Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 31 (1939)

Heft: 6

Artikel: Betrachtungen zur Wärmepumpenheizung des zürcherischen Rathauses

Autor: Egli, Max

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-922205

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: 15.07.2025

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

Betrachtungen zur Wärmepumpenheizung des zürcherischen Rathauses

Von *Max Egli*, kant. zürch. Heizinspektor

Wer über die Grenzen unseres Vaterlandes schaut, erkennt mit Unbehagen in allen unseren Nachbarländern durchgreifende Anstrengungen, sich wirtschaftlich unabhängig zu machen, nicht nur um bei der Entladung eines der fortwährend aufsteigenden politischen Gewitter die Selbstversorgung so umfassend als möglich gestaltet zu haben, sondern auch, um dem durch den schwindenden zwischenstaatlichen Güterverkehr verursachten Arbeitsausfall im Lande selbst zu begegnen. Jeder Staat überprüft den Vorrat seiner Naturschätze und sucht nach Mitteln, um durch ihre Verwendung die Beschaffung ausländischer Waren einzuschränken und sein Produktionsvolumen zu erhalten. Diese Wirtschaftspolitik verträgt sich zwar schlecht mit der Struktur unseres Handels, aber die sich überall auftürmenden Exportschranken rufen notgedrungen auch bei uns nach diesem Ausweg zur Sicherung der Wirtschaft.

Die Rohstoffarmut unseres Landes erlaubt es uns nicht, auf den Import der Ausgangsprodukte zu verzichten, dagegen sind wir sehr wohl in der Lage, unseren Energiebedarf in vermehrtem Umfang aus einheimischen Wasserkräften zu decken. Dies trifft besonders für jene Energien zu, die als fixe Kosten auftreten, vom Produktionsvolumen nahezu unabhängig sind und die Produkte um so stärker belasten, je niedriger der Umsatz ist. Die Umstellung von ausländischer auf einheimische Energie für Beleuchtung, motorischen Antrieb, Kochen usf. erfolgte ohne merkbare Zusatzbelastung der Wirtschaft, sie gelang jedoch bis heute nicht für die Heizung. Diese gehört zu den fixen Unkosten, die nahezu vollständig unabhängig vom Umsatze sind. Ob unsere Wirtschaft für 2,1 Milliarden Waren exportiert wie im Jahre 1928 oder nur 0,8 Milliarden, wie im Jahre 1935, die an das Ausland für Heizbrennstoff abgegebenen Summen betragen immer etwa 100 Millionen Franken.

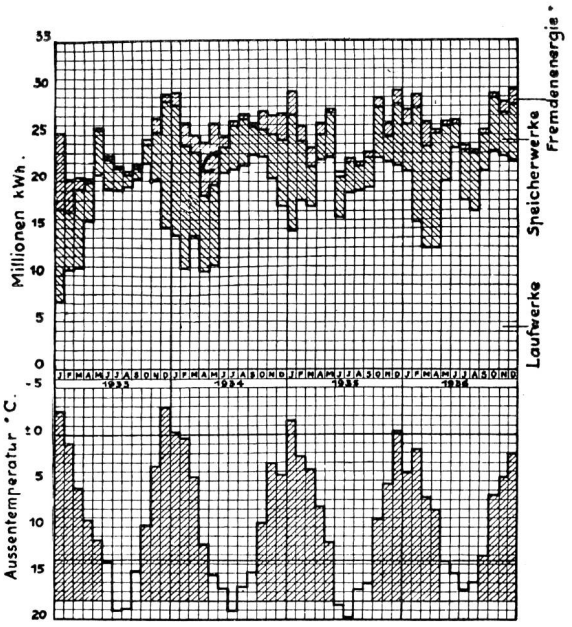

Abb. 1 Netzbelastung und Heizbelastung der Stadt Zürich.

