Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 75/76 (1920)

Heft: 15

Artikel: Der Zusammenschluss der Kraftwerke zum Zwecke erhöhter Energieausnützung: die schweizerische Sammelschiene

Autor: Bauer, Bruno

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-36443

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: 02.07.2025

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

INHALT: Der Zusammenschluss der Kraftwerke zum Zwecke erhöhter Energie-Ausnützung. — Aus der Entwicklung des Flugwesens. — Ideen-Wettbewerb für die Bebauung des Elfenau- und Mettlen-Gebiets in Muri. — Miscellanea: Hochdruck-Dampfleitung von 1,7 km Länge für Fernheizzwecke. Die „Schweizerische Kraftübertragung". Schweizerische Bundesbahnen. Neues Kunstmuseum Basel. Schweizerische Landesvermessungskommission. Hauensteintunnel. — Nekrologie: A. Gautschi. J. Corradini. H. Haeder. — Literatur. — Vereinsnachrichten: St. Gallischer Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Groupe genevois; Stellenvermittlung.

Band 75. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 51.

Der Zusammenschluss der Kraftwerke zum Zwecke erhöhter Energieausnützung.

(Die schweizerische Sammelschiene [1]).

Von Oberingenieur Dr. *Bruno Bauer* in Bern.

Das Postulat, das der Vorstand des Zürcherischen Ingenieur- und Architekten-Vereins dem vorliegenden Referat zum Gegenstand gegeben hat, betrifft eine Aufgabe, die für die schweizerischen Kraftwerke von grosser volkswirtschaftlicher Bedeutung ist: den Zusammenschluss der Kraftwerke zum Zwecke der erhöhten Energie-Ausnützung, der den Gegenstand des vorliegenden Referats bildet, stellt eine Aufgabe von grosser volkswirtschaftlicher Bedeutung. Man spricht im Zusammenhang damit von der „schweizerischen Sammelschiene", die dem Gedanken der elektrischen Verbindung aller Werke durch eine grosse, das Land durchziehende Sammelleitung Ausdruck geben soll. Das Schlagwort ist irreführend für den Laien, denn eine solche Lösung kann natürlich aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nicht dem praktischen Bedürfnis entsprechen. In Frage kommt vielmehr ein ausgedehntes Netz von Hochspannungsleitungen grosser Leistungsfähigkeit, das nicht allein dem Bedürfnis des Energieausgleichs unter den Werken zu dienen hat, sondern zugleich auch die gemeinsame Verwertung elektrischer Energie und die gemeinsame Erschliessung neuer Kraftquellen ermöglichen soll. Die Aufgabe ist aber mit der Erstellung eines solchen Netzes nicht erschöpft; damit ist erst das Instrument geschaffen, um an das eigentliche Problem gemeinsamer Ausnützung unserer Wasserkräfte heranzutreten.

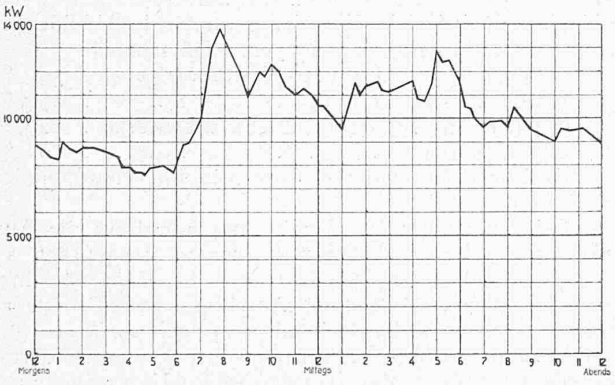

Abb. 1. Täglicher Verlauf der Belastung des E.-W. Zürich.

Bevor wir jedoch diese neuen Wege unserer Elektrizitätsversorgung erörtern, ist es nötig, sich über die heutige Lage Rechenschaft zu geben. Erst damit gewinnen wir die Grundlage für die Beurteilung der neuen Verhältnisse. Der Krieg hat wie so vieles andere auch die schweizerische Elektrizitätswirtschaft aus ruhig fortschreitender Entwicklung heraus in eine kritische Periode geführt; kritisch für den Finanzhaushalt der Werke, kritisch für den Werkbetrieb, dem allerorten die Kraft mangelt, kritisch für Industrie, Gewerbe und Haus, die unter Strom-Einschränkung und Preiserhöhung leiden. Die Ursachen des Energiemangels liegen in der Kohlenkatastrophe, die nicht nur den Werken die Dampfreserven stilllegte, d. h. ihre Leistungsfähigkeit verminderte, sondern zugleich zu einer allgemeinen Elektrifizerung vieler kalorischer Betriebe geführt, d. h. die Nachfrage gesteigert hat. Da die allgemeine Wirtschaftslage zudem eine starke Verzögerung im Bau neuer Kraftwerke zur Folge hatte, sahen sich die Elektrizitätswerke bald ausser Stande, dem rasch anwachsenden Strombedarf im Lande gerecht zu werden. Diese Verhältnisse waren natürlich in keiner Weise vorauszusehen, sodass mit Unrecht von mangelnder Berücksichtigung der Landesinteressen und dergleichen seitens der Werke die Rede war. Ich denke hier an die Lieferung von Energie an das Ausland, die nicht in allen Fällen sistiert werden konnte und durfte. Im übrigen ist zu sagen, dass der Energiemangel heute noch weit fühlbarer wäre, wenn nicht die Abteilung für industrielle Kriegswirtschaft kraft der ausserordentlichen Bundesvollmachten ausgleichend und fördernd in die Elektrizitätsversorgung eingegriffen hätte. Diese Abteilung hatte hierin einen vollen Erfolg zu verzeichnen, den wir vielleicht weniger dem System an sich, als seiner umsichtigen Leitung und Handhabung zu verdanken haben.

