

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 67 (1949)
Heft: 4: Zum Rücktritt von Schulrats-Präsident Rohn, 2. Heft

Artikel: Beitrag zur Theorie der Energiewirtschaft
Autor: Bauer, B.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83994>

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: 08.07.2025

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

nach Gleichung (19) ein Stoss davor sichtbar sein und zwar im Abstand

$$(20) \quad x_w - x_g = \frac{(\Delta M)^2}{4\beta} \alpha^2$$

wo ΔM jetzt der Unterschied zwischen einer Sperrmachzahl und der augenblicklichen Machzahl ist. Betrachtet man Schlierenaufnahmen von fliegenden Gewehr- oder Artillerie-Geschossen in unmittelbarer Nähe von $M = 1^8$, so ist man erstaunt über den grossen Abstand, in dem die Welle vor der Geschossspitze liegt. Es scheint uns etwas schwer verständlich, dass eine Welle in einem Abstand von beispielsweise fünf Geschossdurchmessern stationär bleiben könnte. Wenn es aber so wäre, dass auch bei frei fliegenden Körpern der Durchgang durch die Schallgeschwindigkeit strömungsmässig nicht-stationär erfolgte, wie dies bei dem Gitter zweifellos der Fall ist, so wären die grossen Abstände leicht erklärlich. Diese Erklärungsmöglichkeit liesse sich dadurch prüfen, dass man Wellenbilder von Geschossen gleicher Form und bei gleicher Machzahl, aber mit verschiedener Geschossmasse und damit verschiedenem β aufnimmt.

Beitrag zur Theorie der Energiewirtschaft

Von Prof. Dr. B. BAUER, Zürich

DK 330.12 : 620.9

(Schluss von Seite 44)

Wir lassen nun die frühere Annahme der fehlenden Konkurrenz auf dem Energiemarkt fallen, indem wir voraussetzen, dass sich bei jedem der n Verbraucher m Produzenten im Wettbewerb zur Energielieferung einstellen (Kohle, Oel, Gas, elektrische Energie usw.). Jeder Produzent P_I , P_{II} usw.

wird sich vom gesamten Nutzenergiebedarf $\sum_1^n (E_n)$ der Verbrauchergruppe einen Lieferungsanteil E_I , E_{II} usw. in Form von Rohenergie sichern wollen, so dass

$$\sum_1^m (E) = \sum_1^n (E_n) + \sum_1^n (E_v)$$

wobei mit E_v die Energieverluste in den verschiedenen Umwandlungsgeräten beim einzelnen Verbraucher bezeichnet sind¹⁾. Die Rohenergiemengen sind also am Ort des Verbrauchers gemessen. Um bei der Ermittlung der Energiepreise auf dem Markt mitreden zu können, muss jeder Produzent nach dem oben geschilderten Verfahren feststellen, welcher Produktionskostenanteil auf eine bestimmte Lieferung seiner Provenienz entfällt.

Es möge z. B. der Verbraucher V_a in Bild 7 eine gegebene Nutzenergiemenge E_{na} benötigen, die er wahlweise mittels dreier verschiedener Rohenergieträger erzeugen kann. Die erforderlichen Rohenergiemengen bestimmen sich aus dem Jahreswirkungsgrad der respektiven Energieumwandlungseinrichtungen. Natürlich sind auch die Art und die Jahreskosten $p K_{ea}$ dieser Einrichtungen je nach Wahl der Rohenergieform verschieden, so dass sich für den gleichen Verbrau-

⁸⁾ J. Ackeret: Gasdynamik, Handb. der Phys. Bd. VII, 1927, S. 338 (Aufnahme von Cranz). Sehr schöne Bilder aus dem ballistischen Institut Aberdeen, USA, s. v. Karman: Journ. of aeronautical sciences 1947, S. 392.

