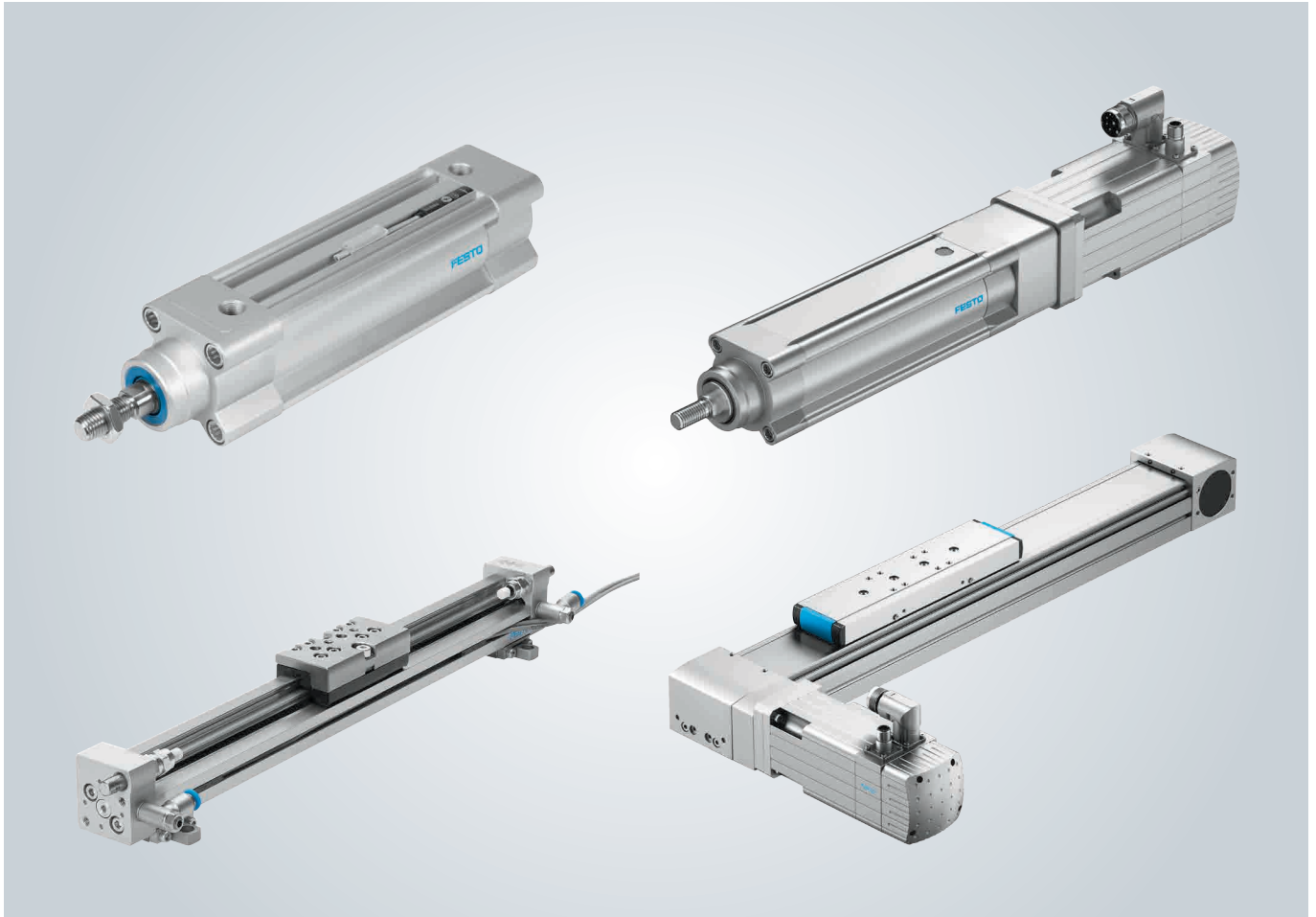


# White Paper: Pneumatik oder Elektrik – wichtige Kriterien bei der Technologieentscheidung



Die Anforderungen an moderne Produktionsanlagen werden immer vielschichtiger. Deshalb müssen die charakteristischen Eigenschaften der eingesetzten Antriebstechnik optimal zu den Aufgaben passen, die sich stellen. Für die Realisierung von linearen Bewegungen im Bereich der Automatisierungs- und Handhabungstechnik werden meist pneumatische oder elektrische Antriebe eingesetzt. Während der Planung und Konstruktion von Maschinen und Anlagen stehen Ingenieure deshalb häufig vor der Herausforderung, für eine bestimmte Applikation eine möglichst optimale Lösung zu finden. Was es dabei zu beachten gilt, beschreibt dieses White Paper.

