



EINLEITUNG

Das vergangene Jahrhundert war Zeuge von beispiellosen Veränderungen in der industriellen Fertigungstechnik. Fortschritte bei Materialien, Methoden und Kontrollsystemen haben zu höherer Qualität, engeren Toleranzen und höheren Produktionsgeschwindigkeiten beigetragen. All dies trägt zu niedrigeren Kosten, niedrigeren Preisen und damit zu einer erhöhten Nachfrage bei. Die gestiegene Nachfrage treibt das Bestreben nach immer höheren Geschwindigkeiten an und der Zyklus wiederholt sich. Da die Produktionsmaschinen zu immer höheren Geschwindigkeiten gedrängt werden, erhöhen sich die Taktzahlen der Maschinen, die Vibrationen werden intensiver, und der Geräuschpegel steigt entsprechend an.

Vibrationsförderer sind gegen diesen exponentiellen Anstieg der Geschwindigkeitsanforderungen nicht immun. Als einer der grundlegenden Bausteine von automatisierten Montagesystemen müssen auch immer größere Zuführungen stets schneller laufen, um mit den steigenden Produktionszahlen mithalten zu können. Mit dem zunehmenden Einsatz automatisierter Montagesysteme steigt auch die absolute Anzahl der Zuführungen in einer bestimmten Anlage. Zunehmende Mengen und steigende Geschwindigkeiten der Zuführungen führen zu einem erhöhten Lärmpegel am Arbeitsplatz.

Lärm - jeglicher Schall in übermäßiger Lautstärke - ist seit langem als eine der Hauptursachen für Gehörverlust bekannt. **Er ist somit die Hauptursache** für vermeidbare Gehörverluste. Neben der Gefährdung der Mitarbeiter durch Gehörverlust wurde ein übermäßiger Lärmpegel auch mit einer erhöhten Unfallrate, verminderter Qualität und geringerer Produktivität der Mitarbeiter in Verbindung gebracht. Daher sollte jede Möglichkeit zur Reduzierung des Lärmpegels als Chance zur Verbesserung der Profitabilität des Unternehmens gesehen werden.

DIE AUSWIRKUNGEN VON LÄRM

Die Mechanismen, warum hohe Schallpegel das Gehör schädigen, sind mittlerweile gut verständlich. Die als Zilien bezeichneten Hörnerven im Innenohr werden durch anhaltende Einwirkung von hohen Schallpegeln mit der Zeit sehr langsam geschädigt. Letztendlich sterben diese Nerven ab. Die Verschlechterung des Hörvermögens durch Lärmbelastung ist schleichend, langsam, anhaltend und schmerzlos.

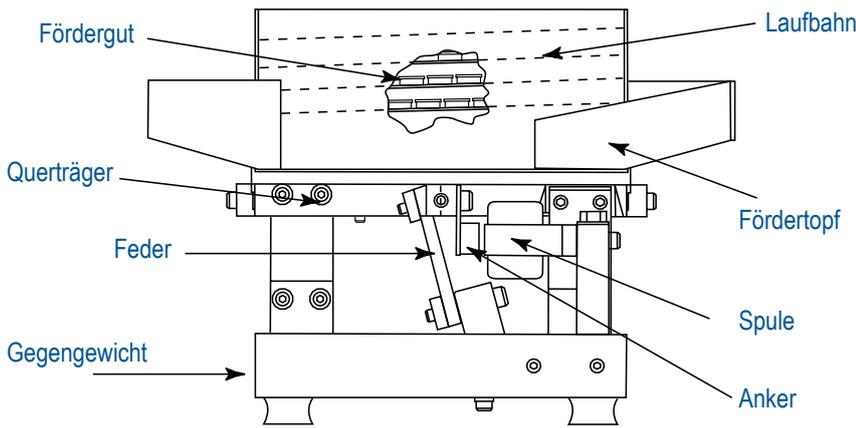
Normalerweise ist das früheste Warnzeichen ein Tinnitus, ein Klingeln in den Ohren (oder ein Brummen, Summen oder Klicken), wenn sich die Nervenschädigung erstmals bemerkbar macht.