Lassen Sie uns nun die durch diese ausserordentliche Belastungsprobe der Elektrizitätswerke geschaffenen Betriebsverhältnisse näher betrachten. Denn wir müssen wissen, bis zu welchem Grade der Ausnützung wir heute gelangt sind, höchstens gelangen konnten, um zu erkennen, was hierin durch *gemeinsames* Vorgehen noch zu tun ist. Es sei als „Ausnützung" eines Kraftwerkes das Verhältnis der jährlich produzierten Energie ab Sammelschiene in *kWh* zu der im betreffenden Jahre technisch möglichen hydraulischen Energie, umgerechnet in *kWh* ab Sammelschiene, verstanden. Der Verlauf beider Energiekurven ist über das Jahr veränderlich. Die Energie*produktion* richtet sich nach der Nachfrage, die, als für alle unsere

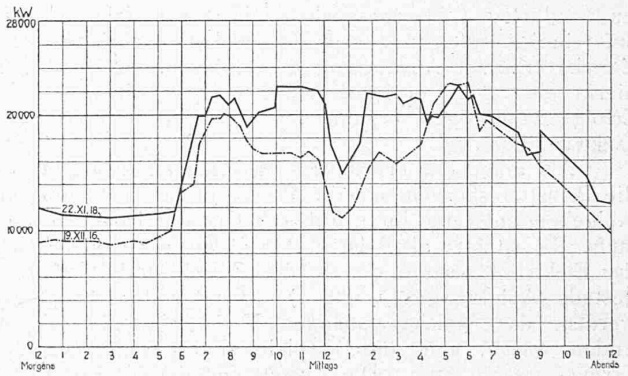

Abb. 2. Täglicher Verlauf der Belastung des E.-W. Basel.

Konsumenten charakteristisch, im Sommer gegenüber dem Winterbedarf oft stark zurückgeht. Umgekehrt zeigt die Kurve der technisch möglichen Energiemengen als Charakteristikum unserer Alpengewässer den grossen Sommerüberfluss gegenüber der Winterkraft. Die Ausnützung wäre offenbar eine ideale, wenn es gelänge, beide Kurven zur Deckung zu bringen, d. h. das gesamte Energieangebot der Wasserkraft innerhalb der Leistungfähigkeit des Werkes nutzbar zu verwerten. Wir werden im Folgenden sehen, wie weit wir es hierin gebracht haben.

Zunächst mag als zahlenmässiger Beleg über die besagte Steigerung in der Energienachfrage dienen, dass die gesamte Produktion aller schweizerischen Elektrizitätswerke zusammen

im Jahre	1915	um 15 %
	1916	um 30 %
	1917	um 12 %
	1918	um 10 %

[1]) Vortrag gehalten am bezügl. Diskussionsabend des Zürcher. Ing.- und Arch.-Verein am 18. Februar 1920 (vergl. Protokoll S. 106 lfd. Bd.).

und endlich im vergangenen Jahre schätzungsweise um 5 % angewachsen ist. Die Abnahme der Zuwachsziffer rührt weniger von einem Rückgang der Nachfrage her als von der anwachsenden Lieferungsunmöglichkeit der Werke. Die 48 Stundenwoche hatte allerdings einen gewissen Rückgang im Kraftstrombedarf zur Folge, wie auch in jüngster Zeit in der elektrochemischen Industrie die Energienachfrage der äusserst trüben Exportverhältnisse wegen geringer geworden ist.

Aus den genannten Zahlen ergibt sich eine totale Steigerung der Energieproduktion von 80 % im Zeitraum 1914 bis 1919. Dieser bedeutende Anstieg wäre allerdings ohne den erwähnten regulierenden Eingriff der Abteilung für industrielle Kriegswirtschaft kaum möglich gewesen, weil die Werke eben für die eigene Durchführung solcher, die Ausnützung steigernder Massnahmen noch nicht organisiert waren. Diese Massnahmen erstreckten sich auf die Einschränkung in der Ausfuhr elektrischer Energie, auf den Energieausgleich unter den einzelnen Werken über bestehende Verbindungsleitungen, wobei besonders die Verteilung der ab 1917 im Kraftwerk Olten-Gösgen verfügbaren Energiemengen in Frage kam, und endlich auf Sparmassnahmen im Stromverbrauch, die auf eine Ausgleichung der Konsumkurve abzielten zum Zwecke erhöhter Ausnützung der Anlagen. Wir können hierin eine Art Vorprobe erblicken über die möglichen Erfolge zukünftigen organisierten Zusammenarbeitens der Elektrizitätswerke.

Als Folge der erwähnten Massnahmen zeigen heute die Belastungskurven unserer Werke in der Tat eine auffällige Veränderung ihres früheren charakteristischen Verlaufs. Es ist hier als Beispiel der *Verlauf der Tagesleistung* der Elektrizitätswerke der Städte Zürich und Basel dargestellt (Abbildungen 1 und 2). Damit will nicht gesagt werden, dass solche günstigen Verhältnisse überall zu finden wären, aber die Beispiele sind gewählt, um das Erreichbare darzutun. Die Ausnützung der Tagesleistung, bezogen auf die maximale Belastungsspitze, erreicht

beim E. W. Zürich für den betreffenden Tag . . 77 %
beim E. W. Basel „ „ „ „ . . 70 %

während vor dem Kriege für die Jahre 1912 und 1913 Ausnützungen zwischen 48 % und 60 % als sehr günstige erzielt wurden. Die starke Ausgleichung der Belastungskurve ist in diesen beiden Fällen ausgedehntem Anschluss elektrischer Wärmespeicheranlagen wie Backöfen, Akkumulier-Heizöfen und Warmwasserspeicher zu verdanken, die in der Hauptsache zur Nachtzeit aufgeladen werden. Man darf annehmen, dass praktisch keine wesentlich weitergehende Ausgleichung der täglichen Belastungskurve mehr zu erzielen ist.

Aehnlich günstig liegen die Verhältnisse in den *Jahreskonsumkurven*. Die früher bekannte Sommereinsenkung gegenüber dem erhöhten Winterbedarf ist bei vielen Werken fast verschwunden. So zeigt die Jahresenergiekurve der Nordostschweizerischen Kraftwerke (N. O. K.) die grösste Einsenkung im Monat April mit — 12 % vom Mittel aller Monate und den grössten Bedarf im Januar mit + 17 % vom Mittelwert. Im Netz der Bernischen Kraftwerke (B. K. W.) liegen die äussersten Grenzen mit — 8 % bezw. + 14 % vom Monatsmittel.

