

Dieselmotoren: eine Untersuchung über ihre wirtschaftliche Verwendung

Autor(en): **Büchi, Alfred**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **79/80 (1922)**

Heft 18

PDF erstellt am: **18.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-38086>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Konstruktion, die sich aufs beste bewährt hat, ist im Herbst 1920 von der bekannten Holzbaufirma Pasqualin & Vienna, Impresa Costruzioni, in Mailand ausgeführt worden, die die Hetzer-Patente für Italien besitzt. Der Entwurf stammt vom Verfasser und wurde im Ingenieurbureau Ing. Giovanni Rodio in Mailand hergestellt.

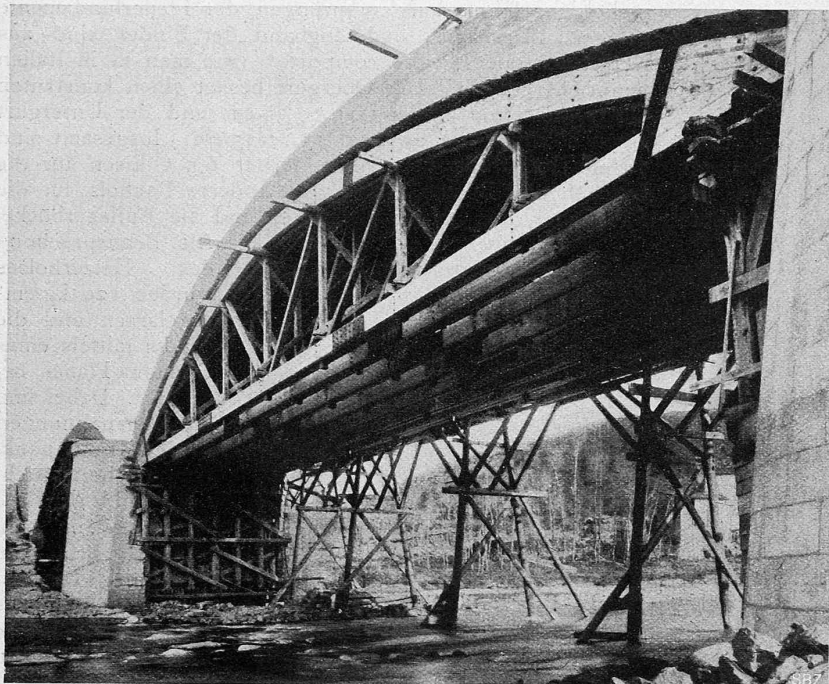


Abb. 4. Untersicht des freitragenden Lehrgerüsts „Ponte San Giovanni“, Stützweite 35,7 m.

Mit dieser ersten bemerkenswerten Ausführung hat die Hetzersche Bauweise sich auch in Italien Bahn gemacht; weitere Lehrgerüste für ein Viadukt und für eine Bogenbrücke sind in Ausführung begriffen. Die Binder des Lehrgerüsts der Tiberbrücke Ponte San Giovanni werden weiter ihren Dienst versehen bei der Dachkonstruktion einer Luftschiffhalle in Sesto Calende am Langensee.

Dieselmotoren

Eine Untersuchung über ihre wirtschaftliche Verwendung¹⁾

Von Oberingenieur Alfred Büchi, Winterthur.

Es scheint auf den ersten Blick etwas gewagt zu sein, im Lande der weissen Kohle die Krafterzeugung durch kalorische Maschinen befürworten zu wollen. Es dürfte immerhin — das soll hier vorweg betont sein, um nicht missverstanden zu werden —, gar nicht in Frage gestellt werden, dass wir hier in der Schweiz den Hauptteil unseres Kraftbedarfes nicht durch unsere Wasserkräfte decken. Es muss natürlich in allererster Linie unser Bestreben sein, wenn immer möglich aus den eigenen Kraftquellen zu schöpfen; eine wirtschaftliche Grenze hierfür gibt es nur dort und nur für solche Fälle, wo diese Kraftbeschaffung mit zu teuren Mitteln erkaufte wird. Im folgenden soll nun von diesen Grenzen gesprochen und an Hand von Zusammenstellungen der Anlage- und Betriebskosten, die wirtschaftliche Bedeutung der verschiedenen hauptsächlichsten Krafterzeugungsarten miteinander verglichen werden.

Allgemeine Gegenüberstellung hydroelektrischer und kalorischer Kraftanlagen.

Es ist vorteilhaft sich vorerst ganz allgemein darüber Rechenschaft zu geben, welche Faktoren für die Anlage-, sowie Jahres-Betriebskosten der verschiedenen Kraftquellen massgebend sind. Die hydro-elektrischen Kraftanlagen verhalten sich prinzipiell anders, als die kalorischen.

¹⁾ Nach einem vor den Sektionen Zürich, Basel und Bern des «Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein» gehaltenen Vortrag.

Hydroelektrische Kraftanlagen bedingen normalerweise ein grosses Anlage-Kapital, d. h. das 2- bis 3-fache und mehr von kompletten kalorischen Kraftanlagen. Ferner muss bei denselben die eigentliche Krafterzeugung örtlich dorthin verlegt werden, wo die Wasserenergie zur Verfügung steht. Die erzeugte Kraft ist dann an den Gebrauchsort weiter zu leiten und dort in geeigneter Form abzugeben. Ist die Anlage einmal erstellt, so bedarf es geringer Bedienungs- und Unterhaltungskosten zur Inbetriebhaltung. Die Hauptausgaben belaufen sich auf die Verzinsung, die Erneuerung und die Amortisation der Anlage. Ferner ist die jeweilige Höchstleistung abhängig vom Wasserstande und unter Umständen stark veränderlich.

Es ist eine Konzession zum Betriebe einer Wasserkraftanlage notwendig, die in der Regel für eine bestimmte, aber begrenzte Dauer von den staatlichen Behörden erteilt wird. Der Staat behält sich nach Ablauf dieser Dauer gewöhnlich vor, das Werk zu übernehmen. Für die Fernleitung müssen Durchleitungsrechte erworben werden. Ferner verlangt die Erstellung solcher Anlagen eine verhältnismässig lange Verhandlungs- und Bauzeit.

Kalorische Anlagen stellen sich billiger in der Anschaffung. Sie können am Verbrauchsort der Kraft oder mindestens in dessen Nähe aufgestellt werden. Sie bedingen während ihrer Betriebszeit ständige Ausgaben für die Brennstoffbeschaffung. Der Brennstoff muss, was die Schweiz anbelangt, aus dem Ausland bezogen werden.

Die Aufstellung der kalorischen Anlagen ist an keine behördliche Konzession gebunden, sobald die Ausführung den feuerpolizeilichen Vorschriften genügt. Kurze Bauzeiten können eingehalten werden und eine sukzessive Vergrößerung und damit rasche Anpassung an den Kraftmarkt ist gut möglich. Thermische Maschinen können immer auf ihre Höchstleistung ausgenutzt werden.

