baudepartement ernannten Expertenkommission stimmte der Staatsrat am 4. Juli 1961 einem Kreditbegehren in der Höhe von 150 000 Fr. für die Ausarbeitung eines Vorprojektes durch eine besondere Studiengruppe zu. Dieses Projekt konnte im März 1962 dem Baudepartement vorgelegt werden. Es bildet einen Teil des kantonalen Programms für die Sanierung des Abwasser- und Abfuhrwesens.

Das Kantonsgebiet ist zunächst in eine ländliche und in eine städtische Zone eingeteilt worden. In der ersten ist der Kehrichtanfall gering, und die Abfuhr bietet keine Schwierigkeiten, weshalb sie hier nicht näher verfolgt werden soll. Die städtische Zone gliedert sich nach Bild 16 in drei Teile mit den Sammel- und Verarbeitungswerken Cheneviers, Vilette und Richelien. Diese Aufteilung drängte sich einerseits aus technischen Gründen auf; andererseits bot sie die Möglichkeit einer raschen Verwirklichung und einer beträchtlichen Verringerung der Transportkosten. Die Werke Vilette und Richelien sind von kleinerer Leistung; sie liessen sich einfach aufbauen und rasch erstellen. Sie bieten wertvolle Gelegenheiten, die Verfahren im praktischen Betrieb auszuprobieren, Erfahrungen zu sammeln und so die Studien für die grosse Anlage von Cheneviers auf sichere Grundlagen zu stellen.

Ueber die Kehrichtverarbeitung in Vilette wurde bereits oben berichtet. Während dort eine Kompostierung durchgeführt wird, ist in Richelien eine Verbrennungsanlage eingerichtet worden. Diese unterschiedliche Behandlung ergab sich aus der Bevölkerungsdichte und der Art des Keh-

⁷⁾ Im Deutschen wird statt «Kehricht» auch das Wort «Müll» gebraucht. Beide Wörter meinen dasselbe.

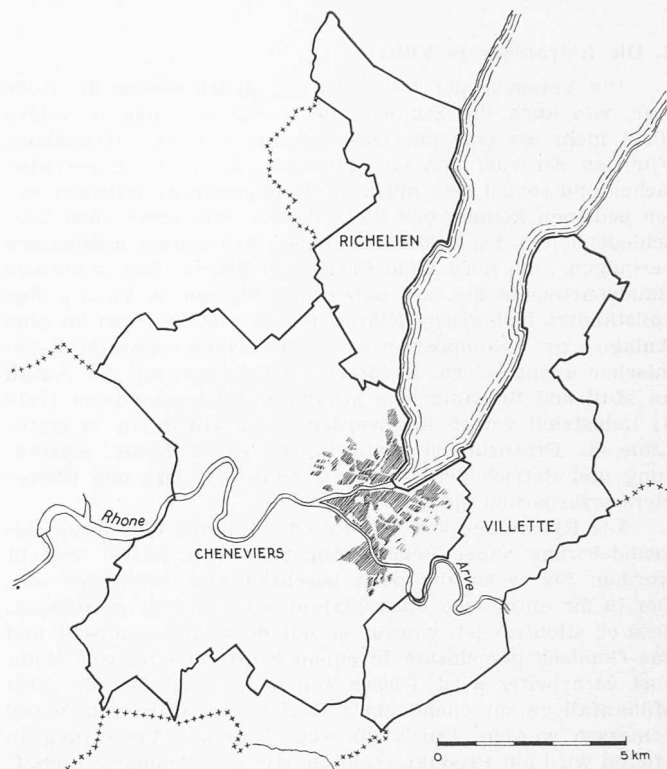


Bild 16. Zoneneinteilung für die Kehrichtabfuhr, 1:200 000

richtanfalls. Das eher ländliche Gebiet von Vilette liefert einen Kehricht, der sich für die Kompostierung verhältnismässig gut eignet. Im Gebiet von Richelien war die Anwesenheit von Oel, Teer und anderen Kohlenwasserstoffen im Kehricht ein Hauptgrund für die Wahl des Verbrennungsverfahrens. Ausserdem erschien es dem kantonalen Baudepartement richtig, auf seinem Gebiet auch eine Pilot-Anlage dieser Art zu erstellen. Um sie einfach zu gestalten, wurde auf eine Wärmeverwertung verzichtet. Dadurch ergaben sich bei gleichem Kehrichtanfall fast gleiche Erstellungskosten wie für die Anlage Vilette. Massgebend für die Wahl war weiter das Fehlen von Abwasserschamm, da die Abwässer dieses Gebietes durch die grosse Sammelleitung nach Aire abfliessen, um dort geklärt zu werden.

Diese Massnahmen stehen im Gegensatz zu der oft vertretenen Meinung, die Kehrichtverbrennung eigne sich nur für grosse Städte, während für kleinere Orte Kompostierung vorzuziehen sei. Das Beispiel der in Genf getroffenen Lösung, die auf Grund der örtlichen Gegebenheiten entwickelt wurde, dürfte für manche andere Orte richtungweisend sein.

Bei der Bearbeitung des Projektes für Cheneviers war auf die rasche Bevölkerungsvermehrung im Kanton Genf Rücksicht zu nehmen, sowie auf den Umstand, dass sich der Schwerpunkt immer mehr in südwestlicher Richtung verschiebt. Es war also auf reichliche Erweiterungsmöglichkeiten und ausserdem auf städtebauliche Gesichtspunkte zu achten. Massgebend für die Leistungsfähigkeit waren die jährlich zu verarbeitenden Mengen. Auf Grund von Erhebungen in Genf, von Schätzungen über die zu erwartende Zunahme und von Vergleichen mit entsprechenden Untersuchungen bei anderen Städten ist mit einem jährlichen Kehrichtanfall pro Einwohner von 190 bis 210 kg und mit einem Anfall an Industrieabfällen von 30 bis 40 kg pro Jahr und Einwohner gerechnet worden. Die Einwohnerzahl der ganzen Region beträgt heute rd. 250 000; sie kann, wie aus Tabelle 1 hervorgeht, bis gegen 800 000 ansteigen, welche Zahl für den Endausbau zugrundegelegt wurde.

