**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
**Band:** 25/26 (1895)
**Heft:** 3

**Artikel:** Versuche mit einem Schneckengetriebe von hohem Wirkungsgrade
**Autor:** Stodola, A.
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-19284

**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:** 31.07.2025

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

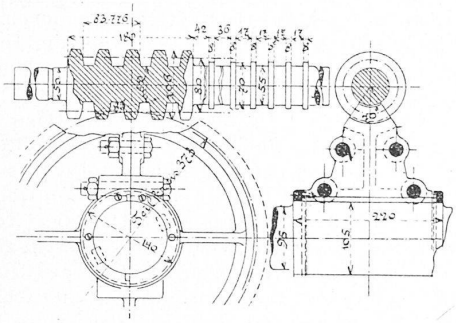
INHALT: Versuche mit einem Schneckengetriebe von hohem Wirkungsgrade. — Die Elasticität von Beton nach den Versuchen von Professor C. Bach. — Zur Zürcher Bahnhoffrage. — Miscellanea: Der internationale Eisenbahnkongress in London. Jungfraubahn. — Konkurrenzen: Erweiterung und Umbau des Rathauses in Basel. Rathausbau in Hannover. Entwürfe von Masten und Wandrosetten. — Nekrologie: † Bundesrat Schenk. — Vereinsnachrichten: Stellenvermittelung.

# Versuche mit einem Schneckengetriebe von hohem Wirkungsgrade.

*Prof. A. Stodola* in Zürich.

Die Maschinenfabrik Oerlikon verwendet bei elektrischen Antrieben von Hebezeugen, Werkzeugmaschinen etc. seit längerem ein Schneckengetriebe, welches sich hinsichtlich des Wirkungsgrades und der Betriebssicherheit bisher vorzüglich bewährt hat. Bei der Wichtigkeit, die diesem Uebertragungsmechanismus, insbesondere für die Zwecke der Elektrotechnik zukommt, hat der Verfasser einer Einladung der genannten Maschinenfabrik, die ziffernmässige Höhe des Wirkungsgrades durch Bremsversuche festzustellen, mit Vergnügen Folge geleistet.

Fig. 1.



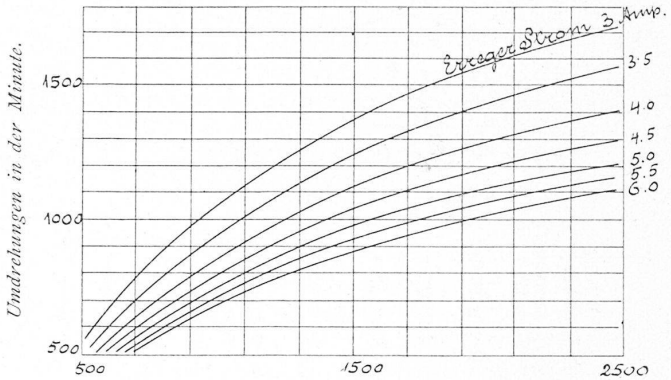
Masstab 1 : 10.

Die Versuchseinrichtung bestand aus der in Fig. 1 dargestellten doppelgängigen Schnecke, deren Welle zur Aufnahme des achsialen Schubes mit mehrfachem Ringlager versehen ist, und dem aus Aluminiumbronze hergestellten 28zähnigen Schneckenrad, welches samt Schnecke in einem allseitig geschlossenen Gussgehäuse, vollkommen in Oel getaucht, arbeitete. Die verlängerte Schneckenradwelle war nochmals in zwei Lagern geführt, und trug die fliegende Bremsscheibe nebst einer gewöhnlichen Backenbremse, deren Krafthebel auf eine Decimalwaage drückte. Mit der Schneckenwelle war ein Oerlikoner Nebenschluss-Gleichstrommotor Type *NNA 6* gekuppelt und von dem Verteilungsnetz für die elektrischen Krahne der Fabrik gespeist. Die dem Motor zugeführte Energie wurde mittelst gewöhnlicher Volt- und Ampère-meter gemessen und die Angaben der letzteren nach dem Versuch durch Vergleichung mit den normalen Aich-Instrumenten der Maschinenfabrik korrigiert.

