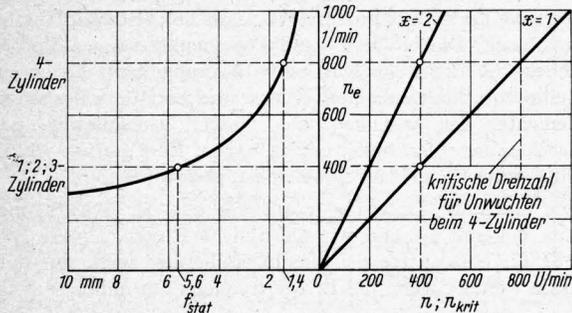


drei Formen, nämlich die Hoch-, die Nick- und die Kipp-schwingung auf, wobei Hoch- und Nickschwingung meist miteinander gekoppelt sind. Auf das Niederschreiben der maßgeblichen Formeln sei hier verzichtet (vgl. hierzu [5] und [6]).

Für die folgende Betrachtung sei vorausgesetzt, daß, wie vielfach der Fall, nur eine schwache Koppelung zwischen Hoch- und Kipp-schwingung vorliege und daß die Hochschwingung die größte kritische Drehzahl ergibt. Diese soll, wie bereits gesagt, noch unter der Leerlaufdrehzahl liegen. Ist die Leerlaufdrehzahl des Motors 600 U/min, so wird man die kritische Drehzahl der Hochschwingung z. B. auf 400 U/min festlegen.



**Bild 32.** Zusammenhang zwischen Eigenschwingungszahl  $n_e$ , kritischer Drehzahl  $n_{krit}$ , statischer Einfederung  $f_{stat}$  und der Ordnungszahl  $x$  für einen einfachen Schwinger.

Es gelten nunmehr verschiedene Betrachtungen, je nachdem, ob man es mit einem Motor zu tun hat, der nur Erregungen zweiter Ordnung auslöst wie der konventionelle Vierzylindermotor, oder ob der betrachtete Motor auch Erregungen erster Ordnung verursacht wie die konventionellen Ein-, Zwei- und Dreizylindermotoren. Die Verhältnisse seien an Hand von **Bild 32** dargestellt, dem die folgende Gleichung zugrunde liegt:

$$n_e = n_{krit} x = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{c_v}{m}} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{f_{stat}}} \quad (41).$$

Darin ist  $n_e$  die minutliche Eigenschwingungszahl,  $n_{krit}$  die kritische Drehzahl,  $x$  die Ordnungszahl mit  $x = 1$  oder  $x = 2$ ,

$c_v$  die Gesamtfedersteifigkeit der Lagerelemente in vertikaler Richtung,  $m$  die gesamte abgestützte Masse und  $f_{stat}$  die statische Einfederung unter dem Eigengewicht. Bild 32 zeigt, daß beim Motor mit Erregungen erster und zweiter Ordnung eine statische Einfederung von 5,6 mm erforderlich ist, während Motoren mit Erregungen von nur zweiter und höherer Ordnung eine statische Einfederung von 1,4 mm erfordern. Diese kleine Einfederung mildert die Schwierigkeiten der elastischen Lagerung beträchtlich und erklärt, warum der Vierzylinder-Viertaktmotor mit den beseitigten Erregungen erster Ordnung als relativ schwingungs-sicher gilt und im Personen- und Lastkraftwageneinbau eine solche Verbreitung gefunden hat. Man hat allerdings zu beachten, daß Auswuchtfehler Erregungen erster Ordnung im hohen Leerlauf (im Beispiel Bild 32 bei 800 U/min) auslösen können und wird deshalb in diesem Fall etwas größere Anforderungen an die Auswuchtung stellen.

### Schlußbetrachtung

Es wurde gezeigt, daß die Hubkolbenentriebe der Verbrennungskraftmaschinen erhebliche freie Kräfte auslösen, die mit zunehmender Schnellläufigkeit ansteigen. Man hat jedoch ausreichende, wenn auch leider oft recht aufwendige Mittel in der Hand, um ihnen zu begegnen.

### Schrifttum

- [1] *Schrön, H.*: Die Dynamik der Verbrennungskraftmaschine. 2. Aufl. Wien: Springer 1947 (In Reihe: *H. List*: Die Verbrennungskraftmaschine).
- [2] *Neugebauer, G. H.*: Kräfte in den Triebwerken schnelllaufender Verbrennungskraftmaschinen. 2. Aufl. Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer 1952.
- [3] *Kremser, H.*: Die neuen Zweitakt-Dieselmotoren der Hanomag. *Motortechn. Z. (MTZ)* **17** (1956) S. 225/31.
- [4] *Hasselgruber, H.*: Auswuchtgenauigkeit und Massenausgleich bei Verbrennungskraftmaschinen. *Konstruktion* **11** (1959) S. 172/82.
- [5] *Waas, H.*: Federnde Lagerung von Kolbenmaschinen. *VDI-Z.* **81** (1937) S. 763/69.
- [6] *Lürenbaum, K.*: Beitrag zur Dynamik der gefederten Maschinengründung. *VDI-Z.* **98** (1956) S. 976/80.

