

DIE RICHTIGE DIMENSIONIERUNG VON DRUCKERPAPIER-ROLLEN FÜR OEM-SYSTEME HILFT DEN SERVICE-AUFWAND SENKEN

Hier spielt die Rolle eine Rolle

Der Papierrollenwechsel bei einem Ticketdrucker ist einfach und daher nicht besonders teuer, sollte man meinen. Aber Automaten, in denen solche Drucker verbaut werden, stehen oft irgendwo. Wenn also nicht ohnehin ein Service ansteht, muss das Gerät eigens für die Papierversorgung angefahren werden. Daher kann es sehr kostspielig sein, wenn man bei der Planung der Druckerkomponente den Papierwechsel vernachlässigt.

KLAUS BALDIG

Kommt eine übliche Papierrolle von 150 mm Durchmesser und 100 µm Papierdicke zum Einsatz, steht bei einem Durchschnittsbau von 10 cm Länge und einem Durchsatz von angenommen 100 Tickets pro Tag bereits nach nur zwölf Tagen der nächste Service an. Kein Wunder also, dass sich immer mehr OEM-Kunden einen möglichst großen Papiervorrat wünschen – denn längere Wechselintervalle bedeuten weniger Kosten. Um zu entscheiden, mit welcher Papierlauflänge das gewünschte Ergebnis erreicht werden kann, stellt sich zuallererst die Frage: Welche Lauflänge kann man von einer Papierrolle erwarten? Aufschluss darüber gibt der **ⓘ-Kasten**.

Wie groß darf die Papierrolle sein?

Wie groß soll und darf eine Papierrolle ausgeführt werden, ohne dass Probleme im Druckbetrieb entstehen? Diese Frage stellt sich letztlich für jeden Produktentwickler, der einen Drucker in sein Gerät integrieren möchte. Große Papierrollen sind sehr schwer. Eine Rolle, wie bei dem im Infokasten genannten Beispiel mit 80 mm Papierbreite, bringt etwa 6 kg auf die Waage, die der kleine Drucker zu bewältigen hätte. Dieses enorme Gewicht ist aber kein Grund, auf eine große

KONTAKT

GeBE Elektronik und
Feinwerktechnik GmbH,
82110 Germering,
Tel. 089 894141-0,
Fax 089 894141-33,
www.oem-printer.com

WISSENSWERT

Welche Lauflänge kann man von einer Papierrolle erwarten? Die Berechnung erfolgt über den Ansatz der Seitenfläche und ist vom Quadrat des Radius abhängig:

$\text{Lauflänge} \times \text{Papierdicke} = \text{Seitenfläche der Papierrolle} - \text{Fläche des Kerns}$

Ein Beispiel – Papierrolle mit 300 mm Durchmesser, 100 µm Papierdicke, 3 Zoll Kerndurchmesser (76 mm innen, 84 mm außen):

$$\text{Lauflänge} = \pi \times (r_{\text{gesamt}}^2 - r_{\text{Kern}}^2) / d_{\text{Papier}}$$

$$\pi \times [(0,15 \text{ m})^2 - (0,042 \text{ m})^2] / 0,0001 \text{ m} = 651 \text{ m}$$

Verringert man den Durchmesser um 20 Prozent, hier also beispielsweise auf 240 mm, so erhält man nur 396 m Papier von der Rolle. Ein Verlust von fast 40 Prozent. Positiv ausgedrückt: Die Vergrößerung des Rollendurchmessers um nur wenige Millimeter führt bereits zu vielen Laufmetern Papiergewinn. Dabei kann der Lauflängengewinn durch eine Verkleinerung des Kerndurchmessers aufgrund dessen kleinen Radius in der Überlegung vernachlässigt werden.

Papierrolle zu verzichten. Es sei denn, die mechanischen Begebenheiten des Gerätegehäuses begrenzen die Papierrollengröße.

