Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 113/114 (1939)
Heft: 4

Inhaltsverzeichnis

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: 16.12.2025

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

INHALT: Untersuchungen am Modell eines Windkraftwerkes. — Aus der schweizerischen Flugindustrie. — Miethaus «Steinwies» in Zürich. — Von der Tätigkeit des schweizerischen Vereins von Dampfkessel-Besitzern. — Mitteilungen: Bauhandwerkerpfandrecht und Architektenhonorar. Neue Lautsprecheranlage im Hauptbahnhof Zürich. Kleine Triebwagen der schwed. Staatsbahnen. Die Steuerungen selbsttätiger Wasserkraftanlagen. Garten-Sonnenuhren. Kolbenfedern aus Aluminium-Silicium-Legierung. Das Kingsbury-Traglager. Zementhalle der Abteilung Bauen. Skilifts. Baumesse an der Basler Mustermesse. Eidg. Techn. Hochschule. — Wettbewerbe: Neubau eines Kirchgemeindehauses und Vergrösserung der evang. ref. Kirche Neuhausen. — Nekrologe: Emil Huber-Stockar. Edouard Roth. Henri Naville. Johann Metzger. — Mitteilungen der Vereine.

Band 114 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet Nr. 4

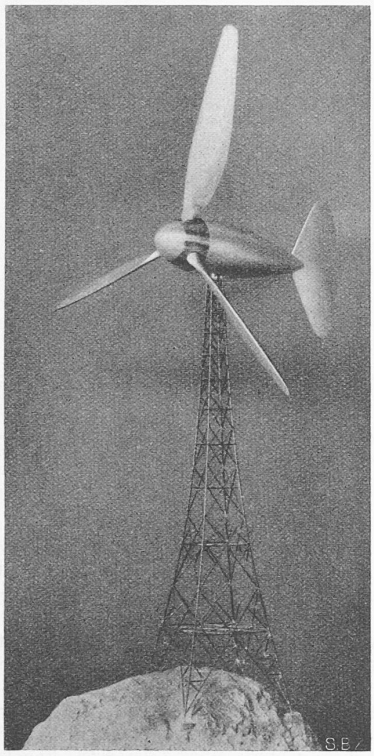
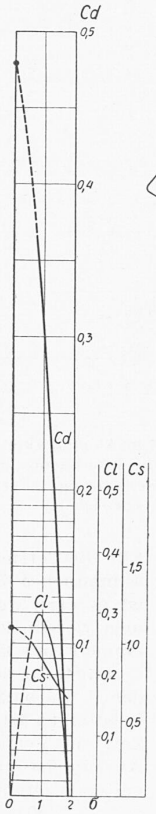


Abb. 1. Windkraftwerk-Modell an der LA in Zürich



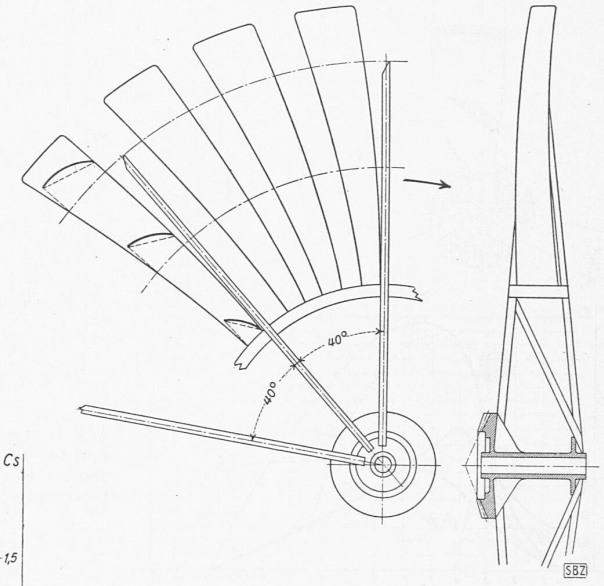


Abb. 2. Windturbine üblicher Bauart mit zahlreichen Schaufeln, links: ihre Leistungs-, Drehmoment- und Schub-Zahlen in Abhängigkeit von der Laufzahl σ

Untersuchungen am Modell eines Windkraftwerkes

Von Prof. Dr. J. ACKERET und Dipl. Ing. CH. CAILLE, E.T.H.

An der Schweiz. Landesausstellung ist vom Institut für Aerodynamik E. T. H. u. a. ein Modell eines Windkraftwerkes ausgestellt, das wir vor einiger Zeit im Windkanal untersuchten. Wenngleich es sich um eine Studienarbeit handelt, dürfte eine kurze Mitteilung über jene Versuche von Interesse sein. Das neue Windrad unterscheidet sich von früheren Entwürfen durch Einführung der *Flügelverdrehbarkeit* ähnlich wie bei Luft- und neuerdings auch bei Schiffschrauben. Ferner ist es den Erfordernissen der Stromerzeugung entsprechend für möglichst *raschen Lauf* konstruiert worden (Abb. 1).

