

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 15/16 (1890)  
**Heft:** 22

**Artikel:** Ueber die Spurzapfen der Turbinen  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-16413>

### **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:** 21.02.2026

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

INHALT: Ueber die Spurzapfen der Turbinen. — Die Klärbecken-Anlage zu Frankfurt a. M. — Miscellanea: Grosse Eisenbahn-Güterwagen. Verband deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine. Versuche über den Bewegungswiderstand der Dampfstrassenwalzen. Ueber

die Widerstandsfähigkeit der Monierdecken im Feuer. Dem eidgenössischen Polytechnikum. — Concurreren: Segel- oder Lastschiff. — Necrologie: † August Schmid. — Berichtigung. — Vereinsnachrichten: Stellenvermittlung.

## Ueber die Spurzapfen der Turbinen. \*)

Der Spurzapfen (Stupfen) ist das Herz der Turbine. Functionirt dieser nicht gut, so wird auch eine sonst richtig berechnete Turbine werthlos. Je kälter dieses Herz bleibt, um so besser. Je weniger Reibungsarbeit in seinem Innern verrichtet wird, um so kleiner ist die Gefahr, dass das empfindliche Ding, der Spurzapfen, sich erwärme.

Erfahrungsgemäss ist nun diese Reibungsarbeit nicht gleich bei neuen und bei eingelaufenen, schon einige Zeit sich im Betriebe befindenden Spurzapfen.

Bei neuen Zapfen vertheilt sich der Gesamtdruck gleichmässig über die ganze Stupffläche, so dass der spezifische Druck  $p$  constant wird, nämlich:

$$p = \frac{P}{F}$$

wenn wir mit  $P$  die totale Belastung und mit  $F$  den Flächeninhalt der Stupfplatte bezeichnen.

Unter dieser Voraussetzung ergibt sich durch Integration des Differenzials der Arbeit für die gesammte Zapfenreibungsarbeit in Meterkilogramm:

$$A = \frac{f \cdot P \cdot \pi \cdot n \cdot (R^3 - r^3)}{45 (R^2 - r^2)}$$

für die ringförmige Spurplatte und

$$A = \frac{f \cdot P \cdot \pi \cdot n \cdot R}{45} \quad (1)$$

für die vollen Zapfen.

Dabei bezeichnen:

$f$  = Reibungscoefficient,

$P$  = Gesamtdruck in  $kg$ ,

$n$  = Anzahl Umdrehungen per Minute,

$R$  = äusserer und  $r$  = innerer Radius der Spurplatte in Metern.

Sobald nun die Abnützung beginnt, gestaltet sich die Sache anders. Zuerst wird sich die Abnützung am äusseren Umfang zeigen, wo die grösste Umfangsgeschwindigkeit vorkommt. Dadurch findet eine momentane Entlastung der äusseren Peripherie und eine Zunahme des spezifischen Druckes gegen das Centrum hin statt. Dies dauert nur so lange, bis die innern Partien so tief abgenützt sind als die äusseren, worauf das Spiel von neuem beginnt.

Dass dem so ist, zeigt die gleichmässige Abnützung von Spurplatten, welche Jahre lang in Thätigkeit waren.

Dieses gleichmässige Abnutzen erfordert aber bei ein und demselben Material die gleiche Arbeit per Flächenelement. Es wird also in diesem Falle die spezifische Reibungsarbeit constant, d. h.

$$p \cdot V = \text{constant} = C.$$

Es ist somit der Druck per Flächeneinheit an einer beliebigen Stelle der Stupfplatte der zugehörigen Umfangsgeschwindigkeit umgekehrt proportional.

In diesem Falle wird die Reibungsarbeit für den ringförmigen Spurzapfen:

$$A = \frac{f \cdot P \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot \frac{(R^2 - r^2)}{(R - r)}$$

und für den vollen Spurzapfen:

$$A = \frac{f \cdot P \cdot \pi \cdot n \cdot R}{60} \quad (2)$$

\*) Wir entnehmen nachfolgende werthvolle Abhandlung einer grösseren Arbeit, welche unser verehrter Mitarbeiter, Maschineningenieur J. J. Reifer in Winterthur, demnächst im Verlag von Meyer & Zeller in Zürich erscheinen lassen wird und auf die wir uns vorbehalten später zurückzukommen. Der Verfasser hat uns in verdankenswerther Weise zur Wiedergabe dieses Capitels ermächtigt.

