

DIN 45679

ICS 13.160

Ersatz für
DIN 45679:2005-09**Mechanische Schwingungen –
Messung und Bewertung der Ankopplungskräfte zur Beurteilung der
Schwingungsbelastung des Hand-Arm-Systems**

Mechanical vibration –

Measurement and evaluation of coupling forces for assessment of vibration exposure of
the hand-arm system

Vibrations mécaniques –

Mesurage et évaluation des forces de couplage pour le jugement de l'exposition aux
vibrations transmises au système main-bras

Gesamtumfang 32 Seiten

Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI

Inhalt

Seite

Vorwort.....	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Formelzeichen und Abkürzungen	5
3 Parameter der Hand-Griff-Schnittstelle	6
3.1 Kontaktdruck.....	6
3.2 Andruckkraft.....	7
3.3 Führungskraft.....	8
3.4 Hebekraft	8
3.5 Greifkraft.....	9
3.6 Vorschubkraft.....	10
3.7 Kontaktkräfte.....	10
3.8 Ankopplungskraft.....	11
3.9 Torsion und Reibung	12
4 Parameter zur ankopplungskraftabhängigen Bewertung der Schwingungsbelastung	12
4.1 Ankopplungsfaktor c_{cp}	12
4.2 Ankopplungskraftabhängige frequenzbewertete Beschleunigung a_{hwc}	12
4.3 Ankopplungskraftabhängiger Schwingungsgesamtwert a_{hvc}	12
4.4 Ankopplungskraftabhängiger Tages-Schwingungsexpositionswert $A(8)_c$	13
5 Messdurchführung und Auswertung der Messergebnisse	13
5.1 Allgemeines.....	13
5.2 Messung der Greifkraft	13
5.3 Messung der Andruckkraft	14
5.4 Messung der Druckverteilung an der Kontaktfläche der Hand	15
5.5 Aufbereitung der Messergebnisse: Zeitverlauf.....	15
5.6 Aufbereitung der Messergebnisse: Mittelung der Werte.....	15
5.7 Auswertung der Messergebnisse.....	16
6 Berechnung der ankopplungskraftabhängigen Werte	16
6.1 Ankopplungskraftabhängige frequenzbewertete Beschleunigung.....	16
6.2 Ankopplungskraftabhängiger Schwingungsgesamtwert und Tages-Schwingungsexpositionswert	18
Anhang A (normativ) Anforderungen an die Messeinrichtungen	19
Anhang B (informativ) Biodynamische Effekte der Kontaktkräfte zur Maschine.....	22
Anhang C (informativ) Berechnung der Greif- und Andruckkraft aus einer Druckmessung.....	24
Anhang D (informativ) Messbericht.....	26
Anhang E (informativ) Kalibrierung und Methoden zum Vergleich verschiedener Kraftmesseinrichtungen	28
Anhang F (informativ) Beispiele üblicher Ankopplungskräfte und Ankopplungsfaktoren.....	30
Literaturhinweise	31

Vorwort

Diese Norm wurde vom Ausschuss NA 001-03-07-02 UA (NALS/VDI C 7.2) „Hand-Arm-Schwingungen“ im Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) erarbeitet.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN 45679:2005-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Erweiterung auf Ankopplungskräfte allgemein;
- b) Einbindung der in ISO 15230 beschriebenen Kräfte und Messmethoden;
- c) Anhänge mit zusätzlichen Informationen aufgenommen.

Frühere Ausgaben

DIN V 45679: 1998-01, 1998-10
DIN 45679: 2005-09

Einleitung

Zur exakten Ermittlung der Schwingungsbelastung des Hand-Arm-Systems durch eine handgehaltene oder handgeführte Maschine oder eines Stellelements muss direkt an der Einleitungsstelle in das Hand-Arm-System gemessen werden. Da dies aus technischen Gründen nicht machbar ist, werden die Schwingungen am Griff der Maschine oder des Stellelements gemessen.

Bei Messungen am Griff der Maschine hat die Ankopplung der Hand an die Maschine bzw. das Stellelement einen erheblichen Einfluss auf das Messergebnis und die Belastung des Hand-Arm-Systems. So bewirkt eine stärkere Ankopplung eine Abnahme der gemessenen Beschleunigungswerte am Griff, da auf das Hand-Arm-System mehr Energie übertragen wird. Zusätzlich können sich weitere Faktoren (z. B. thermische und ergonomische) auf die Schwingungsbelastung der Bedienungsperson auswirken.