Der kritische Punkt beim Beschleunigen großer Rollen ist entgegen der allgemeinen Meinung nicht etwa das Anfahren des Systems aus Drucker und Rolle aus



Drucker-Rack mit extra großer 300-mm-Papierrolle und Zugspannungskontrolle über ein Tänzersystem, ausgestattet mit einem Papierrollenmesssystem zur Bestimmung des Papiervorrats

dem Stand. Er entsteht dann, wenn der Drucker bereits auf maximaler Geschwindigkeit druckt, die Papierrolle aber noch steht. Dazu kommt es, wenn sich zuvor, etwa durch das Nachlaufen der Papierrolle am Druckjob-Ende, eine so genannte lose Papierschleufe gebildet hat. Beim Start des nächsten Druckjobs ist dieses lockere Stück Papier leicht zu transportieren und bietet zunächst einen kleinen Vorrat zum Bedrucken, bevor die gesamte Rolle für den weiteren Druckvorgang wieder bewegt werden muss. Sobald dann das lose Papier einer solchen Schleufe wieder gespannt ist, müsste der Drucker die Rolle praktisch unendlich schnell auf die aktuelle Druckergeschwindigkeit beschleunigen.

In der Praxis besitzt solch ein System zwar dämpfende Elemente wie Antriebschlupf oder Elastizitäten in der Papierrolle, welche die Spitzenzugkräfte reduzieren. Dennoch bleiben die Kräfte, die zum Betrieb notwendig werden, sehr groß, sodass die Zugkraft des Druckers deutlich überschritten wird und zunächst der Antrieb durchrutscht. Die Folge sind Positionierfehler und ein gestauchtes Druckbild. In kürzester Zeit kann der gesamte Antrieb sogar überlastet und beschädigt werden.

Die Antwort auf die Frage nach der Maximalgröße der verwendeten Papierrolle lautet demzufolge: Die maximale Größe einer Papierrolle wird bestimmt durch ihr Massenträgheitsmoment und die Antriebskraft des Druckers.

Massenträgheitsmoment und Antriebskraft

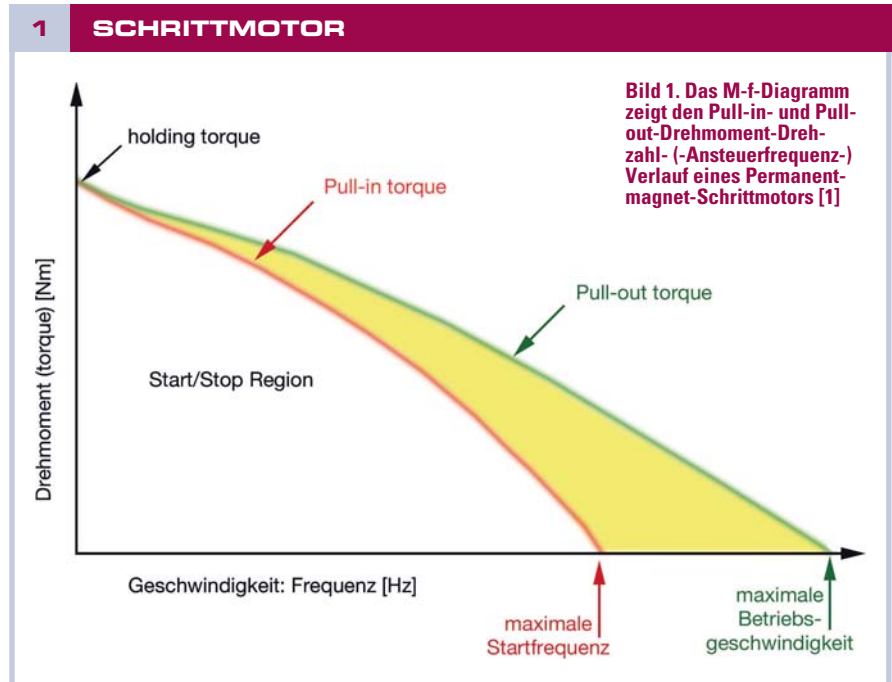
Das Massenträgheitsmoment J einer Papierrolle mit der Masse m und dem Radius r_1 und dem Kern r_2 errechnet sich nach

$$J = [m \times (r_1^2 + r_2^2)] / 2$$

Das Massenträgheitsmoment einer sehr großen Papierrolle mit 300 mm Durchmesser und 80 mm Papierbreite ist demnach

$$J = \frac{1}{2} \times 6 \text{ kg} \times [(0,15 \text{ m})^2 + (0,042 \text{ m})^2] = 0,073 \text{ kgm}^2$$