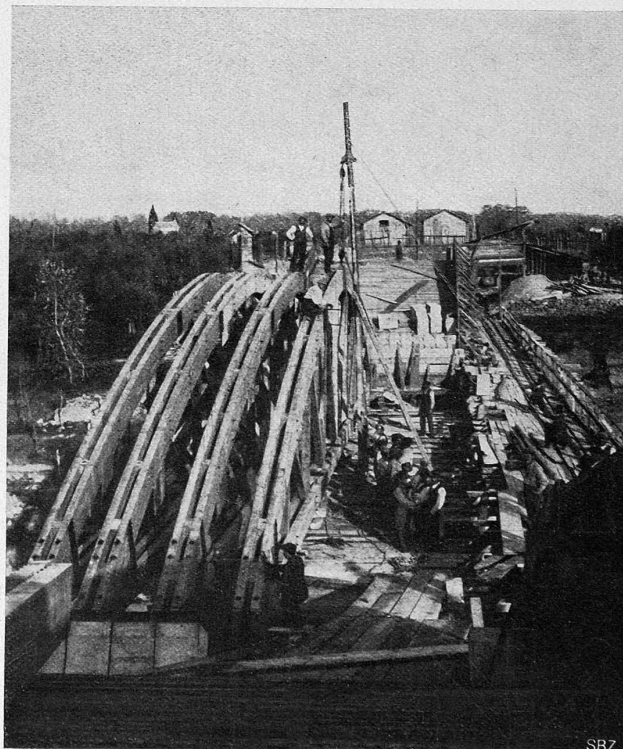


Abb. 3. Aufstellung der Lehrgerüst-Binder, Bauart Hetzer.

Bestimmung der Kosten elektrischer Krafterzeugung bei Wasser- und Diesekraftwerken.

Wenn man einen genauen Vergleich anstellen will über die Kosten verschiedener Kraftanlagen, so kommt es darauf an, von was für Voraussetzungen man dabei ausgeht und auf welchen Punkt des Kraftnetzes bezogen man den Preis z. B. pro kWh kennen will. Es ist unmöglich, im Rahmen dieser Untersuchung alle vorkommenden Verhältnisse einzeln zu behandeln; es seien deshalb nur einige Aufschlüsse allgemeiner Art gegeben.

Wasserkraftwerke. Vorerst sei die Berechnung der kWh-Preise einer Wasserkraftanlage dargelegt. Die Stromentnahmestelle A (Abbildung 1) befindet sich in einer Leitung von mittlerer Spannung, es handle sich hier um Wechselstrom. Um für stark veränderliche Verhältnisse einen allgemeinen Ueberblick zu bekommen, seien als Kosten der kompletten Wasserkraftanlage einschliesslich Transformation auf die Fernleitungsspannung 1200, 1000, 800 und 600 Fr./kW der Nennleistung angenommen. Die Kosten der Doppelfernleitung seien bei 200, 100 bzw. 50 km Länge derselben 375, 190 bzw. 100 Fr./kW. Die Kosten der Transformatorstation am Ende der Fernleitung einschliesslich Schaltanlage und Gebäude seien 100 Fr./kW. Will man nun die wahren Kosten bezüglich der Entnahmestelle A kennen, so ist zu berücksichtigen, dass dort, entsprechend den Wirkungsgraden der Fernleitung und der Transformation, nicht mehr die gleiche Leistung vorhanden ist, wie z. B. an den Hochspannungsklemmen der Kraftanlage selbst, oder beim Eintritt in die Transformatorstation. Pro kW Nennleistung im Punkte A sind deshalb statt bloss 1200 Fr., 1422, 1330, bzw. 1290 Fr. einzusetzen, je nachdem 200, 100 bzw. 50 km Fernleitung vorhanden sind. Auch die Fernleitungskosten erhöhen sich auf die Kraft im Punkte A bezogen im umgekehrten Verhältnis, wie der Wirkungsgrad der Transformatorstation unter 1 fällt. Die Kosten der Transformatorstation hingegen sind direkt in Rechnung zu setzen. Aus dem Total der drei Zahlen ergeben sich jeweils die Erstellungskosten pro kW an der Stromentnahmestelle A zu 1909, 1626 bzw. 1493 Fr., je nachdem die Fernleitung 200, 100 bzw. 50 km lang ist. Die jährlichen Ausgaben für die genannten Kapitalbeträge, einschliesslich Bedienung, Unterhalt seien zu 9% für das Kraftwerk und zu 11% für die Fernleitung und die Transformatorstation eingesetzt. Daraus ergeben sich die jährlichen Ausgaben zu Fr. 181,60, 152,10 bzw. 138,30 pro kW Nennleistung.

In ganz gleicher Weise werden die Erstellungskosten, sowie die jährlichen Ausgaben pro kW für die Kraftwerke, die nur 1000, 800 bzw. 600 Fr. kosten, berechnet. Aus den jährlichen Ausgaben können dann bei gegebener Gebrauchsdauer die kWh-Preise berechnet werden. Diese sind nun in Abb. 1 oben (über den im untersten Band aufgetragenen jährlichen Ausgaben) ebenfalls eingezeichnet in Funktion des Belastungsfaktors der betr. Anlage von 25 bis 100%. Die strichpunktiierten Kurven zeigen die Preise bei jährlich 4000 Betriebsstunden und zwar die dickere Kurve die Werte bei 50, die mittlere jene bei 100 und die dünne jene bei einer 200 km langen Fernleitung. Die vollausgezogenen Linien stellen die entsprechenden kWh-Preise bei 2500, die punktierten diejenigen bei 1500 Gebrauchsstunden dar. Auffallend stark ist das Steigen der

Preise bei abnehmender Belastungsdauer (Belastungsfaktor), was davon herrührt, dass die jährlichen Gesamtausgaben praktisch gleich hohe sind, ob die Anlage voll oder nur zum Teil ausgenützt wird.

Es ist bei dieser Preisberechnung angenommen, dass keine induktive Belastung vorliegt, dass also der $\cos \varphi = 1$ ist. Dies ist praktisch nicht der Fall und deshalb stellen sich die Kosten der kWh an der Gebrauchsstelle A noch höher, da deshalb grössere Generatoren im Wasserkraftwerk, grössere Transformatoren und auch eine Fernleitung mit grösserem Querschnitt notwendig sind. In Wirklichkeit liegt bekanntlich der $\cos \varphi$, wenn viele Motoren angetrieben werden, weit unter 1.¹⁾ Ferner kann es vorkommen, dass die Anlage wegen geringen Wasserstandes nicht voll ausgenützt werden kann, also mit einem niedrigeren Belastungsfaktor arbeitet, was ebenfalls eine wesentliche Steigerung der kWh-Preise zur Folge hat.