Die Ueberführung des brennstoffgefeuerten in den elektrischen Heizbetrieb scheiterte bisher am Missverhältnis zwischen den Produktionskosten der Wasserkraftenergie und den Gestehungskosten der äquivalenten Wärmeeinheit in der Brennstoffheizung. Solange der Wärmewert einer Kilowattstunde in der Heizung aus Kohle oder Oel erzeugt 1,4 Rp. kostet, der durchschnittliche Verkaufspreis der durch unsere Elektrizitätswerke erzeugten kWh am Zähler des Verbrauchers gemessen jedoch 5,45 Rp. beträgt, muss die Anwendung der elektrischen Heizung beschränkt bleiben. So wird zwar sogenannte Abfallenergie erzeugt, die zu 1 bis 1,5 Rp./kWh abgegeben werden kann; diese Art Energie ist aber für Raumheizzwecke sehr ungeeignet, weil sie gerade dann nicht zur Verfügung steht, wenn die Nachfrage nach ihr am grössten ist. (Siehe Abb. 1.) In der obern Hälfte dieses Diagramms ist die Energielieferung des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich, in der untern der Verlauf des Energiebedarfes für Heizzwecke aufgetragen, indem die mittleren Monatstemperaturen einen Maßstab für den Energieaufwand für Heizung bilden. Die Erstellung von Heizungen für wechselweisen Brennstoff- und Energiebetrieb kann nur als eine Zwischenlösung betrachtet werden, die jederzeit gerne aufgegeben wird; denn sie erfordert umfangreiche und teure Anlagen, ohne die Vorteile des elektrischen Heizbetriebes uneingeschränkt zu gewährleisten. Die Verwendung von Nachtenergie für Heizzwecke kommt sofort nicht mehr in Frage, sobald man sich die Dimensionen der Heizwasserspeicher bei einem Energieverbrauch von 30 Kcl/m³h vergegenwärtigt.

Seit der Publikation Lord Kelvins vom Jahre 1852 ist nur eine Heizmaschine, die Wärmepumpe, bekannt, die ein Mehrfaches der für ihren Antrieb benötigten Energie aus der Umwelt in Form von Wärme aufnehmen, in das Gebäude fördern und dort für Heizzwecke abgeben kann. Die Wärmepumpe ist ein Kompressionskältemaschine, die, statt wie beim Kühlprozess die von aussen in das Gebäude einströmende Wärme wieder herauszube-

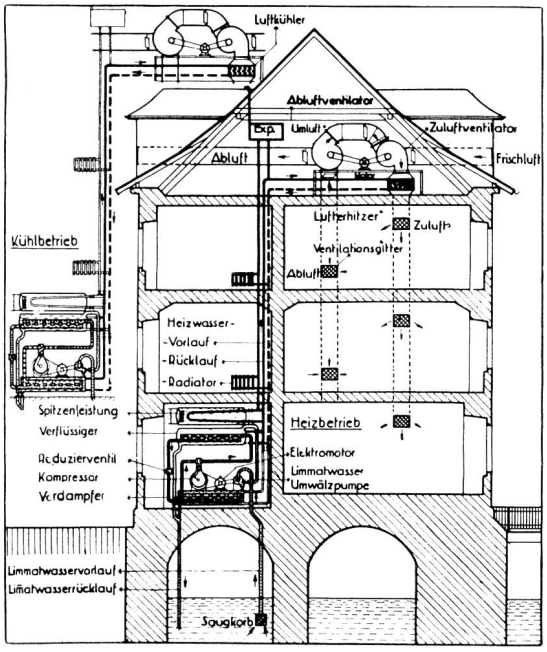

Abb. 2 Schema der Heizanlage des zürcherischen Rathauses.