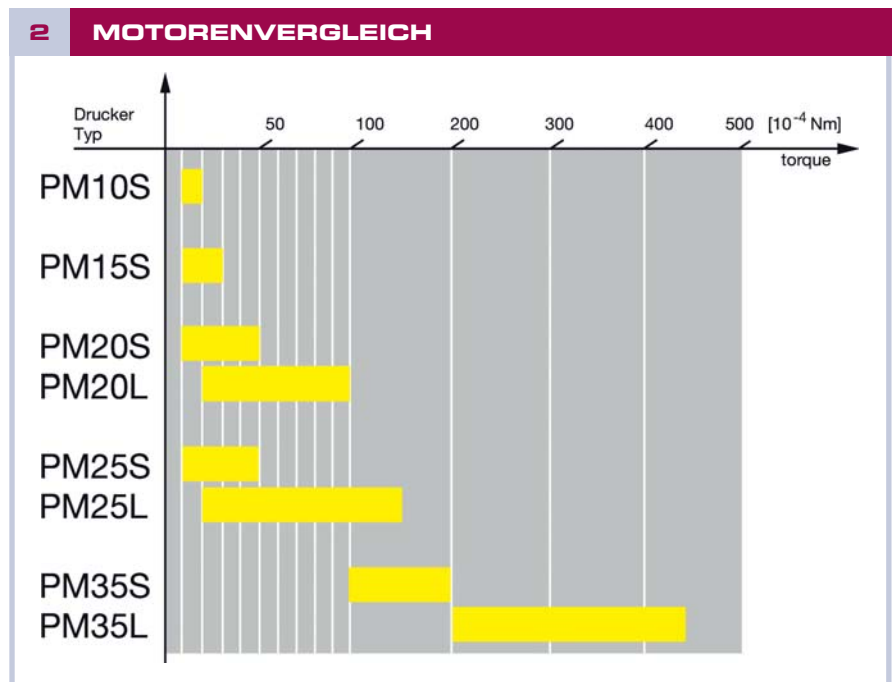
Das notwendige Drehmoment zum Beschleunigen einer stehenden Rolle ist $M = J \times \alpha$ mit der Winkelbeschleunigung $\alpha = a_r / r$. Für eine realistische Beschleunigung in solchen Systemen nehmen wir die Erdbeschleunigung $1 \text{ g} = 9,81 \text{ m/s}^2$ an. Somit gilt die Drehmomentgleichung an



der Papierrolle $F \times r = J \times a / r$. Damit ist die Kraft $F = J \times a / r^2 = 31,8 \text{ N}$. Die zum Beschleunigen der Papierrolle notwendige Kraft ist also proportional dem Quadrat des Rollenradius. Messungen an solchen Papierrollen bestätigen diese Kräfte.

Thermodrucker werden von Permanentmagnet-Schrittmotoren angetrieben. Das Drehmoment dieser Schrittmotoren ist proportional dem Betriebsstrom und

eine Funktion der Ansteuerfrequenz. Dabei sinkt das Drehmoment mit steigender Frequenz; es ist zudem abhängig von seiner Momentangeschwindigkeit. Unterschieden wird das so genannte Pull-in- und das Pull-out-Drehmoment (Bild 1). Das Pull-in-Drehmoment (Anlaufdrehmoment) wird erzeugt, wenn der Motor vom Stand aus mit einer der gewünschten Motordrehzahl entsprechenden Frequenz beaufschlagt



wird. Das Pull-out-Drehmoment wird erzeugt, wenn der Motor bereits die angegebene Drehzahl besitzt und nicht aus der Synchronisation fällt.

Technische Voraussetzungen moderner Drucker

Moderne Hochgeschwindigkeitsdrucker werden bei maximaler Druckgeschwindigkeit in einem Frequenzbereich betrieben, in dem kein Anlaufdrehmoment mehr vorhanden ist. Das bedeutet, dass bei einem Überscheiden der Last der Drucker außer Tritt geraten kann, stehen bleibt, auf der Stelle druckt und nicht mehr anläuft, wenn die Ansteuerfrequenz nicht verringert wird. Solch ein Druckermotor muss also langsam auf maximale Geschwindigkeit beschleunigt werden, und das Lastmoment darf die verfügbare Antriebskraft dabei nicht überschreiten.

Die vom Motor erzeugte Kraft wird benötigt, um den Friktionsantrieb des Druckwerks selbst zu betreiben (auch mechanische Last genannt) und um die Papierrolle zu ziehen. Für die resultierende Zugkraft eines Druckers sollte auf die Angaben des Druckwerkherstellers zurückgegriffen werden.