2. Technische Grundlagen

a) Wärmeverwertung

Mit der im grossen Massstab durchgeführten Kehrichtverbrennung stellt sich die Aufgabe einer zweckmässigen Verwertung der dabei freiwerdenden Energie. Eine solche Verwertung ist nur bei genügender Grösse der Anlage wirt-

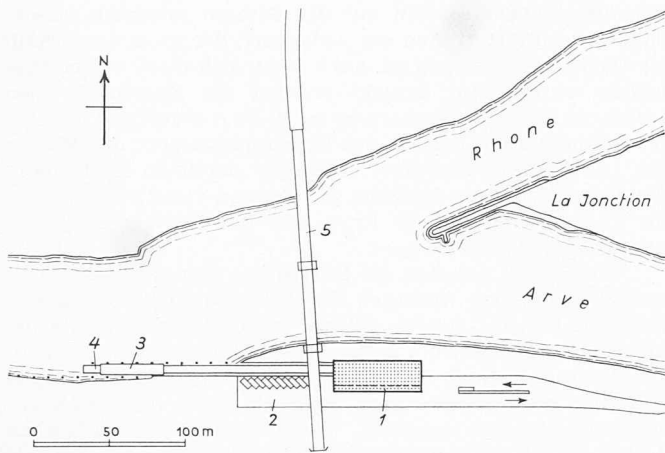


Bild 17. Lageplan der Verladeanlage bei La Jonction, 1:5000

- | | |
|----------------|-----------------------|
| 1 Verladehalle | 4 Schubboot |
| 2 Parkplatz | 5 Eisenbahnbrücke SBB |
| 3 Lastkahn | |

schaftlich interessant, nämlich nur dann, wenn sich die Aufwendungen für die dazu nötigen zusätzlichen Anlagen durch die Einnahmen aus dem Energieverkauf decken lassen. Zu klären bleibt die Frage, welche Energieform sich am besten eignet.

Naheliegender wäre die Versorgung eines städtischen Heiznetzes mit Dampf oder Heisswasser, wie das in andern Städten bereits mit gutem Erfolg ausgeführt wurde. Diesbezügliche Berechnungen haben ergeben, dass die Kehrichtverbrennung allein für einen wirtschaftlichen Betrieb nicht genügt. Vielmehr müsste sie durch eine thermische Zentrale von drei- bis viermal grösserer Leistung ergänzt werden, um eine optimale Wirtschaftlichkeit zu erzielen. Das rührt davon her, dass die zu installierende Leistung wegen den sehr grossen Schwankungen im Wärmebedarf einer städtischen Versorgung nur sehr wenig ausgelastet ist. Die Erhebungen haben ergeben, dass sich in Genf der Kreis der Wärmebezügler, der für eine so grosse Leistung nötig wäre, nur sehr schwer finden lässt: Das Gebiet von La Praille, das in erster Linie in Frage käme, genügt nicht; das Spital hat schon seine eigene Wärmeversorgung. Anderweitige Grossabnehmer liegen zu weit weg. Um die Wirtschaftlichkeit des Betriebs zu verbessern, müsste die Raumheizung durch eine ganzjährige Wärmelieferung, z. B. durch Abgabe von warmem Gebrauchswasser in genügendem Umfang ergänzt werden. Ein empfindlicher Nachteil einer Wärmelieferung für Städteheizung besteht darin, dass sich der Betrieb den jeweiligen Wärmebedürfnissen anpassen muss und nicht nach Massgabe des Kehrichtanfalles geführt werden kann, woraus

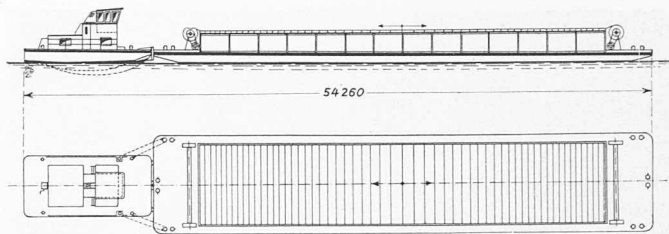


Bild 19. Lastkahn mit Schubboot, 1:660

sich die Notwendigkeit ergibt, den Kehricht zu stapeln. Das ist aber mit erheblichen zusätzlichen Einrichtungen und Kosten verbunden.

Demgegenüber erweist sich die Elektrizitätserzeugung als vorteilhaft. Tatsächlich wächst der Verbrauch an elektrischer Energie in Genf schneller als der mittlere Bedarf der Schweiz. Er verdoppelt sich in etwa zehn Jahren, weshalb jede wirtschaftlich vertretbare Erzeugungsmöglichkeit willkommen ist. Da die Leistungsfähigkeit der Kehrichtverbrennungsanlage nur 2 bis 3 % des Bedarfs ausmacht, kann der Betrieb nach Massgabe des Kehrichtanfalles geführt werden und hat sich nicht nach dem Stromverbrauch zu richten. Günstig ist insbesondere der Umstand, dass er samstags und sonntags eingestellt werden kann, indem alsdann auch der Stromverbrauch kleiner ist.

b) Die Verarbeitung zu Kompost

Allgemein besteht ein grosses Interesse, neben der Verbrennung auch eine Kompostierung durchzuführen, einerseits um der Landwirtschaft ein wichtiges Düngemittel zur Verfügung stellen zu können und andererseits, um eine nicht unbedeutende Einnahmequelle zu erschliessen. Im Vordergrund steht die gemeinsame Kompostierung des Mülls mit entwässertem Faulschlamm. Ueber diesbezügliche Versuche, die die EAWAG früher durchgeführt hatte, wurde schon oben berichtet. Im Jahre 1960 sind in Zusammenarbeit mit der EAWAG in Genf Grossversuche vorgenommen worden. Inzwischen wurde die Anlage Vilette gebaut, die nun erlaubt, das Problem in industriellem Massstab zu bearbeiten und auch die Frage der Gestehungskosten zu klären.