Wenn der Hörverlust zunimmt, bemerken Freunde und Verwandte, dass sie Gespräche häufig wiederholen müssen, Radio und Fernsehen werden ungewöhnlich laut eingestellt und die Betroffenen beginnen, das Interesse an sozialen Kontakten zu verlieren (eine Form der Persönlichkeitsveränderung).

Bei Menschen, die im Lärm arbeiten, wurden weitere damit verbundene Probleme festgestellt. Ein wichtiges Thema ist die Sicherheit der Arbeitnehmer, da diese gefährdet sind, wenn Lärm am Arbeitsplatz herrscht und dieser die Fähigkeit beeinträchtigt, Warnsignale zu hören. Die Klarheit der verbalen Konversation, wie z. B. Anweisungen und Instruktionen, wird vermindert. Die Sprachunterscheidung wird ebenso beeinträchtigt wie die Lokalisierung von Geräuschen. Lärm schränkt soziale Interaktionen ein und dient dazu, nützliche und notwendige auditive Informationen auszublenden. Für Arbeitnehmer mit Hörverlust erhöhen diese auditiven Nachteile die Risiken. Lärm in der Umgebung kann zu Fehlern und manchmal zu Unfällen führen. In lärmbelasteten Produktionsstätten sind zwischen 40 und 80 Prozent der Arbeitskräfte von Hörverlust betroffen, während es in der Allgemeinbevölkerung nur schätzungsweise 18 Prozent sind.

Es gibt mehrere andere negative Auswirkungen von regelmäßiger Lärmbelastung am Arbeitsplatz. Diejenigen, die am Arbeitsplatz regelmäßig Lärm ausgesetzt sind, haben eine höhere Rate an emotionalen Gesundheitsproblemen, einschließlich Angstzuständen, Schlafstörungen, emotionalen Unstimmigkeiten mit ihrem Ehepartner und ihren Kindern sowie Bluthochdruck. In einer in China durchgeführten Studie wurde festgestellt, dass junge erwachsene Frauen mehrere Fortpflanzungsprobleme entwickeln, wenn sie einer lauten Arbeitsumgebung ausgesetzt sind. 1) Die Menstruationszyklen veränderten sich und wurden unregelmäßiger. 2) Es war schwierig, eine Schwangerschaft zu erreichen. 3) Diejenigen, die schwanger wurden, hatten eine ungewöhnlich hohe Rate an Fehlgeburten. 4) Diejenigen, die schwanger wurden, hatten ein abnorm hohes Risiko einer Frühgeburt. 5) Lebendgeborene Babys hatten eine abnorm hohe Rate an Geburtsfehlern.

Abbildung 1: Konventioneller Vibrationsförderer



jede Leistungserhöhung zur Erhöhung der horizontalen Komponente (die den größten Beitrag zur Vorschubgeschwindigkeit leistet) automatisch zu einer Erhöhung der vertikalen Komponente. Zusätzlich zu den zusätzlichen Geräuschen, die von den Spulen erzeugt werden, führt die erhöhte vertikale Komponente dazu, dass die Teile mehr hüpfen, wodurch mehr Geräusche entstehen und möglicherweise Teile falsch ausgerichtet werden.

Es ist klar, dass die Auswirkungen von Lärm schädliche Folgen haben können und dass Anstrengungen unternommen werden sollten, die Lärmbelastung zu minimieren. Die Reduzierung des von Vibrationsförderern erzeugten Lärms ist ein Bereich, der die Lärmbelastung am Arbeitsplatz erheblich reduzieren kann.