In Abbildung 3 ist der Verlauf der Jahreskonsumkurve für das Netz der B. K. W. dargestellt; es sind aufgetragen die täglichen Energiemengen in *kWh* für jeden Tag des Jahres. So gut ausgeglichene Jahreskurven sind

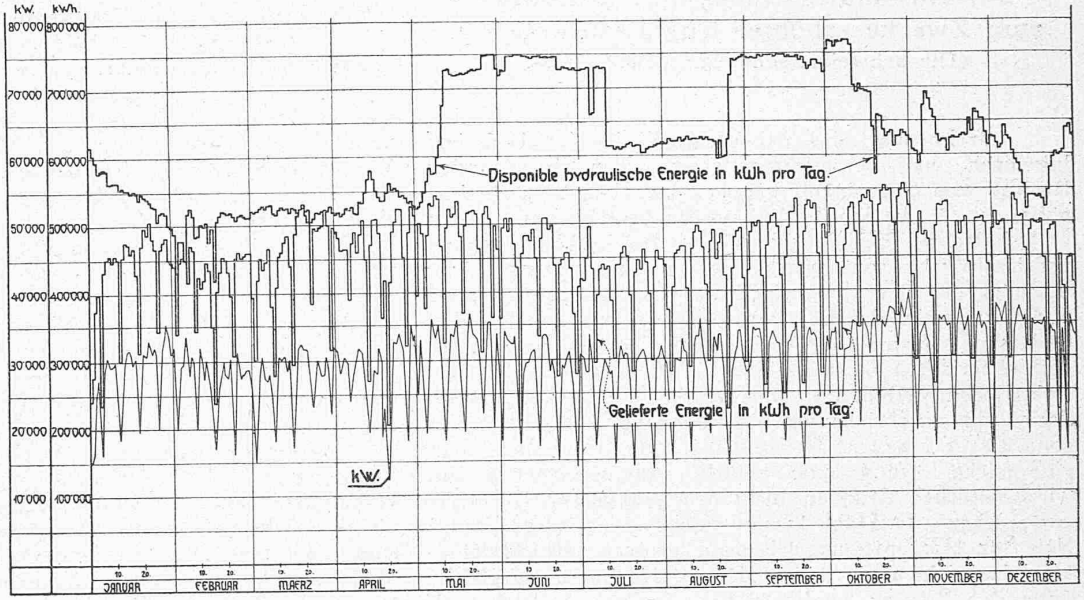

Abb. 3. Verlauf der hydraulisch disponibeln und der abgegebenen Energie im Netz der Bernischen Kraftwerke im Jahre 1919.

natürlich nur möglich, wenn zum Bedarf für Licht und allgemeine Kraft, der im Laufe des Jahres bedeutend mehr schwankt, zusätzliche konstante Energiequoten, oder solche, die innerhalb grosser Grenzen regulierbar sind, abgegeben werden können. Hierin bieten die Bernischen Kraftwerke wohl ein Schulbeispiel. Von der gesamten in Abbildung 3 dargestellten Energieproduktion entfallen nämlich

auf den allgemeinen Licht- und Kraftbedarf etwa . 50 %
auf elektrochemische Betriebe . . . . . 27,5 %
auf Stromlieferung an fremde Elektrizitätswerke . 12,5 %
auf Vollbahnbetriebe . . . . . 10 %

Aehnliche Verhältnisse weist die Energieproduktion der N. O. K. auf.

Bei den andern Werken ist nun allerdings die Ausgleichung der Konsumkurve z. T. weniger ausgeprägt, sei es, dass ihre Leistungsfähigkeit und die Kapazität ihrer Netze für den weitgehenden Anschluss von Grosstromverbrauchern nicht hinreichend sind, sei es, dass ihre Lage solchen Anschluss nicht begünstigt. Die geschilderten Betriebsverhältnisse der vorgenannten Unternehmungen sind daher heute vielleicht noch nicht charakteristisch für die Gesamtheit unserer Werke, aber sie zeigen, was durch Zusammenlegung grösserer Stromverbrauchgebiete zu erreichen ist. Es ist eine der Aufgaben des zu erstellenden grossen Verbindungsnetzes, solche Ausgleichmassnahmen auch jenen Werken zu ermöglichen, die aus oben erwähnten Gründen von sich aus hierin wenig unternehmen können.

Untersuchen wir nun, wie weit durch die gesteigerte Energieproduktion die *Ausnützung der hydraulisch disponiblen Energie* gebracht werden konnte. Ich beschränke mich zunächst wieder auf die Verhältnisse der N. O. K. und B. K. W. als charakteristische Beispiele von Werk-Kombinationen.

Die B. K. W. betreiben zur Stromlieferung an ihre Abnehmer fünf Zentralen: Hagneck, Kallnach, Spiez, Kandergrund und Bellefontaine. Darunter sind Spiez und Kandergrund für Akkumulierung eingerichtet, eine weitgehende Speicherung ist aber bei der heutigen Netzbelastung nicht möglich (sie reicht kaum für die Tagesbedürfnisse aus), sodass trotz bester Kombination der Werkbelastungen

die natürlichen Schwankungen in der hydraulischen Leistung im Verlauf des Jahres nur wenig ausgeglichen werden können. Die Kurve der technisch möglichen Energielieferung der B. K. W. im Jahre 1919 (Abbildung 3) zeigt einen ziemlich bedeutenden Sommerüberschuss, der nicht zu verwerten war. Es ergibt sich damit eine Ausnützung von 70 % der technisch möglichen Energie für das ganze Jahr. Aehnliches Verhalten zeigen die Centralschweizerischen Kraftwerke, die Werke der Entreprises électriques fribourgeoises und der Société Romande d'électricité. Man sieht hieraus, dass unseren Kraftwerkgruppen die leistungsfähige Saisonakkumulierung fehlt! Eine bemerkenswerte Ausnahme zeigt die Kombination der Beznau-Löntschwerke, die dieses Jahr eine Ausnützung von mehr als 90 % erreichte. Dieses Beispiel günstigster Werkkombination steht aber so ziemlich einzig da, sodass für die Ausnützungsziffer aller Werke zusammen mit einem wesentlich kleineren Werte wird gerechnet werden müssen.

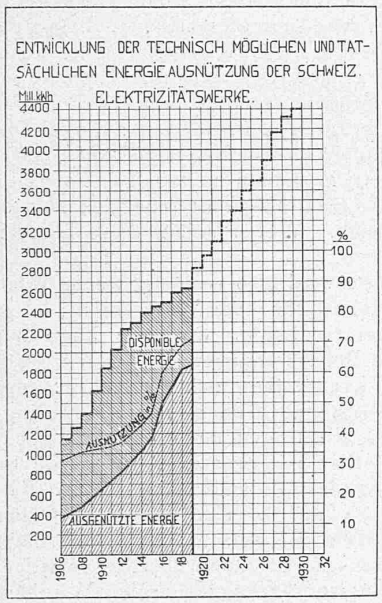

Abb. 4.

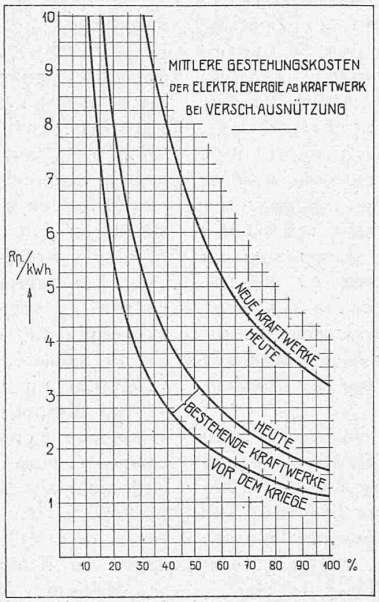

Abb. 5.

