

# Zum gegenwärtigen Stand der Entwicklung der Aerodynamischen Wärmekraftmaschine

Autor(en): **Ackeret, J. / Keller, C. / Jegher, Carl**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **123/124 (1944)**

Heft 4

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-53877>

## **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.

INHALT: Zum gegenwärtigen Stand der Entwicklung der Aerodynamischen Wärmekraftmaschine. — Trolleybus- und Omnibus-Anhänger mit Vierradlenkung der A.-G. Adolph Saurer, Arbon. — Erdbaumechanische Probleme im Lichte der Schneeforschung. — Vom S. I. A.-Kurs über Holzbau-Siedelungen, St. Gallen 1943. — Mitteilungen: Elektrifikation der SBB-Strecke Wil-Wattwil. Notfenster bei Fliegerschäden. Das «Muralten-

gut» in Zürich. Porenbeton. Das Kunstgewerbemuseum Zürich. — Wettbewerbe: Ortsplanung-Wettbewerb Frauenfeld. Erweiterung des Zürcher Kunsthauses. Ländliche Familien- und Knechtwohnungen im Kanton Genf. Dorfplatz mit Schul- und Gemeindehaus in Meyrin, Genf. — Nekrologe: Gustav Doppler. Otto Maraini. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Vortrags-Kalender.

### Zum gegenwärtigen Stand der Entwicklung der Aerodynamischen Wärmekraftmaschine

Von Prof. Dr. J. ACKERET E. T. H. und Obering. Dr. C. KELLER, Escher Wyss A.-G., Zürich

Vor einiger Zeit haben wir an dieser Stelle<sup>1)</sup> über eine neuartige Wärmekraftmaschine berichtet, bei der Luft in geschlossenem Ueberdruck-Kreislauf arbeitet. In weiteren Aufsätzen<sup>2)</sup> sind Mitteilungen gemacht worden über den Kreisprozess, über konstruktive Fragen, Regelung und Anwendungen für Kraft- und Hüttenwerke. Nachdem nun ein recht befriedigender Stand der Entwicklung erreicht worden ist, scheint es gerechtfertigt, über Versuchsergebnisse an der von den Escher Wyss Maschinenfabriken A.-G., Zürich, gebauten Anlage zu berichten. Für eine eingehende Darlegung der Betriebserfahrungen, der Einzelwirkungsgrade, der Regulierfragen usw., so interessant dies natürlich wäre, ist die gegenwärtige Zeitlage denkbar ungeeignet. Wir müssen uns deshalb vorläufig auf eine summarische Mitteilung beschränken.

So einfach das Prinzip der Anlage ist, hat es doch seitens der Leitung der Firma ein bedeutendes Mass von Wagemut und auch von Vertrauen bedeutet, sogleich eine Anlage von industriellem Ausmass zu bauen. Aber es war nur auf diese Weise möglich, die wirkliche Leistungsfähigkeit des neuen Prinzips festzustellen.

Die wichtigsten Ergebnisse der bisherigen Entwicklung lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

1. Das *Arbeitsprinzip* konnte ohne Aenderung beibehalten werden.
2. Schwierigkeiten *prinzipieller* Art, wie Unmöglichkeit des Fahrens mit hohen Temperaturen, Ueberhitzungen, schlechte Verbrennung, Versemmungen, Unstabilitäten sind nicht aufgetreten. Vorgekommen sind lediglich Verzögerungen durch kleinere Versehen, wie sie wohl bei Neuentwicklungen nie ganz zu vermeiden sind, durch Schwierigkeiten in Material- und Oelbeschaffung<sup>3)</sup> usw.
3. Die *betriebllichen Eigenschaften* der Anlage waren auch im Dauer- und Regulierbetrieb bemerkenswert gut.
4. Der erzielte *Brennstoffwirkungsgrad* ist bei der relativ kleinen Höchstleistung von rd. 2000 bis 2500 PS gegenüber gleichstarken modernen Dampfanlagen günstig und vermöge des Druckpegel-Regulierprinzips *auch bei Teillasten sehr befriedigend*.