Wie bei der Wärmelieferung stellt sich auch hier die Frage der Sicherung des Absatzes. Dazu sind eingehende Verhandlungen mit den Kreisen der Landwirtschaft, hauptsächlich mit dem «Cercle des Agriculteurs» geführt worden. Frühere Berichte haben dargetan, dass eine dem Kompostanfall theoretisch entsprechende Kulturfläche auf kantonalem Boden durchaus vorhanden ist. Wenn der Kompost zu genügend niedrigem Preis geliefert werden kann, dürfte er für die Landwirtschaft wirtschaftlich interessant sein, besonders für den Garten-, Gemüse- und Weinbau. Tatsächlich haben die

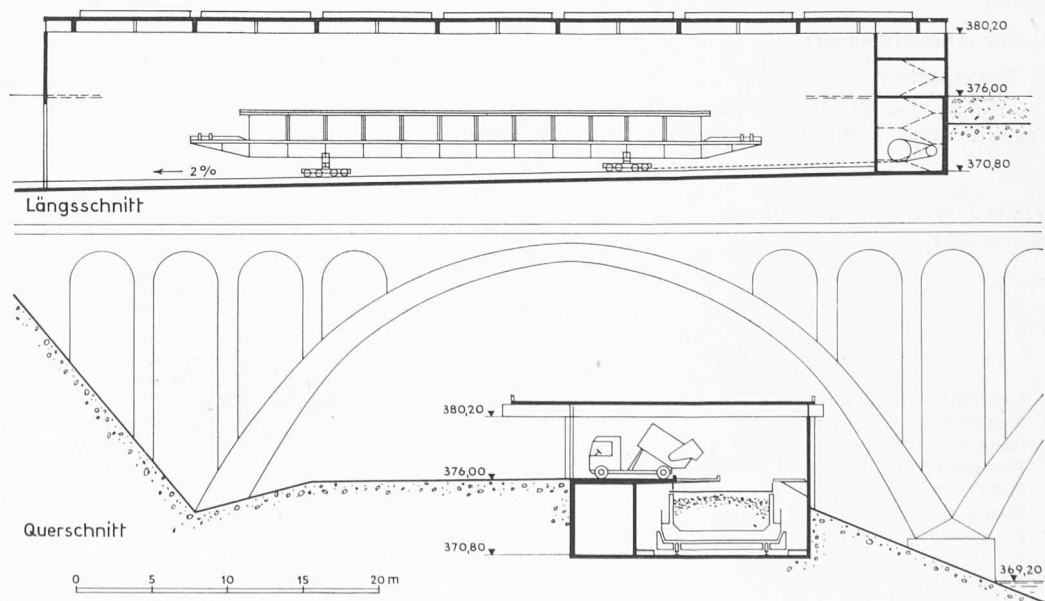


Bild 18. Längs- und Querschnitt durch die Verladeanlage bei La Jonction mit Heberampe für die Lastkähne
Masstab 1:500

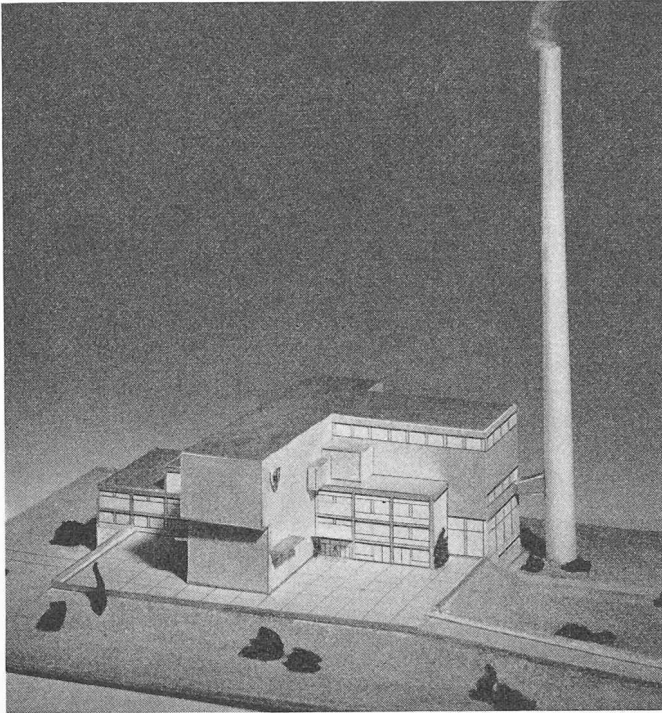


Bild 20. Modellansicht des Werkes Cheneviers

Landwirte verschiedentlich ihr Interesse an solchen Lieferungen bekundet.

Die Absatzaussichten sind im Kanton Genf namentlich für den aus Müll- und Faulschlammgemisch hergestellten Kompost günstig. Das hängt einerseits mit der intensiveren Bodenbewirtschaftung, mit der Zunahme des Garten- und Gemüsebaues und dem Rückgang der Viehhaltung zusammen. Andererseits weist der durch Mischung erzeugte Kompost jene Eigenschaften auf, die ihn befähigen, das durch die forcierte Nutzung zerstörte Gleichgewicht wieder herzustellen und zu erhalten.

c) Die Rückstände

Jede Kehrichtverwertungsanlage erzeugt nicht nur nützlichen Kompost, sondern auch Schlacke und andere Rückstände. Diese müssen in geeigneter Form abgelagert werden. Ausserdem fallen Abfallstoffe aus Wohnungen, Gewerben (z. B. Gips- und Malerwerkstätten), Industrien (vor allem chemischen Werken) an, die weder verbrannt noch kompostiert werden können. Die Frage der Ablagerung solcher Abfälle muss also im Zusammenhang mit denen der Kehrichtverwertung geklärt werden, und es sind die nötigen Ablagerungsplätze sicherzustellen.

3. Der Aufstellungsort

a) Transportart

Die Studien der Expertenkommission von 1961 haben die Vorteile eines Kehricht-Transportes auf dem Wasserweg

gegenüber einem solchen auf der Strasse erkennen lassen. Danach rechtfertigt sich ein Anlageort, der ganz ausserhalb der Wohnzonen gelegen ist, auch wenn sich diese weiter ausdehnen werden. Im Projekt wurden die Kosten für den Transport auf dem Wasserweg zu 10 Fr./t ermittelt. Die Expertenkommission hat für den Strassentransport mit Kosten von 1,57 Fr./tkm gerechnet. Bei einer mittleren Entfernung von 20 km und einer Nutzlast pro Camion von 2 t ergibt sich ein Kostenbetrag von 16 Fr./t, also das 1,6-fache des Betrages bei Wassertransport.