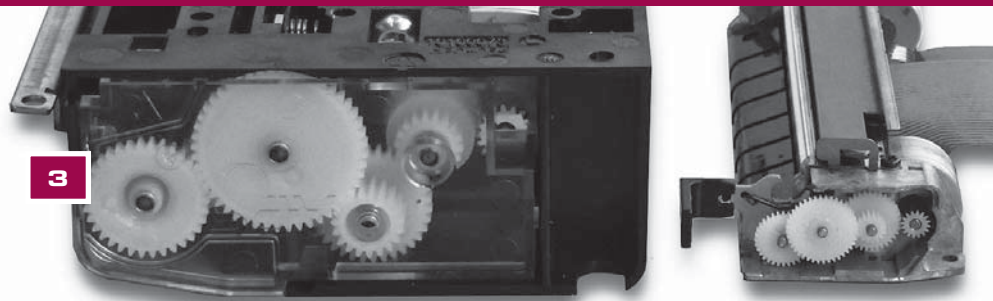


Bild 3. 35-mm-Motor und Getriebe eines Heavy-Duty-Druckwerks APS HSP3500 (links) im Vergleich zu dem 15-mm-Motor und dem Getriebe eines Kompaktdruckwerks Fujitsu FPT637MCL401

Als Beispiel betrachten wir den Antrieb eines Druckwerks „Fujitsu FTP639MCL364“ mit einem „PM20“-Motor bei 500 mA Phasenstrom. Da es sich beim Antrieb des Druckwerks um einen Friktionsantrieb handelt, bei dem das Papier mittels des Druckkopfs auf eine Gummiwalze gedrückt wird, ist die maximale mögliche Zugkraft, die erzeugt werden kann, gleich der Andruckkraft des Kopfs auf die Walze abzüglich des Schlupfs. Im Falle des FTP639 ist die typische Andruckkraft 12 N.

Die Zugkraft wird aber nicht nur durch den Kopfdruck, sondern auch durch eine Anzahl anderer Elemente begrenzt. Sie errechnet sich nach: (Motordrehmoment \times Übersetzungsverhältnis des Getriebes

\times Getriebewirkungsgrad) – mechanische Last / Antriebsrollendurchmesser. In Fall des Druckwerks FTP639 ergibt sich so ein Typ-Wert von 6,1 N bei einer Geschwindigkeit von 200 mm/s. Aufgrund von Toleranzen können aber auch deutlich niedrigere Zugkräfte entstehen. Damit wäre dieser Drucker nicht in der Lage, eine 300-mm-Rolle störungsfrei zu betreiben.

Wichtig für die Leistungsfähigkeit eines Druckwerks ist nicht nur die Größe des Antriebsmotors, sondern auch die Auslegung der Getriebezahnräder. Die zulässigen Zugkräfte sind unter anderem von der Dimensionierung des Getriebes abhängig. Kompaktdruckwerke sind aufgrund ihrer filigranen Zahnräder gar nicht in der Lage, große Zugkräfte schadlos zu verkraften.

Bild 2 zeigt qualitativ erzeugbare Pull-out Drehmomente verschieden großer Motoren, und **Bild 3** macht die Unterschiede zwischen dem 35-mm-Motor und dem Getriebe eines großen Heavy-Duty-Druckwerks („APS HSP3500“) im Gegensatz zu dem 15-mm-Motor und dem Getriebe eines Kompaktdruckwerks („Fujitsu FPT637MCL401“) deutlich.

Die Lösung in zwei Schritten

Die Lösung besteht darin, die Last für den Druckerantrieb permanent auf die maximal verfügbare Antriebskraft zu begrenzen. Im Fall des FTP-639 also auf den Minimalwert von 5 N. Das lässt sich mithilfe einer so genannten Tänzerwalze erreichen. Tänzerwalzen (**Bild 4**) werden in der Technik eingesetzt, um Zugspannungen beispielsweise von Papierbahnen konstant zu halten. Also genau das, was hier benötigt wird, um die oben erwähnte Papierschleufe und damit den Stillstand und das erneute Anziehen der großen Papierrolle zu vermeiden.

