

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 12 (1921)

Heft: 10

Artikel: Vergleichende Untersuchungen an häuslichen Heiz- und Kocheinrichtungen

Autor: Rutishauser, J. / Schläpfer, P.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060431>

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: 20.02.2026

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

J'ai confiance dans nos autorités, très suffisamment armées pour faire en sorte que nos services d'exportation ne laissent pas derrière eux, inassouvis, les besoins réels qui peuvent exister dans le pays.

J'ai confiance dans nos autorités qui, particulièrement dans un moment comme celui-ci, sauront laisser éclore les grands projets qui ne pourraient voir le jour sans que l'on vende en dehors de nos frontières une partie des disponibilités qu'ils créeront, et qui, tout en assurant à l'intérieur des quantités d'énergie propres à donner satisfaction aux consommateurs suisses, ouvriront une ère de travail dont nos industriels, nos entreprises, nos ouvriers, nos artisans, nos commerçants, nos ingénieurs, n'ont, hélas, que trop besoin. Le faisant, elles contribueront par des moyens pratiques et efficaces à nous faire sortir de cette période déprimante des subsides de chômage.

J'ai confiance dans nos autorités parce que je suis certain qu'elles sauront discerner dans ce que je viens de dire, pour peu que l'écho leur en parvienne, et dans ce que d'autres ont déjà dit, un programme de labeur et de vie.

Et pour terminer, permettez-moi de vous dire que je ne suis pas venu ici en „avocat de la couronne“ qui aurait pour mission de démontrer que tout est pour le mieux dans la meilleure des républiques. Non, ce rôle ne me conviendrait pas. Je suis venu ici en simple citoyen pour dire ce que je crois être la vérité. Et si je me suis permis de le faire aussi franchement, c'est parce que — je n'en tire d'ailleurs aucun orgueil — je puis me réclamer d'une vie déjà longue passée à enseigner la vérité scientifique dont nos industries vivent, c'est-à-dire à construire, et à participer à la vie industrielle dont la science bénéficie.

J'ai dit!

Vergleichende Untersuchungen an häuslichen Heiz- und Kocheinrichtungen.

Ausgeführt von *J. Rutishauser*, Heizungstechniker der Gemeinde Davos,
Bericht erstattet von Dr. *P. Schläpfer*, Dir. der Eidg. Prüfungsanstalt für Brennstoffe
und *J. Rutishauser*.

Einleitung.

Während des Krieges war der Kurort Davos in noch stärkerem Masse als andere schweizerische städtische Ortschaften gezwungen, der häuslichen Wärme- wirtschaft ganz besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Infolge der geographischen Lage des Kurortes waren die nur spärlich erhältlichen ausländischen Brennstoffe, insbesondere Koks, sehr teuer, zudem wurden sie oft in minderwertiger Qualität geliefert. Man musste einerseits zu Ersatzmaterialien, wie Holz, Torf, Steinkohlen, Oel usw. greifen, anderseits Gas und besonders Elektrizität als Wärmequelle mehr benützen als früher. Letztere brachten, was für Davos ja von ausschlaggebender Bedeutung ist, zudem noch den grossen Vorteil eines völlig russ- und rauchfreien Betriebes. Die Behörden von Davos erkannten, dass eine einwandfreie Vergleichung der Zweckmässigkeit und Wirtschaftlichkeit der verschiedenen, dort in Anwendung gebrachten Heizungsarten nur durch unparteiische und in sachgemässer Weise ausgeführte Versuche möglich sei und beauftragten darum ihren Heizungstechniker, solche an Zentralheizungs- und Warmwasserbereitungsanlagen, an verschiedenen Kocheinrichtungen usw. durchzuführen. Diese Versuche erforderten, da sie sich über einen langen Zeitraum ausdehnten, ziemlich grosse Mittel, sie haben aber eine Reihe, auch für weitere Kreise, wichtige Resultate gezeitigt. Den Behörden von Davos sei deshalb auch an dieser Stelle für ihre Anordnungen gedankt. Die Ergebnisse der vergleichenden Heizungsversuche an Zentralheizungen mit gasförmigen, flüssigen und festen Brennstoffen sind in einer von *J. Rutishauser* verfassten Broschüre (Davos 1920, Verlagsanstalt und Buchdruckerei Davos A.-G.) der

Allgemeinheit zugänglich gemacht worden. In der Zeit vom September 1920 bis April 1921 sind dann weitere vergleichende Versuche an Warmwasserbereitungsanlagen, an verschiedenen Kocheinrichtungen in Familien- und Grossküchen, bei denen Elektrizität und feste Brennstoffe einerseits, Elektrizität und Heizgas andererseits als Energiequellen dienten, durchgeführt worden. Diese bildeten die Grundlagen zu den in der Folge besprochenen Vergleichen. Diese Versuchsreihen wurden ermöglicht, indem das Elektrizitäts- und das Gaswerk einen grossen Teil der Kosten auf sich nahmen und die nötigen Versuchseinrichtungen zur Verfügung stellten. Es sei beiden Werken an dieser Stelle für ihr Entgegenkommen ebenfalls gedankt.

Bei Beginn und während der Versuche nahm Herr Rutishauser zur Besprechung verschiedener Fragen Fühlung mit der eidgenössischen Prüfungsanstalt für Brennstoffe und dieselbe stellte ihre Erfahrungen, soweit möglich, gerne zur Verfügung, da die geplanten Arbeiten auch für sie grosses Interesse hatten, teilweise sogar in ihr Arbeitsgebiet fielen. Diese Fühlungnahme brachte es mit sich, dass der Leiter der Anstalt an der Abfassung dieses Berichtes mitbeteiligt ist.

Die durchgeführten Versuche lassen sich in folgende drei Hauptgruppen einteilen:

- I. Vergleichende Versuche an grössern Warmwasserbereitungsanlagen mit Koks- und elektrischer Heizung;
- II. Vergleichende Ankochversuche an verschiedenen Kocheinrichtungen wie Kippkessel, Heizplatten usw. mit elektrischer und Gasheizung;
- III. Vergleichende praktische Kochversuche mit Gas- und elektrischen Familienküchenherden und in der Grossküche eines Sanatoriums mit elektrischer und Kohlenheizung.

Da besonders die unter I und III genannten Versuchsreihen sich über längere Zeiträume ausdehnten, konnten wohl zuverlässige Durchschnittsresultate, nicht aber Höchstwerte für die Ausnutzung der Anlagen gewonnen werden, die ersteren sind aber gerade für die Auswertung der Ergebnisse nach der wirtschaftlichen Seite hin wichtig.

Bei den Versuchen zeigte es sich ferner, dass die benützten Anlagen und Apparate zum Teil mit Mängeln behaftet waren, die sich auf Grund der gewonnenen Resultate beheben liessen.