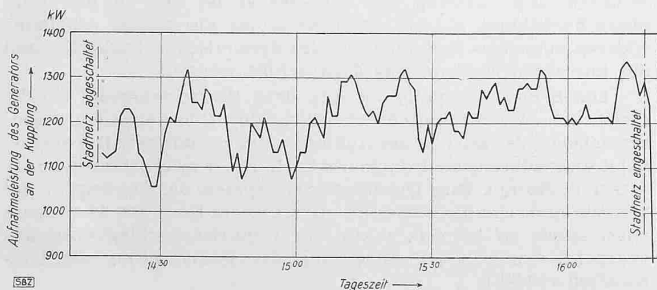


Abb. 1. Ausschnitt aus einem Belastungsdiagramm der Escher Wyss-Werke bei ausschliesslichem Betrieb durch die Versuchsanlage

Bei den im Laufe des vergangenen Jahres durchgeführten Versuchen wurde nicht nur der thermische Gesamtwirkungsgrad der Anlage ermittelt, sondern vor allem auch planmässig die Wirksamkeit und Zweckmässigkeit verschiedener Bauformen von Maschinen und Apparaten durch Messungen zahlenmässig erfasst.

<sup>1)</sup> J. Ackeret und C. Keller: Eine Aerodynamische Wärmekraftanlage. SBZ Bd. 113 (1939), Nr. 19, S. 229\*.

<sup>2)</sup> J. Ackeret und C. Keller: Aerodynamische Wärmekraftmaschine mit geschlossenem Kreislauf. Z.VDI Bd. 85 (1941), Nr. 22, S. 491 bis 500. — C. Keller: Aerodynamische Turbine im Vergleich zu Dampf- und Gasturbine. Escher Wyss Mitteilungen Band 15/16 (1942/43), Seite 20 bis 41. — C. Keller und R. Ruegg: Die Aerodynamische Turbine im Hüttenwerk. SBZ Bd. 122 (1943), Seite 1\*.

<sup>3)</sup> Wir möchten nicht verfehlen, an dieser Stelle auf die verständnisvolle Unterstützung durch das Eidg. Kriegs-, Industrie- und Arbeits-Amt, Sektion für Kraft und Wärme, in der schwierigen Frage der Brennstoffbeschaffung hinzuweisen.

Die Versuchsanlage hat nun einen vielhundertstündigen Betrieb ohne Störung hinter sich mit Temperaturen, die wesentlich über 600°C liegen. Dabei wurden von ihr alle Erfordernisse, die der gesamte Energieverbrauch eines Industriebetriebes an eine Kraftanlage stellt, erfüllt, erfüllt. Ohne Zusatzspeisung durch Fremdstrom und unabhängig von einem Fremdnetz konnte die Anlage die gesamte Energieversorgung für Kraft und Licht der Escher Wyss-Werke anstandslos übernehmen. Abb. 1 zeigt beispielsweise den Ausschnitt aus einem Belastungsdiagramm des Werkes, das anlässlich des Antriebes durch die Versuchsanlage gefahren wurde. Dabei ermöglichte die automatische Regulierung die Einhaltung der Frequenz auch bei plötzlich grösseren Belastungsstössen mindestens ebensogut, als dies beim Betrieb des Werkes durch Fremdstrombezug aus dem Stadtnetz der Fall ist.

Die Versuchsanlage wird gegenwärtig aus Gründen der Einfachheit mit Oelfeuerung betrieben; einer spätern Umstellung auf Kohlefeuerung steht aber grundsätzlich nichts im Wege; sie ist zur Zeit in Vorbereitung.

