Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 59/60 (1912)

Heft: 3

Inhaltsverzeichnis

Band 60. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 3.

Kuppelstangen-Antrieb nach Bauart Brown, Boveri & Cie. für elektrische Lokomotiven mit hochgelagerten Antriebsmotoren.

Von *J. Buchli*, Baden.

(Schluss.)

Die mechanischen Beziehungen.

Auf Grund der soeben durchgeführten geometrischen Analyse der Deformationsverhältnisse ist man nun in der Lage, auch die *Kraftverhältnisse* des Getriebes zu untersuchen.

Die Längenänderung Δl eines Stabes darf nämlich der Kraft und der Länge des Stabes direkt proportional gesetzt werden. Setzen wir voraus, dass *sämtliche* Stäbe *gleiche* Querschnitte aufweisen, so gelten die Bezeichnungen:

$$\Delta l_1 = P_1\, l_1\, k \qquad \Delta l_2 = P_2\, l_2\, k \qquad \Delta l_3 = P_3\, l_3\, k$$
$$\Delta L_1 = Q_1\, l_1\, k \qquad \Delta L_2 = Q_2\, l_2\, k \qquad \Delta L_3 = Q_3\, l_3\, k$$
$$l_1 = l_2 = l$$
$$l_3 = 2\, l \sin \varphi,$$

wo k eine Konstante bedeutet.

Da einem positiven Δl eine Zugkraft, einem negativen eine Druckkraft entspricht, so werden in den folgenden Gleichungen ohne weiteres die Zugkräfte als positive, die Druckkräfte als negative Zahlen auftreten.

Die zwei geometrischen Bedingungen im Gleichungssystem (3) gehen über in

$$\sin\alpha\,(P_1\, k\, l - P_2\, k\, l) + \cos\alpha\,(Q_1\, k\, l - Q_2\, k\, l) =$$
$$= -P_3 \cdot k \cdot 2\, l \sin\varphi\, \frac{\cos\varphi}{\cos\alpha}\,; \quad Q_3\, l_3\, k = -P_3\, l_3\, k \cdot tg\,\alpha \text{ oder}$$
$$\sin\alpha\,(P_1 - P_2) + \cos\alpha\,(Q_1 - Q_2) = -P_3\, \frac{\sin 2\varphi}{\cos\alpha}$$
$$Q_3 = -P_3\, tg\,\alpha.$$

Der Schlitz, den die beiden schiefen Stangen der Antriebsdreiecke bilden, kann sich längs des Kurbelzapfens vertikal frei bewegen. Die Stangen werden sich daher so deformieren, dass die Resultierende der beiden Stangenkräfte horizontal ist, der Kurbelzapfen also nur eine horizontale Kraft aufnehmen kann. Die Bedingung muss bestehen, dass die Resultierenden in vertikaler Richtung o sein müssen, also

$$P_1 \cos\varphi + P_2 \cos\varphi = 0$$
$$Q_1 \cos\varphi + Q_2 \cos\varphi = 0.$$

Daraus ergeben sich zwei weitere Bedingungsgleichungen

$$P_1 = -P_2$$
$$Q_1 = -Q_2.$$

Die Drehmomente der beiden Motoren müssen den Momenten der Stangenkräfte das Gleichgewicht halten

$$P_1 \cdot r \cdot \sin(\alpha - \varphi) + Q_1 \cdot r \cdot \cos(\alpha - \varphi) - P_3\, r \cos\alpha +$$
$$+ Q_3 \cdot r \cdot \sin\alpha = M_d$$
$$P_2 \cdot r \cdot \sin(\alpha + \varphi) + Q_2 \cdot r \cdot \cos(\alpha + \varphi) + P_3\, r\cos\alpha -$$
$$- Q_3 \cdot r \cdot \sin\alpha = M_d$$
$$M_d = K \cdot r.$$

Durch Addition der beiden Gleichungen erhält man die Momentengleichung für die Kräfte, welche an den Triebrädern angreifen. Wir haben somit sechs Gleichungen ersten Grades mit den sechs Unbekannten P_1, P_2, P_3, Q_1, Q_2, Q_3.

$$(4)\;\left\{\begin{array}{l}
\sin\alpha\,(P_1 - P_2) + \cos\alpha\,(Q_1 - Q_2) = -P_3\, \dfrac{\sin 2\varphi}{\cos\alpha} \\
Q_3 = -P_3\, tg\, a \\
P_1 = -P_2 \\
Q_1 = -Q_2 \\
P_1 \sin(\alpha-\varphi) + Q_1\cos(\alpha-\varphi) - P_3\cos\alpha + Q_3\sin\alpha = K \\
P_2 \sin(\alpha+\varphi) + Q_2\cos(\alpha+\varphi) + P_3\cos\alpha - Q_3\sin\alpha = K.
\end{array}\right.$$

Die Kräfte P_1, P_2 .... können *positive* oder *negative* Zahlen sein. Die Auflösung liefert also nicht nur die absoluten Werte, sondern auch die Vorzeichen der Kräfte.