DK 631.333.5:632.982

### Das Ausbringen von Perlkalkstickstoff mit Schleuderstreuern

Für Schleuderstreuer eignen sich vornehmlich Düngemittel in gekörnter Form. Daher werden bereits mehrere Sorten in größerer oder kleinerer Körnung geliefert. Das gilt besonders für die Volldünger, aber von der Kaliindustrie wird nunmehr auch ein grobkörniges 40er Kalisalz, das sogenannte „Kaligrob“, geliefert, das sich für Schleuderstreuer gut eignet. Die Hauptkörnung, d. i. die durchschnittliche Körnung, bestimmt erfahrungsgemäß die Wurfweite und damit die praktisch erzielbare Arbeitsbreite eines Schleuderstreuers.

Das Institut für Landtechnik der Technischen Universität Berlin hat über diese Zusammenhänge berichtet [1 bis 4]. Neuerdings ist das Institut damit beschäftigt, die Eignung von Perlkalkstickstoff in Schleuderstreuern zu untersuchen. Perlkalkstickstoff läßt sich mit brauchbaren Schleuderstreuern sowohl mit einer als auch mit zwei Streuscheiben mit guter Gleichmäßigkeit bei einer effektiven Arbeitsbreite von etwa 6 m ausbringen. Die mittlere Körnung des Standardproduktes liegt bei 0,7 mm, das Korngrößenspektrum reicht von 0,2 bis 2 mm, ober- und unterhalb dieser Körnungen sind nur Spuren vorhanden. Hinsichtlich der Verteilungsgenauigkeit stellt der Perlkalkstickstoff nun aber ein ganz neues Problem. Die Gleichmäßigkeit der Verteilung wurde bisher nach dem üblichen Verfahren beurteilt, das die Summe der Abweichungen vom gewünschten Mittelwert als  $e$ -Wert in % erfaßt. Da aber Perlkalkstickstoff nicht nur seiner Düngewirkung wegen gestreut wird, sondern vielfach auch wegen seiner herbiziden, d. h. unkrautvernichtenden Wirkung, kann der gewählte Gleichmäßigkeitsmaßstab falsch sein. Die Herbizidwirkung des Perlkalkstickstoffs variiert nämlich stark mit der Körnung. Sie nimmt, wie erste Untersuchungen der Kalkstickstoffindustrie erwiesen haben, mit steigender Teilchengröße erheblich ab. Setzt man für staubförmigen Kalkstickstoff den Herbizid-

wirkungsfaktor mit 1,0 an, so fällt er mit steigender Korngröße auf 0,35 für Teilchen  $> 1,0$  mm. Bei Anwendung von Perlkalkstickstoff muß also ein Kompromiß zwischen der Forderung nach Gleichmäßigkeit in der Flächenverteilung ohne Rücksicht auf die Körnung und nach Gleichmäßigkeit in der Herbizidwirkung angestrebt werden. Da die größeren Körner auf Grund ihrer Wurfenergie weiter fliegen, ist an den Rändern des bestreuten Streifens eine geringere Herbizidwirkung zu erwarten. Wenn nach der herkömmlichen Art überlappt gestreut wird, kann man damit nur eine optimale Verteilung hinsichtlich der Düngermenge erzielen.

Dieses Problem soll durch Siebanalysen der aufgefangenen Streuproben und Verrechnung nach einer noch zu entwickelnden Methode einer Lösung zugeführt werden. Die Kalkstickstoffindustrie wirkt dabei insofern mit, als sie die aufgefangenen Streuproben auf ihre Herbizidwirkung untersucht, um festzustellen, ob es nötig sein wird, daß bei Anwendung von Perlkalkstickstoff zwei verschiedene Arbeitsbreiten des Schleuderstreuers zugrunde zu legen sind, je nachdem, ob man nur düngen oder düngen und zugleich Unkraut bekämpfen will.

### Schrifttum

- [1] *Hollmann, W.*: Untersuchungen über die Düngerverteilung von Schleuderstreuern. Diss. T. U. Berlin 1962.
- [2] *Hollmann, W. u. A. Mathes*: Untersuchungen an Schleuderstreuern. *Landtechn. Forsch.* **12** (1962), Nr. 6, S. 179/86 und **13** (1963), Nr. 1, S. 17/23.
- [3] *Mathes, A.*: Entwicklungstendenzen bei den Düngerstreuern. *Landtechn.* **19** (1964), Nr. 18, S. 658/61.
- [4] *Marks, K.*: Mineraldüngerstreuer. Bauarten, Arbeitsweise. *KTL-Arbeitsblatt für Landtechn. F-DU 101*, 1963. (Lfd. Nr. 16).

Dr. Albert Mathes, T. U. Berlin