fördern, die aus dem Gebäude ausströmende Heizwärme wieder in dieses zurückbringt. Die nach diesem Verfahren arbeitende Heizanlage des zürcherischen Rathauses ist in Abb. 2 schematisch dargestellt. Es wird durch eine Umwälzpumpe Limmatwasser angesaugt, durch einen mit Heizschlangen versehenen Behälter gepumpt und nachher wieder in die Limmat zurückgeführt. In diesen Heizschlangen befindet sich eine leicht verdampfbare Flüssigkeit, deren Verdampfungstemperatur unter der Limmatwassertemperatur gehalten wird. Dadurch wird Wärme an diese Flüssigkeit abgegeben, diese zur Verdampfung gebracht, wobei das Wasser die Verdampfungswärme des Wärmeträgers verliert und sich so abkühlt. Die so erzeugten Dämpfe werden in einem Kompressor, ohne Wärme abzugeben, über die Zentralheizungswassertemperatur hinaus verdichtet und in eine zweites mit Rohrschlangen versehenes Wärmeaustauschgefäss geleitet, so dass die abströmende Wärme die Dämpfe wieder zur Kondensation bringt. Auf diese Weise wird die dem Limmatwasser bei tiefer Temperatur entzogene Wärme an das auf hoher Temperaturstufe befindliche Zentralheizungswasser übertragen. Ueberdies wird auch die durch den Antriebsmotor aufgenommene elektrische Leistung in Wärme übergeführt, die an das Zentralheizungswasser nutzbar abgegeben wird. Da die Heizbelastung im Rathaus ausserordentlich unregelmässig ist, findet im Falle mangelnder Wärmelieferung durch die Wärmepumpe eine Nachheizung aus einem Heisswasserspeicher statt. Durch Umstellen von vier Ventilen kann die Wärmepumpe in die ursprüngliche Kühlmaschine zurückverwandelt werden, wodurch mit der gleichen Maschine im Sommer die Räume gekühlt und im Winter geheizt werden. Der in dieser Maschinenanlage verwendete Wärmeträger ist Freon 12, Difluordichlormethan CF_2Cl_2 mit einem spezifischen Gewicht als Flüssigkeit von 1,4 kg/dm³. Der Stoff ist geruchlos, ungiftig und druckbeständig. Die Verdampfungstemperatur wird 10° C unter der Limmatwassertemperatur gehalten.

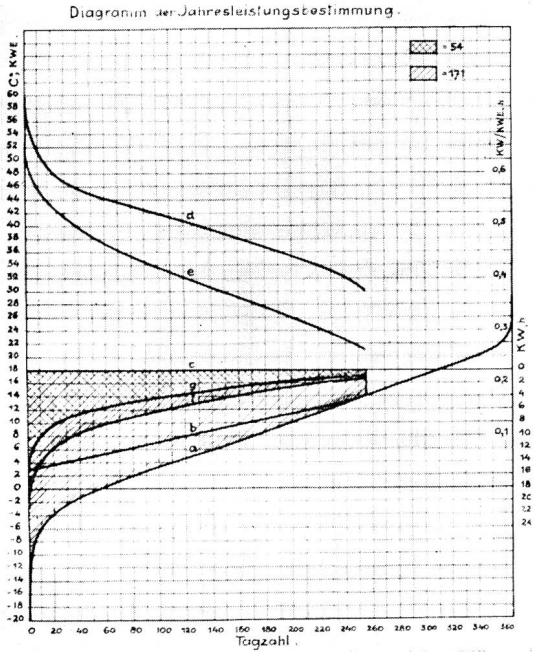

Abb. 3 Diagramm der kWh-Preisbestimmung für Wärmepumpenanlagen.

Den Kernpunkt der Berechnung einer derartigen Anlage bildet die Bestimmung des kWh-Preises, dessen graphische Ermittlung in Abb. 3 dargestellt ist. Aus den Aufzeichnungen der meteorologischen Zentralanstalt ist die Temperaturhäufigkeitskurve für Zürich durch *a* gegeben. Weiter wurde als tiefste Limmatwassertemperatur 3° C ermittelt. Wird nun angenommen, die Temperatur der Limmat steige im Verhältnis zur Anzahl der Tage und erreiche bei Heizbeginn 14° C, so ist ihre Temperaturgerade bestimmt. Aus der Temperaturhäufigkeitskurve lässt sich für jeden Tage die mittlere Zentralheizungswassertemperatur bestimmen. Daraus ergeben sich wiederum für jeden Tag die Wärmeleistung in Cal/h und die zugeordnete Antriebsleistung *f* in kWh. Werden die Wirkungsgrade der Wärmepumpenheizung und der gefeuerten Heizung und der Aequivalenzwert von 860 kcal/kWh mit berücksichtigt, so stellt das Feld zwischen Kurve *g* und der Geraden *c* die Antriebsleistung und das Feld zwischen der Geraden *c* und der Kurve *a* die abgegebene Wärmeleistung in gleichen Einheiten dar. Für das Rathaus wurde auf diese Weise ein Wert von