Wird Gleichstrom benötigt, so ist noch eine Umformung erforderlich. Da der mittlere Wirkungsgrad einer Umformanlage mit Motor-Generatoren-Gruppen ungefähr 84% ist, erhöhen sich die Kosten am Verbrauchsorte entsprechend. Bei 1200 Fr. Kraftwerkskosten pro kW stellen sie sich auf 1700, 1590 bzw. 1535 Fr./kW, bei 200, 100 bzw. 50 km

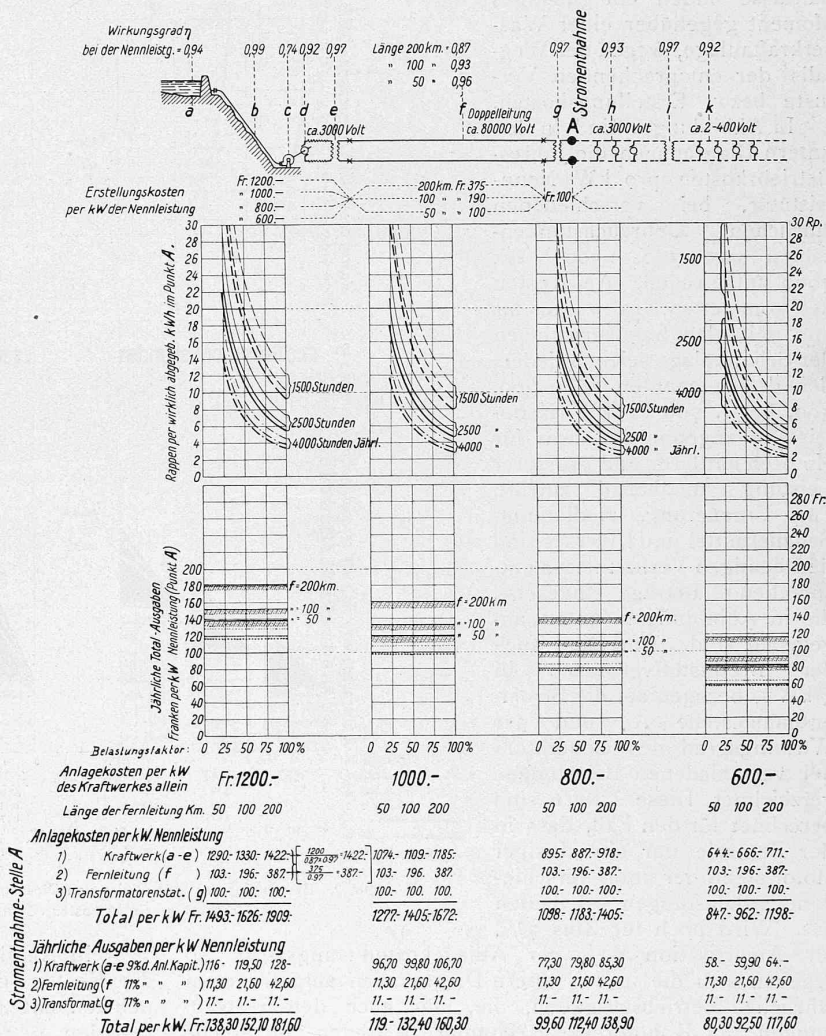


Abb. 1. Berechnung der kWh-Preise von Wasserkraft-Anlagen (Einphasenstrom 3000 V) für verschiedene Anlagekosten, Gebrauchstundenzahlen, Belastungsfaktoren und Fernleitungslängen.

Länge der Fernleitung. Auch die Fernleitungskosten erhöhen sich aus dem gleichen Grunde. Werden statt Motor-Generatoren, Einankerumformer oder Quecksilberdampf-Gleichrichter gewählt, so lassen sich dadurch die Wirkungsgrade der Umformung zum Teil verbessern.

¹⁾ Siehe u. a. «E. T. Z.» vom 29. Dez. 1921: «Die $\cos \varphi$ -Tagung der Vereinigung der Elektrizitätswerke».

Allerdings ist zu erwähnen, dass Quecksilberdampf-Gleichrichter wieder teurer und zudem nicht bei allen Spannungen mit Vorteil verwendbar sind. Doch würde es uns zu weit führen, auf alle diese Fälle näher einzutreten.

Gleiche Verhältnisse sind auch vorhanden, wenn Beleuchtungs-Umformerstationen, z. B. um Drehstrom in Einphasenstrom umzuwandeln, vorhanden sind, wie z. B. in Zürich, wo der Wirkungsgrad der Umformung bloss 78 % beträgt und rd. 40 % aller Energie umgeformt werden muss.

Dieselmotorzentrale. Bei einer Dieselmotorzentrale fallen aus den bereits angeführten Gründen eine Fernleitung von wesentlicher Länge sowie die durch die Fernübertragung bedingte Spannungstransformation weg. Da der Elektrogenerator direkt mit dem Dieselmotor gekuppelt ist, gleichgültig, ob es sich um Einphasen-, Dreh- oder Gleichstrom handelt und der Strom direkt mit der Spannung erzeugt werden kann, die für den Verwendungszweck am geeignetsten ist, kann eine Transformation bezw. Umformung in den meisten Fällen umgangen werden. Diese Verhältnisse bilden ein günstiges Moment gegenüber einer Wasserkraftanlage, wegen des Wegfalls der entsprechenden Verluste bezw. Erstellungskosten.

In Abbildung 2 sind in den untern Diagrammen die Jahresbetriebskosten pro kW Nennleistung, bei verschiedenen jährlichen Gebrauchstundenzahlen von 1500, 2500 bzw. 4000 aufgetragen. Als Kosten des kompletten Kraftwerkes bis und mit den Sammelschienen der Schaltanlage seien in jedem der drei genannten Fälle 300, 500, bzw. 700 Fr./kW Nennleistung angenommen, was für Motoren mittlerer und grösserer Leistung annähernd zutrifft. Für Erneuerung, Bedienung, Schmiermittel und Diverses sind den heutigen Verhältnissen entsprechende Beträge eingesetzt, die in Abbildung 2 unten angegeben sind. Dort sind auch der Brennstoffverbrauch in g/kWh, bezogen auf die Stromentnahmestelle A, und der Wirkungsgrad des Generators bei verschiedenen Belastungen verzeichnet. Diese Ziffern sind berechnet für den Fall, dass in der Zentrale nur ein einziger Motor steht, der unter verschiedenen Belastungen zu laufen hat. Wird noch für Zins 7%, für Amortisation 6% der Anlagekosten eingesetzt, so ergeben sich die in den untern Diagrammen aufgetragenen jährlichen Betriebsausgaben, die, um auch den Schwankungen der Rohölpreise Rechnung zu tragen, für solche von 75, 100 und 125 Fr./t berechnet sind. Gegenüber den Wasserkraftanlagen fällt auf, dass die Ausgaben nicht für jede Belastung der Anlage gleich sind, sondern dass sie mit der Belastung steigen. Sind in der Anlage mehrere Motoren vorhanden, so erfolgt dieses Ansteigen proportional zum Belastungsfaktor. Ist hingegen nur eine Einheit eingebaut, so entstehen bei Teilbelastungen infolge des erhöhten Verbrauchs etwas grössere Ausgaben.