Tatsächlich müssten die Kosten des Strassentransportes zusätzlich mit den Auslagen für den zusätzlichen Strassenunterhalt belastet werden. Weiter wäre die schon heute bestehende Verkehrsdichte zu berücksichtigen, ebenso der heutige Strassenzustand. Das alles sind Umstände, die sich nicht in Zahlen ausdrücken lassen, aber eindeutig zugunsten des Wassertransportes sprechen. Wenn auch die tatsächlichen Kosten bei dieser Transportart höher ausfallen werden, als sie die Kommission geschätzt hatte, so bleiben deren Schlussfolgerungen dennoch gültig.

Der zur Anwendung empfohlene Wassertransport erlaubt, die Möglichkeiten des städtischen Abfuhrwesens aufs beste auszunützen, denn bei ihr lässt sich ein Verladequai in unmittelbarer Nähe des Schwerpunktes des Anfallgebietes anordnen, wie er von der Expertenkommission festgestellt worden war. Dieser Ort befindet sich auf dem linken Arveufer bei La Jonction.

b) Die Gründe, die für eine Aufstellung in Cheneviers sprechen

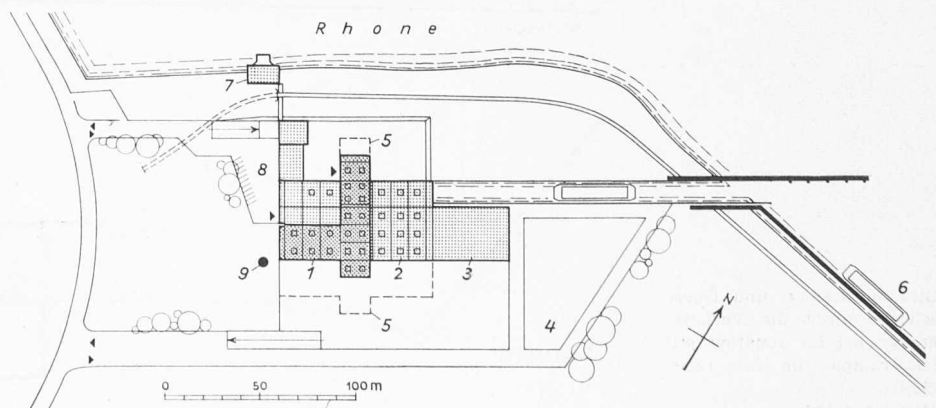
Beim Wassertransport entstehen die hauptsächlichsten Kosten am Lade- und am Entladeort: Die Anlagekosten sind dort bedeutend und Betriebskosten treten fast nur dort auf. Demgegenüber verursacht die Länge des Transportweges nur geringe Kosten. Diese Feststellung hat dazu geführt, den Aufstellungsort der Verbrennungszentrale möglichst weit aussen zu wählen, um die Kosten für die Schlackenabfuhr klein zu halten. Da der Raum für das Ablagern der Abfälle unterhalb des Stauwehres von Verbois angeordnet werden muss, um das Grundwasser nicht zu verunreinigen, wurde die Kehrichtverbrennungsanlage unmittelbar oberhalb dieses Wehres vorgesehen.

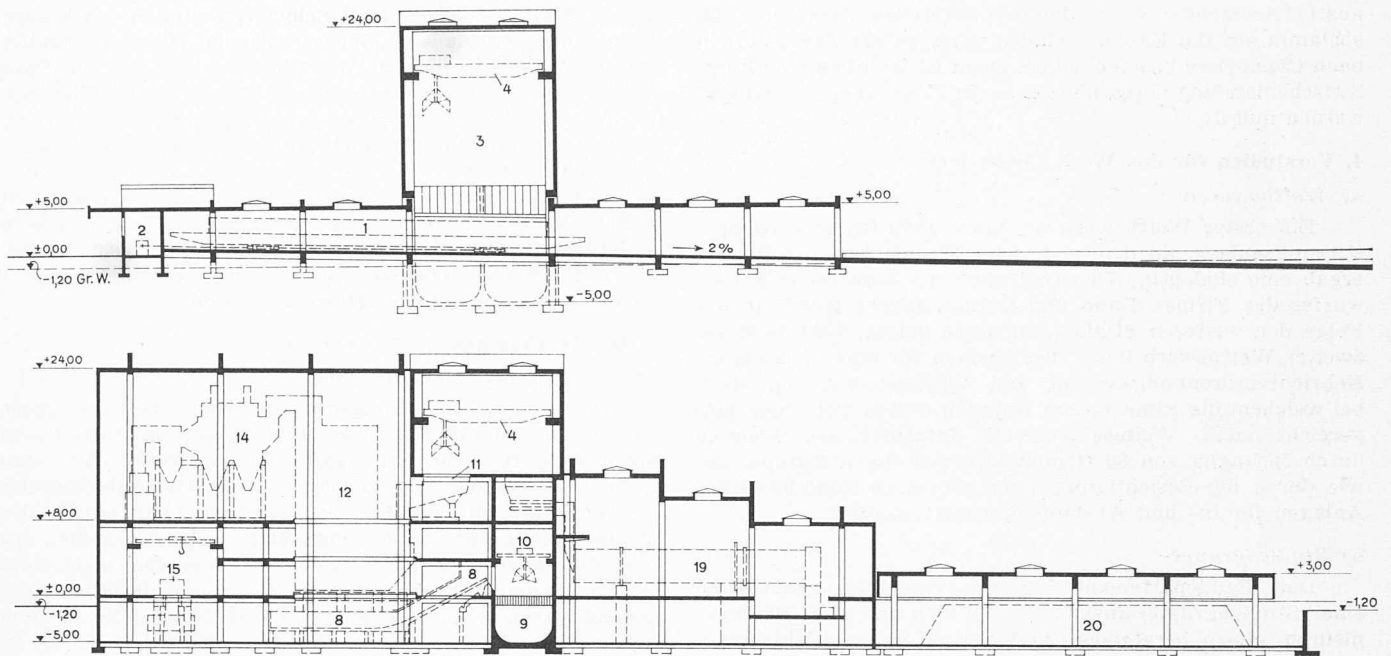
Grundsätzlich wäre ein Zusammenbau der Kehrichtverwertungsanlage mit der Abwasserreinigungsanlage, wie er in Vilette verwirklicht wurde, die ideale Lösung. Im Falle von Genf müssten dabei aber die Schlacken und der Kompost per Camion über verhältnismässig weite Strecken transportiert und es müsste eine besondere Schaltstation für den Anschluss an das elektrische Netz erstellt werden.