2360 kcal/kWh gefunden. Betragen also für eine ölgefeuerte Heizung die Betriebskosten 1,4 Rp./1000 kcal, so können bei ihrer Ersetzung durch eine Wärmepumpe nahezu 4 Rp./kWh bezahlt werden, ohne Erhöhung der Jahresbetriebskosten. Es liegt auf der Hand, dass durch eine derartige Preisverschiebung die elektrische Raumheizung auf einmal in ein vollständig neues Gesichtsfeld rückt. Der erwähnte Preisunterschied von 4 Rp./kWh reduziert sich auf 1,4 Rp./kWh und kann bei modernen Heizanlagen ohne Schwierigkeiten gänzlich zum Verschwinden gebracht werden. Neubauten mit Strahlungsheizung erreichen ohne besondere Vorkehrungen 2800÷3000 kcal/kWh und werden damit zum interessanten Geschäft für den Stromlieferanten und für den Besitzer. Die Elektrowirtschaft gewinnt eine neue grosse Klasse Grossabnehmer, die für sie mit der Widerstandsheizung nie erreichbar gewesen wäre.

Die Anordnung der im zürcherischen Rathaus zur Aufstellung gelangten Maschinengruppe geht aus Fig. 4 hervor. Ein Kurzschluss-Ankermotor mit Zentrifugalanlasser von 56 PS und einer Drehzahl von 580/min. treibt am einen Wellenende einen wassergekühlten Rotationskompressor, am andern über ein Uebersetzungsgetriebe von 580/2400 t/min. eine Kaltwasserpumpe 8,0 lt/sec und eine Warmwasserpumpe, 3,6 lt/sec fördernd, an. Am Ende dieser Welle sitzt ein Zentrifugalausschalter, der bei zu geringer Drehzahl in Funktion tritt. Das aus der Limmat bezogene Flusswasser wird bei Heizbetrieb über einen Dreiwegschieber in den Verdampfer und zurück in die Limmat und das aus einem Ausgleichsgefäss bezogene Zentralheizungswasser über einen weiteren Dreiwegschieber in den Verflüssiger geleitet und von dort in das Ausgleichsgefäss zurückbefördert. Das Freon wird in Rohrschlangen des Verdampfers verdampft, diese Dämpfe verden gesammelt und vom Kompressor angesaugt und verdichtet. Die so komprimierten überhitzten Dämpfe werden oben in den Verflüssiger eingeführt und die vom Kompressor herrührenden Oeldämpfe getrennt, gekühlt und zur Zahnradpumpe des Kompressers zurückgeführt. Die Freondämpfe geben im Verflüssiger die Kondensationswärme ab, und das entstehende Kondensat fliesst über ein Schwimmergefäss und Reduzierventil wieder in den Verdampfer zurück. Manometer und Thermometer gestatten die ununterbrochene Ueberprüfung der Druck- und Temperaturverhältnisse der Maschinenanlage; eine spezielle Einrichtung stellt, bei undichten Saugrohren das Schöpfen der Zentrifugalpumpen sicher. Die Maschine leistet bei 3° C Limmatwassertemperatur und 60° C Zentralheizungswassertemperatur 58 000 kcal/h, wobei die Verdampfungstemperatur —7 °C und der zugeordnete Druck 2,5 ata beträgt, während auf der Druckseite 18 ata mit einer entsprechenden Kondensationstemperatur von 65° C auftreten. Bei zunehmender Limmatwassertemperatur und abnehmender Zentralheizungswassertemperatur steigt die Leistung der Maschine auf über 100 000 kcal/h mit einem Leistungsaufwand von 25 kWh. Die fertige Anlage ist in Fig. 5 dargestellt.