## Einführung

Zur Umsetzung einer Automatisierungsaufgabe stehen dem Maschinenbauer in der Regel verschiedene pneumatische und elektromechanische Automatisierungslösungen zur Verfügung. Allgemeingültige Aussagen wann welche Technologie typischer Weise eingesetzt wird, gibt es nicht. So steht der Anwender häufig vor der Frage, welche Automatisierungstechnologie für seine individuellen Anforderungen technisch und wirtschaftlich die optimale Wahl ist. Auch existieren innerhalb einer Antriebstechnologie zusätzlich noch verschiedene Bau- und Antriebsformen, die der Anwender ebenfalls berücksichtigen

muss. Grundsätzlich spielen bei dieser Entscheidung Kriterien wie Dynamik, Kraft, Regelbarkeit, Laststeifigkeit und vor allem auch Wirtschaftlichkeit eine wichtige Rolle. Diese Kriterien werden im Folgenden kurz diskutiert.

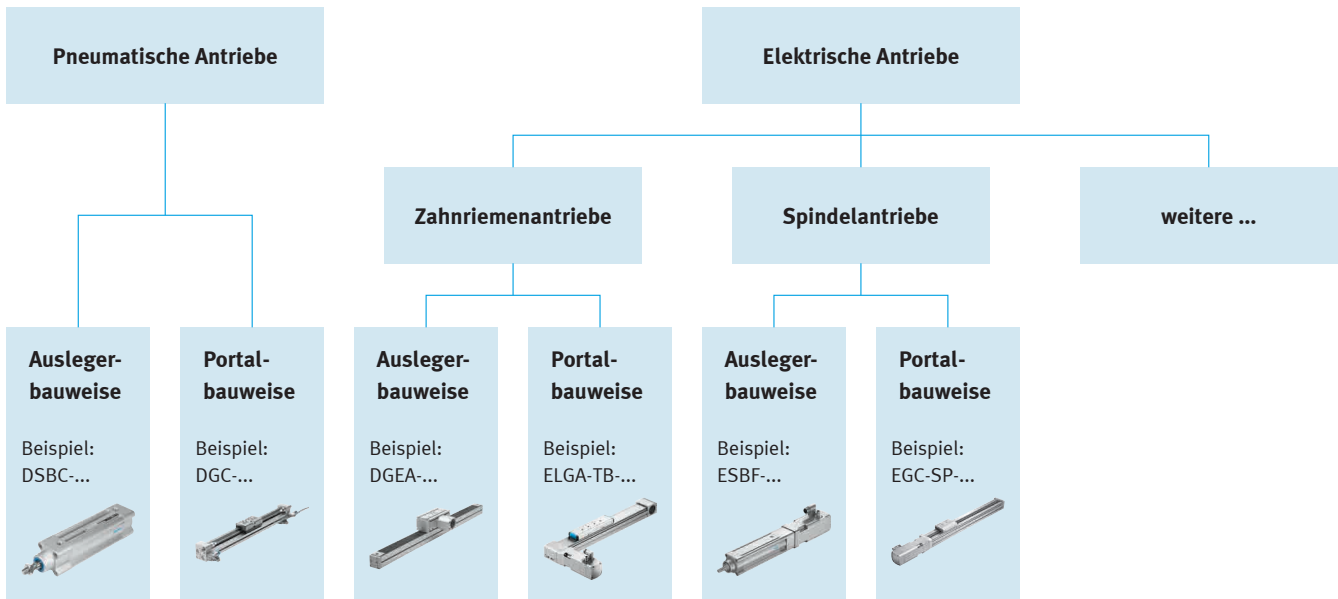


Abbildung 1: Übersicht über verschiedene Bau- und Antriebsformen pneumatischer und elektrischer Antriebe

### Typische Achstechnologien elektrischer Antriebe

Elektrische Antriebe gibt es in unterschiedlichsten Ausführungen. In der Regel muss die rotative Bewegung des Motors durch eine Mechanik in eine Linearbewegung umgewandelt werden.

Es gibt auch elektrische Direktantriebe (Linearmotoren), die eine Linearbewegung ohne zusätzliche Mechanik erzeugen können. Spindel- und Zahnriemenantriebe sind in der Praxis die deutlich weiter verbreiteten Linearantriebe.