Nach diesen Formeln verhält sich die Reibungsarbeit bei neuen Zapfen zu derjenigen der eingelaufenen wie 4 : 3.

Das stimmt mit der praktischen Erfahrung und erklärt die Thatsache, dass oft Stupfen in den ersten Tagen mehr oder weniger warm laufen, bis sie etwas eingelaufen sind, und dann Jahre lang nicht die geringste Erwärmung mehr zeigen.

Der Reibungscoefficient  $f$  liegt zwischen 0,06 und 0,1 und wird im Mittel zu 0,08 angenommen.

Wie sehr dieser Coefficient von der Qualität des Schmieröles abhängt, zeigen folgende Versuchsergebnisse von S. Lamansky:

| Bezeichnung<br>des Schmieröles: | Reibungsarbeit<br>per 1 Kilo-Belastung: |
|---------------------------------|---|
| Walratöl                        | 0,075 Meterkilogramm.                   |
| Olivenöl                        | 0,125 „                                 |
| Oleonid                         | 0,150 „                                 |
| Oleonaphta I.                   | 0,202 „                                 |
| Naphtarückstände                | 0,196 „                                 |
| Maschinenöl                     | 0,250 „                                 |

Die Belastung  $P$  setzt sich zusammen:

1) aus dem Gewicht der auf dem Spurzapfen ruhenden Maschinentheile, als: Laufrad, Turbinenwelle und allfällig auf derselben sitzendes Triebbad;

2) bei vorhandenem conischem Getriebe: Aus der von der Kraft am Umfang herrührenden Verticalcomponente, welche bei gut construirten Rädern klein ausfällt und bei bekannter Zahnform leicht graphisch ermittelt werden kann;

3) aus dem verticalen Wasserdruck. Derselbe soll mit etwa 75 % der über dem Leitrad stehenden Wassersäule in Rechnung gebracht werden.

Es wäre somit für diesen verticalen Wasserdruck zu setzen:

$$P_w = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot H \cdot 1000 \cdot 0,75$$

oder wenn wir für practische Zwecke genügend genau mit dem mittleren Leitradradius  $D_m$  und mit der radialen Leitradbreite  $b$ , rechnen:

$$P_w = \pi D_m b \cdot H \cdot 1000 \cdot 0,75, \quad (3)$$

wobei  $H$  das totale Gefälle in  $m$  bedeutet.

Nur wenn zwingende Gründe vorhanden sind, den Stupfdiameter auf ein Minimum zu reduciren, darf man von 75 % des erwähnten Wassergewichtes bis auf 50 % hinuntergehen.

Wer sich für genaue Bestimmung des von durchfliessendem Wasser verursachten Zapfendruckes interessirt, dem empfehle ich, die Abhandlung von Professor Albert Fliegner in Band XIV 1881 der „Eisenbahn“ nachzulesen.

Sowohl aus Formel (1) als aus (2) ergibt sich, dass wenn Druck und Tourenzahl gegeben sind, die Reibungsarbeit mit dem Radius  $R$  der Stupfplatte wächst. Um diesen Arbeitsverlust möglichst klein zu halten, sind daher die Constructeurs bestrebt, den Durchmesser des Spurzapfens herunterzudrücken, wobei einige so weit gehen, dass ihnen unter 10 solcher Minimalzapfen (Stahl auf Stahl) früher oder später 8 zusammenschweissen (anfressen).

Zur Berechnung der Stupfdurchmesser nehmen die Einen die Belastung allein als massgebend an, während Andere auch die Tourenzahl mit berücksichtigen.

