

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

VERBAND DER  
ELEKTROTECHNIK  
ELEKTRONIK  
INFORMATIONSTECHNIK

Antriebe in der Handhabungs- und Montagetechnik  
Auswahlkriterien und Energieeffizienz  
in linearen Einzelbewegungen

VDI/VDE 3548  
Blatt 1  
Entwurf

Drives in handling and assembly technology –  
Selection criteria and energy efficiency in linear  
individual movements

*Einsprüche bis 2018-03-31*

- *vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchportal  
<http://www.vdi.de/einspruchportal>*
- *in Papierform an  
VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik  
Fachbereich Mechatronik, Robotik und Aktorik  
Postfach 10 11 39  
40002 Düsseldorf*

Inhalt	Seite
Vorbemerkung .....	2
Einleitung .....	2
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	2
<b>2 Formelzeichen und Abkürzungen</b> .....	3
<b>3 Technologische Lösungsansätze</b> .....	4
3.1 Pneumatische Antriebe .....	5
3.2 Elektrische Antriebe .....	5
<b>4 Kriterien für die Auswahl von Antrieben</b> .....	8
4.1 Technische Kriterien .....	8
4.2 Wirtschaftliche Kriterien .....	10
4.3 Entscheidungsunterstützung beim Arbeiten mit der Tabelle .....	11
<b>5 Energetische Betrachtung</b> .....	11
5.1 Systemgrenzen .....	11
5.2 Dynamisches Betriebsverhalten .....	13
5.3 Parametrierbares Bewegungsprofil .....	13
5.4 Bewertungsgröße Antriebseffizienz .....	14
<b>6 Berechnung der Energieaufnahme</b> .....	15
6.1 Pneumatische Systeme .....	15
6.2 Elektrische Systeme .....	17
<b>Anhang A</b> Berechnungsbeispiele .....	20
A1 Bewegung mit Endlagenkraft .....	20
A2 Bewegung ohne Endlagenkraft .....	22
<b>Anhang B</b> Entscheidungsmatrix zur Unterstützung der Antriebsauswahl .....	27
Schrifttum .....	28

VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)  
Fachbereich Mechatronik, Robotik und Aktorik

## Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/3548](http://www.vdi.de/3548).

## Einleitung

Der Einsatz vollautomatisierter Systeme zur Handhabung, Transport und Montage (HTM) an einem Hochlohnstandort ist schon seit vielen Jahren Stand der Technik. Bekanntestes Beispiel dieser HTM-Systeme sind flexible Industrieroboter, die inzwischen in großen Stückzahlen im Einsatz sind.

Weniger bekannt, aber von der Stückzahl bedeutender sind HTM-Antriebe aus den Konstruktionsbaukästen im Sondermaschinenbau. Damit werden ähnliche Bewegungsvorgänge realisiert – von einfachsten Transportvorgängen bis hin zu sehr speziellen Bewegungsaufgaben, die sich allesamt mit Standard-Industrierobotern nicht wirtschaftlich lösen lassen.

Solche Systeme arbeiten mit pneumatischer oder elektrischer Energie. Diese unterschiedlichen Ansätze haben Vor- und Nachteile – abhängig vom jeweiligen Einsatzfall.

Vor Beginn einer rechnerischen und konstruktiven Lösung einer gegebenen Bewegungsaufgabe innerhalb einer Sondermaschine stellt sich stets zuerst die Frage, ob ein pneumatischer oder ein elektrischer Antrieb eingesetzt werden soll.

Die gewählten Lösungen unterscheiden sich jedoch je nach Anwendungsfall und Betriebsstrategie erheblich. Getrieben durch das parallele Engineering des mit der Sondermaschine zu fertigenden Produkts oder die Notwendigkeit zur Beherrschung ungeplanter mechanischer Toleranzen ergibt sich in vielen Fällen erst zu einem sehr späten Zeitpunkt die Forderung, eine bereits realisierte Lösung zu überarbeiten. Somit muss diese Lösung in erheblichem Maße flexibel ausgeführt sein.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Energiebedarf und der Aufwand für Inbetriebnahme, Wartung und Instandhaltung über die gesamte Lebensdauer der Sondermaschine.

Energetische Untersuchungen typischer industrieller Antriebe wurden bisher vor allem in der Gruppe der sogenannten Kraft- und Arbeitsmaschinen durchgeführt – Pumpen, Lüfter und Verdichtersysteme. Transport- und Fertigungsantriebe wurden dagegen nur selten behandelt.

Diese Richtlinie soll somit dem Praktiker einen schnellen Weg aufzeigen, welche Antriebstechnologie sinnvoll ist. Dabei werden qualitative Kriterien der Aufgabe ebenso berücksichtigt wie die für die Bewegung erforderliche elektrische Energie. Dies ersetzt keine detaillierte Berechnung, gibt aber zeitsparend wertvolle Hinweise auf den passenden Lösungsweg.

Diese Richtlinie beschränkt sich auf die Beschreibung der Auswahlkriterien und der Festlegung energetischer Größen für industriell eingesetzte Antriebe der Handhabungs- und Montagetechnik, der Klassifikation technologischer Lösungen sowie deren Berechnung. Die Darstellung wird ergänzt um eine Tabelle als Entscheidungshilfe und durch umfangreiche Berechnungsbeispiele.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie vergleicht Antriebstechnologien für lineare Bewegungen mit einem Freiheitsgrad. Betrachtet werden dabei elektrische Synchronservomotoren und pneumatische Zylinder.

Mögliche Lösungen unterscheiden sich in ihrer Flexibilität hinsichtlich Änderungen der Bewegungsaufgabe, in den Investitions- und Betriebskosten sowie in ihrer jeweiligen Energieaufnahme. Zur Ermittlung der Energieaufnahme wird ein standardisiertes Bewegungsprofil definiert, das vom Anwender durch Parametrierung an die gegebene Bewegungsaufgabe angepasst werden kann. Um die Berechnung der benötigten Antriebsenergie im ersten Schritt für den Anwender zu vereinfachen, werden die nachfolgenden Maßnahmen zur Energieeinsparung außer Acht gelassen:

- bei elektrischen Systemen:
  - Kopplung der Zwischenkreise bei Mehrachsbetrieb (Energieaustausch zwischen mehreren Achsen)
  - rückspeisefähige Versorgungseinheiten (bei Mehrachsbetrieb und Vertikalachsen mit größerer Leistung empfehlenswert)