Die Mess- und Regulierversuche wurden zusammen mit ausserhalb der Firma stehenden Fachleuten durchgeführt. Dabei sind sämtliche Vorschriften und Erfahrungen, die zur genauen Leistungsmessung an kalorischen Anlagen heute angewendet werden, berücksichtigt worden. Abb. 2 zeigt das Ergebnis der Versuche aus neuerer Zeit. Für den Wärmekraftmaschinenbauer ist neben dem schon heute mit der verhältnismässig kleinen Versuchsanlage erreichten Höchstwert des Brennstoffwirkungsgrades von rd. 30% (genau 29,6%, entsprechend dem Brennstoffverbrauch von 210 gr/PSH) nicht zuletzt auch der günstige Verlauf des Wirkungsgrades bis zu kleinsten Teillasten bemerkenswert. Die im Gange befindliche weitere Entwicklung der Anlage lässt noch Verbesserungen erwarten. Abb. 2 gibt den Brennstoffwirkungsgrad der Gesamtanlage nach dem derzeitigen Stand, errechnet aus Brennstoffverbrauch und Leistung, bezogen auf Generatorkupplung (exklusive Hilfsantrieb). Die Leistung *sämtlicher* Hilfsantriebe (Gebläse für Rauchgas- und Verbrennungsluftförderung, Kühlwasser-, Brennstoff- und Schmierölpumpe, Leistungsbedarf zur Dekkung der Leckverluste) beträgt bei der höchsten Belastung gegen 4% derselben (entsprechend einer Reduktion des Brennstoffwirkungsgrades um 1,2%) und wird bei Teillasten entsprechend kleiner. Die elektrische Leistung wurde mit Wattmetern bestimmt, die von der Eichstätte d. Schweiz. Elektrotechn. Vereins geeicht wurden; die Messung des Oelverbrauches geschah durch direkte Wägung. Der für den Wärmeverbrauch massgebende untere Heizwert des Heizöls ergab sich nach Bestimmung durch die Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe, Abteilung für Brenn- und Kraftstoffe, zu 10 140 kcal/kg. Zur Bestimmung der Kupplungsleistung der Turbinenanlage wurde der Wirkungsgrad des Generators gemäss den Abnahmeversuchen bei Vollast mit 96,7% berücksichtigt. Die Temperaturen und Drücke des Kreislaufs wurden an den wichtigsten Stellen mehrfach mit geeichten Präzisionsinstrumenten bestimmt; die Dauer jedes Messversuchs betrug nach einer vorherigen sorgfältig beobachteten längern Dauer der Beharrung im Minimum eine Stunde. Dabei konnten die Lastschwankungen durch Parallelschalten der Anlage mit dem Stadtnetz oder Arbeiten auf Wasserwiderstand auf weniger als 1/2% des jeweiligen Leistungsmittelwertes gehalten werden. Die indirekte

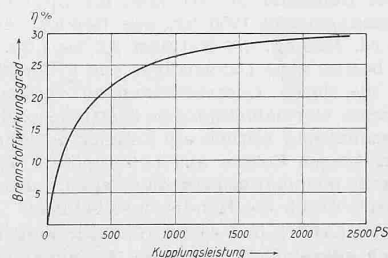


Abb. 2. Brennstoffwirkungsgrad der Versuchsanlage aus spez. Messversuchen unter jeweils konstanter Belastung

Die elektrische Leistung wurde mit Wattmetern bestimmt, die von der Eichstätte d. Schweiz. Elektrotechn. Vereins geeicht wurden; die Messung des Oelverbrauches geschah durch direkte Wägung. Der für den Wärmeverbrauch massgebende untere Heizwert des Heizöls ergab sich nach Bestimmung durch die Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe, Abteilung für Brenn- und Kraftstoffe, zu 10 140 kcal/kg. Zur Bestimmung der Kupplungsleistung der Turbinenanlage wurde der Wirkungsgrad des Generators gemäss den Abnahmeversuchen bei Vollast mit 96,7% berücksichtigt. Die Temperaturen und Drücke des Kreislaufs wurden an den wichtigsten Stellen mehrfach mit geeichten Präzisionsinstrumenten bestimmt; die Dauer jedes Messversuchs betrug nach einer vorherigen sorgfältig beobachteten längern Dauer der Beharrung im Minimum eine Stunde. Dabei konnten die Lastschwankungen durch Parallelschalten der Anlage mit dem Stadtnetz oder Arbeiten auf Wasserwiderstand auf weniger als 1/2% des jeweiligen Leistungsmittelwertes gehalten werden. Die indirekte

Befuerung der Kreislauf Luft im Lufterhitzer erlaubt ein Einhalten der Höchsttemperatur am Turbineneintritt bei allen Belastungen und Lastschwankungen auf etwa  $5^\circ$  genau. Dies ist ein bemerkenswertes Ergebnis auch im Hinblick auf den künftigen praktischen Betrieb mit hohen Temperaturen, weil der Wegfall zeitlich und örtlich starker Schwankungen der Höchsttemperaturen des Arbeitsmittels erlaubt, nahe an die für die Baustoffe zulässige obere Grenze zu gehen. Die zahlreichen eingebauten Sicherheitseinrichtungen konnten in ihrer raschen und zuverlässigen Wirkung erprobt werden.

Auch nach längeren Fahrperioden mit grossen oder auch stark wechselnden Belastungen und Betriebslufttemperaturen von über  $650^\circ\text{C}$  zeigte eine Kontrolle der lebenswichtigen Teile von Lufterhitzer, Maschinen, Apparaten und Heissluftleitungen keine Beschädigungen oder Angriffe. Infolge des stets sauberen Arbeitsmittels traten auch keine Verschmutzungen an wärmeaustauschenden Flächen oder in Beschaulungen der Maschinen auf.