Im Arbeitsbereich x der Tänzerwalze wird der Drucker zu keiner Zeit mit einer größeren Kraft als $F/2$ plus den System-

4 TÄNZERWALZEN

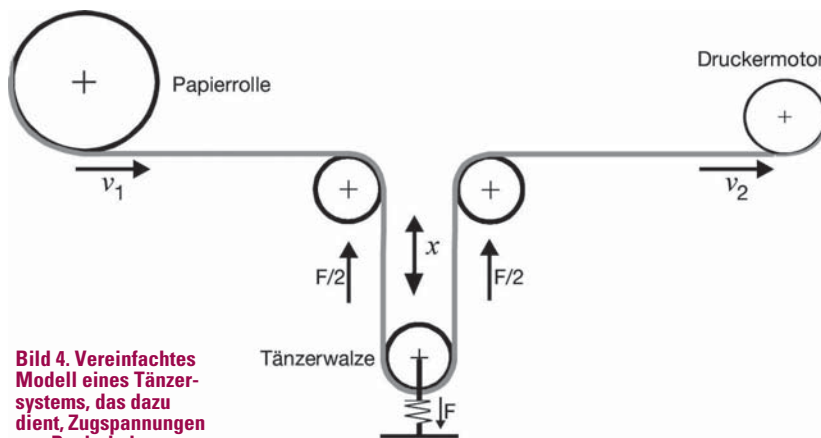


Bild 4. Vereinfachtes Modell eines Tänzer-systems, das dazu dient, Zugspannungen von Papierbahnen konstant zu halten



LITERATUR

- 1 <http://www.eminebea.com/content/html/en/engineering/micro-actuators/glossary.shtml>
- 2 http://www.eminebea.com/content/html/en/engineering/motors/pm_motor/selection_pm/torque.shtml

Reibungskräften belastet. Ist der Arbeitsbereich ausreichend groß dimensioniert, können auch noch größere Rollen betrieben werden. Im Startpunkt ist $v_1 = 0$ mm/s und $v_2 = 200$ mm/s. Die Papierrolle kann als feststehend betrachtet werden. Ist die Zugkraft des Druckers größer als die halbe Federkraft F , so wird die Tänzerwalze nach oben bewegt. Zur gleichen Zeit wird die Papierrolle mit der Kraft $F/2$ beschleunigt und v_1 an v_2 angeglichen. Ist der Weg der Tänzerwalze ausreichend lang, kann die Papierrolle auf die Druckergeschwindigkeit beschleunigt werden, ohne jemals die Kraft $F/2$ am Drucker überschritten

zu haben. In der Technik werden Tänzer und die Papierrolle möglichst reibungsarm gelagert. Der Tänzer wird an einem Hebelarm aufgehängt, der in der Nähe der Rollenachse gelagert ist.

Hat man das Problem der Beschleunigung durch das Tänzersystem gelöst, gibt es in diesem Zusammenhang eine weitere Hürde zu meistern. Denn eine so große Rolle läuft, wiederum wegen der Trägheit ihrer Masse, längere Zeit nach. Ein Bremsen der Rolle bleibt also unumgänglich, möchte man das Papier immer unter Spannung halten, um die oben beschriebene Papierschleife zu vermeiden und

den Tänzer jederzeit im Arbeitsbereich zu halten. Damit das möglich wird, muss die Papierrolle rechtzeitig gebremst werden, bevor der Tänzer seine Endposition erreicht hat. Wird die Bremse am Tänzer-Hebelarm befestigt, ist dies nicht möglich, denn dann ist der Bremsbeginn gleich der Tänzer-Endposition. Die Folge: Es bildet sich eine Schleife mit der Länge des Bremswegs. Im **Titelbild** sieht man ein Lösungsbeispiel mit separatem Bremshebel, der über eine Kulissee am Tänzerhebel geführt wird. Der Bremsbeginn liegt zirka 10 Prozent vor der Tänzer-Endposition. (m/)



FAZIT

Völlig von der Rolle? Unter Berücksichtigung aller hier angeführten Punkte sind große Papierrollen in Ticketdruckern durchaus gut beherrschbar. Der OEM-Kunde kann für sein System also Einbaudrucker mit besonders großem Papiervorrat einplanen – ein wichtiger Aspekt hinsichtlich der Folgekosten. Denn immerhin lässt sich mit einer Rolle von 300 mm Durchmesser die Anzahl an teuren Serviceeinsätzen im Vergleich zu einer 200-mm-Rolle praktisch dritteln. Mithilfe eines Papierrollenmesssystems kann der Service noch genauer geplant werden.



DER AUTOR

Dipl.-Ing. (FH) **KLAUS BALDIG** ist Leiter der Entwicklungsabteilung bei GeBE Elektronik und Feinwerktechnik in Germering.



www.EL-info.de

6 2 5 2 0 1