Um die Geschwindigkeit des Motores innerhalb weiter Grenzen verändern zu können, war in die Nebenschluss-Magnetwickelung ein Regulierwiderstand eingeschaltet, welcher den Erreger-Strom zwischen drei und sechs Amp. zu variieren gestattete. Ausserdem konnte die Klemmenspannung durch Regulierung der Primärmaschine auf jeden Wert zwischen 100 und 170 Volt gebracht werden. Da ein Stillstellen aller elektrischen Krahne der Fabrik nicht zulässig war, beschränkte man die Dauer jedes Einzelversuches auf 1 Minute, wobei von zwei Beobachtern alle 5 Sekunden die Spannung und die Stromstärke notiert, von einem dritten mittelst Tourenzählers die Umdrehungszahl ermittelt wurde, während ein vierter die Bremse zu regulieren hatte. Es gelang auf diese Weise vielfach, die Beobachtung gerade zur Zeit eines ausgezeichneten Beharrungszustandes vorzunehmen, während umgekehrt eine grosse Zahl von Versuchen wegen zu starker Schwankung des Stromes oder der Spannung eliminiert werden mussten.

Eine nachher vorgenommene Bremsung des Motors allein konnte nicht zu Ende geführt werden, und es erfolgte deshalb die Berechnung des Wirkungsgrades direkt aus den elektrischen Daten. Zu diesem Behufe stellte die Maschinenfabrik eine Tabelle der Leerlaufarbeiten des Motors zur Verfügung, welche der Verfasser einigen Stichproben unterwarf, die befriedigende Uebereinstimmung ergaben. Die in Fig. 2 reproducierte graphische Darstellung der Tabelle gestattet das Ablesen der Leerlaufarbeit, inklusive Erregerstromwärme, als Funktion der Umdrehungszahl und der Erregung.

Fig. 2.




Wenn man annimmt, dass diese Verluste durch den im Betriebe auftretenden Ankerstrom nur unwesentlich alteriert werden, gestaltet sich die Berechnung des Wirkungsgrades wie folgt:

Es bezeichne

$J$ den Totalstrom — $w_a$ den Ankerwiderstand
$J_a$ den Ankerstrom — $w_s$ den Spulenwiderstand
$J_s$ den Erregerstrom — $w_r$ den Regulierwiderstand
$P$ die Klemmenspannung

dann ist $J = J_a + J_s$, und $P = J_s\,(w_s + w_r)$,

hieraus $w_r = \frac{P}{J} - w_s$,

und der im Regulierwiderstand verlorene Effekt $= J^2_s\, w_r$; mithin wird dem Motor zugeführt bloss die Leistung

$$L_n = JP - J^2_s\, w_r.$$

Von dieser Leistung geht verloren die Leerlaufarbeit, d. h. die Verluste durch Reibung, Luftwiderstand, Hysteresis, Wirbelströme, Erregerstromwärme, $= L_o$, und die Ankerstromwärme $J^2_a\, w_a$; es bleibt demnach an der Motorwelle verfügbar

$$L_m = JP - J^2_s\, w_r - J^2_a\, w_a - L_o$$

und der Wirkungsgrad des Motors wird

$$\eta_m = \frac{L_m}{L_n}$$

Um das Güteverhältnis der Schnecke zu finden, müssen wir zu der Brutto-Bremsleistung $L'_b$ die Reibungsarbeit $L_r$, welche durch das Gewicht der Bremsscheibe und des Hebels in den Lagern verursacht wurde, addieren. Es wird