Es scheint somit die Hoffnung berechtigt, dass das neue Verfahren sich durchsetzen und einen sehr erwünschten Beitrag zur Stärkung der industriellen Wettbewerbsfähigkeit der Schweiz in den kommenden, vermutlich nicht leichten Zeiten, darstellen wird.

\*

*Nachschrift des Herausgebers.* Das hier dargelegte erfreuliche Ergebnis ernsthafter zweckorientierter Forschung gereicht auch dem Unterzeichneten im Hinblick auf die Vorgeschichte und Entwicklung aus folgendem Grund zu besonderer Befriedigung. Im Jahre 1931 richtete der damalige P.-D. an der E. T. H., Ing.

Dr. J. Ackeret, an die «Eidg. Stiftung zur Förderung schweiz. Volkswirtschaft durch wissenschaftl. Forschung» ein Gesuch um Gewährung einer Subvention für Untersuchungen an rasch laufenden Axialgebläsen. Dem Gesuch wurde entsprochen und 1933 lag das Ergebnis vor in Form einer E.T.H.-Dissertation von Ing. Dr. C. Keller, dem Mitarbeiter Ackeret's; die sehr umfangreichen Forschungsarbeiten sind durch verständnisvolle Mitwirkung der Escher Wyss A.-G. durch Lieferung der Modelle tatkräftig gefördert worden. Diese Dissertation über Axialgebläse vom Standpunkt der Tragflügel-Theorie lieferte die theoretischen Grundlagen zur Entwicklung von Kompressoren mit besonders hohem Wirkungsgrad, und damit eine wesentliche Voraussetzung für die Schaffung der nun betriebsfertigen Aerodynamischen Wärmekraftanlage von Ackeret-Keller. Auch die Stiftung erfreut sich somit wieder einer reifen Frucht der Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis, von Hochschule und Industrie, im Interesse unserer schweiz. Volkswirtschaft. Als Präsident der Stiftung, die zur Initialzündung dieser Idee entscheidend beitragen durfte, darf daher der Unterzeichnete seiner besondern Genugtuung wohl Ausdruck geben.

Es sei noch beigefügt, dass diese Aerodynamische Wärmekraftanlage nicht nur die Anerkennung der zuständigen Wissenschaftler im eigenen Lande, sondern auch im Ausland findet. Von ausländischen Fachpresse-Stimmen sei z. B. erwähnt die sehr anerkennende Berichterstattung von Dr.-Ing. E. Foerster in «Schiff und Werft» (vom 8. Sept. 1943). Aber auch die ausländische Maschinenindustrie bekundet reges Interesse an dieser rein schweizerischen Schöpfung, von der wir das Wesentliche bereits in Bd. 113 und 122 mitgeteilt haben. C. J.

## Trolleybus- und Omnibus-Anhänger mit Vierradlenkung der A.-G. Adolph Saurer, Arbon

Wie beim Tram muss der Spitzenverkehr auch beim Trolleybus und Omnibus durch geeignete Anhängewagen gemeistert werden. Der Pneufahrzeug-Anhänger wird sogar nach Kriegschluss betriebswirtschaftlich neue Möglichkeiten eröffnen. Wohl als erste befasste sich die Direktion der Stadt. Strassenbahnen und Stadt-Omnibus Bern mit dem schienenlosen Anhängerbetrieb (Abb. 1). Die *Hauptanforderungen* sind: a) Schleuderfreiheit innerhalb der erreichbaren Betriebsgeschwindigkeiten. b) Genaues Nachspuren innerhalb des Rahmenprofils des Zugwagens, auch in engsten Kurven. c) Möglichkeit in beiden Richtungen zu fahren zur Vermeidung von Kehren oder Endschleifen. d) Leichte Konstruktion, d. h. Kleinhaltung des Zuggewichts und damit der Fahrzeit.

Die von der A.-G. Adolph Saurer, Arbon, aus recht mannigfaltigen Möglichkeiten gelenkter Anhänger gewählte spezielle Chassis-Konstruktion (Abb. 2) eignet sich besonders für einen Stadtomnibusbetrieb. Der Radstand ist 4400 mm, die Spur am Boden 1945 mm, das Chassisgewicht 1950 kg, das Gewicht des karossierten Anhängers rd. 4000 kg, die Nutzlast 3,5 bis 4,5 t.