Ich halte folgendes Vorgehen für richtig:

Der auf die effective Fläche vertheilte Druck soll nicht über 100  $kg$  per  $cm^2$  steigen. Da nun die effective Fläche, der Oelrinnen wegen, nur etwa 80 % der Bruttofläche

$F = \frac{d^2 \pi}{4}$  ausmacht, so setzen wir:

$$p = \frac{P}{F} = 80,$$

woraus wird:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot 80}} = 0,127 \sqrt{P} \text{ oder rund } 0,13 \sqrt{P}. \quad (4)$$

Diese Formel gibt gute Resultate bis zu einer Umdrehungszahl von etwa 140 per Minute. Für grössere Umdrehungszahlen darf der Durchmesser der Spurplatte nicht mehr von der Belastung allein abhängig gemacht werden, es muss auch die Umdrehungszahl  $n$  in die Rechnung eingeführt werden, damit das Product  $p \cdot v$ , d. h. der spezifische Druck multiplicirt mit der grössten Umfangsgeschwindigkeit, nicht zu gross ausfalle.

Dies ist der Fall, wenn gesetzt wird:

$$d^{cm} = 0,025 \sqrt{P \cdot \sqrt{n}}. \quad (5)$$

In einigen Handbüchern wird der Spurzapfendurchmesser einfach proportional der Umdrehungszahl gesetzt. Das gibt die unsinnigsten Resultate, sobald man in die höhern Umdrehungszahlen hineinkommt.

Mit Benützung der Formeln (4) und (5) ist folgende Tabelle für die Spurzapfendurchmesser berechnet:

Spurzapfendurchmesser in mm bei

| Belastung in kg | Umdrehungen pro Minute |     |     |     |     |     |
|-----------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                 | 0 bis 140              | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| 1000            | 40                     | 42  | 46  | 53  | 59  | 63  |
| 2000            | 58                     | 60  | 65  | 75  | 83  | 88  |
| 4000            | 83                     | 85  | 92  | 103 | 118 | 125 |
| 6000            | 100                    | 102 | 112 | 130 | 143 | 152 |
| 8000            | 114                    | 118 | 130 | 150 | 165 | 176 |
| 10 000          | 130                    | 133 | 146 | 167 | 184 |     |
| 12 500          | 145                    | 150 | 165 | 190 |     |     |
| 15 000          | 158                    | 160 | 178 |     |     |     |
| 17 500          | 172                    | 175 |     |     |     |     |
| 20 000          | 185                    |     |     |     |     |     |

Diese Durchmesser gelten für sogenannte Vollzapfen, d. h. für Stupfen, bei denen sowohl im Spurzapfen als in der Spurplatte im Centrum nur ein kleines Loch gebohrt ist.

Dieses Loch in der Mitte ist unerlässlich, weil bei eingelaufenen Stupfen nach der Gleichung

$$p \cdot v = \text{constant}$$

einer unendlich kleinen Umfangsgeschwindigkeit, wie sie in der Nähe des Centrums vorkommt, ein unendlich grosser spezifischer Druck  $p$  entspricht. Ein Loch von 5 bis 10 mm genügt, um einen zu gross werdenden spezifischen Druck zu verhüten.

In jedem einzelnen Fall lässt sich leicht analytisch oder graphisch bestimmen, wie gross der Radius des Mitteloches zu nehmen ist, damit bei der gegebenen Umdrehungszahl der spezifische Druck  $p$  eine bestimmte Grenze, sagen wir 1000 kg per  $\text{cm}^2$  nicht überschreite.

Ergibt die Rechnung für den Spurzapfen mehr als 180 mm Durchmesser, so greift man zum Ring- oder Kammlager.

Bei demselben darf erfahrungsgemäss der spezifische Druck nicht über 50 kg per  $\text{cm}^2$  angenommen werden.

Ferner ist darauf zu halten, dass:

$A = p \cdot v_1 \cdot f < 2$  Kilogramm-Meter bleibt, wobei

$A$  = Reibungsarbeit in Kilogramm-Meter.

$p$  = Druck per  $\text{cm}^2 = \frac{P}{F}$ .

$v_1$  = Umdrehungsgeschwindigkeit im Mittel des Ringes in m per Secunde.

$f$  = Reibungscoefficient (hier = 0,2 zu setzen).

Der innere Ringdurchmesser ergibt sich aus der erforderlichen Minimaldimension der betreffenden Welle, welche entweder auf Zug allein oder auf Zug und Torsion zu berechnen ist.