Ein Ueberblick über die Zahlenwerte zeigt, dass bei 1500 Stunden Gebrauchsdauer im Jahre und 300 Fr./kW

Anlagekosten, die jährlichen Ausgaben von 45 bis 100 Fr., bei dem Preise von 700 Fr./kW Anlagekosten, bis auf über 150 Fr./kW der Nennleistung steigen. Entsprechende Werte bei 2500 Gebrauchstunden liegen zwischen 50 und 200 Fr./kW, bei 4000 Gebrauchstunden zwischen 60 und 270 Fr./kW der Nennleistung. Auffallend sind die geringen Jahreskosten pro kW, wenn die Dieselmotorzentrale nur 1500 Stunden in Betrieb bleibt und ferner, wenn in den verschiedenen Fällen jeweils nur mit einem kleinen Belastungsfaktor zu rechnen ist. Man wird später sehen, wie sich diese Besonderheiten einer Dieselmotorzentrale beim Vergleich mit der Wasserkraftausnutzung stellen; vorläufig soll nur angedeutet werden, dass sich hierdurch gewisse Vorteile der Dieselanlage kenntlich machen.

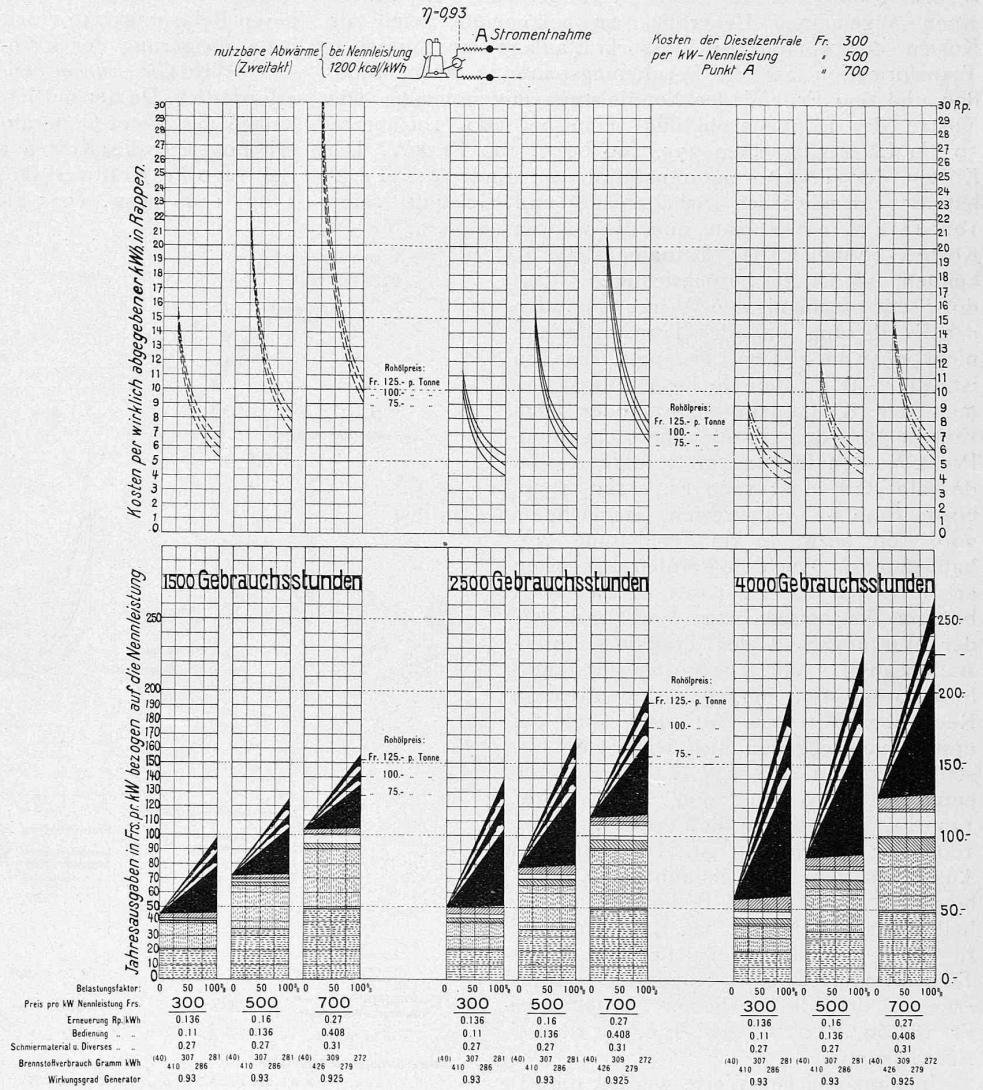


Abb. 2. Berechnung der kWh-Preise von Dieselmotor-Zentralen (beliebige Stromart und Spannung) für verschiedene Anlagekosten, Gebrauchstundenzahlen und Rohöl-Preise.

In Abbildung 2 sind über den Jahresausgaben noch die Kosten der abgegebenen kWh eingetragen. Diese nehmen mit zunehmender Betriebstundenzahl ab und liegen bei den getroffenen Annahmen zwischen 3,5 und 10,5 Rp./kWh bei 4/4 Belastung der Anlage; bei kleinerem Belastungsfaktor steigen sie ziemlich rasch an, wenn auch nicht so rasch wie jene hydroelektrischer Werke, da die Jahresausgaben bei kleinerem Belastungsfaktor kleiner sind.

Es muss noch erwähnt werden, dass bei einer Dieselmotoranlage ausser der abgegebenen Kraft noch weitere Energie gewonnen werden kann durch Verwertung der Abwärme des Kühlwassers und der Auspuffgase. Wir verweisen hierüber auf die Ausführungen von Ing. M. Hottinger auf Seite 99 dieses Bandes (Nr. 8 vom 25. Februar 1922).

Vergleich der Strompreise bei Wasser-, Diesel- und Dampfkraft-Anlagen.