Ueber die Fortschritte auf dem Gebiete der Anwendung der Elektrizität und des Gases in der häuslichen Wärmewirtschaft, wird in den Fachzeitschriften, wie z. B. den Bulletins des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins und des Schweiz. Vereins von Gas- und Wasserfachmännern fortlaufend berichtet, so dass es sich erübrigt, in diesem Aufsatze Literaturangaben zu machen. Es ist auch nicht beabsichtigt, zur einen oder andern Heizungsart Stellung zu nehmen; der Aufsatz soll sich vielmehr darauf beschränken, über die gewonnenen Ergebnisse in objektiver Weise zu berichten. Weil dieselben aber sowohl für die elektrische, als auch für die Gasindustrie wohl verwendbar sind und sonst auch einige Anregungen bringen, erscheint diese Arbeit im Einverständnis mit den zuständigen Organen in den beiden eben erwähnten Monatsbulletins.

1. Vergleichende Versuche an Warmwasserbereitungsanlagen.

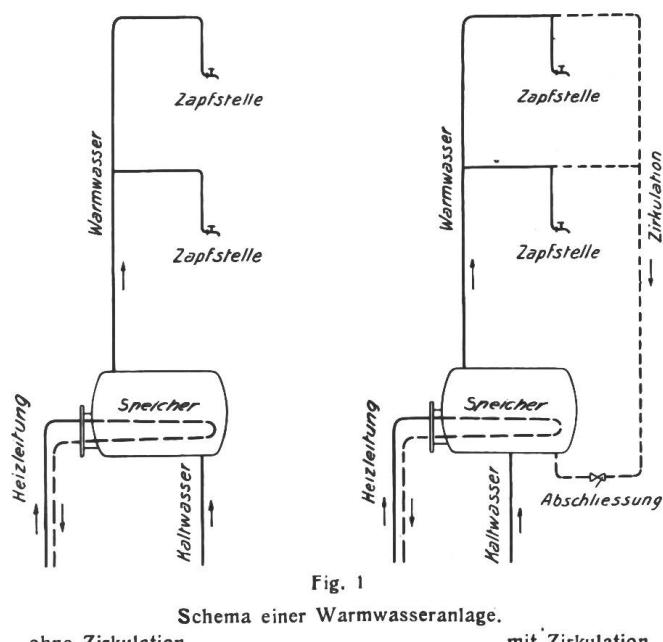
A. Allgemeine Angaben über die Versuchsbedingungen.

Die Warmwasserbereitung spielt in Hotelbetrieben eine grosse Rolle; meistens werden dazu mit Koks geheizte Kessel benutzt, an welche Warmwasserspeicher und Zirkulationsleitungen angeschlossen sind. In den letzten Jahren gingen in Davos viele grössere Hotels und Sanatorien dazu über, elektrisch geheizte Speicheranlagen einzubauen und die mit Koks geheizten Kessel in Reserve zu stellen. Diese Tatsache ermöglichte die Durchführung von Dauerversuchen ohne Störung der Hotelbetriebe. Da bei den in Betracht fallenden Anlagen Wassermesser und

Thermometer bereits eingebaut sind, wurde die Durchführung der Messungen wesentlich erleichtert. Insgesamt wurden sechs verschiedene Anlagen, die von drei Sanatorien und drei Hotels in verdankenswerter Weise zur Verfügung gestellt wurden, zu diesen Versuchen herangezogen. Meistens bestanden die Koksheizanlagen aus einem Zentralheizungskessel und einem oder zwei etwas höher gelegenen Warmwasserbehältern, die direkt an der Kaltwasserleitung angeschlossen sind und unter zirka 6 at Druck stehen. Beim späteren Einbau der elektrischen Heizung wurde an den bereits bestehenden Einrichtungen in der Regel nichts geändert, so dass dieselben ohne weiteres als Reserven oder als Zusatzheizung bei grossem Wasser- verbrauch dienen konnten. Weil der elektrische Strom zur Warmwasserbereitung entweder ausschliesslich zur Nachtzeit oder aber nur zu gewissen Tageszeiten erhältlich ist, mussten zur ungestörten Aufrechterhaltung des Betriebes entsprechend grössere Wärmespeicher eingebaut werden, was in der Regel am einfachsten durch Zufügen eines weitern Warmwasserspeichers möglich war. In demselben, oder auch in einem besonderen Durchflusskessel sind die elektrischen Heizwiderstände, in Rohren verlegt, untergebracht, die mit Einphasenstrom von 220 Volt gespiesen werden. Durch Einbau von Temperaturregulatoren an geeigneten Stellen der Speicher wird der elektrische Strom selbsttätig ausgeschaltet, sobald die vorher eingestellte Wassertemperatur erreicht ist; ferner verhütet ein eingebautes Sicherheitsventil unzulässige Drucksteigerungen. Die elektrisch betriebenen Apparate arbeiten also ganz selbsttätig und erfordern praktisch keine Bedienung.

Von den Warmwasserspeichern aus fliesst das erwärmte Wasser zu den verschiedenen Zapfstellen im Hause, wo es als Gebrauchswasser zu Reinigungszwecken, zum Baden, Kochen usw. verwendet wird. Von den Zapfstellen führt in den meisten

en Zapfstellen führt in den meisten Fällen eine Rohrleitung wieder in den Speicher zurück. In dieser Zirkulationsleitung findet ein Temperaturausgleich zwischen Speicher und Leitungen statt, man kann also allen Auslaufhähnen jederzeit Warmwasser entnehmen. Wo die Zirkulationsleitungen fehlen oder abgeschlossen sind, kann es vorkommen, dass bei der Wasserentnahme zuerst kaltes, und erst nach und nach warmes Wasser ausfliesst. Fig. 1 zeigt die schematische Anordnung je einer Warmwasseranlage mit und ohne Zirkulationsleitung. Um alle Versuche auf gleiche Grundlage zu stellen, und ausschliesslich den Wirkungsgrad der Wärmeerzeuger zu ermitteln, war ursprünglich beabsichtigt die Zirkulationsleitungen überall geschlossen zu halten. Nachträglich wurden aber bei einigen



Anlagen auch Versuche mit offener Zirkulationsleitung gemacht, um die Verluste in den Rohrleitungen innerhalb des ganzen Hauses zu bestimmen.

Bei einem Vorversuch wurde beobachtet, dass im gleichen Speicher ganz verschiedene Wassertemperaturen gefunden wurden, je nach der gewählten Messstelle, weil der Temperaturausgleich in den Speichern nur sehr langsam vor sich geht. So war z. B. eine Stunde nach abgestellter Wärmezufuhr in einem horizontalen Warmwasserspeicher von zirka 1 m Durchmesser die gemessene Temperatur in den untersten Wasserschichten um 30° Celsius niedriger als an der Oberfläche. Damit nun beim Beginn und am Ende der Versuche etwaige Ungleichheiten auf das Endergebnis