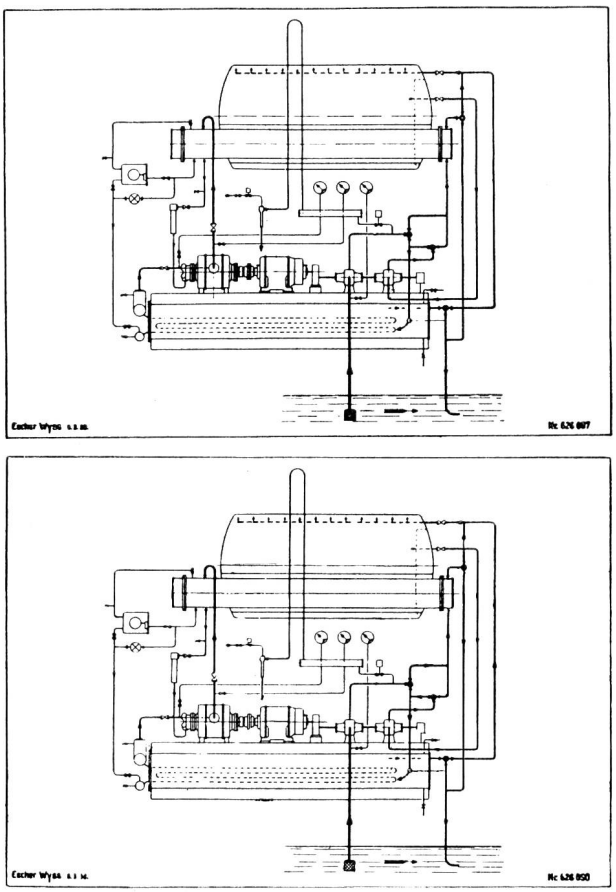

Abb. 4 Betriebsschema der Maschinenanlage des Zürcher Rathauses. Oben: Heizbetrieb. Unten: Kühlbetrieb.

Die in den Flüssen als ausnützbare Wärme enthaltene Energie wird im allgemeinen bedeutend unterschätzt, obwohl sie meistens wesentlich grösser ist, als die Leistung der durch sie betriebenen Elektrizitätswerke. So könnten durch die Limmat sämtliche an ihren Ufern liegenden Häuserkomplexe entsprechend den in Abb. 6 schwarz angelegten Gebäuden geheizt werden. Die Ausnützung der Wärme der Grundwasserströme verspricht besonders vorteilhafte Resultate, weil nicht nur ihre höheren Temperaturen gegenüber offenen Gewässern die Maschinenanlagen wesentlich verkleinern, sondern auch die Gleichmässigkeit der Temperaturen spezielle Sicherheitsvorkehrungen überflüssig machen. So haben die Grundwasserströme der Stadt Zürich und des Limmattales im kältesten Winter Temperaturen um 10° C, während die entsprechende Limmattempe-