Der Chassisrahmen besitzt zwei Längsträger aus  $\square$ -förmig gepresstem Stahlblech, die durch Querverbindungen versteift sind. Zur Abfederung dienen vier halbelliptische Blattfedern, die zur Erhöhung der Strassenhaltung seitlich am Rahmen befestigt sind. Die Stahlgussräder tragen Felgen aus Leichtmetall. Die Innenbackenbremsen werden pneumatisch vom Zugwagen, von der Sicherungsvorrichtung oder durch die Handbremse betätigt.

Der *Lenkmechanismus* (Abb. 3 und 4) ist für beide Wagenenden genau symmetrisch ausgebildet, damit der Anhänger beliebig am einen oder andern Ende angekuppelt werden kann.

An jedem Rahmenende befindet sich ein Gelenk A und A' für die zweiteilige Deichsel. Der kürzere Teil B, bzw. B' (Abb. 5) ist mit dem Gelenk fest verbunden, während der vorstehende Teil C als Verlängerung in den ersten hineingeschoben und gesichert wird. Die eigentliche Deichsel C (Abb. 6) trägt an ihrem äussersten Ende eine Oese für den Anhängehaken des Zugwagens. Die seitlichen Ausschläge der Deichsel erzeugen über einen Zwischenhebel D entsprechende Ausschläge der Vorderräder E, d. h. derjenigen Räder, die sich auf der Seite der Deichsel befinden. Eine besondere Vorrichtung F gestattet ein gewisses verstellbares Längsspiel in der Verbindungsstange G, die die Lenkung der beiden Achsen kuppelt. Dadurch werden die Hinterräder E' ebenfalls über einen Zwischenhebel D' erst dann gelenkt, wenn ein bestimmter Ausschlag überschritten wird. Bei Geradeausfahrt und in schwächeren Kurven werden die Hinterräder durch zwei Federstabilisatoren H parallel zur Wagenachse gehalten. Die Lenkung der Hinterräder ist also in gewissem Sinne nachteilig, sodass auf diese Weise die beiden scheinbar widersprechenden Bedingungen der dynamischen Stabilität und des korrekten Nachspurens doch erfüllt werden.

Die *Bremsanordnung* ist aus dem Prinzipschema (Abb. 7) ersichtlich. Als Stillhaltebremse dient für jede Achse ein Handbremshebel, der seitlich am Anhänger angebracht ist. Die eigentliche Vierradbremse wird pneumatisch durch zwei Bremszylinder betätigt, die mit dem Druckluftbremssystem des Zugwagens gekuppelt sind. Um die Bremsleitung an jedem Ende des Anhängers anschliessen zu können, wurde ein Doppelrückschlagventil angebracht, wodurch bei Aenderung der Fahrriichtung ein Umschalten entfällt.

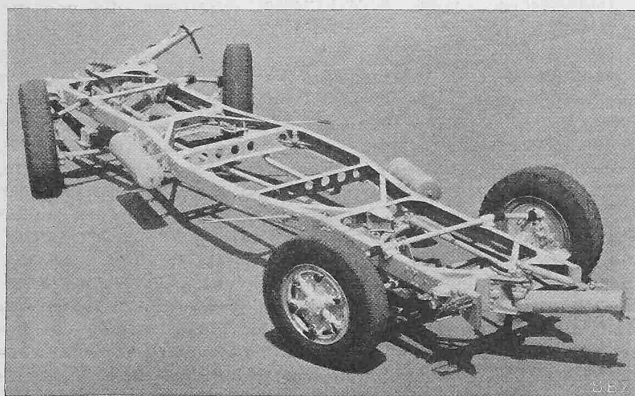


Abb. 2. Chassis-Konstruktion (Ansicht)

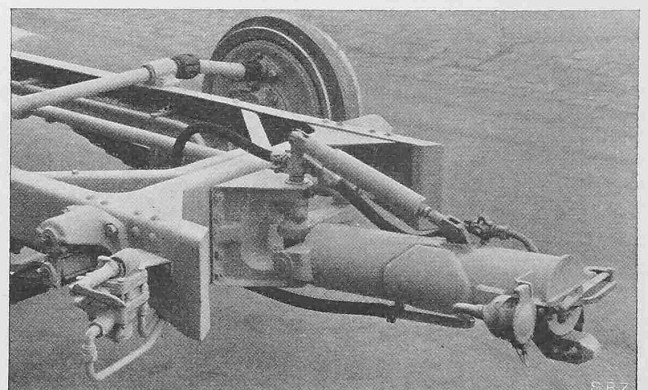


Abb. 5. Deichsel-Hinterteil