Vergleichende Versuche an Warmwasserbereitungs-

| Versuchsdaten: | Anlage No. | 1 | | |
|---|-------------------|-------------------|----------------|----------------|
| | | a | b | c |
| | | Wasserzirkulation | | |
| | | geschlossen | offen | |
| Energiequelle | | | | |
| Dauer der Versuche | h | Ruhrkoks 169,5 | elektrisch 166 | elektrisch 168 |
| Heizfläche im Betrieb (bei Koksheizung) | m ² | 14 | — | — |
| Zugeführte Wärme: pro kWh | WE | — | 860 | 860 |
| pro kg Koks | WE | 6607 | — | — |
| pro kg Holz | WE | 2800 | — | — |
| Zugeführte elektrische Energie | kWh | — | 6920 | 6880 |
| Zugeführter Koks | kg | 1163 | — | — |
| Zugeführtes Holz | kg | 455 | — | — |
| Total zugeführte Wärmemenge | WE | 8 957 941 | 5 951 200 | 5 916 800 |
| Nutzbarer Speicherinhalt | l | 4000 | 7500 | 7500 |
| Mittlere Kaltwassertemperatur | °C | 7,5 | 7,5 | 8,0 |
| Mittlere Warmwassertemperatur | °C | 82,0 | 80,5 | 81,4 |
| Totaler Warmwasserverbrauch | l | 72 240 | 76 830 | 67 625 |
| Täglicher Warmwasserverbrauch | l | 10 320 | 10 980 | 9661 |
| Vom Wasser aufgenommene Wärme | ca. | WE 5 354 270 | 5 674 814 | 4 948 097 |
| Nutzeffekt der Anlage | % | 60 | 95 | 83 |
| Mittlere Beanspruchung der m ² Heizfläche bei Koksheizung | WE/m ² | 4800 | — | — |
| Pro kg Koks bzw. pro kWh nutzbar gemachte Wärmemenge | WE | 3964 | 817 | 713 |
| Preis von 1000 nutzbaren WE | Rp. | 7,67 | 6,10 | 6,97 |
| Zur Ersetzung von 1 kg Koks durch elektrische Energie werden benötigt | kWh | <u>4,85</u> | | |
| Der Mittelwert dieser Zahlen beträgt 4,30 kWh | | | | |

keinen nennenswerten Einfluss ausübten, wurden die Versuche über längere Zeit, zum Teil über eine volle Woche ausgedehnt. Hierbei wurde tagsüber der Stand des Wassermessers und die Temperatur des Wassers beim Austritt aus dem Speicher jede Stunde abgelesen, bei grösseren Temperaturschwankungen fanden die Ablesungen sogar halbstündlich statt. Die Temperatur des kalten Speisewassers bestimmte man nur von Zeit zu Zeit, weil dasselbe fast keinen Schwankungen unterworfen ist. Nachts war der Warmwasserverbrauch eingestellt. Sämtliche Messinstrumente, wie Thermometer, Elektrizitätszähler, Wagen usw. sind bei jedem Versuch genau kontrolliert worden, die Wassermesser wurden bei verschiedenen Durchflussmengen geprüft.

Bei den Versuchen mit Koks wurden jeweils Durchschnittsproben entnommen, die in der eidgenössischen Prüfungsanstalt für Brennstoffe in Zürich auf Heizwert, Aschen- und Wassergehalt geprüft wurden, und das verbrauchte Brennmaterial genau gewogen. Bei diesen Versuchen wurde ferner darauf geachtet, dass nicht *mehr* Speicher im Betriebe standen, als vor Installation der elektrischen Einrichtung, um in beiden Fällen mit denselben Abkühlungsverlusten rechnen zu können. Während der Versuche mit elektrischer Heizung hingegen, mussten alle Speicher im Betriebe sein, um der Sperrzeiten wegen eine genügend grosse Wärmemenge aufzuspeichern zu können.

Um wirklich nur praktische Versuchsresultate zu erhalten, durften auch die Heizer nicht beeinflusst werden, deshalb wurden auch während der Versuche absichtlich

anlagen mit Koks- und elektrischer Heizung.

Tabelle I

| 2 a b Wasserzirkulation geschlossen | | 3 a b Wasserzirkulation geschlossen | | 4 a b Wasserzirkulation teilw. geschlossen | | 5 a b c Wasserzirkulation offen offen geschl. | | | 6 a b Wasserzirkulation teilw. geschlossen | |
|--|------------|--|------------|---|------------|--|------------|------------|---|------------|
| Gaskoks | elektrisch | Gaskoks | elektrisch | Ruhrkoks | elektrisch | Ruhrkoks | elektrisch | elektrisch | Ruhrkoks | elektrisch |
| 168 | 54 | 169,5 | 168 | 168 | 144 | 144 | 144 | 96 | 120 | 50 |
| 7 | — | 6 | — | 13,7 | — | 4,2 | — | — | 13,7 | — |
| — | 860 | — | 860 | — | 860 | — | 860 | 860 | — | 860 |
| 5937 | — | 6134 | — | 6033 | — | 6710 | — | — | 6853 | — |
| 3200 | — | 3000 | — | 2800 | — | 3200 | — | — | 3000 | — |
| — | 650 | — | 1729 | — | 3890 | — | 1600 | 950 | — | 1580 |
| 454 | — | 323 | — | 905 | — | 235 | — | — | 1015 | — |
| 35 | — | 191 | — | 130 | — | 145 | — | — | 363 | — |
| 2 807 400 | 559 000 | 2 554 482 | 1 486 940 | 5 823 860 | 3 345 400 | 2 040 850 | 1 376 000 | 817 000 | 8 044 775 | 1 358 800 |
| 2500 | 3500 | 1100 | 2100 | 1900 | 4900 | 650 | 3000 | 3000 | 3000 | 4100 |
| 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 |
| 64,6 | 54,0 | 73,8 | 62,4 | 81,6 | 72,3 | 63,0 | 78,9 | 72,2 | 66,6 | 58,0 |
| 28 200 | 10 100 | 19 284 | 23 775 | 36 710 | 39 430 | 14 670 | 14 660 | 11 600 | 57 450 | 21 750 |
| 4029 | 4050 | 2755 | 3396 | 5244 | 6572 | 2445 | 2443 | 2900 | 11 490 | 10 150 |
| 1 654 780 | 484 500 | 1 268 074 | 1 341 109 | 2 588 150 | 2 479 030 | 815 365 | 1 065 705 | 772 225 | 3 319 649 | 1 070 340 |
| 59 | 87 | 50 | 90 | 44 | 74 | 40 | 78 | 95 | 41 | 79 |
| 3400 | — | 3000 | — | 2700 | — | 3200 | — | — | 4300 | — |
| 3503 | 748 | 3067 | 774 | 2655 | 636 | 2684 | 671 | 817 | 2810 | 679 |
| 8,3 | 6,71 | 8,98 | 6,45 | 11,40 | 7,84 | 10,83 | 7,50 | 6,16 | 10,7 | 7,40 |
| 4,70 | | 3,96 | | 4,17 | | 4,0 | | | 4,14 | |

Energiepreise in Davos im Herbst 1920.

Tabelle II

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|
| 100 kg Ruhrkoks kosten franko Keller | . | . | . | . | . | . | . | . | Fr. 31.40 |
| 100 kg Gaskoks kosten franko Keller | . | . | . | . | . | . | . | . | “ 29.50 |
| 1 kWh kostet (Sommerpreis) | . | . | . | . | . | . | . | . | “ 0.05 |

keine Rauchgasuntersuchungen gemacht. In den meisten Fällen wusste der Heizer von früheren Untersuchungen her, bei welcher Belastung, Kaminschieberstellung usw. die Feuerungsanlage gut arbeitete.