Um einen übersichtlichen Vergleich zu ermöglichen sind in Abbildung 3 die im Vorstehenden näher erläuterten kWh-Preise für Wasser- und Diesel-Kraft nebeneinander aufgetragen und zwar für die Erzeugung von Wechselstrom. In den vier Kolonnen sind die Werte für die Belastungsfaktoren $\frac{4}{4}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{4}$ und $\frac{1}{4}$ der Nennleistung aufgenommen, und zwar für jährliche Gebrauchstundenzahlen von 4000 (strichpunktierte Linien), 2500 (ausgezogene Linien) und 1500 (gestrichelte Linien) und je in drei verschiedenen Stärken, die bei den Wasserkraftanlagen Fernleitungslängen von 50, 100 bzw. 200 km Länge, bei den Dieselmotoranlagen verschiedenen Brennstoffpreisen von 75, 100 bzw. 125 Fr./t und mehr entsprechen. Wie sofort auffällt, liegen die Kurven für Dieselanlagen näher beieinander als die für Wasserkraftwerke. Ferner sieht man, dass die Dieselmotor-Preise bei grossen Belastungsfaktoren nicht so niedrige sind, wie die Wasserkraft-Preise. Wird aber die Belastung kleiner, so verschwindet dieser Unterschied immer mehr: bei $\frac{1}{4}$ Belastung sind die Dieselmotor-Preise bei 4000 Stunden gleichhoch und bei weniger Gebrauchstunden sogar erheblich niedriger als die entsprechenden Wasserkraft-Preise. D. h. mit andern Worten, dass der Dieselmotor in diesem Falle imstande ist, bei Gebrauchstundenzahlen von rund 2500 und weniger im Jahr Kraft billiger zu erzeugen, als eine Wasserkraftanlage, sofern die mittlere Jahres-Belastung nur einen Teilbetrag der Nennleistung ausmacht, was in normalen Zeiten und für bestimmte Stromverbraucher vielfach zutrifft.

Sind Anlagekosten, Gebrauchstundenzahlen, Länge der Fernleitung, sowie die Rohölpreise bekannt, so kann durch Einsetzen der entsprechenden Werte in Abbildung 3 sofort festgestellt werden, welche Krafterzeugung die vorteilhaftere ist. Eine grosse Dieselmotorzentrale koste heute komplett ausgerüstet bis und mit den Abgang-Sammelschienen 450 Fr./kW. Der Rohölpreis stelle sich auf 90 Fr./t loco Kraftwerksbehälter. Soll nun ein Spitzenkraftwerk geschaffen werden mit jährlich 1500 Gebrauchstunden, bei durchwegs voller Belastung der Anlage, so entspricht dies dem Punkte D_1 beim Dieselmotor und den Punkten W_1 und W_1' bei der Wasserkraftanlage. Die den Punkten W_1 und W_1' entsprechenden Kraftwerkskosten ergeben sich zu 875 bzw. 730 Fr./kW je nachdem eine 50 oder 100 km lange Fernleitung vorhanden ist. Man sieht also, dass in diesem Falle ein Dieselmotor erfolgreich gegen ein Wasserkraftwerk, dessen Kosten höher als die zuletzt angegebenen Zahlen sind, konkurrieren kann. Diese Unterschiede werden immer ausgeprägter, je tiefer die mittlere Belastung der betreffenden Kraftanlage ist. Nehmen wir an, die Spitzenkraft solle jährlich während 1500 Stunden, aber beispielsweise nur mit einem Belastungsfaktor von $\frac{2}{4}$ der Nennleistung abgegeben werden, was wohl eher der Wirklichkeit nahe kommt, als die vorherige Annahme, dass ein Kraftwerk dauernd auf Nennleistung be-

anspruch ist, besonders wenn es die Aufgabe haben soll, die stark variierenden Kraftspitzen zu übernehmen. Mit den gleichen Preisansätzen wie vorher entspricht dies beim Dieselmotor dem Punkte D_2 . Die Punkte W_2 bzw. W_2' entsprechen den Wasserkraftwerken, die die Kraft zum gleichen Preise abgeben können. Diese dürfen nur 660 bzw. 535 Fr./kW kosten, wenn sie den Strom ebenfalls so billig abgeben sollen, wie das Dieselmotorwerk.

Es wird nun allerdings von den Gegnern der kalorigen Anlagen vielfach eingewendet, dass der Brennstoffpreis unsicher und sehr stark von der Konjunktur abhängig sei. Wenn dies während des Krieges auch in ganz aussergewöhnlichem Masse der Fall war, so sind nunmehr doch wieder normalere Verhältnisse eingetreten, weshalb mit kleineren Konjunkturschwankungen gerechnet werden kann. Um den Einfluss einer starken Konjunkturschwankung zu zeigen, sei durch den Punkt W_3 eine horizontale Linie gelegt. Dieser Punkt W_3 entspricht einer Spitzen-Wasserkraftanlage, die 1000 Fr./kW kostet. Punkt D_3 entspricht der Dieselmotoranlage, die gleich teuer arbeitet. Man ersieht aus den eingetragenen Brennstoffkosten, dass die Dieselmotoranlage bei einem Rohölpreis von 175 Fr./t noch gleich wirtschaftlich arbeitet, wie die genannte Wasserkraftanlage. Der Rohölpreis dürfte also noch auf ein erhebliches über den heutigen hinaufgehen. Entsprechend günstiger ist die Situation für den Dieselmotor bei noch kleineren, mittleren Belastungsfaktoren.

Für einen $\cos \varphi$ unter 1, wie dies gewöhnlich der Fall ist, werden die Strompreise der Wasserkraftwerke sich erheblich höher stellen, diejenigen einer Dieselmotorzentrale aber nur sehr wenig steigen, da nur der Generator und die kurzen Leitungen etwas teurer ausfallen, beim Wasserkraftwerk aber der Strom erzeugende Generator, sämtliche Transformatoren und die Fernleitung grösser gewählt werden müssen.

