

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN UNWUCHT, DREHZAHL, FLIEHKRAFT UND ROTORGEWICHT

In der Praxis stellt sich oftmals die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Unwucht und drehzahlabhängiger Fliehkraft. Sie stellt sich z.B., wenn man die Fliehkräfte überschlägig bestimmen will, die mit den zulässigen Unwuchten bei Betriebsdrehzahl entstehen.

Wie groß darf die Unwucht sein?

Sie stellt sich auch, wenn man grob überschlagen will, welche Unwucht bei Auswuchtdrehzahl noch zulässig ist, damit der Rotor nicht auf den Tragrollen hin- und herhüpft. Wird nämlich eine bestimmte Fliehkraft überschritten, springt der Rotor von einer Tragrolle auf die andere. Dies macht sich akustisch durch ein Rattergeräusch bemerkbar. Wobei dieser „Springzustand“ auf die Dauer auch nicht gerade gut für die Tragrollen- bzw. Rotorzapfenoberfläche ist.

Die Faustformel gibt Antwort

Die Tabelle 1 zeigt in der Praxis bewährtes „Faustformel-Wissen“: z.B. eine Unwucht von 1 gmm erzeugt bei einer Drehzahl von 1.000 min⁻¹ eine Fliehkraft von 1g.

u	F1000
1 gmm	1 g
1 gcm	10 g
1 kgmm	1 kg
1 kgm	1.000 kg

Tab. 1: Zusammenhang zwischen Unwucht und Fliehkraft bei 1000 min⁻¹ (..auf 10 % genau)

Grenzen der Faustformel

Unwuchtbedingte Fliehkräfte wachsen quadratisch mit der Drehzahl an. Betrachtet man die Fliehkräfte bei einer beliebigen Drehzahl und bei 1.000 min⁻¹

$$F_n = U \cdot n^2$$

$$F_{1000} = U \cdot 1000^2$$

.. und setzt diese ins Verhältnis zueinander...h

$$\frac{F_n}{F_{1000}} = \left(\frac{n}{1000}\right)^2 \text{ bzw. } F_n = F_{1000} \cdot \left(\frac{n}{1000}\right)^2$$

... so erkennt man, dass die Fliehkräfte bei beliebigen Drehzahlen leicht berechnet werden können, indem die per Faustformel bei 1.000 min⁻¹ bekannte Fliehkraft lediglich mit dem Quadrat des Drehzahlverhältnisses multipliziert wird.

Diesen Sachverhalt verdeutlicht Tabelle 2 nochmals: man erkennt z.B. dass sich die Fliehkraft bei Erhöhung der Drehzahl auf 10.000 min⁻¹ gegenüber der „Bezugsfliehkraft“ 1.000 min⁻¹ verhundertfacht bzw. bei Erniedrigung der Drehzahl auf 700 min⁻¹ ca. halbiert hat.

$\frac{n}{[U/\text{min}]}$	$\frac{n}{1000}$	$\frac{F_n}{F_{1000}} = \left(\frac{n}{1000}\right)^2$
100	0,1	0,01
500	0,5	0,25
700	0,7	0,49
1.000	1	1
2.000	2	4
5.000	5	25
10.000	10	100

Tab. 2: Zusammenhang zwischen der Fliehkraft bei beliebiger Drehzahl und der "Bezugsfliehkraft" bei 1.000 min⁻¹

Beispiel Elektroanker

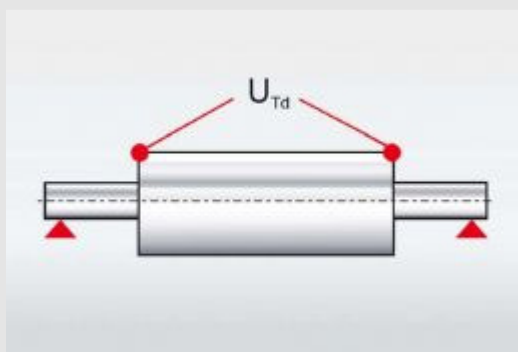
Wie groß sind hier die Fliehkkräfte bei Betriebsdrehzahl?

Betragen die Restunwuchten 1 gmm/Ebene und sitzen diese gleichphasig, so ergeben sich Fliehkkräfte in Summe von 200 g. Dies entspricht einem Zehntel des Rotorgewichts.