### Pneumatik: Mechanik und Antrieb in einem

Bei pneumatischen Antrieben gibt es keine solche Trennung zwischen Mechanik und Antrieb. Die Mechanik eines pneumatischen Zylinders realisiert gleichzeitig die Antriebsfunktion. Dies führt dazu, dass die Pneumatik einen deutlich kleineren Bauraum beansprucht. Dadurch eignet sich Pneumatik sehr gut für Anwendungen, bei denen der Platzbedarf eine zentrale Rolle spielt.

### Zwei oder mehrere Positionen?

Viele industrielle Anwendungen erfordern das zyklische Verfahren zwischen zwei festgelegten Punkten. Dies ist ein typischer Anwendungsfall für pneumatische Antriebe, da diese mit geringem Aufwand eine einfache Punkt-zu-Punkt-Bewegung realisieren können.

Sollen mehr als 2 (oder 3) Positionen angefahren werden, setzt man häufig elektrische Antriebssysteme ein. Diese können fast beliebig viele Zwischenpositionen anfahren und somit auch komplexere Bewegungsabläufe realisieren.



Abbildung 2: Spindel- und Zahnriemenmechaniken inkl. Führung für elektrische Linearantriebe

### **Dynamik, Kraft oder beides?**

Je nach Bauform können elektrische Antriebe sowohl hohe Dynamiken als auch große Kräfte erzeugen. In den Extrembereichen übertreffen sie auch ihre pneumatischen Pendanten. Dies wird durch den Einsatz unterschiedlicher mechanischer Übersetzungen erreicht – allerdings mit der Folge, dass Dynamik und Kraft direkt zusammenhängen. So können z. B. große Kräfte nur auf Kosten der Dynamik (und umgekehrt) realisiert werden. Spindeltriebe z. B. eignen sich besonders für hohe Kräfte bei kleinen bis mittleren Geschwindigkeiten, Zahnriemenantriebe bieten hohe Dynamiken auf Kosten der maximalen Kräfte.

Betrachtet man Dynamik und Kraft getrennt voneinander, besitzen pneumatische Antriebe zwar nicht so hohe Leistungswerte, jedoch bieten sie in vielen Anwendungsbereichen ein hervorragendes Verhältnis aus Kraft und Dynamik, das insbesondere in Kombination mit dem benötigten Bauraum den elektrischen Antrieben überlegen ist. Aus diesem Grund ist die Pneumatik sehr gut geeignet, wenn eine hohe Leistungsdichte gefragt ist.

### **Dauerkräfte sind eine Domäne der Pneumatik**

Lineare Verfahrensvorgänge lassen sich vereinfacht in zwei Phasen aufteilen: Die Bewegung selbst und eine Halteaufgabe am Ende des Hubs. Je nachdem, wie wichtig der jeweilige Anteil für die Lösung der Aufgabe ist, kann auch dies ein Hinweis auf die geeignete Antriebstechnologie sein. Während reine Bewegungsaufgaben sehr effizient von elektrischen Antrieben ausgeführt werden, sind pneumatische Antriebe aufgrund ihres technischen Wirkprinzips prädestiniert, Dauerkräfte aufzubringen und diese beliebig lange aufrecht zu erhalten. So ist die Pneumatik bei hohen Dauerkräften oder langen Haltezeiten die erste Wahl.

### **Gute Regelbarkeit spricht für die Elektrik**

Erfordert eine Anwendung eine freie Positionierung oder sind spezielle Beschleunigungen und Geschwindigkeiten zwingend vorgeschrieben, werden gewöhnlich elektrische Antriebe eingesetzt. Aufgrund ihrer guten Regelbarkeit sind diese flexibel an unterschiedlichste Anforderungen adaptierbar. Im Gegensatz zur Standardpneumatik können sie auch beliebig viele Zwischenpositionen anfahren.

Soll Druckluft aus bestimmten Gründen eingesetzt werden, wie zum Beispiel EMV oder Ex-Schutz, ist Servopneumatik eine interessante Alternative. Diese erweitert die Standardpneumatik um ein Wegmesssystem, ein Proportionalventil und einen Positioniercontroller. Damit stellt Servopneumatik ebenfalls ein geregeltes System dar, das frei positionieren und detaillierte Fahrprofile realisieren kann.

### **Laststeif oder nachgiebig?**

Zusätzlich zu speziellen Fahrprofilen kann eine Applikation auch eine hohe Laststeifigkeit oder ein gewollt nachgiebiges System erfordern. Da elektrische Positionierantriebe im Allgemeinen im Closed-Loop betrieben werden, wird direkt auf Abweichungen im Sollverlauf reagiert und nachgeregelt. Trotz zusätzlichen externen Belastungen folgen elektrische Antriebe in der Regel damit ihrer vorgegebenen Trajektorie.