¹⁾ Hier ist die Summe über alle n Verbraucher zu bilden im Gegensatz zur vorhergehenden Gleichung für f_s (S. 44 linke Spalte unten in Nr. 3), die sich auf Bild 6 bezieht und in der sich die Summe nur über die i aktiven Verbraucher erstreckt. Die Zahl n ist im betreffenden Absatz überall durch i zu ersetzen

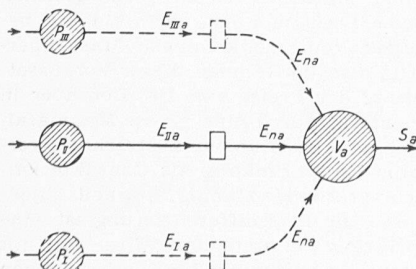


Bild 7

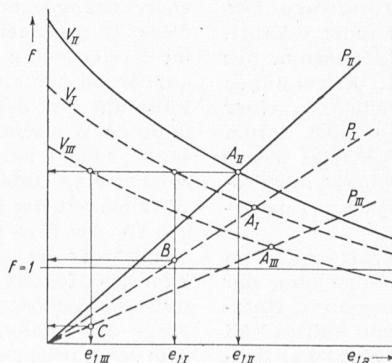


Bild 8

cher und die gleiche Nutzenergiemenge in unserem Beispiel drei verschiedene Wirtschaftlichkeitslinien ergeben (Bild 8).

Der Wirtschaftlichkeitsverlauf der drei konkurrierenden Produktions-Teilbetriebe sei durch die Geraden P_I , P_{II} , P_{III} gekennzeichnet. Jeder der drei Produzenten möchte die Lieferung übernehmen. Wenn wir zunächst die Folge des Ueberangebots vernachlässigen, wären die wahrscheinlichsten Preise jene, die den Schnittpunkten A_I , A_{II} und A_{III} entsprechen, sofern jeder Anbieter allein auf dem Markt stände. Ihr Wettbewerb erlaubt indessen dem Bezüger eine Auswahl zu treffen. Er wählt die günstigste Lösung nach Massgabe höchster Wirtschaftlichkeit seines Betriebs. Er wird folglich im Beispiel des Bildes 8 dem Lieferer P_{II} den Vorzug geben und mit ihm den Energiepreis e_{II} vereinbaren. Die Konkurrenten P_I und P_{III} müssten dem Verbraucher zum mindesten die gleiche Wirtschaftlichkeit wie P_{II} gewährleisten, wenn sie an dessen Stelle die Lieferung tätigen möchten. Sie hätten zu diesem Zweck die Energiepreise e_{I} bzw. e_{III} in Kauf zu nehmen, die durch die Schnittpunkte der Horizontalen durch A_{II} mit den Wirtschaftlichkeitslinien V_I und V_{III} bestimmt sind. P_{III} dürfte auf die Lieferung verzichten, weil seine Wirtschaftlichkeit hierbei unter $f_p = 1$ gerät (Punkt C in Bild 8). P_I müsste sich praktisch mit einem noch kleineren Energiepreis als e_{I} begnügen, weil der Verbraucher den preissenkenden Einfluss des Ueberangebots zur Geltung bringen wird. Schliesslich hängt es allein vom günstigsten Gelagerten, von P_{II} ab, zu welchem Preis das Geschäft endgültig abgeschlossen wird, denn er wäre in der Lage, bei den Verhältnissen unseres Beispiels, von seinem hohen Wirtschaftlichkeitsquotienten etwas zu opfern, d. h. den Preis weiter zu senken, bis auch P_I aus dem Markt geworfen ist.

Die oben genannte Forderung gleicher Wirtschaftlichkeit bedeutet, dass im Ausdruck

$$f_{va} = \frac{xS}{\left(\frac{e_I E_n}{\eta_I} + p K_e\right) + kr}$$

die Summe der beiden ersten Nennerposten in allen drei Fällen die gleiche Grösse aufweisen soll, woraus folgt:

$$e_{I} \frac{E_n}{\eta_I} + p K_{eI} = e_{II} \frac{E_n}{\eta_{II}} + p K_{eII} = e_{III} \frac{E_n}{\eta_{III}} + p K_{eIII}$$