Ersetzt man im Gleichungssystem (4) P_2, Q_2, Q_3 durch P_1, Q_1, P_3, so folgt

$$\text{I. } 2\sin\alpha\, P_1 + 2\cos\alpha\, Q_1 = -P_3\, \frac{\sin 2\varphi}{\cos\alpha}$$
$$\text{II. } P_1 \sin(\alpha-\varphi) + Q_1\cos(\alpha-\varphi) - P_3\cdot\cos\alpha - P_3\, tg\,\alpha\sin\alpha = K$$
$$\text{III. } -P_1\sin(\alpha+\varphi) - Q_1\cos(\alpha+\varphi) +$$
$$+ P_3\cos\alpha + P_3\, tg\,\alpha\sin\alpha = K$$

oder

$$\text{II. } P_1\sin(\alpha-\varphi) + Q_1\cos(\alpha-\varphi) - \frac{P_3}{\cos\alpha} = K$$
$$\text{III. } -P_1\sin(\alpha+\varphi) - Q_1\cos(\alpha+\varphi) + \frac{P_3}{\cos\alpha} = K.$$

Durch Subtraktion:

$$P_1\,[\sin(\alpha-\varphi) + \sin(\alpha+\varphi)] + Q_1\,[\cos(\alpha-\varphi) + \cos(\alpha+\varphi)] -$$
$$- \frac{2\,P_3}{\cos\alpha} = 0$$

oder

$$P_1 \cdot 2\sin\alpha\cos\varphi + Q_1 \cdot 2 \cdot \cos\alpha\cos\varphi = \frac{2\,P_3}{\cos\alpha}$$
$$P_1\sin\alpha + Q_1\cos\alpha = \frac{P_3}{\cos\alpha\cos\varphi}.$$

In Vergleichung mit (1):

$$-P_3 \cdot \frac{\sin 2\varphi}{2\cos\alpha} = \frac{P_3}{\cos\alpha\cos\varphi}$$
$$P_3\,(2 + \cos\varphi\cdot\sin 2\varphi) = 0.$$

Der Klammerausdruck kann nicht o sein, also ist $P_3 = 0$.

Es folgt aus I. $\quad P_1\sin\alpha + Q_1\cos\alpha = 0,$

aus II. und III. $\; -P_1\cos\alpha + Q_1\sin\alpha = \dfrac{K}{\sin\varphi}$

und hieraus

$$(5)\;\left\{\begin{array}{ll}
P_1 = -\dfrac{K\cos\alpha}{\sin\varphi}\,; & P_2 = \dfrac{K\cos\alpha}{\sin\varphi} \\
Q_1 = \dfrac{K\sin\alpha}{\sin\varphi}\,; & Q_2 = -\dfrac{K\sin\alpha}{\sin\varphi} \\
P_3 = 0\,; & Q_3 = 0.
\end{array}\right.$$

Sind die Drehmomente beider Motoren gleich gross, so ist die Spannung in den horizontalen Stäben der Dreieckstangen gleich Null.

Die in den schiefen Stäben wirkenden Kräfte sind im Maximum $\dfrac{K}{\sin\varphi}$, d. h. um so kleiner, je grösser φ ist.

Den Gleichungen (5) entspricht in (2)

$$\Delta l_B = 0;\quad \Delta L_3 = 0;\quad \Delta l_1 = -\Delta l_2;\quad \Delta L_1 = -\Delta L_2$$
$$\Delta l_1 = -\frac{K\cdot k\cdot l\cos\alpha}{\sin\varphi} \text{ usw.}$$

Aus dem Gleichungssystem (2) ergeben sich ohne weiteres die Verschiebungen Δx, Δy, ...

Unter anderm:

$$\cos\alpha\cdot(\Delta l_1 + \Delta l_2) = \Delta x_1\,[\sin(\varphi-\alpha) - \sin(\varphi+\alpha)] +$$
$$+ 2\,\Delta y\cos\varphi\cdot\cos\alpha$$
$$0 = -\Delta x_1\cdot 2\cos\varphi\cdot\sin\alpha + 2\,\Delta y\cdot\cos\varphi\cos\alpha$$
$$\Delta y = \Delta x_1\, tg\,\alpha = -\Delta y_1$$

ebenso $\Delta y' = -\Delta y_2$, d. h. der Schnittpunkt der Achsen der beiden schiefen Stäbe bewegt sich bei einer kleinen Drehung des Systems horizontal.

Ferner ist:

$$\Delta y\cdot\cos\varphi\cdot\cos\alpha\,[\sin(\varphi+\alpha) + \sin(\varphi-\alpha)] =$$
$$= \Delta l_1\cos\alpha\,[\sin(\varphi+\alpha) - \sin(\varphi-\alpha)]$$
$$2\,\Delta y\cdot\cos\varphi\cdot\sin\varphi\cdot\cos\alpha = 2\,\Delta l_1\cos\varphi\sin\alpha$$
$$\Delta y = -\frac{K\cdot k\cdot l\sin\alpha}{\sin^2\varphi}$$