Pneumatische Antriebe hingegen können auch bei hohen Dauerkräften nachgiebig auf äußere Einflüsse reagieren – und stecken damit auch Überbelastungen gewöhnlich zerstörungsfrei weg. Diese Eigenschaft kann man ebenfalls nutzen, um Schock- oder Schlagbelastungen abzufangen, die andere Antriebsarten auf Dauer zerstören würden.

### **Elektrische Systeme erfordern Fachpersonal**

Einer der Hauptunterschiede zwischen pneumatischer und elektrischer Antriebstechnik liegt im eigentlichen Systemaufbau und der damit verbundenen Komplexität. Pneumatische Systeme sind einfach aufgebaut und punkten dadurch mit einfacher Handhabung vom Einbau über die Inbetriebnahme bis hin zu Betrieb und Wartung.

Elektrische Systeme sind zwar ebenfalls seit vielen Jahrzehnten Stand der Technik. Es ist jedoch unbestritten, dass die Inbetriebnahme aufwendiger ist und Fachpersonal mit höherem technischem Know-how verlangt. Dies spielt nicht nur beim Anlagenbauer selbst eine wichtige Rolle, sondern auch beim Kunden, der die Anlage später betreiben und warten muss.

### Wirtschaftlichkeit im Vergleich

Die Wirtschaftlichkeit einer Lösung ist letztendlich von besonderem Interesse. Betrachtet man die Anschaffungskosten, fällt auf, dass pneumatische Lösungen im Vergleich zu elektrischen meist einen deutlich geringeren Invest erfordern. Dazu kommt der bereits angesprochene Punkt, dass pneumatische Systeme schnell und einfach aufgebaut und in Betrieb genommen werden können.

Neben den Anschaffungskosten sind jedoch auch die Betriebskosten nicht zu vernachlässigen. Speziell die Energiekosten stellen häufig einen zentralen Baustein der TCO's (Total Cost of Ownership) eines Systems dar.

Besonders bei reinen Bewegungsaufgaben sind elektrische Antriebe eine energieeffiziente Option. Zudem haben sie einen belastungsabhängigen Energieverbrauch.

Druckluft hingegen wird häufig als eine eher teure Energieform wahrgenommen. Allerdings kennen nur wenige Kunden die (absoluten) Energieverbräuche ihrer pneumatischen Aktoren. Somit fehlen ihnen die Entscheidungskriterien darüber, ob eine Alternativlösung wirtschaftlicher sein könnte. Eine Herausforderung ist auch der richtige Einsatz und die richtige Dimensionierung der pneumatischen Systeme, da diese Punkte den Grundstein für einen effizienten Einsatz der Pneumatik darstellen.

Einen einfachen Anhaltspunkt in Hinsicht auf die Effizienz eines elektrischen oder pneumatischen Antriebssystems liefert das 2012 abgeschlossene Forschungsprojekt EnEffAH („Energieeffizienz in der Produktion im Bereich Antriebs- und Handhabungstechnik“, ein Verbundprojekt im Rahmen des 5. und 6. Energieforschungsprogramms der deutschen Bundesregierung). Hierbei wird vor allem deutlich, dass die Elektrik große Hübe bei kurzen Haltedauern sehr effizient bewältigt und die Pneumatik kurze Hübe mit Halteaufgaben bevorzugt.

Je kleiner die Hublänge,  
je größer die Endlagenkraft und  
je länger die Haltedauer,  
**desto effizienter ist pneumatische  
Antriebstechnologie.**

Je größer die Hublänge,  
je geringer die Endlagenkraft und  
je kürzer die Haltedauer,  
**desto effizienter ist elektrische  
Antriebstechnologie.**

Abbildung 3: Aussagen zur Energieeffizienz pneumatischer und elektrischer Antriebe (Quelle: EnEffAH)

Die Beantwortung der Frage nach der wirtschaftlicheren Technologie ist also abhängig von der jeweiligen Anwendung. Allerdings lassen sich grundsätzliche Tendenzen in punkto Effizienz der Antriebe häufig auf die Wirtschaftlichkeit übertragen. Eine eindeutige und belastbare Antwort auf die Technologiefrage kann jedoch nur eine detaillierte Untersuchung liefern, welche die speziellen Einsatzbedingungen berücksichtigt.

