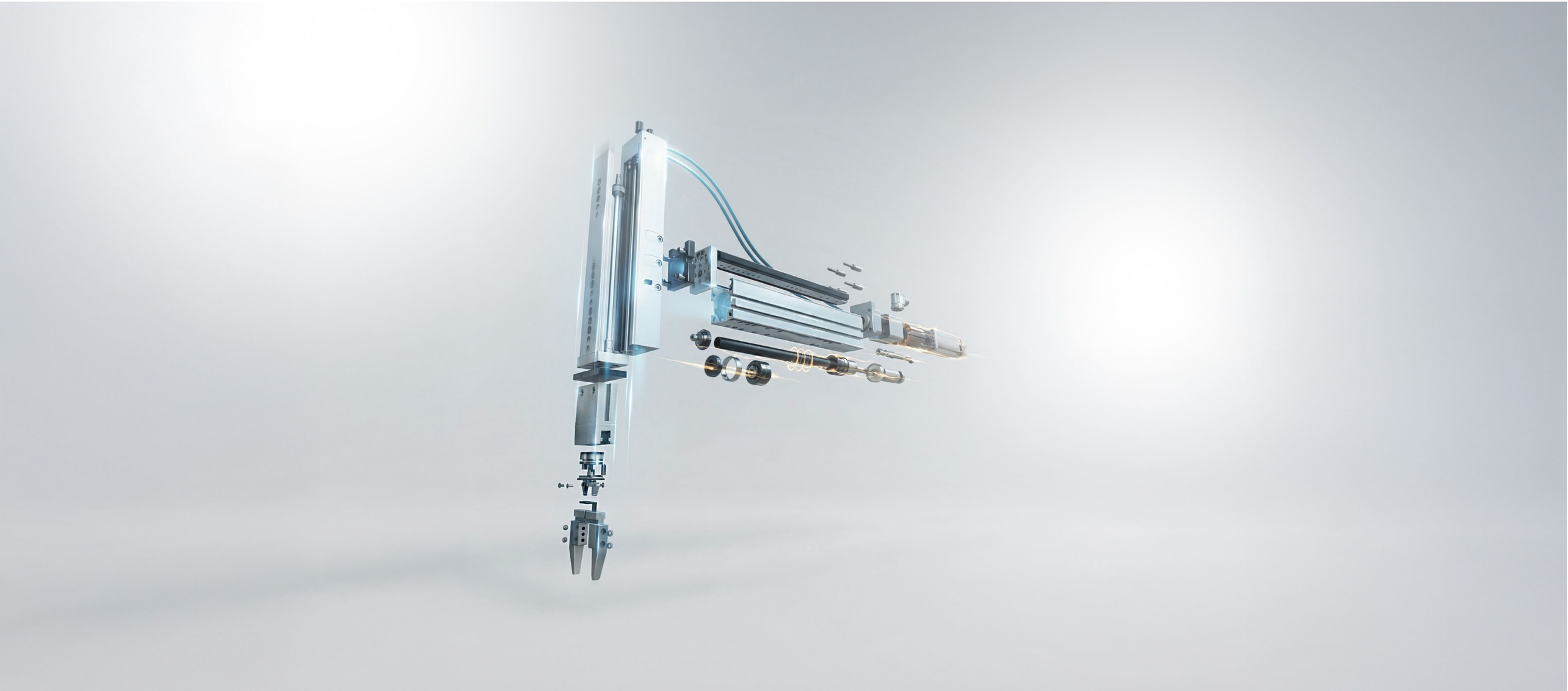
Pneumatik oder Elektrik in der Fabrikautomatisierung

Entscheidungskriterien für die am besten geeignete Antriebstechnologie



Pneumatik oder Elektrik in der Fabrikautomatisierung

Entscheidungskriterien für die am besten geeignete Antriebstechnologie

In modernen Fertigungsanlagen stehen Konstrukteure und Automatisierungsingenieure regelmäßig vor der Frage, welche Antriebstechnologie für eine bestimmte Bewegungsaufgabe die optimale Wahl ist: pneumatische oder elektrische Antriebe? Beide Technologien sind in der Fabrikautomatisierung fest etabliert – mit jeweils eigenen Stärken. Pneumatikzylinder gelten als robust, einfach und kostengünstig, während elektrische Servoantriebe durch Präzision, Flexibilität und Energieeffizienz überzeugen. Die Wahl der passenden Antriebstechnik wirkt sich unmittelbar auf Leistung, Effizienz und Wirtschaftlichkeit einer Anlage aus.