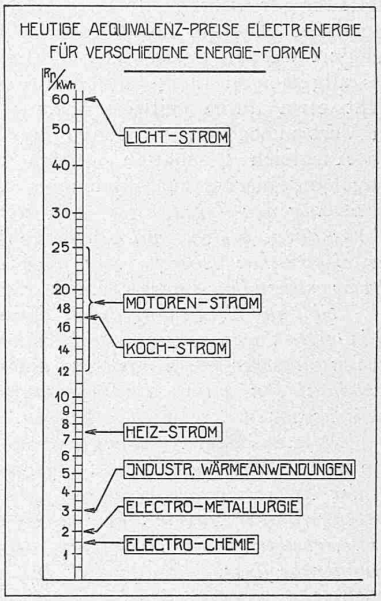

Abb. 6.

Um Klarheit hierüber zu gewinnen, habe ich versucht, unter teilweiser Benutzung von Daten, die mir das Generalsekretariat des S. E. V. freundlichst zur Verfügung stellte, den Verlauf von technisch möglicher und tatsächlich ausgenützter Energie für alle Werke zusammen zu berechnen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4 für verschiedene Jahre zusammengetragen. Wenn die Werte auch nicht genau den Tatsachen entsprechen werden, glaube ich doch ein ziemlich getreues Bild gewonnen zu haben. In dieser Abbildung ersehen wir den steilen Anstieg der Energie-Produktion seit Kriegsausbruch und die Verlangsamung im Zuwachs der disponiblen hydraulischen Energie. Wir erkennen, wie sich die Ausnützung von den früheren kläglichen Werten auf rund 70 % im vergangenen Jahre heraufgearbeitet hat — aber eben nur auf 70 %. Die Werke haben wohl vermocht, die alten Zacken und Sprünge in den Tages- und Jahreskonsumkurven etwas auszugleichen und diese bis an die maximale Winterleistung (siehe Abbildung 3) heraufzudrücken, aber es blieben die durch die fehlenden Saison-Akkumulierwerke entstehenden Sommerüberschüsse unausgenützt. Für die Zukunft bleibt daher eine zweifache Aufgabe zu lösen: Ausgleichung des Wintermanko in der hydraulischen Leistung durch Beizug von Saison-Akkumulierwerken und Erhöhung des Sommerbedarfs zur vollständigen Verwertung der Sommerkraft.

Wenn man auch ruhig behaupten darf, dass der Schaden durch die mangelnde Ausnützung unserer Kraftwerke bis vor dem Krieg volkswirschaftlich nicht sehr hoch zu bewerten war, so sieht die Sache heute doch ganz anders aus, ja ich denke, dass das Problem erhöhter Ausnützung geradezu zur Existenzfrage für unsere zukünftige Elektrizitätsversorgung wird.

Zunächst müssen wir uns vor Augen halten, dass die allgemeine Teuerung auch die Finanzlage der Elektrizitätswerke erschüttert hat; sie könnte zu einer drohenden Gefahr für diese Industrie werden, wenn nicht bald geeignete Massnahmen dagegen ergriffen werden. Ingenieur *Cagianut* vom Generalsekretariat des Verbandes Schweizer. Elektrizitätswerke hat jüngst in einer interessanten Studie diese Verhältnisse beleuchtet[1]). Nach seinen Berechnungen erhöht die Teuerung die Gestehungskosten der elektrischen Energie ab Zentrale um rund 45 % für bestehende Werke und um 150 % für neu zu bauende. Ich glaube, dass letztere Zahl eher noch zu gering ist; ich schätze die Verteuerung der Anlagekosten auf 150 % und die Steigerung der Jahresausgaben von 10 auf 11,4 %, was einer Verteuerung der Gestehungskosten der Energie von rund 185 % gleichkommt. Diese Zahlen sind in Abbildung 5 veranschaulicht. Die dort dargestellten Kurven zeigen die Gestehungskosten der Energie in grösseren Kraftwerken für verschiedene Grade der Ausnützung. Man erkennt zunächst, wie infolge des steileren Verlaufs der Kurve für heutige und zukünftige Verhältnisse der Einfluss der Ausnützung an Bedeutung gewinnt. Auch lässt das Bild erkennen, dass wir in Zukunft auch unter günstigsten Verhältnissen nicht mehr auf die Selbstkosten zurückkommen, wie sie sich etwa vor fünf bis acht Jahren bei jener geringen Ausnützung herausstellten.

Es ist daraus ohne weiteres ersichtlich, dass heute schon eine den gesteigerten Gestehungskosten entsprechende Erhöhung des mittleren Strompreises eintreten muss.

Die Frage wird aber zum grossen Problem für die Werke, wenn sie nunmehr nach dem Ausbau neuer Kraftquellen an die Aufgabe *weitgehender Einsparung der eingeführten Brennstoffe* durch die Elektrifizierung kalorischer Betriebe in Industrie und Haus treten müssen. Die Rentabilität dieser Anwendungen der Elektrizität ist in unserem Lande ja erst durch die gewaltige Steigerung der Brennstoffpreise möglich geworden, wobei aber diese Betriebe auch unter den jetzigen Verhältnissen nur Strompreise vertragen, die wenig über und zum Teil unter den Gestehungskosten am Verbrauchsort liegen. Dies gilt in noch erhöhten Masse für die Energielieferung an unsere

[1]) Bulletin des S. E. V., Jahrgang 1919, Nr. 10.

elektrochemischen Industrien. Ich habe die heute etwa gültigen Aequivalentpreise in Abbildung 6 zusammengestellt, aus der sich die Wertreihe der verschiedenen Energieformen ergibt. Der Vergleich dieser Zahlen, die sich auf den *Verbrauchsort* beziehen, mit jenen der Abbildung 5 (Gestehungskosten ab *Zentrale*) ist sehr lehrreich. Man erkennt, dass zur Versorgung kalorischer Betriebe für die Transport- und Transformationskosten der Energie nicht mehr viel oder gar nichts mehr übrig bleibt, und dass die elektrochemische Energie unter den Selbstkosten ab Zentrale geliefert werden muss. Der Verlust muss den Strompreis des allgemeinen Licht- und Kraftbedarfs verteuern, wenn nicht etwa durch teilweisen Export elektrischer Energie an Verbrauchsorte, an denen sie höher im Preise steht, ein Ausgleich geschaffen werden kann. Ich werde noch eingehend hierauf zurückkommen. *Es ist eine unglückliche Verkettung der Verhältnisse, dass die künftige Aufgabe der Werke darin besteht, mit bedeutend gesteigerten Selbstkosten der elektrischen Energie nun auch die am niedrigsten im Preise stehenden Energieformen elektrifizieren zu müssen.*

Soll zur Erreichung dieses Zieles etwelche Aussicht sein, so ist erste Voraussetzung die Erzielung weitestgehender Ausnützung unserer bestehenden und kommenden Kraftwerke und Verteilanlagen, damit die Gestehungskosten auf ihr Mindestmass herabgedrückt werden können.