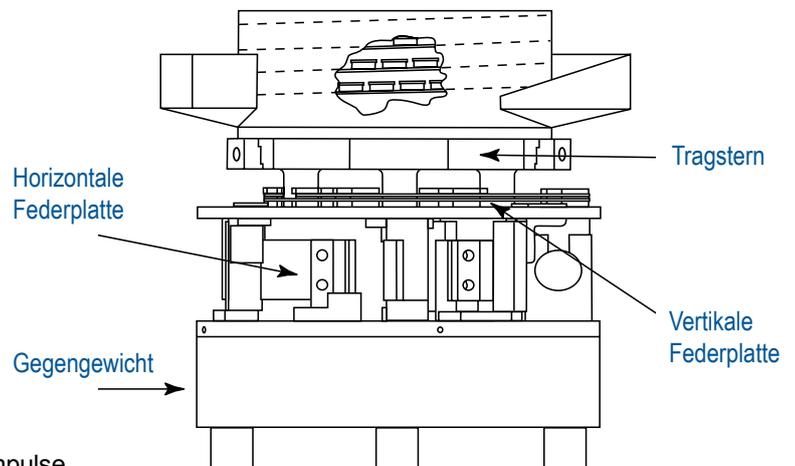
GERÄUSCHE DER VIBRATIONSFÖRDERER

Herkömmliche Vibrationsförderer verwenden eine elektromagnetische Spule, einen entsprechenden Anker und eine Feder in Kombination, um die notwendige Bewegung zu erzeugen. (Siehe *Abbildung 1*) Die Spule ist auf ein Gegengewicht montiert, um die Vibration des Fördertopfes auszugleichen. Wenn die Spule erregt wird, wird der Anker zu ihr gezogen. Der Anker und die Feder sind durch den Querträger verbunden, der die Befestigungsfläche für den Fördertopf bildet. Aufgrund des Befestigungswinkels der Feder bewegt sich der Querträger sowohl horizontal als auch vertikal, wenn der Anker horizontal zur Spule gezogen wird. Der resultierende Vektor stellt die schräge Ebene dar, auf der sich der Fördertopf hin und her bewegt. Die schräge Bewegungsebene in Verbindung mit der schrägen Laufbahn des Fördertopfes "transportiert" das Fördergut schrittweise auf der schraubenförmigen Laufbahn in Richtung Auslauf des Fördertopfes.

Das Rauschen wird von den elektrischen Impulsen erzeugt, die den Anker in Richtung Spule ziehen. Diese Impulse treten mit einer Frequenz von entweder 60 oder 120 Hz auf, was den Halb- und Vollwellen-Netzfrequenzen entspricht (in einigen Ländern sind diese Frequenzen 50 und 100 Hz). Durch das Fördergut im Fördertopf, das mit der Laufbahn in Berührung kommt, wird auch Rauschen erzeugt. Bei jedem Impuls der Spule wird das Fördergut, während der Topf entlang des resultierenden Vektors gezogen wird, auf der Laufbahn an eine Stelle "geworfen", die geringfügig weiter entfernt ist. Jedes Mal, wenn das Fördergut nach oben geworfen wird und auf dem Rückweg nach unten die Schiene berührt, wird ein Geräusch erzeugt. Bei Tausenden von Teilen im Fördertopf kann dieser Beitrag der zum Rauschen beiträgt erheblich sein. Auch die Art des Förderguts hat einen Einfluss auf den Geräuschpegel. Leichte Kunststoffteile erzeugen weniger Lärm als schwere Metallteile. Die Vorschubgeschwindigkeit wird durch die Variation der Leistung an den Spulen gesteuert. Eine Erhöhung der Leistung führt zu einer Erhöhung der Amplitude, d.h. der Strecke, die die Schale bei jedem Impuls zurücklegt. Da die horizontalen und vertikalen Komponenten der Bewegung durch die Feder mechanisch miteinander verbunden sind, führt

Der Zwei-Achsen-Zuführer der Serie 2000 erreicht die Vibrationsbewegung auf eine andere Art und Weise. Statt eines Satzes von Federn, die die horizontale Bewegung steuern, und einen weiteren Satz, der die vertikale Bewegung steuert (*siehe Abbildung 2*) Diese beiden Bewegungen werden elektronisch durch den Einsatz eines mikroprozessorgesteuerten Reglers kombiniert, um einen resultierenden Vektor zu erzeugen. Der Controller erfasst die Eigenfrequenz des Vorschubsystems und treibt es bei oder nahe dieser Frequenz an, typischerweise 25-35 Hz. Diese niedrigeren Frequenzen werden vom menschlichen Ohr als weniger geräuschvoll wahrgenommen als die höheren Frequenzen der herkömmlichen Zuführung. Außerdem wird

