1. Lage des Zapfens in der Schale.

Sie ergibt sich nach Gümbel aus der annähernd halbkreisförmigen Bahn ABM, Abb. 1085, auf der die Zapfenmitte mit wachsender Umdrehzahl immer höher steigt, den Mittelpunkt M aber, der der zentrischen Lage beider Teile entspricht, erst bei $n = \infty$ erreicht. Versuche von Vieweg haben dieses Verhalten des Zapfens dem Wesen nach bestätigt. Bezeichnet D den Durchmesser der Schale, d den des Zapfens, so ist das Lagerspiel s, das sich während der Ruhe im oberen Scheitel voll ausbildet und dort messen läßt, durch $D - d$, die Strecke $\overline{AM}$ aber durch $\frac{s}{2} = \frac{D-d}{2}$ gegeben. In der Stellung B der Zapfenmitte, gekennzeichnet durch den Verlagerungswinkel β und die Exzentrizität e entsteht an der engsten Stelle eine Schmierschichtstärke h. e und h lassen sich auch leicht an einem um M geschlagenen Viertelkreis AC finden. An Hand der in Abb. 1096 ver-

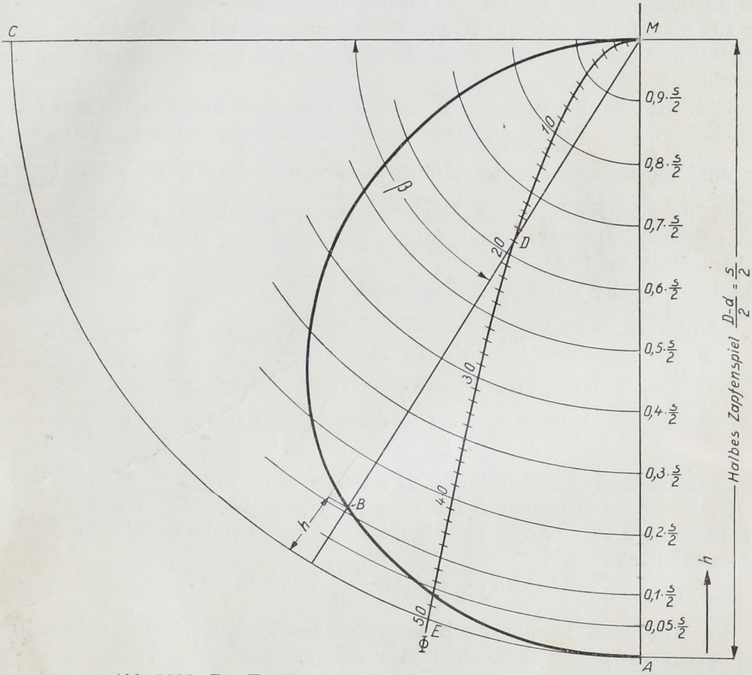

Abb. 1096. Zur Ermittlung der Lage zylindrischer Tragzapfen.

größert dargestellten Bahn ABM kann h mittels der um M geschlagenen Hilfskreise in Teilen des halben Lagerspiels $\frac{s}{2} = MA = \frac{D-d}{2}$ ausgedrückt werden. (Dabei ist vorläufig angenommen, daß die Oberflächen des Zapfens und der Schale völlig glatt seien; welche Wirkung die unvermeidliche Rauhigkeit derselben hat und wie sie berücksichtigt wird, ist später gezeigt.) Beispielweise entspricht B 11 % von $\frac{s}{2}$ oder $\frac{D-d}{2}$. Nach Gümbel bestimmt sich nun die Lage der Zapfenmitte in einer Schale, die den Zapfen halb umschließt, durch die Größe:

$$\Phi = \frac{191\,000 \cdot p \cdot s^2}{\eta \cdot n \cdot d^2} \cdot \frac{d+l}{l}, \tag{312}$$