Der Hauptgrund für die Aufstellung in Cheneviers oberhalb des Kraftwerkes Verbois liegt im verfügbaren Raum: Nur an dieser Stelle lassen sich die Anlagen ohne räumliche Behinderung anordnen und Landreserven für spätere Erweiterungen bereitstellen. Vorteilhaft ist weiter die unmittelbare Nähe der Zentrale Verbois, von welcher aus die Energieerzeugergruppe gesteuert werden kann, sowie die ländliche Umgebung hinsichtlich des Kompostabsatzes. Die Verbindung mit der Abwasserreinigungsanlage lässt sich in durch-

Bild 21. Lageplan des Werkes Cheneviers, 1:4000

- 1 Kehrichtverbrennung
- 2 Kompostierung
- 3 Gedecktes Kompostlager
- 4 Kompostlager im Freien
- 5 Erweiterung
- 6 Hafen für Lastkähne
- 7 Pumpstation
- 8 Parkplatz
- 9 Hochkamin





Bilder 22a und b. Längsschnitte A und B durch die Werkanlagen Cheneviers, 1:800

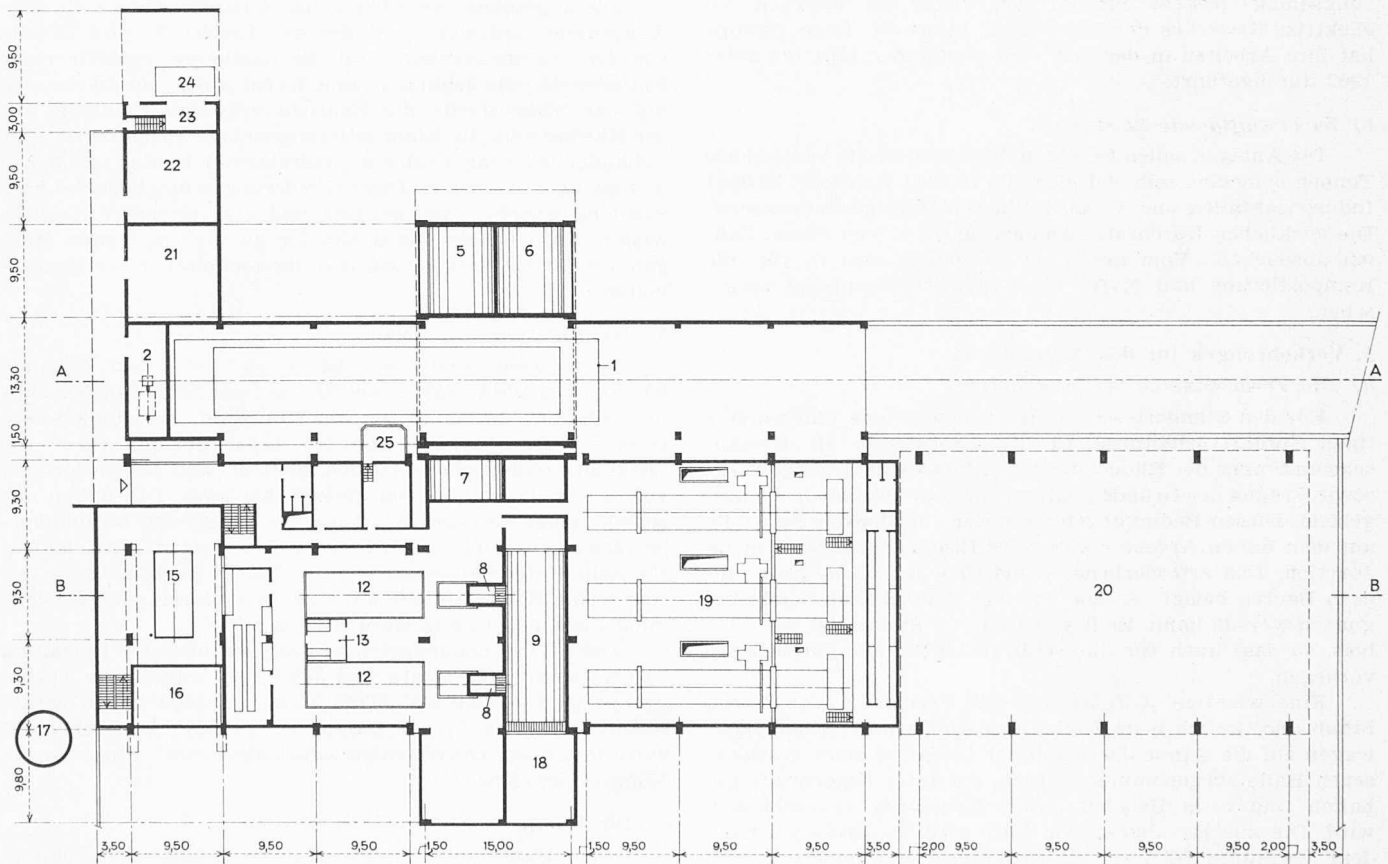


Bild 23. Grundriss der Werkanlagen Cheneviers, 1:800

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1 Lastkahn | 13 Kommandostand |
| 2 Winde | 14 Elektrostatische Filter |
| 3 Entladehalle | 15 Turbo-Generatorgruppe |
| 4 Laufkran für Kehricht | 16 Werkstätte |
| 5 Silo für sperrige Güter | 17 Hochkamin |
| 6 Kehrichtsilo | 18 Schlacken-Verladeplatz für Camions |
| 7 Silo für zermalmtes und ausgesiebtetes Sperrgut | 19 Biostabilisatoren Dano/Bühler |
| 8 Schlackenkanal | 20 Gedeckte Kompostmieten |
| 9 Schlackensilo | 21 Trafostation |
| 10 Laufkran für Schlacke | 22 Garage |
| 11 Einfülltrichter für Müll zu 12 | 23 Kommandobrücke |
| 12 Verbrennungsöfen v. Roll | 24 Brückenwaage |

aus befriedigender Weise dadurch herstellen, dass der Faulschlamm auf die Kähne verladen wird, welche den Kehrriech nach Cheneviers bringen sollen. Dazu ist lediglich eine kurze Zwischenlandung nötig, ohne dass die Fahrstrecke verlängert werden müsste.