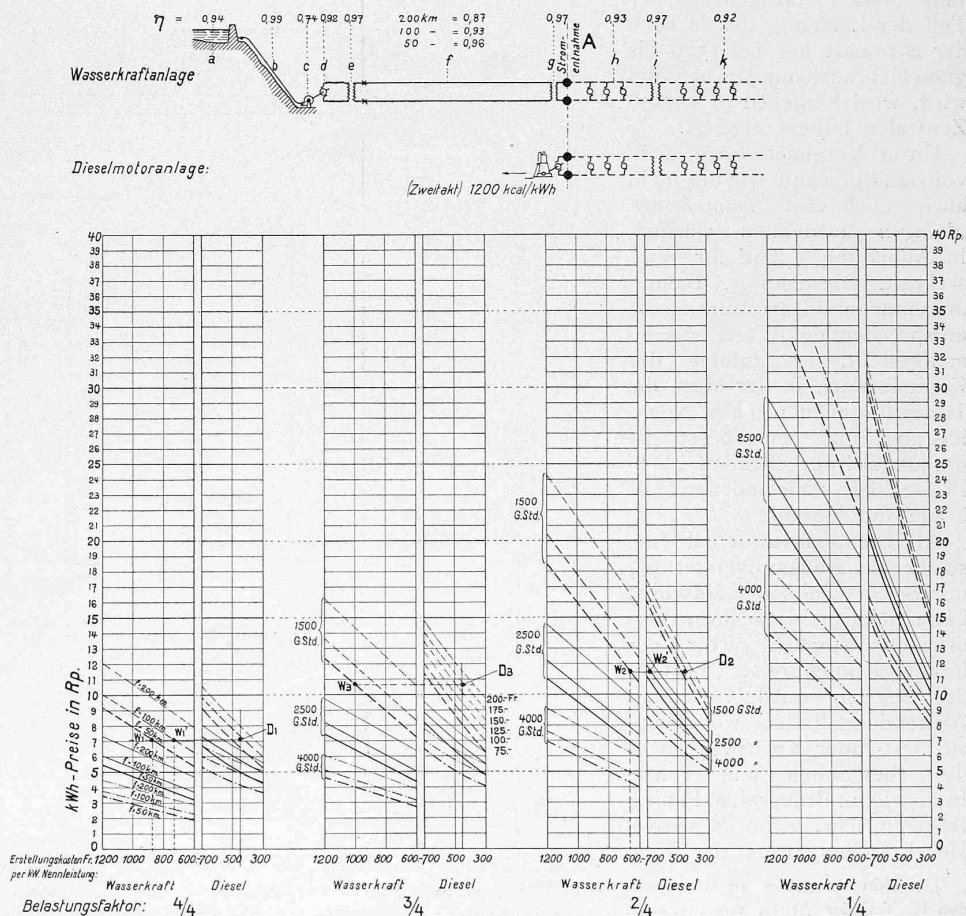


Abb. 3. Vergleich der kWh-Preise (Einphasenstrom) bei Wasserkraft-Anlagen und Dieselmotor-Zentralen für verschiedene Anlagekosten, Gebrauchstundenzahlen, Rohölpreise und Fernleitungslängen.

Es sind schon durch Kombination der Wasserkraft-Anlagen mit Pumpwerken die Gesteungskosten des Stromes herabgesetzt worden. Dies ist möglich, wenn billiger Abfallstrom sicher zur Verfügung steht. Für einen gegebenen Fall wären dann die mitgeteilten Werte entsprechend umzurechnen, wobei aber die Ausgaben für die Pumpenanlagen und die Pumpenenergie zu berücksichtigen sind.

Wie die Verhältnisse bei Erzeugung von Gleichstrom liegen, zeigt Abbildung 4, deren Werte in ganz ähnlicher Weise ermittelt worden sind. Da die Umformung des Wechselstroms in Gleichstrom die Strompreise um 40 bis 70 % erhöht, sind die Verhältnisse in diesem Falle für die Dieselseentrale, die die verlangte Stromart direkt erzeugen kann, noch viel günstiger. Eine grosse Dieselseentrale mit einer mittleren Belastung von 75 % kann Gleichstrom zu 8,5 Rp./kW entsprechend Punkt D₄, bei 1500 jährlichen Gebrauchstunden, liefern. Eine Wasserkraftanlage, die einen gleich günstigen Preis ergibt, müsste weit unter 600 Fr./kW Nennleistung kosten. Sollte der Rohölpreis unerwarteterweise gegenüber jetzt stark steigen, so könnte dies bis zu nahezu 300 Fr. pro Tonne, d. h. um das rund dreifache geschehen, ohne dass dadurch die Dieselseentrale ihre Konkurrenzfähigkeit gegenüber einer Wasserkraftanlage von 800 Fr./kW Anlagekosten Nennleistung verlieren würde, entsprechend den Punkten W₅, W₅' bzw. D₅. Man sieht, dass auch bei höheren Betriebsstundenzahlen die Dieselseentrale den Strom, sobald bei Wasserkraftbezug Umformung stattfinden muss, zu noch vorteilhafteren Bedingungen abgeben kann, als dies bei blosser Transformation des Stromes der Fall war; sie kann deshalb auf diesem Gebiet sehr erfolgreich gegenüber Wasserkraftanlagen konkurrieren, wie z. B. aus der gegenseitigen Lage der Punkte D₆ und W₆ und W₆' angedeutet sein soll. Wasserkraftanlagen vermögen solchen umgeformten Strom erst bei höheren Betriebsstundenzahlen über 3 bis 4000 Gebrauchstunden im Jahr billiger abzugeben; der Teil der Leistung, der je nach der Stromart nur bei 1500 bis 3000 Gebrauchstunden benötigt wird, wird hingegen in Dieselseentralen billiger erzeugt.

Unser Vergleich wäre nicht vollständig, wenn wir ihn nicht auch noch auf *Dampfkraft-Anlagen* ausdehnen würden. In Abbildung 5 sind für Wasserkraft, Dieselmotor, Dampfmaschine und Dampfturbine die entsprechenden Werte zusammengestellt, zu unterst der Kapitalbedarf, in der Mitte die Jahresausgaben pro kW Nennleistung und zu oberst die daraus sich ergebenden kWh-Preise bei verschiedenen Gebrauchstundenzahlen.

Als Dampfmaschine ist eine solche mit Abdampfverwertung untersucht. Eine solche Maschine kann nämlich, dank ihrer thermischen Vorzüge, trotz der hohen Kohlenpreise, auch in der Schweiz noch vorteilhaft Anwendung finden, wo Dampf zu Heiz- oder Kochzwecken in der chemischen und Textil-Industrie, in Brauereien, Papierfabriken usw. benötigt wird.¹⁾ Der Erstellungswert der kom-

pletten Anlage sei auf 650 Fr./kW Nennleistung angesetzt. Dieser Wert entspricht ungefähr einer Abdampfmaschinenanlage von rd. 500 bis 1000 PS_e Nennleistung. Für Zins und Amortisation sind wie beim Dieselmotor 13 % angenommen und für Kohlen, für Erneuerungen, Unterhalt, Bedienung, Schmiermaterial die im Diagramm eingezeichneten Beträge, bei jährlich 1500, 2500 und 4000 Betriebsstunden. Der Kohlenpreis ist entsprechend den heutigen Verhältnissen zu 65 Fr./t angenommen. Zieht man in Berücksichtigung, dass der für Heizzwecke benötigte Abdampf ohnehin durch Kohle erhitzt werden müsste, so bleibt bei einer solchen Maschine, wenn sämtlicher Abdampf bei 2 at Druck Verwendung findet, zu Lasten der Kraft nur rd. 1,5 kg Dampf pro PS_eh. Deshalb ergibt sich die Brennstoffausgabe bei den angenommenen Betriebsstundenzahlen als relativ gering und entsprechend wird auch der Preis der kWh ein derart niedriger, dass die Abdampfmaschine allfällig auch sogar eine Dampfmaschine mit Zwischendampfentnahme selbst bei hohen Kohlenpreisen mit andern Krafterzeugern erfolgreich in Konkurrenz treten kann.