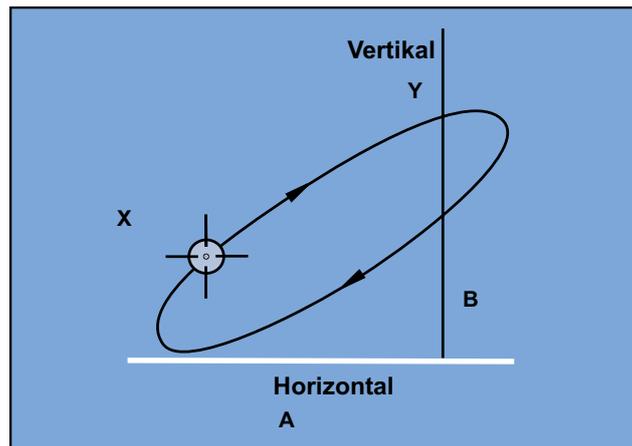
Abbildung 2: Vibrationsförderer der Serie 2000



weniger Energie verbraucht, da die elektromagnetischen Impulse nun mit der natürlichen Bewegung des Fördertopfes arbeiten, anstatt gegen sie anzukämpfen.

Die unabhängige Steuerung der horizontalen und vertikalen Bewegungen des Fördertopfes ermöglicht eine Erhöhung der horizontalen Amplitude ohne eine entsprechende Erhöhung der vertikalen Amplitude. Dies erhöht die Vorschubgeschwindigkeit, ohne den Geräuschpegel zu erhöhen und ohne fehlerhaft ausgerichtete Teile zu verursachen. Zusätzlich zu den horizontalen und vertikalen Komponenten kann auch das Verhältnis zwischen ihnen, oder der Phasenwinkel, optimiert werden. Durch Einstellen des Timings zwischen einem horizontalen und einem vertikalen Impuls wird eine elliptische Bahn erzeugt (*siehe Abbildung 3*) Bei dieser Bewegung löst sich der Fördertopf vom Teil, fährt rückwärts und nimmt das Teil dann allmählich wieder auf und transportiert es vorwärts. Im Gegensatz zur Wurfbewegung des herkömmlichen Fördertopfes sorgt dies für eine wesentlich leisere und sanftere Handhabung des Förderguts.

Abbildung 3: Serie 2000 Phasenanschnitt



VERGLEICHSPRÜFUNG DES GERÄUSCHPEGELS

Empirische Daten zur Untermauerung der oben genannten Behauptungen wurden durch Vergleichstests zwischen einem herkömmlichen Vierkantantrieb und einem SPIROL-Antrieb der Serie 2000 gesammelt. Für beide Antriebe wurde der gleiche Fördertopf für die Tests verwendet. Geräuschmessungen wurden mit einem leeren Fördertopf, mit Kunststoffflaschenverschlüssen und metallischen Spiralspannstiften durchgeführt. Die Vorschubgeschwindigkeiten der Serie 2000 und des Vierkantantriebs wurden sowohl für die Kappen als auch für die Stifte konstant gehalten.

Es wurden vier Messungen um jeden Vibrationsförderer herum durchgeführt und gemittelt, um den Vierkantantrieb mit der Serie 2000 vergleichen zu können.

Die Messungen und Analysen wurden von Noise Control Engineering (NCE) aus Billerica, Massachusetts, durchgeführt. Die Geräuschpegel wurden mit einem Larson-Davis Modell 2900B Akustik-Analysator gemessen. Das Gerät wurde im Feld mit einem Larson-Davis CAL200 Akustikkalibrator bei 94 und 114 dB (re// 20 µPa) bei 1.000 Hz kalibriert.

Oktavband- und die gesamt A-bewerteten Geräuschmessungen wurden von NCE durchgeführt. Oktavband-Schallpegel geben

Auskunft über den Frequenzcharakter des Geräusches. Der A-bewertete Gesamtschallpegel liefert ein Maß für die gesamte Schallamplitude, wie sie vom menschlichen Ohr wahrgenommen wird. Die A-bewertete Skala wird von der OSHA verwendet, um akzeptable Lärmpegel festzulegen. Alle Messungen wurden in einem Innenraum bei abgeschalteten HLK-Systemen durchgeführt. Die Hintergrundgeräuschpegel (Vibrationsförderer nicht in Betrieb) lagen mindestens 20 Dezibel unter den Geräuschpegeln der Vibrationsförderer. Die Geräuschmessungen wurden an vier Positionen um den Umfang des Vibrationsförderers herum durchgeführt, alle in einem Abstand von einem Meter. Es wurden drei verschiedene Bedingungen getestet: (1) ein leerer Fördertopf; (2) Kunststoffflaschenverschlüsse; und (3) metallische Spiralspannstifte.