Eine besondere Schwierigkeit stellt die begriffliche wie messtechnische Trennung der verschiedenen Kräfte dar, die auf das Hand-Arm-System einwirken oder von ihm übertragen werden, z. B. Greifkraft, Lenkkraft, Führungskraft, Vorschubkraft, Zugkraft, Andruckkraft. Insbesondere die Andruckkraft ist mehrdeutig, wenn sie nicht in derselben Richtung wie der Vorschub wirkt.

Um den oben genannten Einflüssen Rechnung zu tragen, wird bei Schwingungsmessungen die Messung der Ankopplungskräfte durchgeführt. Die ankopplungskraftabhängige frequenzbewertete Beschleunigung ersetzt dann die frequenzbewertete Beschleunigung a_{hw} in den bestehenden Normen.

Arbeitsplatzmessungen zur Messung und Bewertung der auf den Menschen einwirkenden mechanischen Schwingungen sollen zukünftig den Einfluss der Ankopplungskräfte des Hand-Arm-Systems an den Griff der Maschine oder an das Stellelement berücksichtigen. Die Ankopplungskräfte beeinflussen zum einen die gemessenen Schwingungswerte der Maschine, zum anderen die Belastung des Hand-Arm-Systems erheblich.

Bei der überwiegenden Anzahl der handgehaltenen und handgeführten Geräte liegt die Ankopplungskraft zwischen 80 N und 200 N. Für diese Geräte liegt der Ankopplungsfaktor zwischen 0,85 und 1,1 (also Korrektur um einen Wert zwischen -15 % und +10 %) und damit im Bereich der Messunsicherheit. Eine Beurteilung der Ankopplungskräfte wird daher hier nur in besonderen Fällen notwendig sein. Bei solchen handgehaltenen und handgeführten Maschinen und für die Messungen an Lenkrädern, bei denen nur geringe Ankopplungskräfte (< 80 N) zu erwarten sind, hat die Messung oder auch Abschätzung der Ankopplungskräfte jedoch einen relevanten Einfluss auf die Beurteilung der Belastung.

Diese Norm setzt neuere Erkenntnisse in Bezug auf Ankopplungskräfte des Hand-Arm-Systems um und enthält die in ISO 15230 beschriebenen Kräfte und Messmethoden. ISO 15230 beinhaltet jedoch nicht die ankopplungsabhängige Bewertung der Schwingungsbelastung; sie ist im CEN/TR 16391 angegeben, der unter deutscher Projektleitung im CEN/TC 231 „Mechanische Schwingungen und Stöße“ erstellt wurde. National gilt DIN 45679.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt zur Messung der Ankopplungskräfte und zur Bewertung der ankopplungsabhängigen Schwingungsbelastung des Hand-Arm-Systems am Arbeitsplatz.

Die Ankopplung zwischen der Hand und der schwingenden Oberfläche kann durch verschiedene Parameter beschrieben werden, diese Norm beschränkt sich aber auf die folgenden Parameter:

- Kraftparameter, wie Andruckkraft, Greifkraft;
- Druckverteilung an der Kontaktfläche.

Diese Norm legt die Anforderungen an Messeinrichtungen zur Erfassung der Ankopplungskräfte fest, die bei der Bedienung handgehaltener und handgeführter Maschinen und von Stellelementen aufgebracht werden. Weiterhin wird die Durchführung der Messung der Ankopplungskräfte beschrieben.

Mit Hilfe der bei Arbeitsplatzmessungen ermittelten Kräfte wird eine ankopplungsabhängige Bewertung des Effektivwerts der frequenzbewerteten Beschleunigung a_{hw} oder des Schwingungsgesamtwerts a_{hv} vorgenommen. Diese Norm gilt daher in Ergänzung zu den geltenden Normen zur Messung und Beurteilung von Hand-Arm-Schwingungsbelastungen.

Bei der Ermittlung von Schwingungskennwerten von Maschinen kann diese Norm zur Messung von Kontrollparametern hinzugezogen werden.