Alle Versuche wurden jeweils begonnen, wenn die Anlage im stationären Zustande war. Unter Verwendung der Ablesungen über den Wasserverbrauch, der Temperaturerhöhung des Wassers, des Koks- oder Elektrizitätsverbrauches während einer bestimmten Versuchsperiode, liess sich die zugeführte und die nutzbar abgegebene Wärmemenge errechnen und unter Berücksichtigung des Kokspreises, beziehungsweise des Preises für die elektrische Energie auch die Kosten für beide Heizungsarten feststellen. Die durch die verschiedene Temperatur des Speicherwassers bei Beginn und am Ende der Versuche notwendig werdenden Korrekturen wurden jeweils angebracht.

Alle wichtigen Versuchsdaten und Versuchsergebnisse sind in der beiliegenden Tabelle I übersichtlich zusammengestellt. Ueber die einzelnen Versuche wird im folgenden Abschnitt berichtet.

B. Angaben über die verschiedenen Versuche.

Versuche an der Anlage No. 1.

Diese Anlage ist in Fig. 2 schematisch dargestellt. Der mit Koks beheizte Niederdruckdampfkessel besitzt drei Feuerstellen und ist an zwei Warmwasserspeicher angeschlossen. Wird die Anlage elektrisch betrieben, so durchfliesst das kalte Wasser zunächst einen elektrisch beheizten Durchflusskessel von zirka 500 l Inhalt.

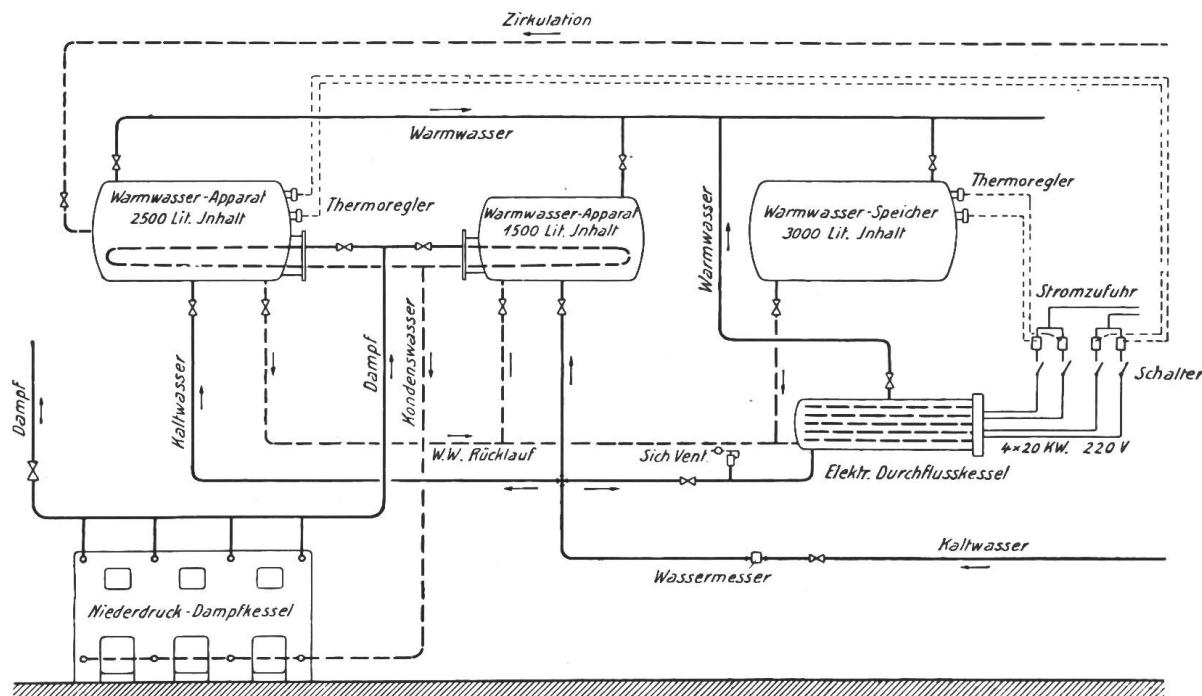


Fig. 2
Schematische Darstellung der Versuchsanlage No. 1.

a) Versuch mit Koksheizung und geschlossener Wasserzirkulation.

Während dieses Versuches wurde nur eine Feuerstelle geheizt und die beiden Speicher von 2500, bzw. 1500 l Inhalt in Betrieb genommen. Während der Nachtzeit liess man das Feuer ausgehen. Am Morgen wurde jeweils mit trockenem Holz wieder angeheizt. Der auf diese Weise erzielte Nutzeffekt der Anlage betrug 60%.

Die Wassertemperaturen in dem Speicher liessen sich mit Hilfe einer wechselnden Feuerstärke während der Versuchspériode ziemlich gleichmässig hoch halten, trotzdem ganz beträchtliche Schwankungen im Wasserverbrauche vorkamen. Am wenigsten Wasser wurde jeweilen Sonntags, am meisten Montags gebraucht. Diese Erscheinung zeigte sich bei allen Versuchen, sie ist für den Hotelbetrieb charakteristisch. Deshalb wurde in Fig. 3 der Temperaturverlauf in den Speichern, die stündliche und Gesamt-wasserentnahme graphisch aufgetragen, um für die Konstruktion solcher Anlagen Anhaltspunkte zu geben.

Während dieses Versuches blieb der Speicher No. 3 von 2,65 m Länge und 1,2 m Durchmesser und 3000 l Inhalt ausgeschaltet. Es bot sich daher Gelegenheit, die auftretenden Wärmeverluste zu bestimmen, indem die Wassertemperatur von Zeit zu Zeit gemessen wurde. Im Verlaufe von 170 Stunden ging dieselbe von 90° C auf 59° C herunter, wobei die Lufttemperatur in der Umgebung des Speichers zwischen 24° und 30° C schwankte. Der Speicher war nicht gut isoliert. Seither

von der Erbauerin ausgeführte, besser isolierte Speichergefässe ergeben viel geringere Wärmeverluste. In Fig. 4 sind der Temperaturverlauf und die stündlichen Wärmeeverluste graphisch aufgetragen. Mit steigender Wassertemperatur wächst der Wärmeverlust. Bei 90°C Wassertemperatur war er z. B. dreimal grösser als bei 60°C . Will man also möglichst geringe Wärmeverluste erzielen, so ist es vorteilhafter, die Anlagen mit nicht zu hohen Wassertemperaturen zu betreiben. Natürlich sind dann entsprechend grösser dimensionierte Gefässe notwendig.

b) Versuch mit elektrischer Heizung und geschlossener Zirkulation.

Alles kalte Wasser wurde im elektrischen Durchflusskessel erwärmt. Alle drei Warmwasserspeicher mit total 7500 l Inhalt waren im Betrieb. Die Stromzufuhr war von zirka 16 $\frac{1}{2}$ Uhr bis 22 Uhr jeweils abgestellt. In Fig. 5 ist wiederum der Wasserverbrauch und Temperaturverlauf in den Speichern vergleichsweise aufgezeichnet. Die Anlage war am Montag bis an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit beansprucht. Der Nutzeffekt der Anlage unter den gegebenen Versuchsbedingungen also bei sehr starker Beanspruchung, betrug 95%.

c) Versuch mit elektrischer Heizung und offener Zirkulation.