Wie aus dem vorangegangenen folgt, ist das Problem von zwei Seiten anzugreifen: *Ausgleichung des Wintermanko in der hydraulisch disponiblen Leistung durch den Beizug leistungsfähiger Saison-Akkumulierwerke, und Erhöhung des Sommerbedarfes zur Anpassung der Konsumkurve an den Sommerüberfluss.* Beide Wege müssen zugleich eingeschlagen werden, denn es liegt in der Natur der Sache, dass man weder allein durch Sommer-Akkumulierwerke den totalen Winterausfall aller Werke wird sofort decken können, und noch weniger wahrscheinlich ist die baldige totale Verwertung der überschüssigen Sommerenergien.

Es ist nun nach dem Gesagten einleuchtend, dass solche Massnahmen, sollen sie wirksam sein, durch die einzelnen Elektrizitätsunternehmungen allein nicht mehr durchgeführt werden können. Dies wird nur durch den Zusammenschluss aller Werke auf der Basis gemeinwirtschaftlichen Vorgehens ermöglicht.

Die Erkenntnis dieser Notwendigkeit ist natürlich nicht von heute; Direktor Wagner in Zürich hat sie schon im Juli 1916 im Schosse des Wasserwirtschaftsverbandes ausgesprochen und in der Folge durch diesen Verband die Gründung einer Genossenschaft zur Durchführung der Aufgabe angeregt. Aber der fruchtbare Gedanke brauchte, wie alle guten Dinge, Zeit zur Reife. Seine Verwirklichung fällt erst in die Jahre 1918/19, die Gründungsjahre der Schweizerischen Kraftübertragung A.-G. (S. K.) und der S. A. L'Energie l'Ouest Suisse (E. O. S.).

*

Wenn ich im Folgenden versuche, in genereller Weise das Programm einer solchen Institution zur gemeinsamen Ausnützung der Kraftwerke zu entwickeln, so gebe ich damit, wie ich ausdrücklich bemerken möchte, nur meine persönliche Auffassung der Dinge bekannt.

Die notwendige Voraussetzung für die gemeinsame Ausnützung der Kraftwerke ist das Vorhandensein eines die Kraftwerke verbindenden leistungsfähigen Hochspannungsnetzes, die „Sammelschiene". Hierbei kann es natürlich nicht die Meinung haben, dass nun möglichst viele Energieproduzenten und -Verbraucher an diese Schiene angeschlossen werden; denn dadurch würde eine grosse Anzahl bereits bestehender Verbindungsleitungen entwertet, womit gewiss keine rationelle Lösung gewonnen wäre. Der Zusammenschluss der Kraftwerke ist ja schon in hohem Masse ausgebildet, sodass sich die Gesamtheit unserer Energieproduktions- und Konsumstellen technisch in wenige Gruppen aufteilen lässt. Diese fallen zusammen mit den Versorgungsgebieten unserer Ueberlandwerke und grossen städtischen Unternehmungen. Das neue Hochspannungsnetz hat daher allein diese grossen Gruppen untereinander zu verbinden unter Beschränkung auf wenige Speisepunkte in den Hauptzentren der Energieverteilung und -Erzeugung.

Doch bevor wir die Frage nach Ausgestaltung eines solchen Verbindungsnetzes beantworten können, ist es notwendig, dass wir uns seine zukünftige Aufgabe näher ansehen. Ich legte dar, dass der Zusammenschluss der Werke zwei Zwecke erreichen soll: Erhöhung der Winterleistung und Erhöhung des Sommerbedarfs. In ersterem Punkt ist es, wie gezeigt wurde, z. Z. nicht gut bestellt. Mit Ausnahme der N. O. K. besitzt keine unserer Werkgruppen ein leistungsfähiges Saison-Akkumulierwerk. Nach meinen Berechnungen entfallen von den im Jahre 1919 technisch zur Verfügung gestandenen 2640 Millionen *kWh* 30 % auf die fünf Wintermonate und 70 % auf die sieben Sommermonate. Es fehlen mindestens 20 % oder 525 Millionen *kWh* Akkumulations-Winterenergien zum vollständigen Jahresausgleich. Woher sollen diese heute nur beschafft werden?

Die Sammelschiene wird also vorläufig wenig Winterenergie zu verteilen haben, für jedes Werk einen „Tropfen auf einen heissen Stein". Leider wird die Lage durch die in nächster Zeit in Betrieb kommenden, bezw. zum Bau vorgesehenen neuen Kraftwerke noch verschärft: Jogne-Werk, Mühleberg, Böttstein, Wildegg-Brugg, Mellingen-Windisch, Eglisau, sie alle tragen mehr oder weniger den Charakter von Flusswerken mit grossem Ausbau von drei- und mehrfachem Betrag des Minimalwassers. Diese Werke bringen in den nächsten fünf bis acht Jahren schätzungsweise 950 Millionen *kWh* auf den Markt und bedürften damit zur Kompensation ihres Sommerüberflusses weiterer 400 Millionen *kWh* Winterergänzungs-Energie. Wir kämen somit in den Jahren 1925/1927 auf etwa 925 Millionen *kWh* mangelnder Winterkraft! Man kann sich fragen, ob unser Kraftwerk-Ausbauprogramm, vom allgemein wirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet, hier den richtigen Weg eingeschlagen hat. *Wir hätten in erster Linie leistungsfähige Saison-Akkumulierwerke nötig,* statt weiterer Flusswerke. Nun ist ja zu sagen, dass der Bau solcher in Aussicht steht; wenn schon deren volle Inbetriebnahme nicht vor 1926/28 zu erwarten sein wird. Es sind zum Bau vorgesehen die Anlage Rossens, die Oberhasliwerke, das Lungernsee-Projekt, das Etzelwerk, die Projekte im Kleinthal und Wäggithal und die Ergänzung des Klosters-Küblis-Werkes. Diese Anlagen werden schätzungsweise zusammen 700 Millionen *kWh* akkumulierter Winter-Energie zur Verfügung stellen, womit ein schöner Teil des Mangels wird gedeckt werden können. So entsteht für unser Verbindungnetz die Aufgabe, diese Winterleistungen den einzelnen Werken nach Massgabe des Bedürfnisses zuzuführen.