Wären die Fliehkkräfte größer als das Rotorgewicht und hätten die aufgezogenen Betriebslager Spiel, so würde der Rotor exzentrisch im Spiel umlaufen. Dies würde natürlich zusätzliche Fliehkkräfte erzeugen

$$\begin{aligned}
 m &= 2\text{kg} \\
 U_{\text{Tot}} &= 1\text{gmm/Ebene} \\
 n_R &= 10000\text{U/min} \\
 \rightarrow F'_{\text{ges}10000} &= 2 \cdot F'_{1000} \cdot \left(\frac{10000}{1000}\right)^2 = 2 \cdot 1\text{g} \cdot 100 = 200\text{g}
 \end{aligned}$$

Bild 1



Skizze eines Elektroankers, Unwuchttoleranz und Fliehkraft bei Betriebsdrehzahl

Beispiel Walze

Wie hoch dürfen hier die Unwuchten pro Lagerständer sein, damit die Walze bei 700 min⁻¹ noch nicht auf den Tragrollen hin- und herhüpft?

Der Einfachheit halber unterstellen wir Symmetrie des Rotors und der Einlagerungssituation. Die Faustformel ist: Pro Lagerständer dürfen Fliehkräfte in der Größe von 20 % des Rotorgewichts wirken, damit es noch nicht rappelt. Diese Regel gilt, solange der Rotorzapfen im Durchmesser kleiner ist als die Tragrollen, andernfalls reduziert sich der Wert entsprechend.

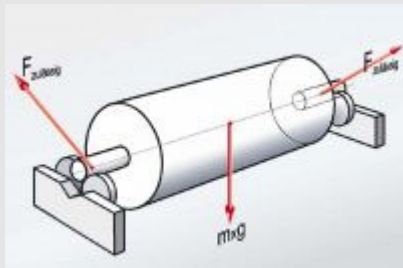
Zwanzig Prozent des Rotorgewichtes sind hier 2.000 kg. Das würde bei 1.000 min⁻¹ einer zulässigen Unwucht von 2 kgm entsprechen (Vgl. Tabelle 1). Die zulässige Unwucht ist bei 700 min⁻¹ selbstverständlich größer. Man erhält sie, indem man die bei 1000 min⁻¹ zulässige Unwucht durch das Quadrat des Drehzahlverhältnisses dividiert. Konkret ergibt sich hier eine zulässige Unwucht pro Lagerständer von ca. 4 kgm.

Faustformel:

Fzulässig/LS = 2,0 % · m = 2000 kg
Solange Ø Rotorzapfen < Ø Tragrolle)

$$\rightarrow U_{zul1000} = 2 \text{ kg} \cdot \text{m}$$
$$\rightarrow U_{zul700} = \frac{U_{zul1000}}{\left(\frac{700}{1000}\right)^2} = \frac{2 \text{ kg} \cdot \text{m}}{0} = 0,49 = 4 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Bild 2



Skizze einer Walze in einer Auswuchtmaschine, zulässige Kraft bzw. Unwucht pro Lagerständer

Learning by doing

Machen Sie ganz einfach Ihre eigenen Überschlagsrechnungen. Berechnen Sie doch einmal beim nächsten Rotor selbst die bei vorgegebener Restunwucht entstehenden Fliehkräfte. Setzen Sie diese Fliehkräfte in Relation zum Eigengewicht des Rotors und unterscheiden Sie so sinnige und unsinnige Unwuchttoleranzen. Überschlagen Sie bei der nächsten Walze die zulässigen Unwuchten pro Lagerständer, damit die Walze nicht auf den Tragrollen hin- und herhüpft.

Viel Erfolg.



Our service for [y]our success

Auswuchten

- > Vorort – Auswuchten in einer oder zwei Ebenen (Betriebsauswuchten)

Ausrichten mit dem Laser

- > Ausrichten von Antriebswellen bei Maschinen/Anlagen jeder Art und Größe mit präzisiertem Lasergerät
- > Geradheits-, Ebenheits- und Rechtwinkligkeitsvermessungen, z. B. Fundamente, Papier- und Werkzeugmaschinen, Stahlwerke, etc.
- > Parallelitätsvermessungen an Walzen und Rollen, z.B. Papier-, Druckmaschine oder Stahlwerke, etc.

Schwingungsmessung / Maschinendiagnose

- > Analyse gemessener Maschinenschwingungen (Frequenzanalyse) und Erkennen der „Verursacher“, Empfehlung von Maßnahmen
- > Bewertung der Laufruhe entsprechend den Vorschriften VDI 2056 bzw. ISO 2372
- > Beurteilung von Wälzlagerzuständen mit der Hüllkurven-Messmethode

Passplatten
Onlineshop:
www.passplatten.com



GANSCH
TECH

Am Pfarrkogel 23
A-3233 Kilb/NÖ

Telefon: +43 (0)2748 6838 0
Fax: +43 (0)2748 6838 4

eMail: info@ganschtech.at
Internet: www.ganschtech.at