Um einen Vergleich zwischen dem Vierkantantrieb und den Geräten der Serie 2000 anstellen zu können, bildete NCE den Mittelwert aller Messstellen für jeden Vibrationsförderer und jede Bedingung. Die Schallpegel als Funktion des Oktavbandes sind in Tabelle 1 angegeben. Die Spalten "Delta" zeigen die durchschnittlichen Schallpegel für leere Fördertöpfe, Kunststoffflaschenverschlüsse und metallische Spiralspannstifte. "Durchschnitts-Delta" stellt die Differenz zwischen dem Vierkantantrieb und den Geräten der Serie 2000 dar.

TABELLE 1: Oktavband-Rauschpegel, gemittelt über vier Messorte.
(Alle Werte in dB re 20 µPa.)

Oktavband	leerer Fördertopf			Kunststoffflaschenverschlüsse			metallische Spiralspannstifte			Average Delta
	Sq. Drive	2000	Delta	Sq. Drive	2000	Delta	Sq. Drive	2000	Delta	
31.5	50	59	-9	51	59	-8	51	61	-11	-9
63	55	55	0	55	55	0	54	56	-2	0
125	87	58	29	87	58	29	89	63	26	28
250	96	78	18	96	77	19	96	80	16	18
500	87	65	22	83	64	19	84	68	17	19
1000	75	53	22	81	63	18	80	66	15	18
2000	64	44	20	80	61	19	81	65	16	18
4000	63	34	29	81	59	22	85	70	15	22
8000	54	31	23	68	45	23	84	69	15	20
16000	39	27	12	50	34	16	78	64	15	14
dB(A)	89	70	19	91	72	19	93	77	16	18

TESTERGEBNISSE

NCE gelangte bei ihren Tests zu den folgenden Schlussfolgerungen:

- Der Vibrationsförderer der Serie 2000 ist in den Oktavbändern von 125 bis 16.000 Hz 15 - 22 dB leiser als das Gerät mit Vierkantantrieb. Auf einer gesamten mit A bewerteten Basis ist die Serie 2000 um 18 dB leiser als das Standardgerät. Diese Reduktion ist sehr signifikant und kann als eine "auffallende, vierfache Veränderung" auf einer subjektiven Ansprechbasis charakterisiert werden. Eine Reduzierung von 20 dB ist eine Veränderung der Schallenergie um das Hundertfache (100x).
- In einem Abstand von 1 Meter übersteigt der Schallpegel des Vierkantantriebs die OSHA-Grenzwerte von 90 dB(A) für eine 8-stündige Belastung. Es ist unwahrscheinlich, dass sich ein Bediener 8 Stunden lang in einem Umkreis von 1 Meter um den Vibrationsförderer aufhält. Als Referenz liegt das Gerät der Serie 2000 jedoch weit unter diesen OSHA-Grenzwerten. Basierend auf der OSHA-Methode würde die Serie 2000 keinen Beitrag zur Lärmbelastung eines Bedieners während eines Arbeitstages leisten.
- Ein Vergleich der 1/3-Oktavband-Daten zeigt, dass der Vierkantantrieb zwei Töne im 1/3-Oktavband bei 125 und 250 Hz hat. Die Eliminierung des 125-Hz-Tons in der Serie 2000 trägt zu einem weniger rauen Klang bei.
- Der Vibrationsförderer der Serie 2000 ist im 31,5-Hz-Oktavband um 10 Dezibel lauter. Dies ist höchstwahrscheinlich auf die niedrigere Antriebsfrequenz des Gerätes der Serie 2000 zurückzuführen. Der höhere Schallpegel bei 31,5 Hz trägt nur wenig bis gar nicht zu den gesamten mit A-bewerteten Schallpegeln bei.
- In den Oktavbändern 31,5 bis 500 Hz sind die Schallpegel für den leeren Fördertopf, die Kunststoffflaschenverschlüsse und die metallischen Spiralspannstifte ungefähr gleich. Im Oktavband von 1000 Hz und höher erzeugen die metallischen Spiralspannstifte die höchsten Schallpegel, gefolgt von den Kunststoffflaschenverschlüssen und schließlich dem leeren Fördertopf.