2 Formelzeichen und Abkürzungen

Folgende Formelzeichen und Abkürzungen werden im Hauptteil dieser Norm verwendet:

a	Beschleunigung	c	Index Kontakt-
c	Ankopplungsfaktor	cp	Index Ankopplung-
F	Kraft	f	Index Vorschub-
N	Anzahl	g	Index führen
p_i	Druck auf Element i	gr	Index greifen
S	Oberfläche	hv	Index hand-arm-bewerteter Vektor
t	Zeit	hw	Index hand-arm-bewertet
T	Dauer	i	Index Summation
x, y, z	kartesische Koordinaten	l	Index Hebe-
α, β	Winkel	m	Index Mittelwert
δ, γ	Koeffizienten	max	Index maximal
		n	Index senkrecht
		pu	Index Andruck-

3 Parameter der Hand-Griff-Schnittstelle

3.1 Kontaktdruck

3.1.1 Flächenelement

Das Flächenelement $\vec{S}_i$ mit der Oberfläche S_i ist definiert als:

$$\vec{S}_i = S_i \cdot \vec{S}_{n,i} \quad (1)$$

mit dem Einheitsvektor $\vec{S}_{n,i}$ in senkrechter Richtung zum Flächenelement, siehe Bild 1.

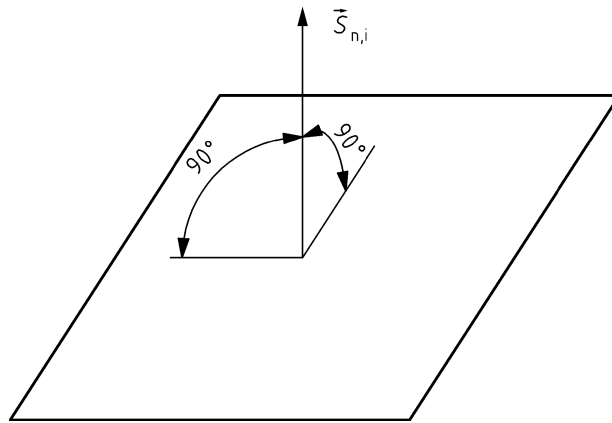


Bild 1 — Richtung des Flächenelementes S_i

3.1.2 Druck auf ein Flächenelement

Der Druck p_i , der auf ein Flächenelement $\vec{S}_i$ der Hautoberfläche der Hand wirkt, ist definiert als Verhältnis der senkrechten Komponente der Kontaktkraft des Flächenelementes $F_{c,i}$ (siehe 3.1.5) in der Mitte des Flächenelementes zur Oberfläche des Flächenelementes S_i :

$$p_i = \frac{F_{c,i}}{S_i} \quad (2)$$

ANMERKUNG 1 Die Druckwerte und die Flächenelemente sind gemeinsam zu dokumentieren.

ANMERKUNG 2 Abhängig von der Bedienungsperson, der Greifstelle, der Maschine und der Arbeitsaufgabe beträgt der Druck üblicherweise maximal $0,8 \text{ N/mm}^2$. Höhere Werte werden als schmerzhaft empfunden.

3.1.3 Druck-Mittelwert

Der Druck-Mittelwert p_m , der auf die Oberfläche der Hand an der Greifstelle zur Maschine wirkt, wird als mittlerer Druck berechnet:

$$p_m = \frac{\sum_{i=1}^N p_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^N S_i} \quad (3)$$

3.1.4 Maximaler Druck auf ein Flächenelement

Der maximale Druck auf ein Flächenelement $p_{\max}$ ist der höchste Druckwert, der an der Oberfläche der Hand zur Greifstelle der Maschine wirkt:

$$p_{\max} = \max\{p_i\} \quad (4)$$

3.1.5 Kontaktkraft des Flächenelementes

Die Kontaktkraft des Flächenelementes $F_{c,i}$ ist definiert als:

$$F_{c,i} = p_i \cdot S_i \quad (5)$$

Dabei ist

p_i der Druck auf das Flächenelement i ;

S_i ein Flächenelement an der Oberfläche der Haut.

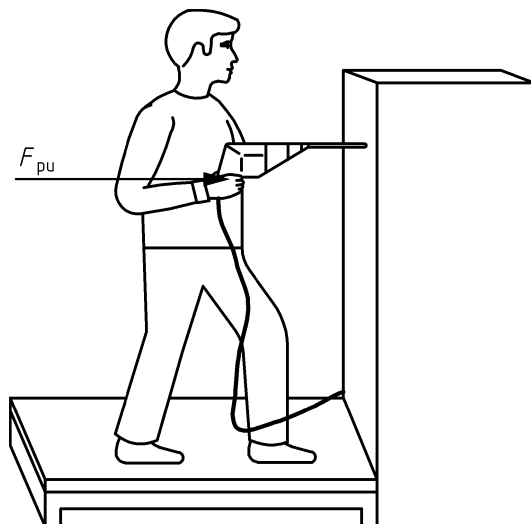
Die Richtung von $F_{c,i}$ ist senkrecht zur vibrierenden Oberfläche.