$L_r = (G - B)\,\mu\,\frac{\pi\,\varrho\,n'}{30}\,9{,}81$ in Watt, wobei

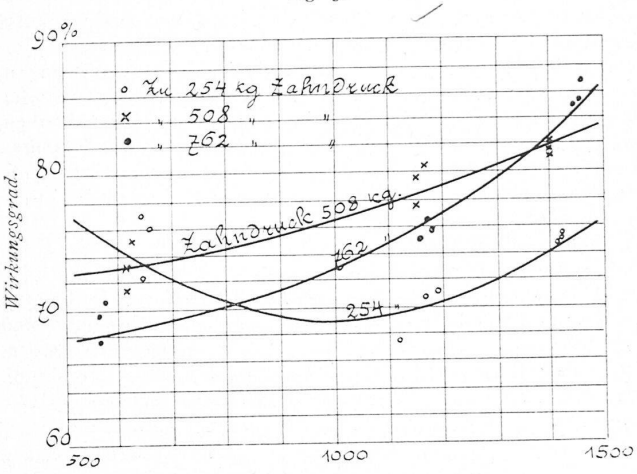
$\varrho = 0{,}045\ m$ den Radius der Welle,
$n'$ die minutl. Umdrehungszahl der Radwelle,
$\mu = 0{,}02$ den Reibungskoefficienten,
$G = 350\ kg$ das Gewicht von Scheibe und Hebel,
$B$ die Bremskraft, bedeuten.

Die effektive Bremsleistung ist dann $L_b = L'_b + L_r$ und der effektive Wirkungsgrad

$$\eta_s = \frac{L_m}{L_b}.$$

Die Länge des Bremshebels betrug 1905 *mm*. Die Maschinenfabrik gab an $w_a = 0{,}0152\,\Omega$, $w_s = 14{,}5\,\Omega$. Sämtliche beobachteten Grössen, sowie die gerechneten Resultate sind in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst und in Fig. 3 graphisch dargestellt.

Fig. 3.