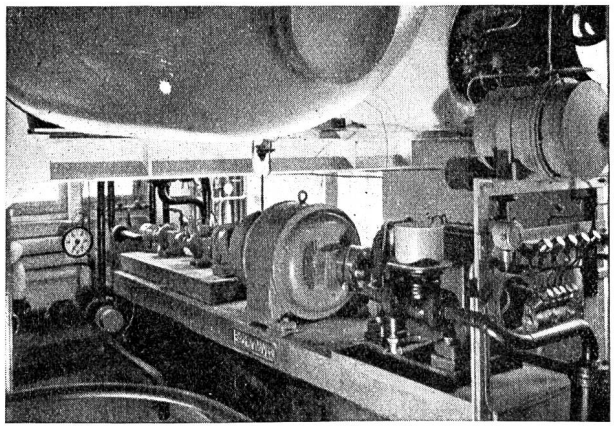

Abb. 5 Gesamtansicht der Anlage

ratur 3° C beträgt. So würde bei der Verwendung von Grundwasser für die Rathausheizung nur eine Wassermenge von etwa 5000 l/h statt 29 000 l/h verbraucht werden. Daraus ergibt sich eine bedeutend höhere Verwertungsmöglichkeit von über Grundwasser liegenden Bauflächen, wobei die Einrichtungen durch Anwendung gemeinschaftlicher Grundwasserbohrung noch merkbar vereinfacht werden könnten. Aus Abb. 7 erkennt man, dass ein sehr grosser Teil der Stadt Zürich über Grundwasserströmen liegt, der zusammen mit den entsprechend Abb. 6 am offenen Wasser und direkt am See gelegenen Stadtteilen ein wesentliches Absatzgebiet darstellt.

Ausser den beschriebenen Ausnützungsmöglichkeiten unserer Wasserläufe kann aber auch die Wärme der Aussenluft verwertet werden, und es sind in letzter Zeit Konstruktionen bekannt geworden, die berechtigtes Aufsehen erregen. Diese Maschinen saugen Aussenluft, gleichgültig welcher Temperatur, an und fördern die für die Heizung und die Belüftung eines Gebäudes notwendige Luftmenge von gewünschter Temperatur in die Innenräume, indem der Abluft die Wärme wieder entzogen wird, die für die Erwärmung der Ventilationsluft benötigt wird. Die Vereinfachung, die eine derartige Kombination von Wärmepumpe und Warmluftheizung mit sich bringt, leuchtet ein; doch scheinen der allgemeinen Verwendbarkeit dieser Maschinen noch verschiedene technische Schwierigkeiten gegenüberzustehen. Sie hat in der Kältemaschinentechnik bisher nur wenig Eingang gefunden.

Wenn man sich überlegt, dass durch unsere Hauptflüsse selbst bei schlechtesten Wasserverhältnissen eine Energiemenge in Form von ausnützbarer Wärme ins Ausland abfliesst, die etwa das Zehnfache von dem beträgt, was wir im kältesten Winter an Heizenergie aufbringen müssen; wenn man weiter bedenkt, dass der Jahresaufwand an elektrischer Energie bei vollständiger Elektrifikation der Heizung und Wärmepumpenbetrieb von 15 Milliarden kWh auf fünf Milliarden reduziert würde, und dass pro installiertes kW Fr. 1500 Anlagekapital zu rechnen ist, so erkennt man, welche grossen wirtschaftlichen Interessen mit diesem Problem verknüpft sind. Diese Verhältnisse sind von den kompetenten Kreisen auch

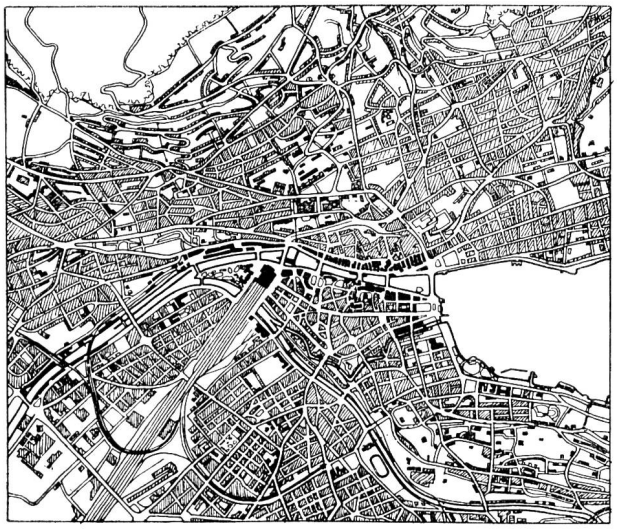

Abb. 6 Zürich. Die See- und Limmatwärme würde zur Beheizung der schwarz angelegten Quartiere vollauf genügen.