Der äussere Ringdurchmesser ist das anderthalbfache des Innern zu nehmen.

Am gebräuchlichsten ist jetzt der in einer hohlen gusseisernen Welle placirte Oberwasserstufen, wie ihn untenstehende Figuren zeigen.

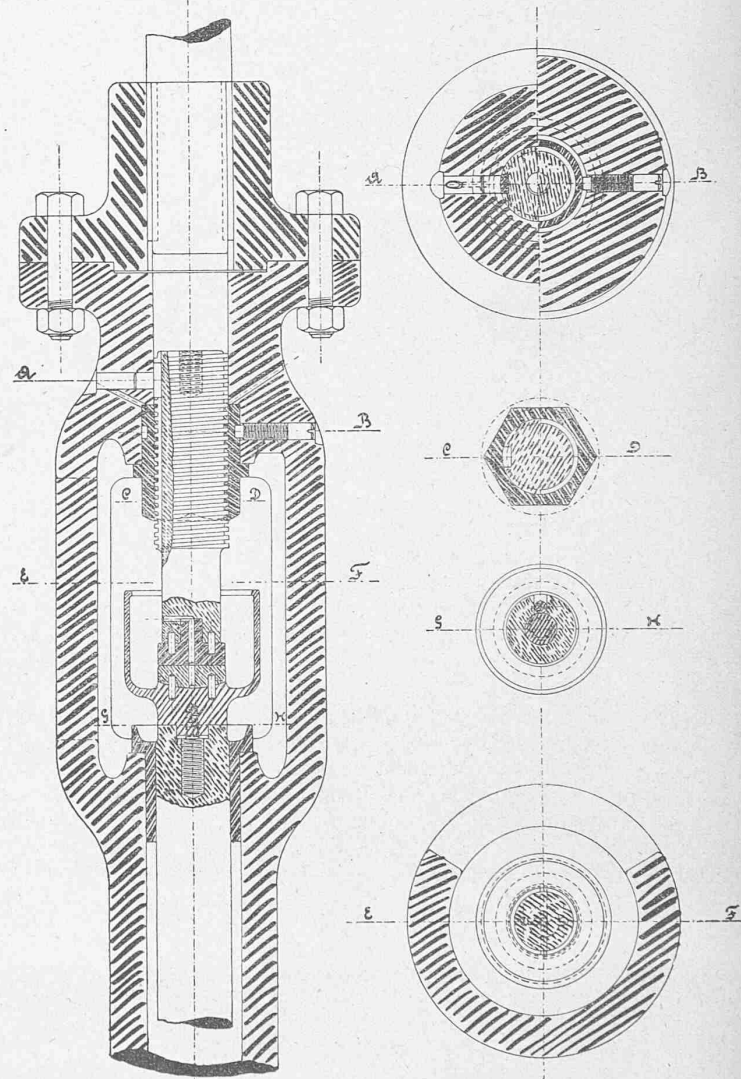
Als Material für die beiden reibenden Theile ist zu empfehlen:

Obertheil (Stupf): Bronze, Bronze, Gusseisen.

Untertheil (Platte): Stahl, Gusseisen, „

Zu vermeiden ist: Stahl auf Stahl. Bei Verwendung von Gusseisen ist auf einen reinen, compacten Guss zu halten, wie er für Dampfcylinder gebraucht wird. Für die hohle gusseiserne Welle ist ein besonders zäher Guss an-

Spurzapfen und Welle.



zuwenden, und es ist zu empfehlen, deren Durchmesser an der schwächsten Stelle:

$$D = 20 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \text{ zu machen.} \quad (6)$$

wobei:

$D$  = Wellendurchmesser in cm.

$N$  = Anzahl Pferdekkräfte.

$n$  = Anzahl Umdrehungen per Minute.

Dabei ist der innere Durchmesser der hohlen Welle  $d = 0.6 D$  angenommen.

Wir erhalten somit für:

$$\frac{N}{n} = 0,2 \cdot 0,3 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot 5.$$

$$\text{Wellendurchm. } D = 12,5 \cdot 14,5 \cdot 17 \cdot 20 \cdot 24 \cdot 28 \cdot 33 \text{ cm.}$$