4. Vorstudien für das Werk Cheneviers

a) Wettbewerbe

Ein erster Wettbewerb im Jahre 1960 für eine Kompostierungsanlage, an dem sich zehn Firmen beteiligt hatten, ergab eine eindeutige Überlegenheit des kombinierten Entwurfes der Firmen Dano und Bühler. Dieser wurde in der Folge den weiteren Studien zugrunde gelegt. 1961 fand ein zweiter Wettbewerb unter drei Firmen für eine vollständige Kehrriechverbrennungsanstalt mit Wärmeverwertung statt, bei welchem die Firma L. von Roll den besten Vorschlag eingereicht hatte. Weitere wertvolle Informationen konnten durch Befragen von 80 Gemeindeverwaltungen Europas sowie durch die Besichtigung einer grösseren Zahl ähnlicher Anlagen im In- und Ausland beschafft werden.

b) Studiengruppe

Das Baudepartement hat die Projektierungsarbeiten einer Studiengruppe anvertraut, die sich aus zwei Bauingenieuren, einem beratenden Architekten, einem Elektroingenieur, einem Geotechniker, einem Geometer, einem Kahnbauer, der Firma von Roll für die Kehrriechverbrennungsanlage und den Firmen Dano und Bühler für die Kompostierungsanlage besteht. Sie hat sich weiter die Mitarbeit des Elektrizitätswerkes der Stadt Genf gesichert. Diese Gruppe hat ihre Arbeiten in der Zeit vom September 1961 bis März 1962 durchgeführt.

c) Zu bewältigende Leistungen

Die Anlagen sollen für einen Jahresdurchsatz von 100 000 Tonnen bemessen sein, der sich aus 70 000 t Kehrriech, 20 000 t Industrieabfällen und 10 000 t Klärschlamm zusammensetzt. Die wirklichen Durchsätze können bis 10 % von diesen Zahlen abweichen. Vom gesamten Durchsatz sind $\frac{1}{3}$ für die Kompostierung und $\frac{2}{3}$ für die Kehrriechverbrennung vorgesehen.

5. Vorkehrungen für den Antransport

a) Die Verladeanlage bei La Jonction

Für den Standort waren die gegenwärtigen und zukünftigen Zufahrtverhältnisse für die Lastwagen, die Niveauschwankungen der Rhone, die mögliche Geschiebeablagerung, sowie Fragen des Grundeigentums und des Städtebaues massgebend. Diesen Bedingungen entspricht am besten die Stelle auf dem linken Arveufer unter der Eisenbahnbrücke von La Jonction. Das erforderliche Grundstück ist durch keine andern Bauten belegt, so dass mit den Bauarbeiten sofort begonnen werden kann. Es liegt bereits im Staugebiet von Verbois, so dass auch für die Schifffahrt günstige Verhältnisse vorliegen.

Eine wichtige Aufgabe ist das Vermeiden von Lärm, Staub und Geruch beim Umlad des Kehrriechs von den Lastwagen auf die Kähne. Dazu soll der Umlad in einer geschlossenen Halle vorgenommen werden, die unter Unterdruck gehalten und beim Beladen durch Rollstoren abgeschlossen wird. Die aus ihr abgesogene Luft wird im Erdboden nach dem Verfahren filtriert, das in Villette ausprobiert wurde. Die Leistungsfähigkeit ist für eine Einwohnerzahl von 600 000 ausreichend. Die Bilder 17 und 18 vermitteln einen Begriff der projektierten Verladeanlagen.

b) Das Transportsystem für den Kehrriech

Vergleichende Studien haben ergeben, dass die Lösung mit einem Schubboot und vier Lastkähnen am vorteilhaftesten ist. Auf Grund eines genauen Fahrplanes konnte festgestellt werden, dass ein einziges Schubboot genügt. Ein Transport in Behältern (Container) würde wesentlich kostspieliger und umständlicher ausfallen. Sein einziger Vorteil wäre der staubfreie Verlad im Freien. Für den Umlad ist vorgesehen, die Lastkähne auf Rollschmel über eine leicht geneigte Fahrbahn an den Verladeort in der Halle hineinzu-

ziehen. Man vermeidet damit Schwierigkeiten, die sich durch Niveauunterschiede des Wasserspiegels ergeben könnten. Weiter ist es so möglich, die Öffnung für den Lastkahn durch elektromechanisch betätigte Storen zu verschliessen, womit jegliche Belästigung der Umgebung durch Lärm, Staub, Geruch und auch jegliche Verschmutzung des Wassers ausgeschlossen ist.

Der Schifffahrtsweg verläuft im Stauraum des Kraftwerkes Verbois, wo der Fluss nur langsam fliesst und keine anderweitige Schifffahrt besteht. Es ist also grösste Sicherheit geboten. Bei Nebel wird mit Radar gefahren. Auf Bild 19 ist ein Lastkahn mit Schubboot dargestellt.

6. Die Werkgruppe in Cheneviers

a) Die Anordnung der Anlagen

Der genaue Aufstellungsort der Gesamtanlage in Cheneviers ergab sich unter Berücksichtigung einerseits der Raumbedürfnisse für eine Schifffahrtsschleuse neben dem Stauwehr von Verbois und andererseits der flussbautechnischen Gegebenheiten für den Bau des Schifffahrtskanals, auf dem die Lastkähne zur Verwertungsanlage gelangen sollen. Insbesondere darf der Zugang zu diesem Kanal sich nicht durch Geschiebeablagerungen mit der Zeit verschliessen. Massgebend waren weiter die Baugrundverhältnisse, die Möglichkeit späterer Erweiterungen und der Umstand, dass das beanspruchte Grundstück der Gemeinde Aire-La-Ville gehört, die mit dem Bauvorhaben grundsätzlich einverstanden ist. Bild 21 zeigt den Lageplan der vorgesehenen Werke.