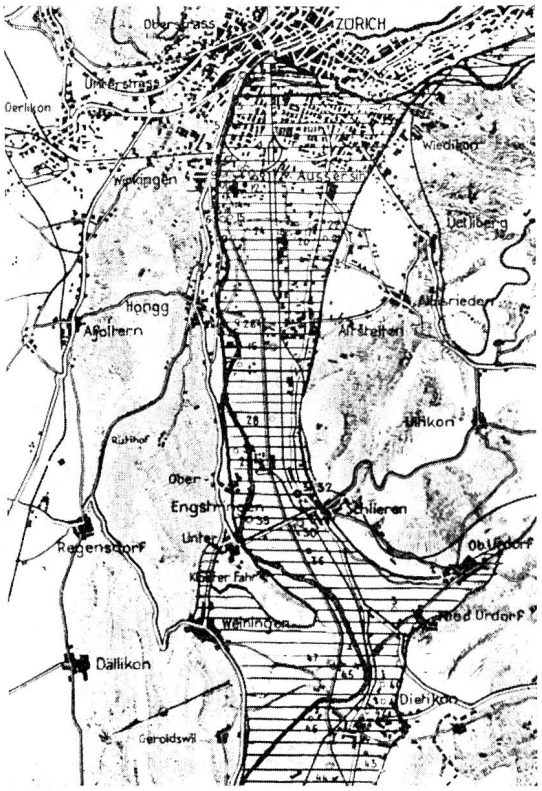

Abb. 7 Limmattal. Die schraffierte Fläche stellt die Grundwassergebiete dar.

bereits erkannt worden, und es wäre zu begrüssen, wenn sich massgebende Instanzen damit noch intensiver befassen würden. Das für derartige Untersuchungen zur Verfügung stehende Zahlenmaterial ist nämlich sehr lückenhaft, seine Vermehrung für die Abklärung des Problems aber unerlässlich. Nicht nur der Elektrizität eröffnen sich neue Absatzgebiete, auch unsere hochentwickelte Maschinen- und Elektroindustrie wird diesen neuen Industriezweig als Exportmöglichkeit begrüssen.

Mitteilungen aus den Verbänden

Auszug aus dem Protokoll der 43. Ausschußsitzung vom Freitag, den 2. Juni 1939 im Kongresshaus in Zürich.

Traktanden:

1. Protokoll der Sitzung vom 22. April 1938 in Zürich.
2. Geschäftsbericht und Rechnungen für das Jahr 1938.
3. Budget für das Jahr 1939.
4. Festsetzung von Zeit, Ort und Traktanden der Hauptversammlung 1939.
5. Verschiedenes.

1. Das *Protokoll* der Sitzung vom 22. April 1938 wird ohne Bemerkungen genehmigt.

2. Der *Geschäftsbericht* für das Jahr 1939 wird nach längerer Diskussion über verschiedene Fragen genehmigt.

3. Das *Budget* pro 1939 wird ohne Bemerkungen genehmigt.

4. Die Hauptversammlung soll Samstag, den 1. Juli in Zürich, in Verbindung mit dem Wasserwirtschaftstag, stattfinden. Die Traktanden beider Versammlungen und ihre Organisation werden genehmigt.

5. Es werden folgende *Mitglieder* in den Verband aufgenommen:

Furrer und Frey, Ingenieurbureau, Bern; Schweiz. Industriegesellschaft, Neuhausen; S.A. des Ateliers de Sécheron, Genève; Ing. Richard Bleuler, Kilchberg/Zch.; Hermann Hirsch, Delegierter des Verwaltungsrates der «Rhenus» A.G., Basel; Rob. Hohl, in F. Suhner & Co., Herisau.

Nach dem gemeinsamen Mittagessen besichtigten die Mitglieder des Ausschusses die Abteilung «Elektrizität» in der Landesausstellung.

Wasser- und Elektrizitätsrecht, Wasserkraftnutzung, Binnenschiffahrt

Die Schweiz und die Rheinschiffahrt.