Dieser Versuch, der unter den sonst gleichen Bedingungen wie der vorhergehende durchgeführt wurde, ergab einen Nutzeffekt von 83%. Der kleinere Wert des Wirkungsgrades ist auf die Verluste im Rohrleitungsnetz zurückzuführen.

Versuche an der Anlage No. 2.

Die Anlage ist in Fig. 6 schematisch dargestellt. Der Koksheizkessel besitzt nur eine Feuer-

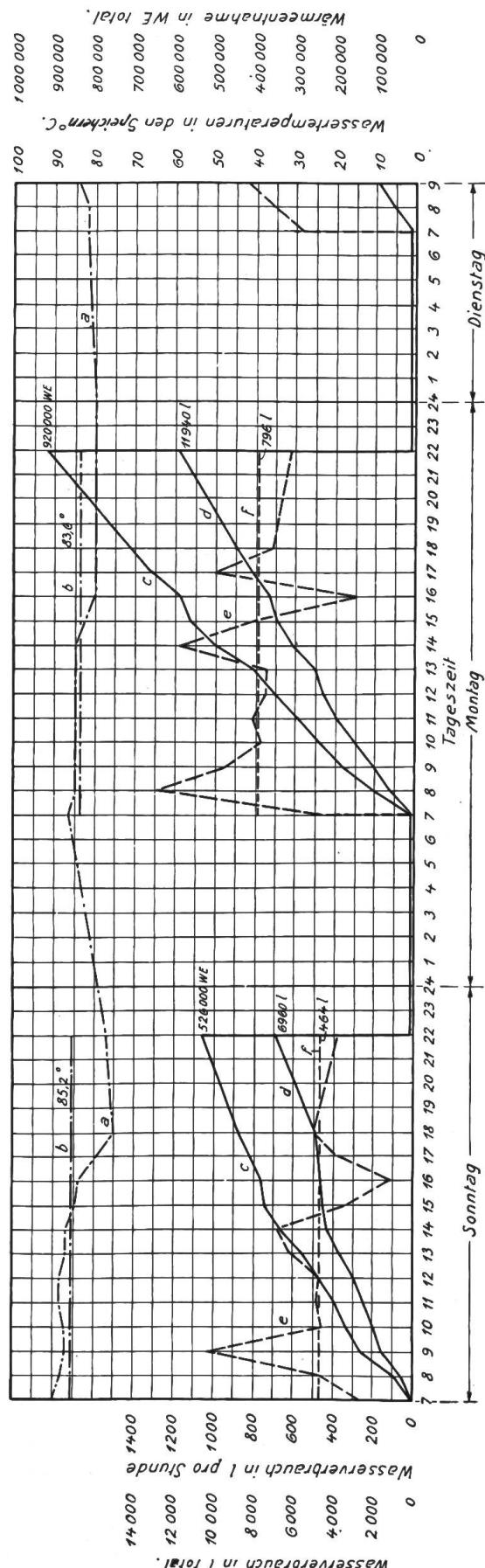


Fig. 3
Versuch No. 1a. Warmwasserverbrauch und Temperaturverlust in den Speichern mit Koksheizung.
a Wassertemperatur in den Speichern in $^{\circ}\text{C}$,
b Mittlere Wassertemperatur in $^{\circ}\text{C}$,
c Totale Wärmeverbrauch in WE,
d Totaler Wasserverbrauch in l,
e Stündlicher Wasserverbrauch in l pro Stunde,
f Mittlerer Wasserverbrauch in l pro Stunde.

stelle. Es wurden je ein Versuch mit Koks und zwei Versuche mit elektrischer Heizung durchgeführt. Letztere konnten nur über 54 Stunden ausgedehnt werden, ergaben aber sehr gut übereinstimmende Werte. Die elektrische Anlage hat wiederholter Störungen wegen nicht immer vollständig befriedigt. Der Nutzeffekt der Anlage beim elektrischen Betrieb betrug nur 87%, zum Teil weil sie nicht genügend sorgfältig isoliert ist, zum Teil die Beanspruchung gering war. Dieser Versuch beweist gerade die Zweckmässigkeit der Unterteilung von Anlagen in Hotels mit stark wechselndem Wasserverbrauch während verschiedener Jahreszeiten.

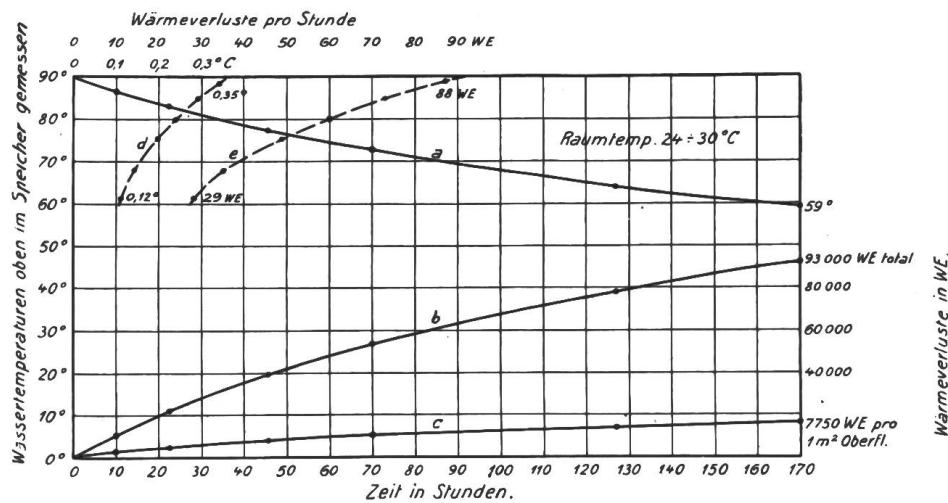


Fig. 4

a Temperatur des Speicherinhaltes,

b totale Wärmeverluste in WE,

c totale spezifische Wärmeverluste in WE pro m² Oberfläche.

d Temperaturabnahme des Speicherinhaltes pro Stunde bei verschiedenen Wassertemperaturen in °C.

e Spezifische Wärmeverluste bei verschiedenen Wassertemperaturen in WE pro m² und Stunde.

Versuche an der Anlage No. 3.

An der in Fig. 7 dargestellten Anlage wurden wiederum zwei Vergleichsversuche bei geschlossener Zirkulationsleitung mit Koks und elektrischer Heizung vorgenommen, Störungen traten nicht auf. Die elektrische Heizungsanlage arbeitet nach den Aussagen des Besitzers schon seit mehreren Jahren anstandslos und vollständig selbsttätig.

Versuche an der Anlage No. 4.