Die allgemeine Anordnung der Anlagen, welche die Studiengruppe vorschlug, geht aus den Bildern 22 und 23 hervor. Der Zuführungskanal für die Lastkähne endet in einer Entladehalle, die senkrecht zum Kanal steht und an die sich auf der Südwestseite die Kehrriechverbrennungsanlage, auf der Nordostseite die Kompostierungsanlage anschliessen. Der Gebäudegliederung liegt ein quadratischer Raster von 9,5 m Seitenlänge zu Grunde. Diese Gliederung ermöglicht die Verwendung gleicher Bauelemente und erlaubt einen etappenweisen Ausbau nach Massgabe der zu verarbeitenden Mengen, der Betriebsergebnisse und der technischen Notwendigkeiten.

b) Die Kehrriechverbrennung

Vorgesehen sind zwei Einheiten mit einer Gesamtleistung von 200 t in 24 h bzw. 88 000 t pro Jahr. Das Hochkamin soll von Anfang an für vier Einheiten, also für die doppelte Leistung bemessen werden. Diese Lösung wurde vor allem aus ästhetischen Gründen gewählt, weil ein Kamin sich viel besser in die Gegend einfügt als zwei. Die Frage der Rauchbildung und der Belastung der Umgebung bei den vorherrschenden Windverhältnissen wurde geprüft. Da elektrostatische Filter verwendet werden, führen die Rauchgase nur sehr wenig Schwebestoffe mit sich, so dass von einer Belästigung nicht gesprochen werden kann.

Jeder Verbrennungssofen vermag bei höchster Belastung 25 t/h Dampf von 32 atü und 375 °C zu liefern. Die Turbo-Gruppe ist für 6200 kW (7750 kVA) bei 3000 U/min vorgesehen, wobei sie 31 t/h Dampf verarbeitet. Der Abdampf wird in einem Oberflächenkondensator mit Flusswasserkühlung kondensiert.

c) Die Kompostierungsanlage

Beim Dano-Stabilisator-Verfahren gelangt der Rohmüll vorerst in Bunker und wird von dort auf einem Förderband in den Biostabilisator gebracht. Zum Ausleeren der Asche wird bei Bedarf ein Rüttelsieb vorgeschaltet. Der Klärschlamm kann in stichfestem Zustand auf dem Förderband oder unmittelbar vor dem Stabilisator dem Müll in genau dosierter Menge beigemischt werden.

Der Biostabilisator stellt eine bewegliche Gärzelle dar, in welcher intensive biologische Abbauprozesse stattfinden. Durch die langsame Rotation zermahlen sich die Müllbestandteile von selbst. Durch die Zugabe von Klärschlamm erhält der Müll jene optimale Feuchtigkeit, bei der sich die Mikroorganismen am besten entwickeln können. Ein Ventilator fördert Luft ins Innere des Stabilisators und gewährleistet dadurch einen aeroben Abbau und damit eine Ver-

rottung des Müll-Klärschlamm-Gemisches. Die Abgase aus der Trommel bestehen aus Wasserdampf, Kohlendioxid und Luft.

Das Gut verbleibt 3 bis 5 Tage im Biostabilisator. Durch die Abbauvorgänge in der Trommel entstehen Temperaturen bis rd. 60 °C, wodurch Unkrautsamen, Wurmeier und pathogene Keime weitgehend vernichtet werden. Nach Abschluss des Prozesses verlässt der «Rohkompost» die Gärtrommel. Ein Magnetabscheider entzieht ihm die Eisenbestandteile; ein Gravitationsabscheider entfernt wesentliche Anteile an Glas- und Keramikscherben. Ein Rüttelsieb scheidet die feinen Kompostteile aus, die in Mieten gelagert werden. Die ausgesiebten grösseren Bestandteile gelangen in die Kehrichtverbrennungsöfen.

Die Hauptverrottung findet erst in den Mieten statt, in deren Innerem wiederum durch biologische Abbauvorgänge Temperaturen bis zu 70 °C entstehen. Erst nach etwa dreibis viermonatiger Lagerung kann der ausgereifte Kompost als Dünger abgegeben werden.

Für die Anlage in Genf sind drei Kompostierungseinheiten mit einer Jahresleistung von je 13 000 t vorgesehen. Damit lässt sich $\frac{1}{3}$ der vorgesehenen Gesamtleistung (100 000 Tonnen) leicht verarbeiten. Das eben beschriebene Verfahren im Biostabilisator, das der Firma Dano patentrechtlich geschützt ist, wurde mit einem anschliessenden Vermahlen nach dem System der Firma Bühler kombiniert. Diese Firma liefert auch alle Zusatzapparate. Es ist vorgesehen, die bei der Kompostierung entstehenden Gase der Verbrennungsluft für die Kehrichtverbrennungsöfen beizumischen, womit das Problem der Geruchbelästigung in einfacher Weise gelöst werden kann. Ausserdem lassen sich alle Abfälle der Kompostierung in den Öfen verbrennen.

Berichtigung der Tabelle 3 auf Seite 352

Tabelle 3 Beispiel einer Schlammausfäulung bei 15 °C *)

Faulzeit	Tage	0	30	60	90	120
Wassergehalt	%	95	90,5	87	84	82
Organ. Stoffe	g/ET **)	53	38	25	15	9
Anorg. Stoffe	g/ET	22	22	22	22	22
Tot. Feststoffe	g/ET	75	60	47	37	31
Schlammvol.	l/ET	1,5	0,63	0,36	0,23	0,17

*) Nach A. Hörler im Aufsatz nach Fussnote 5)

** ET Einwohner und Tag

In Tabelle 1, S. 348, fehlt bei Saconnex-le-Grand die Abwassermenge, sie beträgt 0,60 m³/s. In der Legende zu Bild 11, S. 351, ist zu berichtigen: 14 Impfschlamm.