Die Werte der vierten Kolonne betreffen ganz grosse Dampfturbinenzentralen. Der Kapitalbedarf für die Erstellung einer solchen Anlage sei 360 Fr./kW. Die Jahresausgaben sollen sich aus 13 % Zins und Amortisation der Gesamtanlagekosten zusammensetzen, dann je nach der Betriebsdauer aus einem veränderlichen Betrage für Erneuerung, Unterhalt, Bedienung und Schmiermaterial und zuletzt aus den Brennstoffkosten.

Die Dampfturbine ist bisher die einzige Kraftmaschine, die erlaubt, grösste Kräfte von über 10000 bis 50000 und mehr PS in einer Einheit zu erzeugen, muss aber, solange wenigstens die Kohlenpreise annähernd so hohe bleiben, wie sie jetzt sind, für schweizerische Verhältnisse ausscheiden. Umso konkurrenzfähiger ist diese Kraftmaschine

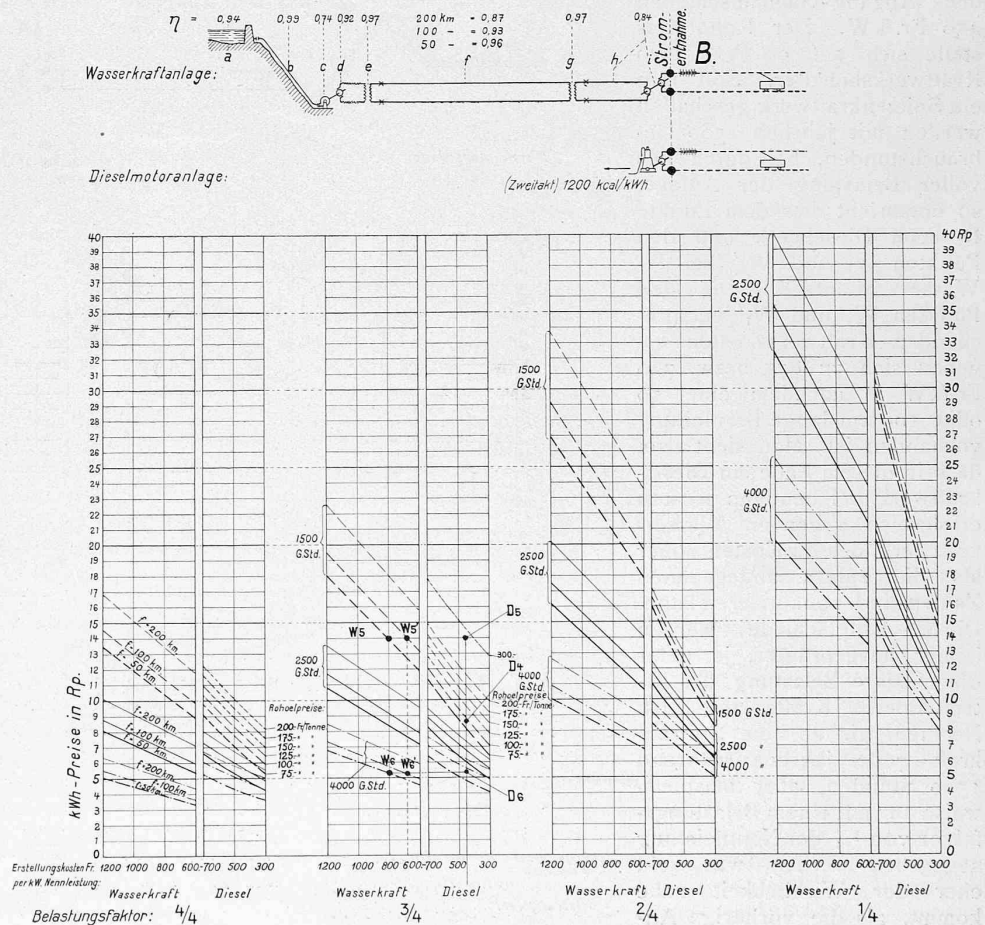


Abb. 4. Vergleich der kWh-Preise (Gleichstrom) bei Wasserkraft-Anlagen und Dieselmotor-Zentralen für verschiedene Anlagekosten, Gebrauchstundenzahlen, Rohölpreise und Fernleitungslängen.

¹⁾ In dem demnächst zu erscheinenden III. Teil der Arbeit von Ingenieur M. Hottinger über Abwärme-Verwertung sollen diese Möglichkeiten näher erörtert werden. Red.

aber in der Nähe der Kohlengebiete, und es wäre nur zu wünschen, dass es gelingen würde, aus unserer weissen Kohle derart billige Kräfte unserer Industrie zur Verfügung zu stellen, wie dies die Dampfturbine aus der schwarzen Kohle dort fertig bringt.

Um die Eignung der einzelnen Kraftanlagen als *Reservekraft* zu veranschaulichen sind zwischen der 2. und 3. Diagrammreihe noch die jährlichen Ausgaben verzeichnet, wenn die einzelnen Maschinenarten als blosser Reserve ohne Betrieb, während verschiedenen Stunden im Jahr, jederzeit betriebsbereit sein sollen. Man ersieht aus den angegebenen Zahlen, dass der Dieselmotor in allen Fällen die billigste *reine* Reservekraft ist.

Damit sollten nunmehr die gegenseitigen Verhältnisse für die Gross-Kraft-erzeugung unter Zugrundelegung weitgehender Berücksichtigung aller entscheidenden Faktoren klar gelegt sein. Wenn man die für den Dieselmotor wichtigsten Ergebnisse zusammenfasst, so ergibt sich, dass er, wie vorhin erwähnt, als reine Reserve weitaus die billigste Kräfteerzeugung ergibt. Aber auch bei 1500 bis 3000 Gebrauchsstunden im Jahr ist er der billigste Kraftlieferer. Dieser Vorteil wird für ihn umso ausgeprägter, je kleiner die mittlere Belastung der betreffenden Anlage ist, d. h. umso schärfere Spitzen im Leistungsdiagramm vorkommen. Da der Dieselmotor am Gebrauchsorte der Kraft aufgestellt werden und deshalb auch direkt die benötigte Stromart, ohne weitere Transformation bezw. Umformung liefern kann, so sind seine Vorteile namentlich dort sehr gross, wo grosse Phasenverschiebung, starker Spannungsabfall vorhanden sind und wo Umformung sonst stattfinden muss, wie z. B. bei Lieferung von Gleichstrom. Bei diesen Feststellungen ist auch der Konjunktur des Rohölmarktes in weitgehendem Masse Rücksicht getragen worden. Zudem gestattet der Dieselmotor sozusagen gratis noch eine erhebliche Menge von Wärmeenergie zu liefern, für die in grossen Städten oder Industriezentren unzweifelhaft gute Verwendung geboten ist.

(Schluss folgt.)

Schiffahrt auf dem Oberrhein.