3.2 Andruckkraft

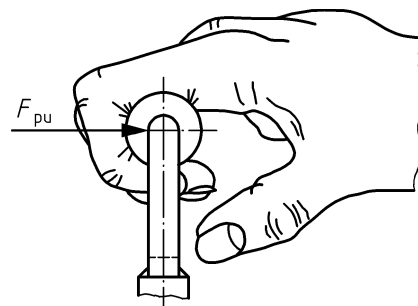
Die Andruckkraft ist die Kraft F_{pu} , die von der Bedienungsperson je Hand ausgehend auf die Maschine wirkt und nicht innerhalb der Ankopplungsfläche der Hand kompensiert wird. Beispiele siehe Bild 2.

ANMERKUNG 1 Im Weiteren wird für die Begriffe Andruckkraft und Zugkraft nur der Begriff Andruckkraft verwendet; dabei stellt die Zugkraft eine negative Andruckkraft dar.

ANMERKUNG 2 Die Andruckkraft ist als maßgebliche Kraft immer zu berücksichtigen.



a) Andruckkraft



b) Andruckkraft als Zugkraft

Bild 2 — Beispiele der Andruckkraft

3.3 Führungskraft

Die Führungskraft ist die Kraft F_g , die von der Bedienungsperson je Hand ausgehend auf die Maschine in einer horizontalen oder nahezu horizontalen Ebene senkrecht zur Andruckkraft wirkt und nicht innerhalb der Ankopplungsfläche der Hand kompensiert wird. Diese Kraft ist meist notwendig zum Halten oder Bewegen einer Maschine, eines Werkstückes oder eines Stellelementes. Ein Beispiel siehe Bild 3.

ANMERKUNG Die Führungskraft kann bei horizontalen Oberflächen niedrige Werte annehmen.

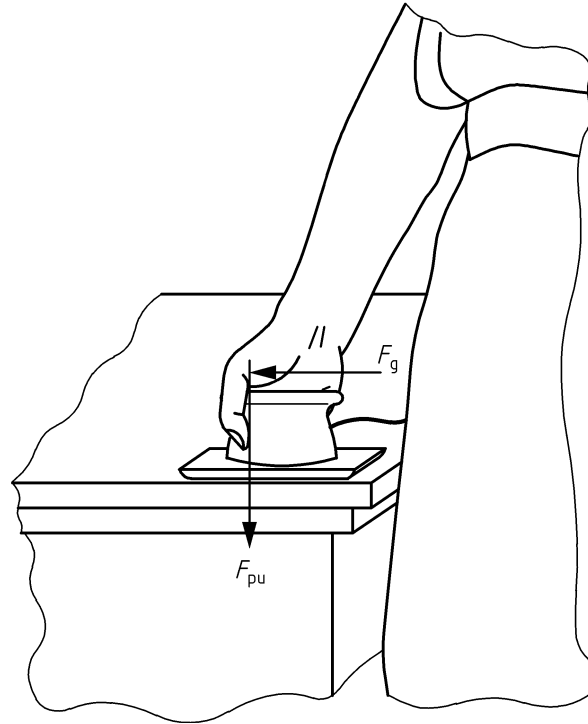


Bild 3 — Beispiel der Führungskraft

3.4 Hebekraft

Die Hebekraft ist die Kraft F_l zur Kompensation der Gewichtskraft der Maschine. Beispiele siehe Bild 4.

ANMERKUNG In einigen Fällen [siehe Bild 4 a)] kann der Wert der Hebekraft identisch mit der Andruckkraft sein.