Unter diesem Titel erscheinen die «Rheinquellen» als Sondernummer für April/Mai 1939 auf die Schweizerische Landesausstellung. In seinem Vorwort betont der Präsident des Vereins für die Schiffahrt auf dem Oberrhein, P. Joerin, die grosse Bedeutung der Rheinschiffahrt für unser Land und die Verdienste, die der genannte Verein an dieser Entwicklung hatte. In 16 kurzen Aufsätzen wird ein Querschnitt des gegenwärtigen Standes der Rheinschiffahrt gegeben, und zwar beschränkt sich diese Dokumentation zur Hauptsache auf die Rheinschiffahrt von Basel abwärts. In einem Schlussartikel behandelt Ing. H. Blattner in Zürich auch den Stand der technischen Arbeiten für die Schiffahrt von Basel nach dem Bodensee. Das Heft bietet ausserordentlich viel Interessantes und Lesenswertes und sei zur Anschaffung bestens empfohlen. (Zu beziehen zum Preise von 50 Rp. pro Exemplar beim Verein für die Schiffahrt auf dem Oberrhein, Basel, Hochbergerstr. 134.

Eine Verkehrsteilung in der Rheinschiffahrt.

Nach kurzem, aber scharfem Tarifkampfe ist zwischen den Verwaltungen der belgischen, holländischen, französischen und deutschen Eisenbahnen einerseits und führenden Rheinreedereien anderseits ein Verkehrsteilungsabkommen vereinbart worden. Das Abkommen ist in Begründung und Inhalt sowohl für die bestehende Rheinschiffahrt nach Basel, wie auch für ihre geplante Weiterführung bedeutsam und interessant. Der seit 10 Jahren gerade für die Baslerfahrt stark forcierte Ausbau der Motorgüterschiffahrt (Selbstfahrer) hat es mit sich gebracht, dass die Bahnen neuer, empfindlicher Konkurrenz ausgesetzt wurden. Bei verhältnismässig kleinem Laderaum und beschleunigter Fahrt vermochte sich die Motorgüterschiffahrt eines immer grösseren Anteiles am hochwertigen und einträglichen Stückgutverkehr der Bahnen zu bemächtigen. Ausserhalb der Konkurrenz grosser Schleppbetriebe suchten junge Reedereien nicht ohne Erfolg auf diesem Sondergebiete des Verkehrs zu immer weiteren Geschäftsmöglichkeiten zu kommen. Die Betroffenen waren einerseits die Bahnen, anderseits aber auch die Speditionsfirmen, da sich die motorisierte Schiffahrt für ihren Stückgutverkehr mit eigenem Akquisitionsdienste versah.

Die Reaktion der Bahnen gegen den zunehmenden Einbruch der Motorschiffahrt in ihren eigentlichen Arbeitsbereich konnte nicht ausbleiben. In der anfangs Mai zustande gekommenen Verkehrsteilung Bahn/Schiff hat letzteres diese bekämpften Positionen wieder weitgehend freigeben müssen. Die Rheinschiffahrt hatte grundsätzlich anzuerkennen, dass gewisse hochwertige Güter in den Besitzstand der Bahnen gehören und sie verzichtet vor allem auf den Transport von Posten von 10 Tonnen und darunter bergwärts ab belgischen und holländischen Verladeplätzen. Talwärts liegt die Grenze mit Rücksicht auf die Exportförderung beim 2 Tonnen-Stückgut. Die Bahnen ihrerseits verpflichteten sich, der Schiffahrt für die in ihrem Bereiche liegenden Schwertransporte freie Hand der Frachtenbildung zu belassen.

Aller Voraussicht nach dürfte dieses für die Zukunft wichtige Abkommen Bahn/Schiff zur Folge haben, dass der rapide Aufschwung der Motorgüterschiffahrt nach Basel zum mindesten einer langsameren Weiterentwicklung Platz machen wird. Es scheint auch aus solchem Grunde nicht unrichtig, im Ausbau der Wasserstrasse oberhalb Basel der Schleppschiffahrt in vorsichtiger und genügender Weise Rechnung zu tragen. *k.*