In Abb. 2 sind nach älteren Göttinger Messungen die Eigenschaften einer sogenannten «Windturbine» aufgetragen[1]). Solche werden noch vielerorts verwendet. Es handelt sich um Räder mit zahlreichen gebogenen Blechschaufeln in einfacher Eisenkonstruktion. Wie in der Aerodynamik üblich, werden die Betriebsgrössen durch dimensionslose Zahlen dargestellt.

Mit den Bezeichnungen

$\varrho = \gamma/g =$	Luftdichte	in $kg/s^2 m^{-4}$
$D =$	Rad-Aussendurchmesser	m
$F = \pi/4\, D^2$	Radscheibenfläche	m^2
$V =$	Windgeschwindigkeit im ungestörten Raum ausserhalb des Rades	m/s
$q = \varrho/2\, V^2 =$	Staudruck	kg/m^2
$M =$	Rad-Drehmoment	mkg
$L =$	Leistung $= M\,\omega$	mkg/s
$\omega =$	Winkelgeschwindigkeit	1/s
$S =$	Schub auf das Rad in Achsrichtung	kg

werden diese folgendermassen definiert:

$$C_s = \frac{S}{q\,F} = \text{Schubzahl}, \qquad C_l = \frac{L}{q\,F\,V} \text{ Leistungszahl}$$

$$C_d = \frac{M}{q\,F\,D/2} \text{ Drehmomentzahl}, \quad \sigma = \frac{u}{V} = \frac{\omega\,D/2}{V} \text{ Laufzahl}$$

[1]) Ergebnisse der Aerodynamischen Versuchsanstalt zu Göttingen, Verlag Oldenbourg, München und Berlin 1927, III. Lieferung, S. 140.

Man erkennt, dass die Leistungszahl C_l einen Höchstwert von nicht ganz 0,3 erreicht bei einem σ von 0,9. Das Rad ist ein sogenannter «Langsamläufer», es hat aber den Vorteil einer nach kleinen Drehzahlen stetig steigenden Momentenkurve, die ein sicheres Anfahren auch bei relativ schwachen Winden ergibt. Es dürfte dies der Hauptgrund für die ziemlich grosse Verbreitung solcher Windturbinen sein.

Lange Zeit herrschte Unklarheit darüber, ob eine grosse oder kleine Flügelzahl günstiger ist. Schon *Euler* hat sich darüber gewundert, dass die vierflügligen holländischen Windmühlen nicht einfach durch Einsetzen weiterer Flügel leistungsfähiger gemacht wurden. Natürlich beruht die holländische Windmühle auf jahrhundertealten Erfahrungen und es war den Windmühlenkünstlern lange vor der Formulierung des Energiesatzes geläufig, dass durch Vergrösserung der Flügelzahl die Leistung nicht oder nur unwesentlich verändert werden kann.

Die volle Aufklärung erfolgte eigentlich erst in der letzten Zeit. Man erkannte, dass es eine *maximale* Leistung für ein scheibenförmiges Windrad gegebener Fläche bei gegebener Windstärke gibt[2]). Das theoretisch grösste C_l beträgt $\frac{16}{27} = 0{,}593$, und der Vergleich mit dieser Zahl ist ein Mass für die «Güte» des Rades. (Von einem Wirkungsgrad des Rades zu reden, hat keinen eindeutigen Sinn, da an sich praktisch unbegrenzte Energiemengen ungenützt am Rade vorbeifliessen.) Die Gütezahl der Windturbine wäre somit $\frac{0{,}296}{0{,}593} = 0{,}50$.

Denkt man weniger an Mühlenbetrieb mit den hohen Anfahrmomenten, sondern mehr an Elektrizitätserzeugung, so spielt das Anfahrmoment nicht mehr die grosse Rolle; hingegen wird es wichtig, die Laufzahl σ hoch zu treiben bei möglichst guter Leistung. Grosses σ bedingt eine kleinere Uebersetzung bis zur elektrischen Maschine und wesentliche Kostenersparnis. Nun ergeben Theorie und Versuch übereinstimmend, dass hohe Schnelläufigkeit nur bei kleiner Gesamtflügelfläche möglich ist, dass also wenige und schmale Flügel verwendet werden müssen. In Abb. 1 u. 3 ist die von uns verwendete Konstruktion ersichtlich; die drei Flügel sind einstellbar, der Einstellwinkel wird auf einem bestimmten Radius (hier 0,36 D) gemessen und mit β bezeichnet. In Abb. 3 sind die C_l-Kurven für die festen Einstel-

[2]) Besonders anschaulich abgeleitet in dem bemerkenswerten Buch von *Betz:* Windenergie und ihre Ausnutzung durch Windmühlen, Verlag Vandenhoek und Ruprecht, Göttingen 1926.