Diese Anlage, in Fig. 8 dargestellt, ist eine der ältesten in Davos befindlichen Warmwasserbereitungsanlagen. Der elektrisch geheizte Warmwasserspeicher liegt tiefer als der Speicher der Koksheizung. Diese Anordnung hat sich gut bewährt. Die Zirkulation war bei den Versuchen nur teilweise geschlossen, woraus sich die niedrigen Nutzeffekte erklären. Die Dampfleitungen der Koksheizung waren etwas zu gross bemessen und mangelhaft isoliert, was beträchtliche Wärmeverluste mit sichbrachte.

Versuche an der Anlage No. 5.

An dieser, in Figur 9 dargestellten Anlage konnte der Versuch mit Koksheizung nur bei offenen Zirkulationsleitungen durchgeführt werden, weil der zur Niederdruckdampfheizung gehörende Speicher von nur 650 l Inhalt bei der starken Inanspruchnahme der Anlage nicht ausreichte. Bei geschlossenen Zirkulationsleitungen traten innerhalb einer Viertelstunde Temperaturschwankungen von 70° C ein, währenddem bei offenen Leitungen der Wasserinhalt des Kessels mit als Wärmespeicher diente. Bei der elektrischen Heizung ergaben sich sehr grosse Differenzen zwischen den Versuchen mit offener und geschlossener Zirkulation; der verhältnismässig

niedrige Nutzeffekt im ersten Fall ist auf die mangelhafte, zum Teil fehlende Isolierung des Rohrnetzes zurückzuführen.

Versuche an der Anlage No. 6.

Bei der in Fig. 9 abgebildeten Anlage dient die elektrische Heizung nur zur Unterstützung der alten Dampfheizung. Sie ist so klein dimensioniert, dass sie den Bedürfnissen des Hauses allein nicht genügen könnte. Der Versuch mit elektrischer Heizung konnte darum nicht programmgemäß durchgeführt werden.

C. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse.

Die bei den verschiedenen Versuchsserien erzielten Nutzeffekte schwankten bei der Koksfeuerung zwischen 40 und 60%, bei der elektrischen Heizung zwischen 74 und 95%. Besonders die Zahlen für Koksheizung mögen auf den ersten Blick etwas niedrig erscheinen, es ist aber zu beachten, dass den Ergebnissen nicht kurze Paradeversuche, sondern lang andauernde praktische Versuche zugrunde liegen und dass der Wirkungsgrad auch durch die auftretenden Wärmeverluste in den Rohrleitungen, Speichergefassen, die Abkühlung während der Nacht usw. mit beeinflusst wird. Am Schlusse der Tabelle I ist für jeden Versuch angegeben, wieviel kWh elektrischer Energie zur Ersetzung von 1 kg Koks benötigt werden. Diese Zahlen schwankten zwischen 4,85 und 3,96 und betrugen im Mittel 4,30. Eine kWh müsste also 4,3 mal weniger kosten als 1 kg Koks franko Behälter geliefert, wenn für elektrische Energie und für Koksheizung gleiche Auslagen entstehen sollen. Bei den im Herbst 1920 in Davos geltenden Preisen kosteten 1000 nutzbar

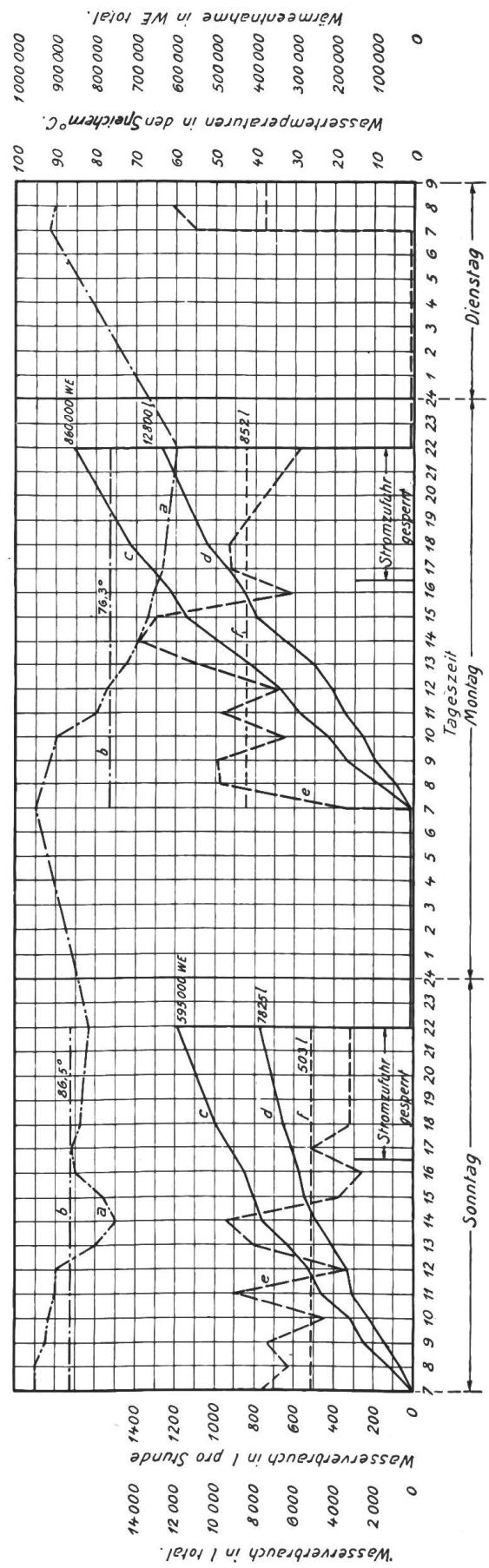


Fig. 5
Versuch No. 1 b. Warmwasserverbrauch und Temperaturverlauf in den Speichern bei elektrischer Heizung.
a Wassertemperatur in den Speichern in °C,
b Mittlere Wassertemperatur in °C,
c Totale Wärmeeinnahme in WE,
d Totaler Wasserverbrauch in l,
e Stündlicher Wasserverbrauch in l pro Stunde,
f Mittlerer Wasserverbrauch in l pro Stunde.

gemachte Wärmeeinheiten im Mittel mit Koksheizung 9,65, mit elektrischer Heizung 7,0 Rappen.

Unter Zugrundelegung von verschiedenen, bei Fig. 10 näher umschriebenen auf den Versuchen basierenden Annahmen, ergeben sich die aus dieser Figur herauslesbaren Aequivalenzpreise für Koks- bzw. elektrische Energie, die auch für Zentralheizungen mit grosser Annäherung in Rechnung gesetzt werden können.