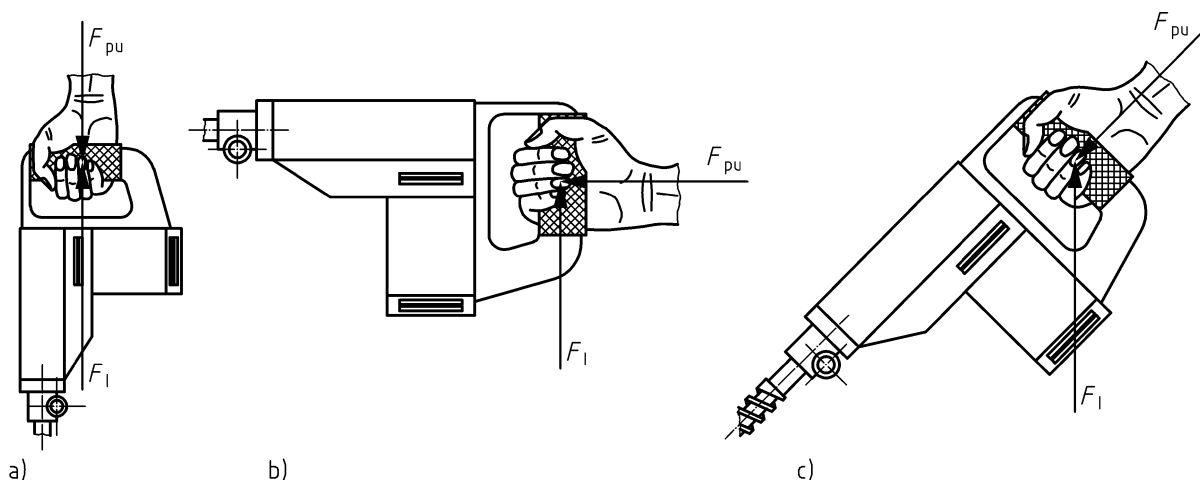


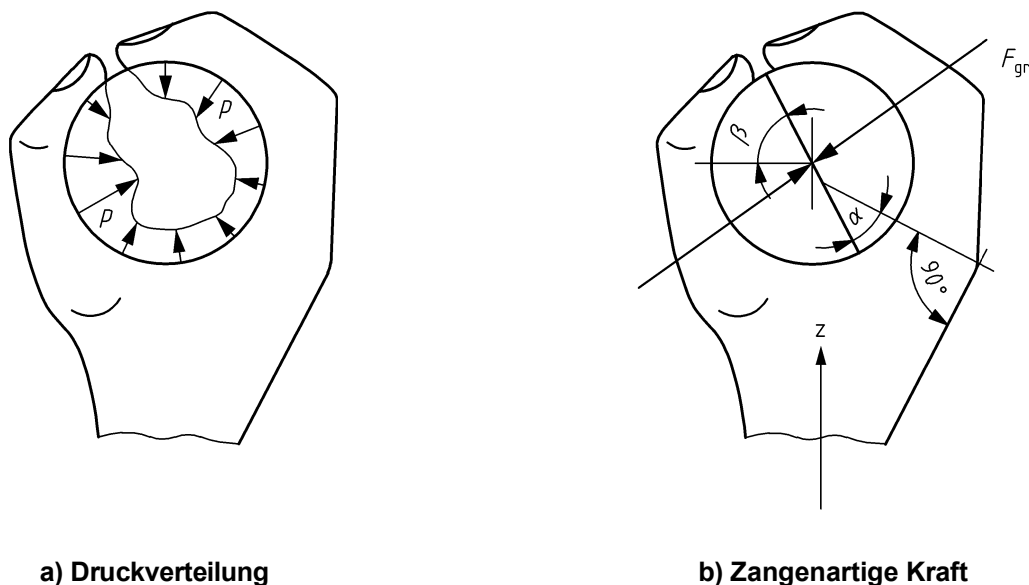
Bild 4 — Beispiele der Hebekraft

3.5 Greifkraft

Die Greifkraft F_{gr} ist die zangenartig wirkende Kraft, die von der Hand der Bedienungsperson beim Umschließen des Griffs ausgeübt und innerhalb der Hand durch die entgegengerichtet wirkende Greifkraft kompensiert wird. Sie ist die halbe Summe der Kontaktkräfte der Flächenelemente auf die Achse innerhalb des Griffes wirkend ohne die Anteile der Andruck-, Führungs- und Hebekräfte. Ein Beispiel siehe Bild 5.

ANMERKUNG 1 Umgreift die Bedienungsperson einen zylindrischen Griff, so ist die Greifkraft nahezu parallel zur z -Achse nach ISO 8727.