wenn p den mittleren Flächendruck in kg/cm², η die absolute Zähigkeit des Schmiermittels in $\frac{\mathrm{kg \cdot sek}}{\mathrm{m^2}}$, n die Drehzahl in der Minute, l die Schalen- oder Zapfenlänge in cm, d den Zapfendurchmesser in cm und s das Zapfenspiel in cm bedeuten. Das erste Glied in Formel (312) gilt für ein unendlich langes Lager; durch das zweite soll die endliche, wirkliche Länge der Schale berücksichtigt werden, die sicher eine tiefere Lage des Zapfens in der Schale bedingen wird. Die einfache Annahme, daß dies durch das Verhältnis $\frac{d+l}{l}$ ausgedrückt werden kann, ist willkürlich, genügt aber den Grenzbedingungen, indem das Glied für $l = \infty$ gleich 1 und damit Φ gleich dem ersten Gliede ist, während für $l = 0$, also für ein schneidenförmiges Lager, in dem sich kein Öl halten kann, Φ unendlich groß wird. Annähernd gilt die Formel auch für ganz von der Schale umschlossene Zapfen, die nach genauerer Untersuchung nur um ein geringes günstiger gestellt sind.

In Abb. 1096 sind nun die zu den einzelnen Zapfenstellungen gehörigen Werte von Φ polar zu M auf den Schenkeln der Verlagerungswinkel β aufgetragen, führen zur Kurve MDE und gestatten auf anschauliche Weise, die Lage des Zapfens in der Schale zu ermitteln.

Beispiel 1. Ein Zapfen von $d = 100$ mm Durchmesser und $l = 140$ mm Länge laufe in einer Schale von $D = 100{,}2$ mm Durchmesser unter einer Belastung von $P = 2500$ kg bei $n = 500$ Umdrehungen in der Minute und werde mit Öl von $\eta = 0{,}0025\ \frac{\mathrm{kg \cdot sek}}{\mathrm{m^2}}$ mittlerer Zähigkeit (rund etwa 4 Englergraden entsprechend) geschmiert. Die Lage der Zapfenmitte sei unter Annahme völlig glatter Flächen, also unter Vernachlässigung der Unebenheiten, zu bestimmen.

Es ergibt sich: der mittlere Auflagedruck:

$$p = \frac{P}{l \cdot d} = \frac{2500}{10 \cdot 14} = 17{,}9\ \mathrm{kg/cm^2},$$

das Lagerspiel:

$$s = D - d = 10{,}02 - 10{,}00 = 0{,}02\ \mathrm{cm}.$$

und:

$$\Phi = \frac{191000 \cdot p \cdot s^2}{\eta \cdot n \cdot d^2} \cdot \frac{d+l}{l} = \frac{191000 \cdot 17{,}9 \cdot 0{,}02^2}{0{,}0025 \cdot 500 \cdot 10^2} \cdot \frac{10+14}{14} = 18{,}8\,.$$

Sucht man den entsprechenden Punkt D auf der Linie für Φ in Abb. 1096 und zieht DM, so liefert der Schnittpunkt B mit dem Weg der Zapfenmitte ABM die Schmierschichtstärke h an der engsten Stelle. An Hand der Hilfskreise um M folgt, wie schon oben ermittelt:

$$h = 0{,}11 \cdot \frac{s}{2} = 0{,}11 \cdot \frac{0{,}02}{2} = 0{,}0011\ \mathrm{cm}\,.$$

Anstelle der Abb. 1096 können auch die folgenden Zahlenreihen zur Ermittlung des Verlagerungswinkels β und der Schichtstärke h dienen.

Zusammenstellung 115. **Zusammenhang zwischen dem Verhältnis der Schmierschichtstärke h an der engsten Stelle zum halben Zapfenspiel $\frac{s}{2}$ und den Größen Φ, β und $\varkappa$.**

$\frac{h}{s/2}$ . .	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45
Φ . .	39,6	20,5	13,6	10,5	8,5	7,2	6,1	5,3	4,7
β . .	67,4	59,7	53,8	49,0	45,2	41,8	38,3	35,5	32⁰
$\varkappa$ . .	2,67	2,61	2,41	2,31	2,23	2,17	2,13	2,09	2,06

$\frac{h}{s/2}$ . .	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8
Φ . .	4,1	3,6	3,2	2,8	2,4	2,0	1,7
β . .	29,2	26,5	23,4	20,7	17,7	14,7	12,4⁰
$\varkappa$ . .	2,05	2,06	2,08	2,12	2,19	2,28	2,47.