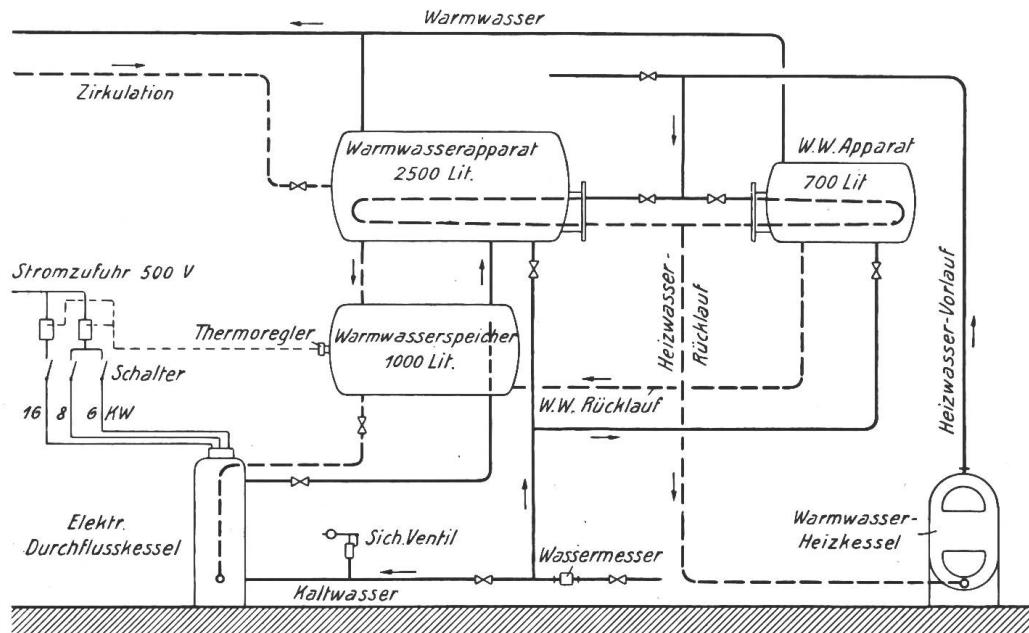


Fig. 6
Schematische Darstellung der Versuchsanlage No. 2.

Bei der Aufstellung dieser Aequivalenzzahlen wurden nur die bei den Versuchen ermittelten mittleren Energiekosten in Rechnung gesetzt. Bei Berechnungen über die Wirtschaftlichkeit der Anlagen mit Koks- oder elektrischer Heizung müssen

also noch die Auslagen für die Verzinsung und Amortisation der Anlage, die Bedienungskosten, die Kosten für die Schlackenabfuhr bei der Koksheizung mit in Berücksichtigung gezogen werden. Es hält schwer, hierfür allgemein gültige Regeln aufzustellen, weil sich die Verhältnisse von Fall zu Fall stark verschieben können. Es muss der Vollständigkeit halber auch erwähnt werden, dass die Koksheizungen bei den vorgenommenen Versuchen durch ein eingearbeitetes Personal überwacht und bedient wurden. Werden sie ungeschultem Personal überlassen, so wird das Brennmaterial oft weniger gut ausgenützt. Schliesslich sei auch noch darauf hingewiesen, dass die Anpassungs-

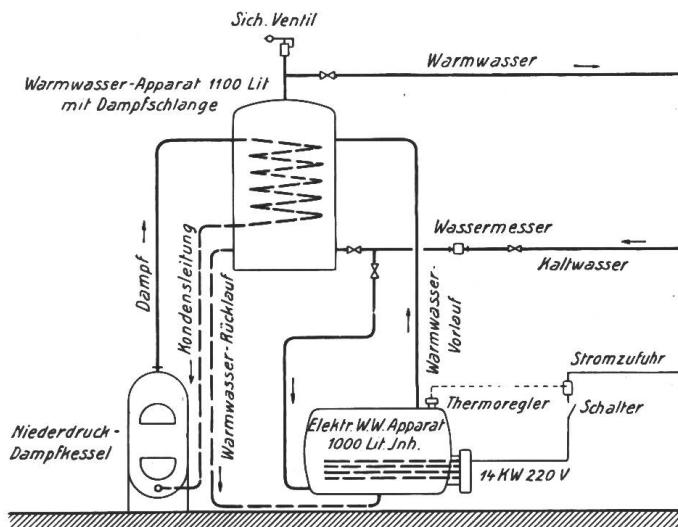


Fig. 7
Schematische Darstellung der Versuchsanlage No. 3.

fähigkeit an den jeweiligen Wärmebedarf bei elektrischer Heizung eher grösser ist, als bei der Heizung mit festen Brennstoffen. Die elektrische Heizung kann auch andere Vorteile mitsichbringen, die sich nicht, oder nur schwer zahlenmässig ausdrücken lassen, wie z. B. die vollständige Beseitigung der Raudhplage, die Herab-

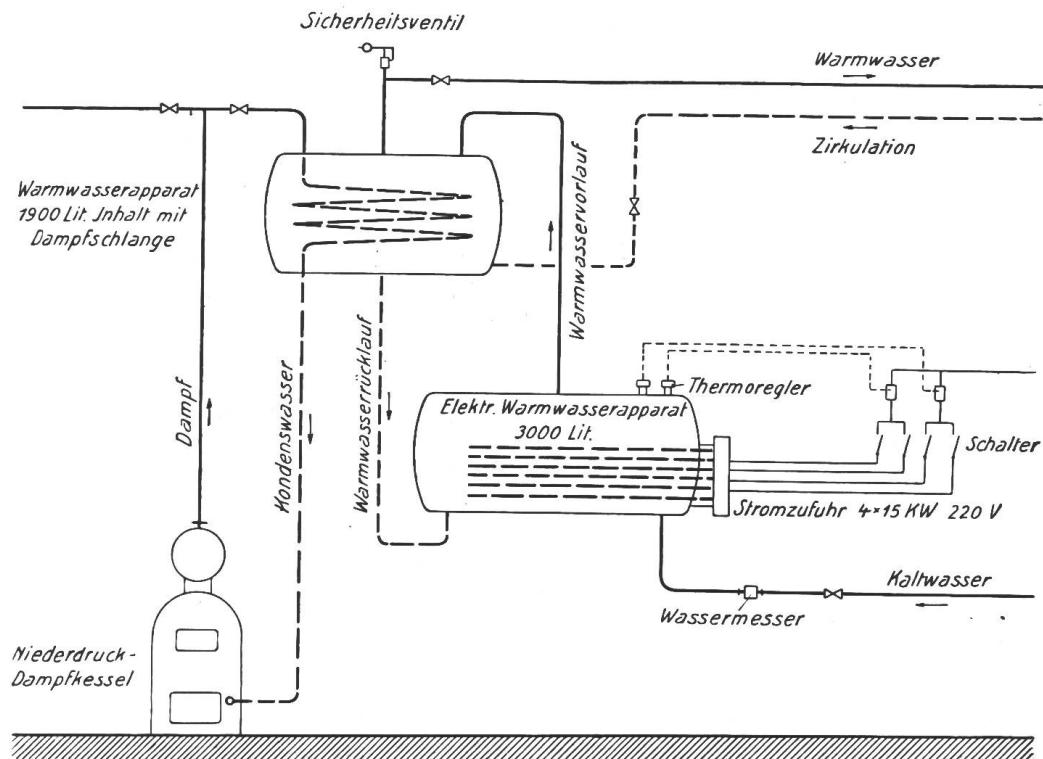


Fig. 8
Schematische Darstellung der Versuchsanlage No. 4.

setzung der Bedienungskosten der Anlage, Wegfall von Zins- und Materialverlusten für Einlagerung von Brennstoffen usw. In Davos sind die Verhältnisse für die Einführung der elektrischen Heizung besonders günstig, weil man dort stets mit relativ hohen Brennstoffkosten rechnen muss und eine Verunreinigung der Luft durch Ver-