Das Verhältnis der drei Preise $e_{I} : e_{II} : e_{III}$ hängt also nur von E_{na} und den Gegebenheiten der drei im Wettbewerb stehenden Energieumformungsanlagen ab, wogegen die Preislage, d. h. in unserem Beispiel der Preis e_{II} , eine Funktion der Wirtschaftlichkeiten der zwei im Spiel stehenden Partnerbetriebe P_{II} und V_a ist. Es bleibt also immer dem gewählten günstigsten Produzenten vorbehalten, den Preis festzusetzen, und er greift damit in das Schicksal der übrigen Wettbewerber ein, denen nur die Wahl verbleibt, sich dem Preisdiktat, unbekümmert der eigenen Wirtschaftlichkeit, zu beugen oder sich für die betreffende Lieferung vom Markte zurückzuziehen. Sucht man in obiger Gleichung z. B. nach dem wettbewerbsfähigen Preis e_{I} , so folgt:

$$e_{I} = \eta_I \left(\frac{e_{II}}{\eta_{II}} + p \frac{K_{eII} - K_{eI}}{E_n} \right)$$

woraus die wichtige Rolle ersichtlich wird, die den Kosten der Umformungsanlagen, den Wirkungsgraden und der Ausnützung dieser Anlagen durch E_n in der Preisbildung zukommt. Es kann von zwei in Konkurrenz stehenden Produktionsbetrieben der eine für den Verbraucher die günstigere

Lösung darstellen, nicht weil seine Wirtschaftlichkeitsgerade steiler verläuft, sondern weil die Gegebenheiten der Umformung seiner Rohenergie zum günstigeren Resultat führen (Vorteil der elektrischen Energie in gewissen Anwendungen).

Dieser Kampf um die Rohenergielieferung spielt sich zugleich auf allen Märkten bzw. bei allen Verbrauchern ab und zwar mit wechselndem Erfolg für den Lieferer, weil einmal Licht, einmal Nutzwärme, einmal mechanische Arbeit usw. erzeugt werden soll, wobei, wie schon gesagt, die Eignung einer gegebenen Rohenergieart zur Nutzenergieerzeugung sehr verschieden ist und verschieden auch der Kostenanteil,

Man kann sich hier die Frage stellen, wie vorzugehen sei, wenn in unserem Marktmodell das Konkurrenzprinzip durch eine gelenkte Bedarfsdeckung ersetzt werden soll. Selbstverständlich muss auch in diesem Fall die bestmögliche Wirtschaftlichkeit der Güterbeschaffung angestrebt werden. Diese Forderung bezieht sich auf das System der m Produzenten und n Verbraucher als ganzes. Sie gelangt besonders klar zum Ausdruck, wenn wir wiederum das Verfahren der Substitutionsobjekte zur Anwendung bringen. Ohne hier auf Einzelbetrachtungen einzugehen, leuchtet ein, dass wir in sinnvoller Anwendung früherer Überlegungen jeden Verbraucher mit seinen zugeordneten Liefer-Teilbetrieben zu einem Substitutionsbetrieb zusammenfassen können. Wenn z. B. der Verbraucher V_c von P_I , P_{II} und P_{III} zugleich Rohenergie zur Erzeugung von Nutzenergie verschiedener Art bezieht, so wird die Wirtschaftlichkeit des Ersatzbetriebs lauten:

$$f_{suc} = \frac{x_c S_c}{k_{rc} + (p K_{eI} + p K_{eII} + p K_{eIII}) + (k_{pcI} + k_{pcII} + k_{pcIII})}$$

Die n f_s -Vektoren des Systems setzen sich in der Preis-Kosten-Ebene zu einer resultierenden Gesamtwirtschaftlichkeit zusammen, die durch die Verhältnisszahl gegeben ist:

$$f_{s\text{ res}} = \frac{\sum_1^n (x S)}{\sum_1^n (k_r) + \sum_1^u (p K_e) + \sum_1^m (k_p)}$$

Hierbei bedeutet u die Anzahl aller bei den Verbrauchern stehenden Umwandlungsgeräte.