| Nr. | Bremsbelastung am Radius 1905 *mm* $Q$ | Umdrehungszahl der Schnecke $n$ | Klemmenspannung $P$ | Total-Strom $J$ | Erreger-Strom $J_s$ | Brutto-Bremsleistung $N_e$ | Effektive Bremsleistung $L_b$ | Verlust im Regulier-Widerstand $J_s^2 w_r$ | Anker-Stromwärme $J_a^2 w_a$ | Leerlaufarbeit $L_o$ | Motor-Wirkungsgrad $\eta_m$ | Schnecken-Wirkungsgrad $\eta_s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *kg* | p. Min. | Volt | Amp. | Amp. | *PS* | Watt | Watt | Watt | Watt | Procente | |
| 1 | 25 | 644 | 100,4 | 39,2 | 5,8 | 3,057 | 2264 | 94 | 17 | 880 | 76,5 | 77,0 |
| 2 | 25 | 658 | 100,4 | 40,5 | 5,8 | 3,123 | 2313 | 94 | 18 | 910 | 76,6 | 76,0 |
| 3 | 25 | 644 | 101,6 | 40,7 | 5,8 | 3,057 | 2264 | 101 | 18 | 880 | 77,8 | 72,2 |
| 4 | 50 | 616 | 95,8 | 71,6 | 5,4 | 5,848 | 4317 | 93 | 66 | 800 | 87,2 | 73,2 |
| 5 | 50 | 616 | 96,1 | 72,8 | 5,4 | 5,848 | 4317 | 96 | 69 | 800 | 87,4 | 71,6 |
| 6 | 50 | 630 | 96,3 | 71,2 | 5,4 | 5,980 | 4415 | 96 | 66 | 840 | 86,6 | 75,3 |
| 7 | 75 | 574 | 90,0 | 105,8 | 5,7 | 8,171 | 6031 | 41 | 152 | 760 | 90,4 | 70,4 |
| 8 | 75 | 560 | 89,9 | 105,2 | 5,7 | 7,972 | 5884 | 41 | 150 | 740 | 92,1 | 67,8 |
| 9 | 75 | 560 | 89,4 | 104,7 | 5,7 | 7,972 | 5884 | 39 | 149 | 740 | 90,4 | 69,8 |
| 10 | 25 | 1120 | 151,4 | 51,7 | 4,1 | 5,316 | 3937 | 398 | 44 | 1540 | 78,7 | 67,4 |
| 11 | 25 | 1169 | 151,7 | 51,5 | 3,9 | 5,548 | 4110 | 371 | 44 | 1580 | 78,2 | 70,7 |
| 12 | 25 | 1190 | 151,6 | 52,4 | 3,9 | 5,649 | 4183 | 371 | 36 | 1650 | 77,8 | 71,1 |
| 13 | 50 | 1176 | 149,2 | 83,7 | 4,2 | 11,160 | 8241 | 370 | 96 | 1760 | 84,7 | 80,4 |
| 14 | 50 | 1148 | 147,6 | 82,5 | 4,1 | 10,89 | 8046 | 361 | 93 | 1620 | 85,6 | 79,6 |
| 15 | 50 | 1148 | 148,1 | 84,2 | 4,1 | 10,89 | 8046 | 363 | 97 | 1620 | 85,8 | 77,5 |
| 16 | 75 | 1162 | 139,0 | 132,0 | 3,8 | 16,54 | 12210 | 319 | 250 | 1500 | 89,9 | 75,0 |
| 17 | 75 | 1183 | 137,9 | 134,2 | 3,8 | 16,84 | 12430 | 290 | 258 | 1560 | 90,0 | 75,8 |
| 18 | 75 | 1176 | 139,3 | 131,4 | 3,8 | 16,74 | 12357 | 288 | 247 | 1555 | 90,0 | 76,2 |
| 19 | 25 | 1428 | 165,9 | 56,2 | 3,7 | 6,777 | 5010 | 415 | 42 | 2170 | 75,2 | 74,9 |
| 20 | 25 | 1428 | 166,1 | 56,0 | 3,7 | 6,777 | 5010 | 416 | 41 | 2170 | 75,1 | 75,1 |
| 21 | 25 | 1421 | 165,9 | 56,0 | 3,7 | 6,744 | 4995 | 415 | 41 | 2150 | 75,3 | 74,7 |
| 22 | 50 | 1400 | 152,6 | 93,6 | 3,5 | 13,29 | 9812 | 356 | 118 | 1900 | 85,5 | 82,2 |
| 23 | 50 | 1400 | 152,7 | 94,3 | 3,5 | 13,29 | 9812 | 356 | 125 | 1900 | 85,6 | 81,7 |
| 24 | 50 | 1400 | 152,9 | 94,6 | 3,5 | 13,29 | 9812 | 358 | 126 | 1900 | 85,7 | 81,2 |
| 25 | 75 | 1442 | 150,0 | 136,5 | 3,5 | 20,43 | 15150 | 348 | 269 | 2010 | 88,7 | 84,9 |
| 26 | 75 | 1442 | 149,3 | 136,8 | 3,5 | 20,43 | 15150 | 345 | 270 | 2010 | 88,9 | 85,1 |
| 27 | 75 | 1456 | 149,6 | 136,0 | 3,5 | 20,72 | 15280 | 345 | 271 | 2100 | 88,1 | 86,7 |

Wie aus dieser Zusammenstellung hervorgeht, variierte der Gütegrad je nach der Belastung und der Geschwindigkeit des Getriebes zwischen den Grenzen 68 bis 87 %. Der höhere dieser beiden Werte entspricht rechnerisch einem Reibungskoefficienten von rund 0,02, wie leicht nachgewiesen werden kann. Denken wir uns beispielsweise die Schnecke zunächst als flachgängige Schraube und nehmen wir die nach der Schneckenachse gerichtete Komponente des normalen Zahndruckes = 750 *kg* an, so werden bei 18° 25′ Steigungswinkel der Zahndruck selbst = 790 *kg*, die Zahnreibung 15,8 *kg*, deren Komponenten 5, bezw. 15 *kg*. Im ganzen wirken am Zahne nach der Schneckenachse 745 *kg*, tangential 265 *kg*, und diese Kräfte erzeugen an der Radwelle als Hals- und Spurzapfenreibung ein Moment von 103 *kg cm*. Es kann somit ein Lastmoment von $745 \times 18{,}65 - 103 =$ rund 13 800 *kg cm* angehoben werden. In den Halslagern der Schneckenwelle entstehen Drücke von je etwa 150 *kg*, so dass (im Hinblick auf die der Figur zu entnehmenden Reibungsradien) auf die Schnecke ein Moment von $265 \times 4 + 0{,}02\,(2 \times 150 \times 2{,}625 + 745 \times 3{,}125) =$ rund 1123 *kg cm* einwirken muss. Da wir eine 14fache Uebersetzung haben, ergiebt sich ein Wirkungsgrad von $13\,800 : 14 \times 1123 = 87{,}8$ %. Beachtet man auch die Neigung der Zahnflankennormale, so ergiebt sich auf umständlicherem Wege ein Gütegrad von etwas über 87 %.