### Fazit: Die Anwendung entscheidet!

Die Entscheidung für oder gegen eine Technologie ist eine multi-kriterielle Entscheidung. Die hier betrachteten Kriterien stellen nur einen Auszug dar. Aufgrund der teilweise deutlich unterschiedlichen Charakteristika von Pneumatik und Elektrik sind pauschale Aussagen, welches die beste Technologie ist, nicht möglich. Es ist also wichtig, die Problemstellung und die dazugehörigen Randbedingungen in den Fokus zu stellen und erst dann die am besten geeignete Lösung auszuwählen. Nur so kann eine technisch und wirtschaftlich optimale Lösung gefunden werden.

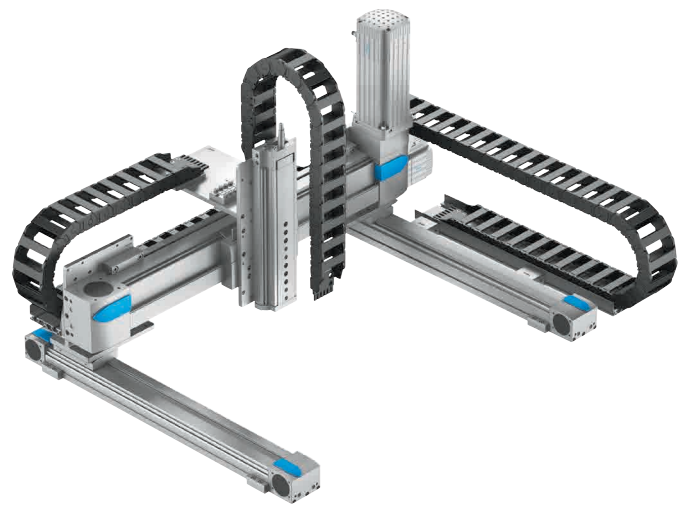


Abbildung 4: „Best of both Worlds“ – flexible elektrische Positionierantriebe für X- und Y-Bewegungen, kompaktbauender Pneumatikantrieb mit hoher Leistungsdichte für die Z-Achse

In vielen Fällen kann auch eine sinnvolle Kombination beider Technologien die optimale Lösung sein. Ein Beispiel sind Raumportale. Während hier die X- und Y-Bewegungen eine flexible Positionierung erfordern und somit elektrische Antriebe sehr gut geeignet sind, kann bei Z-Achsen die Pneumatik ihre Stärken wie geringes Gewicht, hohe Leistungsdichte, kompakte Bauform voll ausspielen. Somit lautet das Thema eigentlich nicht „entweder/oder“ sondern eher „Best of both worlds!“.

## Welche Technologie eignet sich für welche Applikation?

### Eine schnelle Übersicht

Ob pneumatische oder elektrische Antriebe: beide Technologien haben ihre Stärken und Schwächen. Deshalb muss man technische und wirtschaftliche Kriterien abwägen – und je nach Anwendung die geeignete Lösung finden. Die folgende Tabelle gibt einen kurzen Überblick über die wichtigsten Ausprägungen:

Kriterium	Standardpneumatik	Servopneumatik	Elektrische Spindelantriebe	Elektrische Zahnriemenantriebe
Anzahl Positionen	2–3	beliebig	beliebig	beliebig
Dynamik	++	++	+	+++
Kraft	++	++	+++	+
Genauigkeit	+	+	+++	+
Flexibilität	–	++	+++	+++
Leistungsdichte	+++	+++	+	+
Einfachheit (niedrige Komplexität)	+++	+	+	+
EMV/Ex-Schutz	+++	+++	–	–
Laststeifigkeit	–	+	+++	++
Anschaffungskosten	+++	++	–	+
Betriebskosten	+	+	+++	+++
Wirtschaftlichkeit	Keine allgemeine Aussage möglich, da stark unterschiedlich (je nach Anwendung)			

Tabelle 1: Ausprägung wichtiger Auswahlkriterien

### Quellen:

- Forschungsprojekt EnEffAH; [www.eneffah.de](http://www.eneffah.de) (Abruf am 14.07.2016)
- Bildmaterial Festo AG & Co. KG

### Herausgeber/Autor:

Festo AG & Co. KG  
Daniel Ditterich  
Innovation and Technology  
Management  
E-Mail:  
[daniel.ditterich@festo.com](mailto:daniel.ditterich@festo.com)

### Ihr lokaler Ansprechpartner:

Ihren lokalen Ansprechpartner finden Sie auf der Festo Webseite Ihrer Landesgesellschaft.