Man könnte hierin einen Schritt weitergehen und gleich den *gemeinsamen* Bau geeigneter Akkumulierwerke ins Auge fassen, um in jedem Falle eine zweckmässige und gerechte Verteilung der Energie zu sichern. Damit wäre auch der Vorteil gleichmässiger finanzieller Belastung der Werke gewonnen. Die Durchführung dieses Gedankens erfordert aber nicht geringen Willen der Werke zur gemeinsamen Sache unter Hintanstellung mannigfacher regionaler Interessen. Ich hoffe, dass die Zeit lehren wird, auch diese Schwierigkeiten bald zu überwinden. Doch dürfen wir über solchen Zukunftsprojekten die drängende Gegenwart nicht vergessen.

Unser Netz hat noch die zweite ebenso wichtige Aufgabe zu erfüllen: *die Sammlung und Verwertung der überschüssigen Sommer-Energien.* Diese betragen heute rd. 790 Millionen *kWh* pro Jahr und vergrössern sich in den Jahren 1925/27 schätzungsweise auf 1500 Millionen *kWh.* Das sind sehr bedeutende Beträge, die, nutzbar im Lande zu verwerten, auch dem erprobtesten Volkswirtschafter zum Problem werden. Nicht als ob nicht Verwendungsmöglichkeiten vorlägen. Ich erinnere in erster Linie an den gewaltigen Bedarf der elektrochemischen und -metallurgischen Industrien, denen wir in unserem Lande noch ein viel grösseres Feld der Tätigkeit wünschten. Aber

leider sind die wirtschaftlichen Bedingungen hiefür nicht günstig, sodass die Elektrochemiker und Metallurgen bei uns sehr auf den Rappen schauen müssen, oder besser gesagt auf den Zehntels-Rappen, wenn sie Strom einkaufen. Der Strompreis spielt bei der Rentabilität solcher Betriebe eben das Zünglein an der Waage (siehe Abbildung 6).

Nun ist klar, dass die Werke heute und in Zukunft mit solchen Preisen Geld verlieren müssten, suchten sie nicht den Verlust auf andere Weise zu decken. Ich will dies an einigen Zahlen zeigen. Angenommen, eines der neuen Kraftwerke, Mühleberg, oder Böttstein komme in Betrieb. Um die Gestehungskosten auf ein Mindestmass zu beschränken, soll die vollständige Ausnützung der Anlagen angestrebt werden. Die technisch-mögliche tägliche Energieproduktion möge etwa nach Abbildung 7 verlaufen.

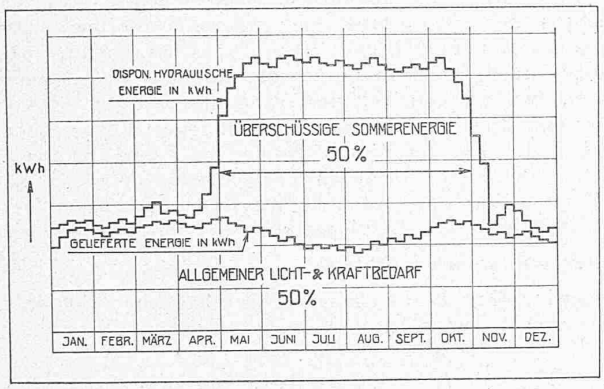

Abb. 7.

Nehmen wir an, die überschüssige Sommer-Energie betrage 50 % der totalen technisch-möglichen Energiemenge; bei voller Ausnützung koste die *kWh* 3 Rappen. Nun sollen die 50 % Sommerenergie an chemische Industrie abgegeben werden zum Preise von 1,5 Rp./*kWh* am Verbrauchsort. Rechnen wir für die Transformations- und Transportkosten 0,25 Rappen pro *kWh*, so wird die elektrochemische Energie im Kraftwerk noch 1,25 Rp./*kWh* wert sein. Da die Selbstkosten jedoch auf 3 Rappen zu stehen kommen, entsteht dem Werk ein Verlust von 3 — 1,25 = 1,75 Rp./*kWh*. Soll das Werk gleichwohl bestehen können, so muss dieser vom allgemeinen Licht- und Kraftkonsum getragen werden. Dabei verteueren sich dessen Selbstkosten auf 3 + 1,75 = 4,75 Rp./*kWh*.

Es ist einleuchtend, dass diese Rechnung volkswirtschaftlich unzulässig ist, d. h. wir dürfen nicht solche Grossindustrien, so sehr wir sie herbeiwünschen, auf Kosten der Licht- und Kraftabonnenten heranziehen. Es sind nun freilich noch andere Industrien da, die Sommerenergie zu bessern Preisen aufnehmen können, ich denke z. B. an die Elektrifizierung industrieller kalorischer Betriebe, wie Dampfkesselheizung und dergl., die auf wechselweisen Brennstoff- und elektrischen Betrieb eingerichtet sind, aber der Konsum dieser Anwendungen ist relativ gering im Verhältnis zu den heutigen und künftigen Disponibilitäten elektrischer Sommerenergie. *Wenn wir daher unseren Sommer-Ueberfluss an elektrischer Energie wirksam verwerten wollen, bleibt nach meiner Ansicht nur der Export übrig nach Orten, wo die elektrische Energie höher im Preise steht als bei uns.* Damit soll nicht gesagt sein, dass wir unsere Sommer-Energie *ausschliesslich* dem Ausland zuführen sollen; *nein, nur ein Teil derselben ist zu exportieren und nur so viel und zu solchen Preisen, dass der verbleibende Restbetrag im Inland auch unter den Gestehungskosten der gesamten Energie abgegeben werden kann.* Wenn wir also in unserm Beispiel von den 50 % Sommerüberfluss die Hälfte zu, sagen wir 4,25 *Rp/kWh* ab Werk für Exportzwecke reservieren, kann der Restbetrag der Sommerenergie ohne Schaden für 1,5 Rp. der einheimischen chemischen Industrie zur Verfügung gestellt werden.