Die Energiewirtschaft und ihre Technik sind für die letzten zwei Positionen im Nenner verantwortlich. Es ist ihre Aufgabe, deren Summe möglichst klein zu halten; d. h. es soll der gegebene Nutzenergieverbrauch in einer solchen Weise den vorhandenen Rohenergieproduzenten zur Deckung überwiesen werden, dass die Summe der Kapitalkosten der Umwandlungsgeräte und die Summe der Produktionskosten aller Lieferbetriebe ein Minimum erreicht. Das Konkurrenzprinzip überlässt diese Aufgabe dem geschilderten Marktmechanismus, in welchem die beteiligten Wirtschaftssubjekte in Verfolgung ihrer wirtschaftlichen Triebkräfte auf dem Weg der Preisdifferenzierung von selbst die richtige Lösung anstreben.

Wie aber muss der Wirtschaftslenker vorgehen, wenn er dieses Spiel der Einzelwirtschaften mit gleichem Erfolg durch die planmässige Leitung von oben ersetzen will? Die Aufgabe erscheint zunächst sehr einfach, wenn man die gesamte Menge des Nutzenergiebedarfs und seine Zusammensetzung als unveränderliche Gegebenheiten betrachtet. Es zeigt sich nämlich bei der Ermittlung des oben genannten Kostenminimums, dass für jeden Betrag des Nutzenergiebedarfs gegebener Zusammensetzung ein ganz bestimmter Produzent als günstigster Lieferer auftritt, welchem alsdann die ganze Bedarfsdeckung zuzuweisen wäre, da wir ja für jeden eine hinreichende Produktionskapazität voraussetzen. Die andern Anbieter müssten folglich vom Markt verschwinden. Der Auswahlmechanismus unseres Modells gelangt nicht notwendigerweise zu dieser radikalen Lösung, weil er den individuellen Bevorzugungen der Verbraucher in gewissem Umfang Folge gibt und deshalb nicht allein den günstigsten Produzenten im Spiel lässt.

Der Wirtschaftslenker sieht sich aber vor die gleiche Notwendigkeit gestellt, wenn wir die Hypothese von der unveränderlichen Jahres-Nutzenergiemenge gegebener Zusammensetzung fallen lassen und in weiterer Annäherung an die Wirklichkeit voraussetzen, dass die Produktionskapazität eines oder mehrerer Lieferbetriebe kleiner sei, als der Gesamtverbrauch der Verbrauchergruppe. Diese Erweiterungen des Modells stellen dem beschriebenen Auswahlverfahren des Konkurrenzprinzips offenbar keine neuen Hindernisse in den Weg, ja wir können in der Verallgemeinerung ohne Gefahr noch weiter gehen, indem wir uns die Kostenelemente der Produktion einerseits, die energiefremden Kosten und den Erlös bei den Verbrauchern andererseits als veränderlich denken. Der Marktmechanismus löst auch dieses nunmehr dynamisch gewordene Problem im gleichen Sinn, wogegen sich der Wirtschaftslenker nunmehr vor eine schwierige Aufgabe gestellt sieht, wenn er am Prinzip grösster Wirtschaftlichkeit

festhalten will. Es ist hier nicht der Ort, diese Probleme der Wirtschaftslenkung weiter zu verfolgen, weil sie unserer Definition gemäss ausserhalb der Theorie liegen und zum praktischen Teil der Energiewirtschaft gehören. Hingegen ist mit dieser kurzen Betrachtung vielleicht doch schon die Erkenntnis gewonnen, dass jeder Eingriff in die Marktesetze, dort wo er wirtschaftlich notwendig ist, ohne Kenntnis ihres Mechanismus, nicht zum Ziele führen kann. Dem Ingenieur dürfte dieser Satz aus Analogiegründen besonders einleuchtend sein, und er vermag ihn vielleicht dazu anzuregen, dem heutigen Geschehen in der Wirtschaft, in die er seine technischen Werke einsetzt, erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken.