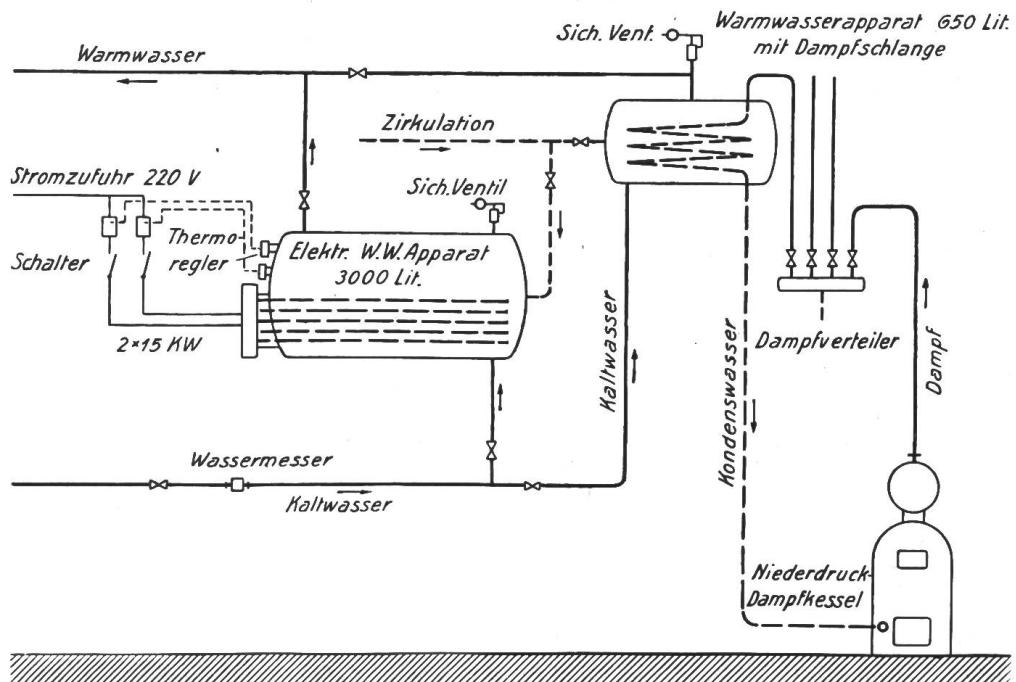


Fig. 9
Schematische Darstellung der Versuchsanlage No. 5.

brennungsprodukte möglichst vermieden werden sollte, wenn es seinen Ruf als Kurort behalten soll. Man hat dort im praktischen Betriebe an Warmwasserbereitungsanlagen die Erfahrung gemacht, dass während der sechs Sommermonate ein Strom-

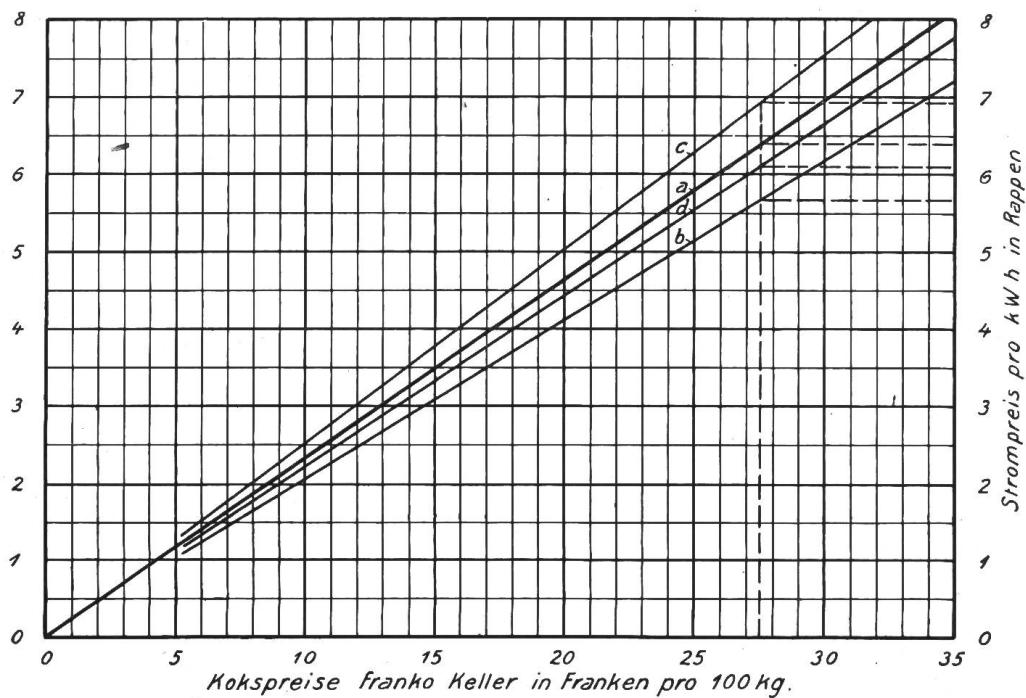


Fig. 10

Äquivalenzpreise zwischen elektrischer Energie und Koks.

a Mittelwert sämtlicher Versuche. Koksheizwert 6500 WE. c Unwirtschaftlichster Versuch No. Koksheizwert 6500 WE.
 b Äquivalenzpreis bei einem Koksheizwert von 6500 WE. d Mittelwert sämtlicher Versuche. Koksheizwert 6800 WE.

preis von 5 Rappen pro kWh, im Winter ein solcher von $6\frac{1}{2}$ bis 7 Rappen bei den 1920 geltenden Kokspreisen (zirka 30 Fr. franko Behälter), die Einführung der elektrischen Warmwasserbereitung noch wirtschaftlich erscheinen liess. Bei entsprechend tieferen Kokspreisen müsste auch die elektrische Energie billiger abgegeben werden, um konkurrenzfähig zu bleiben.

(Fortsetzung folgt.)

Die elektrische Pumpen-Warmwasserheizung in der Reparaturwerkstätte für elektrische Lokomotiven der Schweiz. Bundesbahnen, in Bellinzona.

Mitgeteilt von Gebrüder Sulzer, Aktiengesellschaft.

Die Elektrifikation der Gotthardstrecke der Schweiz. Bundesbahnen hat Gelegenheit geboten zur Erstellung einer elektrischen Heizanlage, die wohl eine der grössten ihrer Art sein dürfte. Zur Instandstellung ihrer elektrischen Lokomotiven erstellten die Bundesbahnen in ihrer Werkstätte in Bellinzona einen Neubau, der in der Hauptsache aus einer grossen Halle von zirka 100 m Länge, 24 m Breite und 17 m Höhe, sowie einigen kleinen Anbauten mit Toilettträumen, Werkzeug- und Meisterzimmer besteht. Zur Heizung dieses Gebäudes sollte der für die elektrische Traktion verwendete Einphasenwechselstrom von $16\frac{2}{3}$ Perioden pro Sekunde verwendet werden. Die Wärmeverluste wurden bei einer Aussentemperatur von -5° Celsius zu 380 000 WE/Std. ermittelt, zu deren Deckung, inklusive Leitungs- und Trans-