SCHLUSSFOLGERUNG

Die Reduzierung des Geräuschpegels in der Firma sollte in jeder Produktionsstätte oberste Priorität haben. Erfolgreiche Programme führen zu einer geringeren Unfallrate, einer geringeren Anzahl von Arbeitsunfällen, einer höheren Produktivität und einer besseren Arbeitsmoral der Mitarbeiter. All diese Vorteile führen zu einer Senkung der Gesamtkosten, wodurch Unternehmen wettbewerbsfähiger und/oder profitabler werden. Die zweiachsige Konstruktion des Vibrationsförderers der Serie 2000 ermöglicht eine höhere Förderleistung bei einer bestimmten Fördertopfgröße sowie den Betrieb mit der Eigenfrequenz des Systems und eine elliptische, sanftere Bewegung. Diese Merkmale tragen zu einer 100-fachen Reduzierung der Schallenergie gegenüber einem herkömmlichen Antrieb eines Vibrationsförderers bei, oder anders ausgedrückt, zu einer vierfachen Reduzierung der vom Menschen wahrgenommenen Geräusche. Die Serie 2000 sollte daher ein wichtiger Bestandteil von Lärmreduzierungsprogrammen in Betrieben sein, die Vibrationsförderer in ihrem Fertigungsprozess einsetzen oder deren Einsatz planen.

© 2017 SPIROL International Corporation

No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronically or mechanically, except as permitted by law, without written permission from SPIROL International Corporation.

Technische Zentren

Europa SPIROL Deutschland

Ottostr. 4
80333 München, Deutschland
Tel. +49 (0) 89 4 111 905 -71
Fax. +49 (0) 89 4 111 905 -72

SPIROL Frankreich

Cité de l'Automobile ZAC Croix Blandin
18 Rue Léna Bernstein
51100 Reims, Frankreich
Tel. +33 (0)3 26 36 31 42
Fax. +33 (0)3 26 09 19 76

SPIROL Vereinigtes Königreich

17 Princewood Road
Corby, Northants NN17 4ET
Vereinigtes Königreich
Tel. +44 (0) 1536 444800
Fax. +44 (0) 1536 203415

SPIROL Spanien

08940 Cornellà de Llobregat
Barcelona, Spanien
Tel. +34 93 669 31 78
Fax. +34 93 193 25 43

SPIROL Tschechische Republik

Sokola Tümy 743/16
Ostrava-Mariánské Hory 70900,
Tschechische Republik
Tel. +420 417 537 979

SPIROL Polen

Aleja 3 Maja 12
00-391 Warszawa, Polen
Tel. +48 510 039 345

Amerika SPIROL International Corporation

30 Rock Avenue
Danielson, Connecticut 06239 USA
Tel. +1 (1) 860 774 8571
Fax. +1 (1) 860 774 2048

SPIROL Shim Division

321 Remington Road
Stow, Ohio 44224 USA
Tel. +1 (1) 330 920 3655
Fax. +1 (1) 330 920 3659

SPIROL Kanada

3103 St. Etienne Boulevard
Windsor, Ontario N8W 5B1 Kanada
Tel. +1 (1) 519 974 3334
Fax. +1 (1) 519 974 6550

SPIROL Mexiko

Avenida Avante #250
Parque Industrial Avante Apodaca
Apodaca, N.L. 66607 Mexico
Tel. +52 (01) 81 8385 4390
Fax. +52 (01) 81 8385 4391

SPIROL Brasilien

Rua Mafalda Barnabé Soliane, 134
Comercial Vitória Martini, Distrito Industrial
CEP 13347-610, Indaiatuba, SP, Brasilien
Tel. +55 (0) 19 3936 2701
Fax. +55 (0) 19 3936 7121

Asien SPIROL Asien

Pazifik 1st Floor, Building 22, Plot D9, District D
No. 122 HeDan Road
Wai Gao Qiao Free Trade Zone
Shanghai, China 200131
Tel. +86 (0) 21 5046 1451
Fax. +86 (0) 21 5046 1540

SPIROL Südkorea

160-5 Seokchon-Dong
Songpa-gu, Seoul, 138-844, Südkorea
Tel. +86 (0) 21 5046-1451
Fax. +86 (0) 21 5046-1540

eMail: info-de@spirol.com

SPIROL.com