ANMERKUNG 2 Weil der Greifkontaktdruck üblicherweise ungleich um den Griff verteilt ist, wird die Größe der Greifkraft als Funktion zu einer Referenzachse oder Ebene festgelegt. Die Richtung der maximalen und minimalen Greifkraftwerte hängt von der Griffabmessung, Handgröße und Handhaltung ab. Zur Vereinfachung wird die Greifkraft in einer unterarmorientierten z -Achse, wie in Bild 5 b) dargestellt, für Messungen verwendet, bei denen sich der Unterarmwinkel nicht wesentlich ändert.



Legende

p Druck

α handorientierter Winkel der Teilungsebene

β maschinenorientierter Winkel der Teilungsebene

ANMERKUNG Die z -Achse verläuft entlang des Unterarmes.

Bild 5 — Beispiel der Greifkraft als zangenartig wirkende Kraft

3.6 Vorschubkraft

Die Vorschubkraft F_f ist diejenige Kraft, die die Maschine auf das Werkstück ausübt. Ein Beispiel siehe Bild 6.

ANMERKUNG In Bild 6 ist die Vorschubkraft F_f gleich der Summe der Andruckkräfte F_{pu} und der Gewichtskraft der Maschine. In Bild 2 a) ist die Vorschubkraft F_f betragsmäßig gleich der Andruckkraft F_{pu} .

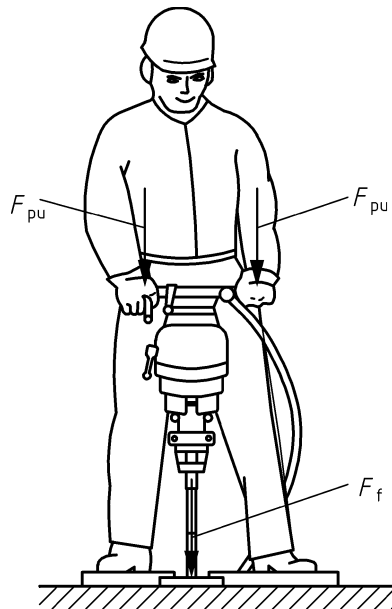


Bild 6 — Beispiel der Vorschubkraft

3.7 Kontaktkräfte

Im Allgemeinen sind die Kontaktkräfte die tatsächlich wirkenden Kräfte zwischen der schwingenden Oberfläche des Griffes und der Hand. Sie sind die Elementkräfte, integriert über die Kontaktfläche. Es sind vektorielle Kräfte, die senkrecht und tangential zur Griffoberfläche wirken. Die tangentialen Kräfte werden aufgrund der Messschwierigkeiten im Weiteren nicht in Betracht gezogen. Die Kontaktkraft kann den Mittelwert der Druckverteilung darstellen, liefert jedoch keine Informationen über die Verteilung, aus der z. B. Drehmomente oder Reibungskräfte ermittelt werden können (siehe 3.9).

Diese Norm beschränkt sich auf die senkrecht zur Griffoberfläche stehenden Kraftkomponenten der Kontaktkraft F_c , welche hauptsächlich für die Übertragung der mechanischen Schwingungen auf die Hand verantwortlich sind. Ein Beispiel siehe Bild 7.

Die Kontaktkraft kann durch Integration der gemessenen Druckverteilung zwischen der Hand und dem Griff bestimmt werden. Untersuchungen haben gezeigt, dass die statische Kontaktkraft durch eine lineare Verknüpfung der Andruckkraft F_{pu} und der Greifkraft F_{gr} beschrieben werden kann:

$$F_c = \delta F_{gr} + \gamma F_{pu} \quad (6)$$

Dabei sind δ und γ Koeffizienten und F_{gr} die wie in Bild 5 b) ermittelte Greifkraft.

ANMERKUNG 1 Für zylindrische Griffe mit einem Durchmesser von 30 mm bis 50 mm wurde der Koeffizient δ als etwa 3 und γ als etwa 1 ermittelt. Der Koeffizient δ der Greifkraft tendiert für kleinere Griffdurchmesser zu höheren Werten.

ANMERKUNG 2 Gleichung (6) differiert für Griffe mit unterschiedlichen Konturen und Größen, und wenn die Finger den Daumen überlagern.

ANMERKUNG 3 Biodynamische Effekte der Kontaktkräfte zu einer Maschine werden in Anhang B erläutert.