Anlässlich des „offiziellen Tages“ der Schweiz. Mustermesse fand am 28. April d. J. in Basel ein Empfang des schweiz. Bundesrates, bezw. seiner Vertreter Dr. Haab und Scheurer, durch die Basler Behörden statt. Dabei hielt der Basler Regierungspräsident Dr. Brenner die Begrüssungsansprache, in der er, wie die Agenturmeldung berichtet, „besonderes Gewicht auf die Frage der freien Rheinschiffahrt legte“.

Besondere Bedeutung kommt der Aeusserung des Herrn Bundespräsidenten Dr. Rob. Haab zu, die wir deshalb im Wortlaut hier folgen lassen:

„Ich traf jüngst bei der Lektüre der Markwart'schen Biographie über Jakob Burckhardt auf folgende Stelle: «Der Handel nimmt in der Geschichte der Stadt Basel den ersten Rang ein. Daneben ist aber Basel auch dadurch berühmt, dass es über den materiellen Interessen niemals die Pflege der Geisteskultur vergass, und diese Seite des öffentlichen Daseins tritt uns so mächtig entgegen, wenn wir, den Rhein überschreitend, die Stadt vor uns ausgebreitet sehen, ein Bild, grossartig und reich an malerischen Reizen, wie stromaufwärts und abwärts kein zweites zu sehen ist.»

Der Zürcher Professor hat damit sicherlich das Wesen der heutigen Messestadt trefflich gezeichnet, und aus diesen, durch eine lange, ruhmreiche Tradition gefestigten Eigenschaften der Basler Bürgerschaft lassen sich zwei Geschehnisse erklären, die gegenwärtig im Vordergrund des Interesses stehen: einmal das, in der

Not der heutigen Zeit beinahe für unmöglich gehaltene Gelingen der *Mustermesse* des Krisenjahres 1922, und sodann das eifersüchtige und leidenschaftliche Einstehen Basels für einen grosszügigen Ausbau seiner *Rheinschiffahrt*. Nur eine Einwohnerschaft, der die Erkenntnis von der Lebenswichtigkeit eines rationell ausgestalteten Verkehrs zur zweiten Natur geworden ist, nur eine Bevölkering, die für einen als richtig erkannten Gedanken Opfer zu bringen versteht, auch wenn dabei grosse Risiken zu laufen sind, konnte der

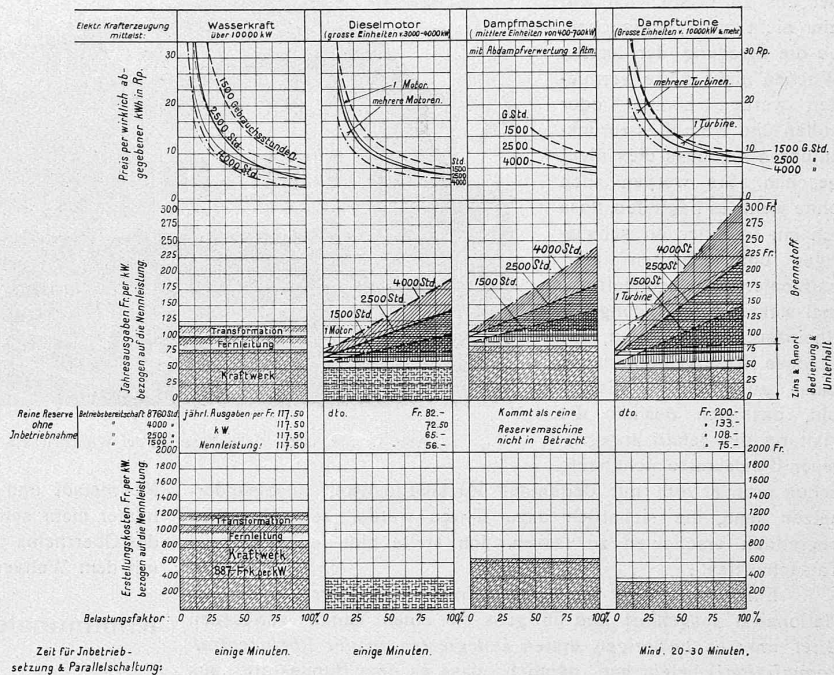


Abb. 5. Erstellungs- und jährliche Kosten, sowie kWh-Preise verschiedener Kraftanlagen. Darstellung der grundsätzlichen Unterschiede bei bestimmten Annahmen.

unendlichen Schwierigkeiten Herr werden, die sich heute der Veranstaltung einer schweizerischen Mustermesse entgegenstellen; ihr wird es auch gelingen, den Basler Rheinhafen zur Blüte zu bringen. Denn moderner Unternehmungsgeist, gewachsen auf dem Boden einer alten, hohen Kultur, muss und wird sich durchsetzen.

Der unbeugsame Wille, der Weltkrise die Spitze zu bieten, der von Basel ausging, hat die schweizerische Industrie und unser Gewerbe mitgerissen, und manchen, der sich vielleicht sonst angesichts der gegenwärtigen Wirtschaftsnot einem trostlosen Fatalismus hingeeben hätte, aufgerüttelt und angespornt, die Messe zu beschicken und sein Bestes zu geben, um durch die Vollkommenheit seiner Leistungen den Käufer zu überzeugen, dass darin und nicht etwa bloß in einem billigen Preise sein Vorteil liegt. Ich habe die Zuversicht, dass diese vereinten Anstrengungen, sodann die unvergleichliche Propagandawirkung der Mustermesse und das Vertrauen in die Lebenskraft schweizerischen Schaffens, das das hier Dargebotene bei jedem Beschauer erzwingt, aufs wirksamste dazu beitragen werden, die heutige Stagnation zu besiegen. Deshalb haben die unermüdlichen Veranstalter der diesjährigen Musterschau und die Aussteller zugleich auch eine patriotische Tat vollbracht, für die ich Ihnen den Dank des Bundesrates überbringe.

Einen weitem Lichtblick in dem heutigen wirtschaftlichen Dunkel bildet nun aber ganz besonders auch die demnächstige Eröffnung des *Basler Rheinhafens*, dieser Schöpfung und Krönung des zähen und zielbewussten Willens Basels und seiner Behörden. Erst dadurch wird der Rhein, als grösste europäische Wasserstrasse, dem Welthandel Basels und damit der Schweiz voll dienstbar gemacht, und es werden deshalb auch die *Bundesbahnen* ihre Aufgabe darin erblicken, durch geeignetes Zusammenwirken und durch die zweckentsprechende Anpassung ihrer Anlagen dazu beizutragen, soweit es heute in ihren Kräften steht, diesen Rheinhafen zu einem erstklassigen Verkehrsinstrument auszugestalten. Und ich spreche im Namen des Bundesrates, wenn ich erkläre, dass es selbstverständlich unsere hohe Pflicht ist, darüber zu wachen, dass die Zufahrt zu diesem Hafen für alle Zukunft ge-