Schlusswort

DK 92 (Rohn)

Hiermit schliesst die Reihe der von den E. T. H.-Dozenten dem scheidenden Schulratspräsidenten gewidmeten Arbeiten. Wir bedauern einerseits, dass sie nicht alle vollumfänglich in einem einzigen Heft untergebracht werden konnten, andererseits, dass noch lange nicht alle Dozenten und Abteilungen in unserm Strauss durch eine Blume vertreten waren. Aber die Gestaltung einer Zeitschrift ist ein wenig wie die Leitung einer grossen Schule oder gar wie die hohe Politik die Kunst des Erreichbaren, in der Präsident Rohn ein Meister war. Der Leser, der diese Beiträge durchgegangen hat, wird sich bereits ein Bild machen können von der Weite des Horizontes und der menschlichen Reife, die es braucht, um die Betreuung so breiter, vielfältiger und tiefgründiger Gebiete an oberster Stelle zu leiten. Auch wir, die wir in früheren Jahren manchen Beitrag aus der Feder des Brückenbauers Rohn veröffentlichten durften, schliessen uns heute dem Dank an ihn an, der an der Abschiedsfeier vom letzten Samstag (siehe S. 66) so tief zum Ausdruck kam.

Die Redaktion

Ausbau der Rhone in Frankreich

DK 621.311.21 : 627.42 (44)

Nachdem an der obern Rhone das Kraftwerk Génissiat fertiggestellt ist, wird jetzt an der untern Rhone, in der Gegend zwischen Avignon und Montélimar das ebenfalls riesige Kraftwerk *Donzère-Mondragon* erbaut. Ueber dieses Kraftwerk kann anhand von Ausführungen von Ing. Dr. M. Oesterhaus anlässlich seines Referates an der Generalversammlung vom 20. November 1948 der Basler Vereinigung für Schweizerische Schifffahrt folgendes gesagt werden.

Die Bauplätze erstrecken sich über eine Länge von rd. 28 km; installierte Leistung 6 Turbinen mit total 300 000 kW; jährliche Produktion 1980 Mio kWh; maximale Nutzwassermenge 1530 m³/s; Gefälle von rd. 20 bis 24 m; der rd. 16 km lange Kraftwerks- und Schifffahrtskanal weist 83,3 m Sohlenbreite, 145 m Wasserspiegelbreite, 10,3 m Tiefe und eine mittlere Wassergeschwindigkeit von rd. 1,3 m/s auf; der obere Vorhafen ist 100 m breit und rd. 1050 m lang; der untere Vorhafen besitzt eine Breite von 100 m und eine Länge von 450 m; er mündet in den Unterwasserkanal ein, der von dieser Stelle an auch der Schifffahrt dient und bei einer Wasserspiegelbreite von rd. 125 m sowie einer Wassertiefe von 12,4 m eine Länge von rd. 10,5 km aufweist. 50 Mio m³ Erdbewegung werden nötig sein, zu deren Bewältigung imposante Baugeräte eingesetzt worden sind.

In unbegreiflichem Gegensatz zu den für die Schifffahrt nötigen, grosszügigen Abmessungen der Kanäle und Vorhäfen steht, bei einer Hubhöhe von rd. 23 m, die vorgesehene *einzige Schleuse* von 90 × 12 m, obwohl die Rhone von Schleppzügen, vergleichbar mit jenen auf dem Rhein, und von Selbstfahrern benützt wird. Diese Schleuse erscheint im Vergleich zu den Schleusen, die am Rhein beim Grand Canal d'Alsace und bei Birsfelden auf Grund eingehender Untersuchungen und Verhandlungen als nötig befunden wurden, *viel zu klein*. Die Kleinheit der Schleuse kann nicht durch die vorgesehene rasche Füllung und Entleerung, die auch bei den Schleusen der neuen Werke am Grand Canal vorgesehen sind, kompensiert werden. Bei der Dimensionierung der Schleusen des Grand Canal und bei Birsfelden wurde von folgenden Grundsätzen ausgegangen, die bei einem *natürlich schiffbaren* Fluss gewahrt werden müssen, wenn man die bestehende Schifffahrt nicht zum Nachteil der Volkswirtschaft schädigen und am Aufblühen hindern will: Die Schleusen haben nicht nur der