Wenn daher die Werke in Zukunft dem organisierten Export grössere Aufmerksamkeit schenken werden, so ist es nicht, um unsere Wasserkräfte um gutes Geld ins Ausland zu verkaufen auf Kosten der eigenen Landesinteressen, sondern umgekehrt, im Bemühen, dem Inlandbedarf nach Möglichkeit entgegenzukommen. *Unsere Elektrizitätserzeugung muss heute, soll sie bestehen können, dem gleichen Wirtschaftsgesetz folgen, wie die übrigen Produktionswerte unseres Landes; sie bedarf der Befruchtung durch den Export.*

Ich glaube damit die Hauptpunkte des wirtschaft-politischen Programms umschrieben zu haben, das dem gemeinsamen Vorgehen der Werke als Basis zu dienen hätte. Damit sind nun auch die Richtlinien zum Ausbau des die Werkgruppen verbindenden Hochspannungsnetzes gegeben. Das in diesem Sinne aufgestellte generelle Leitungsschema (vergl. Bulletin des S. E. V, Heft 12, Dezember 1919, S. 357) beruht in seinem vollen Umfange auf der Annahme des fortgeschrittenen Ausbaues der angegebenen Kraftwerk-Projekte und hat demgemäss die Möglichkeit des Energie-Austausches mit den etwa in Frage kommenden ausländischen Netzen angedeutet. Es sieht vorerst drei Längsleitungen vor: die eine am nördlichen Alpenfuss als Verbindung Oberhasli-Lungern-Rathausen-Uznach-Sargans, eine Mittellandleitung Kallnach-Gösgen-Töss-Altstätten als Fortsetzung der Hauptleitung der E. O. S., und eine Linie an der nördlichen Grenze von Delle-Basel bis Schaffhausen. Diese drei Längslinien werden untereinander verbunden durch die Querlinien Oberhasli-Kallnach-Delle, Gotthard-Rathausen-Gösgen-Basel, Uznach-Töss-Schaffhausen und Sargans-Altstätten mit Ausfuhrmöglichkeit an den nördlichen Endpunkten. Aus der Unsicherheit am Zutreffen der gemachten Voraussetzungen heraus erhält der Plan natürlich vorerst rein generellen, programmatischen Charakter. Er kann sich je nach der Entwicklung der Dinge nach der einen oder andern Richtung ändern. Als festliegend können allein die Hauptstützpunkte des Netzes betrachtet werden. Es sind dies die Anschlusspunkte der verschiedenen mit einander zu verbindenden Gruppen und damit die Sammelstellen der Energie. Dabei wird angenommen, dass die angedeuteten Leitungen, soweit hierfür nicht bereits bestehende benutzt werden können, nach Massgabe des tatsächlichen Bedürfnisses erstellt werden.

Es entsteht bei Entwurf eines solchen Planes die Frage nach der erforderlichen Betriebspannung. Wollte man allein auf die Bedürfnisse des Energieausgleichs zwischen den Werken abstellen, bei denen gegenwärtig noch mit relativ bescheidenen Beträgen der zu verschiebenden Leistungen zu rechnen ist, so reichte vorläufig eine Uebertrag-Spannung von 45/50 000 Volt aus. Sobald jedoch durch die neuen Kraftwerke grössere Leistungen disponibel werden und bedeutendere Energiemengen von den Sammelstellen an Grossverbraucher im Inlande und für den Export an die Landesgrenzen geführt werden müssen, so ist dieser Wert bei weitem nicht genügend. Nach meinen Rechnungen wäre für die Hauptstrecken zwischen den Sammelstellen und den Transitleitungen nach dem Auslande im Hinblick auf die betriebstechnischen Bedingungen, die sie erfüllen müssen, eine Betriebspannung von 120/150 000 Volt erforderlich. Die Anschlussleitungen der Werke können hingegen auch bei der höchsten zu erwartenden Belastung des Netzes mit geringer Ausnahme mit 45 bis 50 000 Volt betrieben werden. Dies gilt auch für gewisse Ausgleich-Leitungen zwischen den Hauptspeisepunkten. Es ergibt sich daher für das Netz ein System von zwei Betriebs-Spannungen, wobei ich die Oberspannung vorläufig auf 135 000 Volt angesetzt habe und die Unterspannung entsprechend den bereits bestehenden Netzen der Werke auf 45/50 000 Volt. Die Hauptsammelpunkte sollen demgemäss als Transformatorenstationen ausgebaut werden, in denen sich die Werke mit der Unterspannung anschliessen. Der betriebsmässige Wert der Oberspannung ist übrigens noch nicht fest bestimmt. Es hängen damit eine Anzahl Fragen technischer Natur zusammen, über die wir noch die Ergebnisse praktischer Versuche abwarten.

Nun noch ein Wort darüber, wie ich mir den zukünftigen Betrieb eines solchen Netzes denke. Soll die Ausnützung der angeschlossenen Kraftwerke mit Erfolg durchgeführt werden, so ist die leichte Beweglichkeit des Betriebes ein Haupterfordernis, d. h. es muss die Möglichkeit geschaffen werden, nicht nur lang vorauszusehende Energiebedürfnisse und Ueberschüsse zu vermitteln, sondern auch die aus den monatlichen, wöchentlichen und sogar täglichen Schwankungen der Energieproduktion sich ergebenden Betreffnisse nach Möglichkeit nutzbringend zu verwerten. Dies bedingt naturgemäss einen sehr engen Kontakt der Betriebsleitung des gemeinsamen Verteilnetzes mit jenen der angeschlossenen Unternehmung auf Grund einer wohlausgebildeten Betriebsorganisation. Zu diesem Zweck ist bei grösserem Ausbau des Netzes die Schaffung einer zentralen Betriebstelle beabsichtigt, bei der in periodischer Weise die Mitteilungen der angeschlossenen Unternehmungen über Energieüberschuss und -Bedarf etwa in Form eines Diagramms einlaufen, wobei über die Preise der einzelnen auszutauschenden Energiegattungen (Dauerkraft, Winterenergie, Sommerenergie, Nachtkraft, Spitzenkraft usw.) mit jeder einzelnen Unternehmung von vornherein über eine bestimmte Dauer gültige Abmachungen getroffen sein mögen. Durch Zusammenlegen aller solchen Energie-Anmeldungen gewinnt das zentrale Betriebsbureau einen Ueberblick über die tatsächlich zu verschiebenden Energiequoten und verständigt sich hierauf mit den einzelnen Werken über definitive Lieferungsdiagramme, deren Einhaltung verbindlich wäre. Bei gut ausgebildeter Organisation ist es auf solche Weise möglich, auch die unvorhergesehenen täglichen Schwankungen des Energiebedarfes mit in Berücksichtigung zu ziehen. Der eigentliche technische Betriebsdienst wäre in gleicher Weise zu zentralisieren etwa nach dem bekannten amerikanischen System des „Load Dispatcher". Die Verständigung mit den Betriebsleitungen oder Kraftwerken und dem Bedienungspersonal eigener Stationen ist auf drahtlosem Wege geplant.