Mitteilungen

Schweizer Stahlbau-Vereinigung. Die im Schweizer Stahlbauverband zusammengeschlossenen Unternehmungen haben ihrer Organisation mit Wirkung ab 1. April 1963 neue Statuten gegeben. Diese Satzungen beruhen auf liberaler Grundlage. Sie kennen keine einengenden Auswirkungen für ihre Mitglieder; sie streben lediglich dort eine Konzentration der Kräfte an, wo nur gemeinsame Anstrengungen in der Lage sind, schöpferische Werte hervorzubringen, wie dies beispielsweise in der Forschung der Fall ist. Im Zuge der Neugestaltung der Statuten wurde eine Namensänderung der Organisation vorgenommen. Die neue Bezeichnung lautet «Schweizer Stahlbau-Vereinigung». Diese hat Massnahmen zur Rationalisierung der Investitionen, der Produktion sowie für die koordinierte und konzentrierte Forschung ergriffen, die es ihren Mitgliedern ermöglichen, in projektierender wie in fertigungstechnischer Hinsicht das Beste zu bieten. Die neu geschaffene Beratungsstelle dient der unverbindlichen und kostenlosen Beratung in allen Belangen des Stahlhochbaues. Ziel dieser Anstrengungen ist, Bauherren, Architekten und Ingenieure zu überzeugen, dass sie bei einem Mitglied der Schweizer Stahlbau-Vereinigung gut beraten

und beliefert werden. Die Vereinigung umfasst zur Zeit folgende 21 Mitglieder: Bell Maschinenfabrik, Kriens; AG. Arnold Bosshard, Näfels; Buss AG., Basel; Ferriere Cattaneo S. A., Giubiasco; Gauger & Co. AG., Zürich; Geilinger & Co., Winterthur; Giovanola frères S. A., Monthey; W. Habegger, Maschinenfabrik, Thun; Lais AG., Basel; Josef Meyer, Eisenbau AG., Luzern und Rheinfelden; C. & R. Nyffenegger AG., Zürich; Preiswerk & Esser, Basel; Schächli AG., Zürich; Ernst Scheer AG., Herisau; Stephan S. A., Fribourg; Gebr. Tuchschnid AG., Frauenfeld; Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey S. A., Vevey; Vohland & Bär AG., Riehen; Wartmann & Cie. AG., Brugg; AG. Conrad Zschokke, Döttingen; Zwahlen & Mayr S. A., Lausanne.

Neues Pumpspeicherwerk der Stadt Stuttgart. Die Technischen Werke Stuttgart errichten am Rande der Schwäbischen Alb bei Glems, südlich Metzingen, ein Pumpspeicherwerk für eine elektrische Leistung von 90 000 kW, um die sehr starken Schwankungen zwischen Tag- und Nachtlast ihres Netzes auszugleichen. Nach einer Beschreibung in den «VDI-Nachrichten» vom 27. Februar 1963 wird das Unterbrechen durch einen Erddamm als Sperre im Tal des Tiefenbaches, eines Zuflusses der Erms, gebildet, dessen Stauziel bei 457,70 m liegt und durch den ein Becken von 1,2 Mio m³ Inhalt gebildet wird. Die Pendelwassermenge von 0,76 Mio m³ bewirkt eine Spiegelschwankung von 7,4 m. Das Oberbecken wird am Rande der Albhochfläche bei St. Johann angelegt. Es muss mit einem Damm umschlossen werden. Das Stauziel liegt bei 754,1 m, der Spiegel senkt sich bei voller Entnahme um 14,5 m. Das Maschinenhaus, das sich am Südufer des Unterbeckens befindet, enthält zwei Maschinensätze; jeder besteht aus einer Francis turbine, die bei einer Rohfallhöhe von 292 m 16,9 m³/s verarbeitet, einer Drehstrom-Synchronmaschine für 45 MVA, die im Lastbetrieb als Generator, im Pumpbetrieb als Motor arbeitet, einer Freistrahl-Anwurf turbine mit Zahnkupplung und einer zwei-stufigen, doppelflutigen Speicherpumpe für einen Förderstrom von 9,6 m³/s; Drehzahl 600 U/min. Hinzu kommt ein kleinerer Hausmaschinensatz mit Füllpumpe, Drehstrom-Synchronmaschine und zweistufiger Francis-Spiralturbine zum Füllen der Triebwasserleitung und des Oberbeckens nach Revisionen.

Die Personenwagen der SBB. Im Jahre 1962 sind 186 neue Einheitspersonenwagen 2. Klasse für den Inlandverkehr (14 880 Sitzplätze) abgeliefert worden. Ausrangiert wurden 123 Personenwagen mit 6737 Sitzplätzen; die Vermehrung der Sitzplatzzahl beträgt somit 8143. Die SBB besitzen heute über 3000 vierachsige und rund 450 zwei- und dreiachsige Personenwagen. Die letztgenannten werden nach Abschluss der Landesausstellung 1964 abgebrochen; während der Ausstellung dienen sie noch zur Bewältigung des Spitzenverkehrs.

Festschrift Prof. Dunkel. Zur Feier des 70. Geburtstags von Prof. Dr. William Dunkel haben einige seiner Schüler eine reich illustrierte Festschrift verfasst, die dem Gefeierten übergeben worden ist. Sie enthält einen schönen Querschnitt aus dem Wirken des beliebten Hochschullehrers. Diese Schrift ist noch vorrätig. Interessenten können sich bei Architekt W. Gantenbein, Huttenstrasse 4, Zürich, melden, der Bestellungen entgegennimmt.

Nekrologe

† **Paul-Louis Mercanton.** Am 25. Februar 1963 verschied in Lausanne im hohen Alter von 87 Jahren der vor allem als Glaziologe bestbekannte Forscher. P.-L. Mercanton wurde am 11. Mai 1876 in Lausanne geboren. Seine Studien an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Lausanne und an der Lausanner Ingenieurschule schloss er 1901 mit dem Doktorat für Physik ab. Bereits zwei Jahre später war er als naturwissenschaftlicher Privatdozent an der Universität Lausanne tätig, wo er im Jahre 1904 zum ausserordentlichen Professor für theoretische Elektrizitätslehre ernannt