Die Werte des Gütegrades, die gleich grossen Zahndrücken entsprechen, sind in der Figur 3 durch Kurven verbunden und zeigen, dass bei 500—760 *kg* Umfangskraft der Wirkungsgrad in erheblichem Masse mit der Geschwindigkeit steigt. Bei 254 *kg* Umfangskraft zeigt sich anfänglich eine Abnahme, auch fällt es auf, dass bei kleineren Geschwindigkeiten der Gütegrad für die Vollbelastung kleiner ist als der für ⅔ Belastung. Diese Umstände hängen zweifellos mit dem Einfluss der Temperatur zusammen, welcher nicht eliminiert werden konnte. Man liess die Temperatur jedesmal bis etwa 60° C steigen, um sie dann durch Zusatz von frischem Oel auf etwa 30° zu reducieren, und diese Schwankungen mussten die Schmierfähigkeit des sehr dickflüssigen Oeles stark beeinflussen. Die entwickelte Wärmemenge ist bei grossen Leistungen beträchtlich; sie beträgt bei einer Uebertragung von 20 *PS* etwa 1600 Kalorien pro Stunde, und würde bei einer Dauerleistung von dieser Grösse wohl eine ansehnliche Temperaturdifferenz erheischen, um an stagnierende Luft abgegeben werden zu können. Bekanntlich spielt hier die Intensität des Luftwechsels (z. B. Tramway-Motoren) eine wichtige Rolle. Es muss der Erfahrung überlassen bleiben, die auf die Dauer zulässige Höhe der Erwärmung, bezw. die Leistung zu ermitteln, die einem Getriebe von gegebener Grösse zugemutet werden darf. Wegen Zeitmangel konnten die Versuche nicht auf diese Fragen ausgedehnt werden, hingegen geht aus ihnen unzweifelhaft hervor, **dass ein Schneckengetriebe, wenn tadellos ausgeführt,** auch bei der hier verwendeten relativ kleinen Steigung, **ausgezeichnete, bis an 90 % reichende Nutzeffekte liefert.** In Wirklichkeit muss der Wirkungsgrad sogar 90 % überschritten haben, da ein Teil des Gusskasten-Gewichtes von der Welle getragen wurde, mithin noch ein fernerer, nicht dem Triebe als solchem zur Last fallender Betrag an Reibungsarbeit zur Nutzleistung zu addieren wäre.

## Die Elasticität von Beton nach den Versuchen von Professor C. Bach.

Die immer ausgedehntere Verwendung von Beton zu Baukonstruktionszwecken insbesondere in Verbindung mit Eisen haben schon öfters das Bedürfnis nach der Kenntnis seiner Elasticität erweckt, d. h. des Verhältnisses zwischen Beanspruchung oder Spannung und Zusammendrückung bezw. Ausdehnung. Die Versuche von Herrn Prof. C. Bach über das bezügliche Verhalten von Beton bei Beanspruchung auf Druck, welche in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure vom 27. April ds. J. ausführlich beschrieben sind, haben daher einen grossen Wert.

Diese Versuche wurden mit Cylindern von etwa 25 *cm* Durchmesser, etwa 500 $cm^2$ Querschnitt und 75 *cm* Messlänge aus verschiedenen Sorten von Beton im Alter von 2½ bis 3 Monaten ausgeführt. Die Zusammendrückungen wurden jeweilen für folgende Pressungen gemessen:

4000 *kg* oder $\sigma =$ 8 *kg* per $cm^2$
8000 „ „ „ = 16 „ „ „
12000 „ „ „ = 24 „ „ „
16000 „ „ „ = 32 „ „ „
20000 „ „ „ = 40 „ „ „