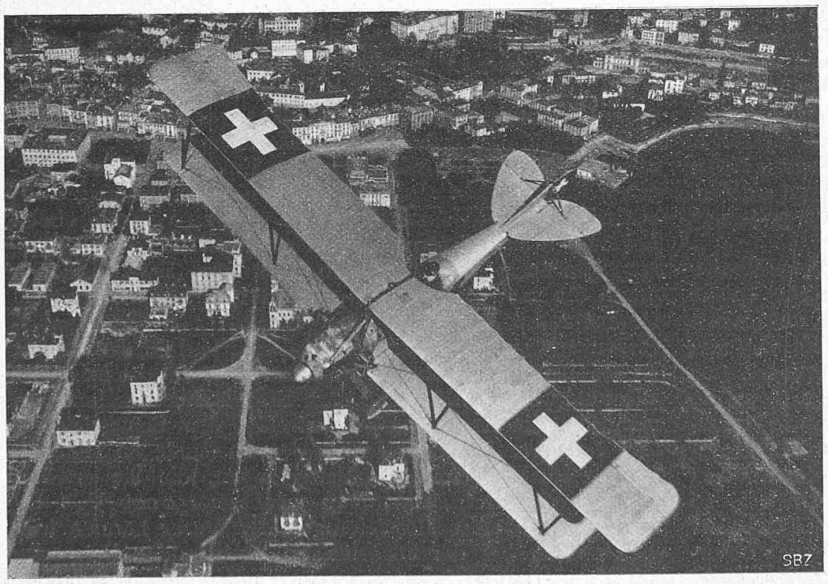

Abb. 33. Schweizer. „Haefeli"-Apparat im Kurven-Gleitflug über Locarno (Phot. Leutn. Mittelholzer).

So denke ich mir die Ausgestaltung der Schweizerischen Kraftübertragungs-A.-G., die durch die N. O. K. und B. K. W. gegründet wurde und nun binnen kurzem durch den Beitritt von neun weiteren grossen Werken eine namhafte Erweiterung erfährt. Sie wird damit die ganze Energieproduktion der deutschen Schweiz umfassen. Ich darf sagen, dass die Werke bereit sind, keine Opfer zu scheuen, um durch die Gesellschaft auf *gemein-wirtschaftlichem* Boden die bessere Ausnützung unserer Wasserkräfte anzustreben. Ich hoffe, dass das Werk aus eigener Kraft und eigener Initiative heraus gelinge.

Aus der Entwicklung des Flugwesens.

Von *Hans Jenny*, Oberleutnant der Flieger-Abteilung, Zürich.

(Schluss von Seite 160.)

Aus all dem bisher Gesagten geht hervor, wie wichtig für den praktischen Flugzeugbau die *Frage des Luftwiderstandes* ist. Einerseits hat man immer zu prüfen, welche Mittel zur Verfügung stehen, um den Auftrieb zu erhöhen, und anderseits, was man alles tun kann, um den Widerstand auf ein Mindestmass herabzusetzen. Trennt man den nützlichen, d. h. den unvermeidlichen, auf ein Minimum reduzierten Flügelwiderstand und den schädlichen Widerstand, so kann man, wenn man den heutigen Stand des Flugzeugbaues in Betracht zieht, sagen, dass diesem letzteren Fragenkomplexe alle Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Die Fortschritte, die auf diesem Gebiete gemacht wurden, brachten der Flugtechnik die grösste Förderung. Dem ökonomischen Flügelprofil *eines* Types war nichts mehr abzugewinnen, während noch viele Möglichkeiten gegeben waren, den übrigen Teil des Apparates rassiger zu konstruieren. Zuerst verschwanden die im Querschnitte runden Streben für Fahrgestell und Stiele der Flügel, und man ersetzte sie durch solche in Tropfenform. Wieviel man an Kraft dadurch gewinnen konnte, erhellt aus nachfolgendem Beispiel: Nach Eiffel hat ein Stiel von 25 *mm* Durchmesser und 49 *mm* Höhe ein $\zeta_w \cdot \frac{\gamma}{g} = 0{,}0398$ bei einer Geschwindigkeit $v = 20\ m/sek$. Der schädliche Widerstand des 1,2 *m* langen Stieles ist

$$W_s = 0{,}0398 \cdot 0{,}03 \cdot (20)^2$$
$$W_s = 0{,}4776\ kg$$

Acht solcher Stiele eines Doppeldeckers ergeben

$$W_s = 3{,}82\ kg,$$

welcher einer Leistung

$$L = \frac{3{,}82 \cdot 20}{75} = \sim 1\ PS$$

gleichkommt. Ebenso wurden alle offenen Teile, die sich direkt als abbremsende Windfänger aufwiesen, wenn möglich selbst umgeformt oder dann so verkleidet, dass ein wirbelloser Luftabfluss erreicht wurde. Ferner versuchte man die grosse Zahl der Spannkabel bei den Flügeln zu verringern, was dadurch erreicht wurde, dass man einzelne Stielpaare in eine Fläche zusammenfliessen liess. Bessere statische Kräfteverteilung, bewirkt durch Uebertragung der Flügelarbeit auf schief gestellte Streben, erlaubte dem Konstrukteur, sogar ganze Stielpaare wegzulassen (vergl. die Abbildungen 18 und 20 in letzter Nr.).

In jüngster Zeit endlich ist man beim verspannungslosen Eindecker dazu gelangt, ohne Spannturm und Kabel auszukommen (Abb. 29). Wenn man sich den Blériot-Eindecker mit seinen oben im Spannturm zusammenlaufenden Trag-Kabeln und unten am Fahrgestell konzentrierten Zug-Kabeln, sowie dem offenen Gitter-Rumpf vergegenwärtigt, kann man am ehesten die gemachten Fortschritte ermessen. Dadurch fallen das Gewicht und der schädliche Widerstand sämtlicher Kabel und Streben des Spannturms weg. Dies verlangt allerdings einen stärkeren, das heisst schwereren Flügelbau, der aber durch die erwähnte Gewichts- und Widerstandsverminderung wettgemacht wird. Somit ist auch weniger Auftrieb notwendig, sodass mit einem Profil von hohem Gütegrad doch ein Mehr an Auftrieb und Vortrieb erreicht wird.

Kennt man die durch Versuche ermittelten Widerstandsziffern ζ_r der einzelnen Flugzeugteile, so bietet die Widerstandsberechnung des gesamten Flugzeuges keine Schwierigkeiten. Sie besteht in einfacher Summation aller