Eine einfache Antwort auf die Frage „Pneumatik oder Elektrik – was ist besser?“ gibt es allerdings nicht. Die optimale Lösung hängt stets von den konkreten Anforderungen der Anwendung ab. Dieses Whitepaper vergleicht die beiden Antriebstechnologien und ihre Varianten systematisch. Es erläutert die wichtigsten Entscheidungskriterien und zeigt anhand typischer Branchenbeispiele, welche Aspekte in der Praxis besonders relevant sind. Ziel ist es, Planern, Anwendern und technischen Entscheidern fundierte und praxisnahe Orientierung zu bieten – damit für jede Aufgabe die technisch und wirtschaftlich beste Lösung gefunden werden kann.

Inhalt

Pneumatische und elektrische Antriebstechnologie

Bewertungskriterien für den Technologievergleich

Pneumatik oder Elektrik

Branchen im Fokus

Die richtige Auswahl treffen



Pneumatische und elektrische Antriebstechnologie

Funktionsweise, Eigenschaften und typische Einsatzprofile

Bevor die Vor- und Nachteile der beiden Technologien bewertet werden können, lohnt sich ein genauer Blick auf die Funktionsweise und typischen Ausprägungen pneumatischer und elektrischer Antriebe.

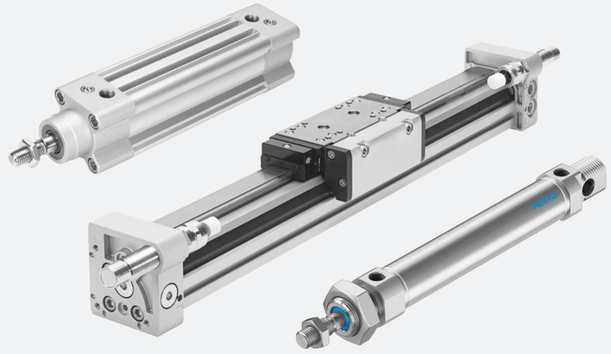
Pneumatische Antriebe – Standard und Servo

Pneumatische Antriebe nutzen als Energieträger komprimierte Luft. In einem Zylinder wirkt die Druckluft auf einen Kolben, die entstehende Kraft erzeugt eine lineare Bewegung und in der Endlage eine Presskraft. Standard-Pneumatikzylinder werden typischerweise von Endlage zu Endlage betrieben (komplett ein- und ausgefahren) und sind wegen ihres einfachen Aufbaus sehr zuverlässig. Sie bestehen aus wenigen Bauteilen, was die Technologie robust, wartungsarm und relativ einfach zu handhaben macht. Pneumatik ist in vielen Industriezweigen weit verbreitet, beispielsweise zum schnellen Bewegen von Werkstücken, zum Spannen, Klemmen oder Pressen.

Ein großer Vorteil: Ist ein Werkstück einmal in Position gebracht (z.B. durch einen Spannzylinder), benötigt der Pneumatikantrieb keine weitere Energiezufuhr, um die Kraft aufrechtzuerhalten. Diese Eigenschaft prädestiniert Pneumatikzylinder für Aufgaben wie das Halten und Fixieren, bei denen elektrische Antriebe oft dauerhaft Strom verbrauchen, um die Last zu halten .

Wegen ihrer Einfachheit haben Standard-Pneumatikzylinder aber auch Einschränkungen. Ohne spezielle Maßnahmen bewegen sie sich im Wesentlichen zwischen den Endlagen; Zwischenpositionen oder präzise Geschwindigkeitsprofile sind mit klassischer Pneumatik nur durch zusätzliche Ventiltechnik oder weitere Komponenten möglich. Zudem ist die komprimierbare Luft als Antriebsmedium mit einer gewissen Nachgiebigkeit verbunden – Bewegungen erfolgen „weich“, was Stöße dämpfen kann, aber die Positioniergenauigkeit mindert.

Um die Steuerbarkeit klassischer Pneumatiksysteme zu verbessern, wurde die Servopneumatik entwickelt. Darunter versteht man geregelte pneumatische Antriebe, die Sensorik (z.B. Wegaufnehmer am Zylinder) und elektrische Proportionalventile kombinieren, um Positionen stufenlos anfahren und Kräfte regeln zu können. Die Servopneumatik verbindet gewissermaßen die Vorteile beider Welten: Sie ermöglicht Zwischenpositionen und sanftes Abbremsen durch gesteuertes Gegenbelüften, sodass der Zylinder stoßfrei anhalten kann. Dadurch sind freies Positionieren und sogar einfache Bahnprofile realisierbar. Gleichzeitig bleiben typische Pneumatik-Stärken erhalten – die Aktuatoren arbeiten weiterhin mit Luft und bringen keine Abwärme in den Prozess ein, zudem bleibt die inhärente Nachgiebigkeit erhalten, was bei empfindlichen Werkstücken vorteilhaft sein kann.



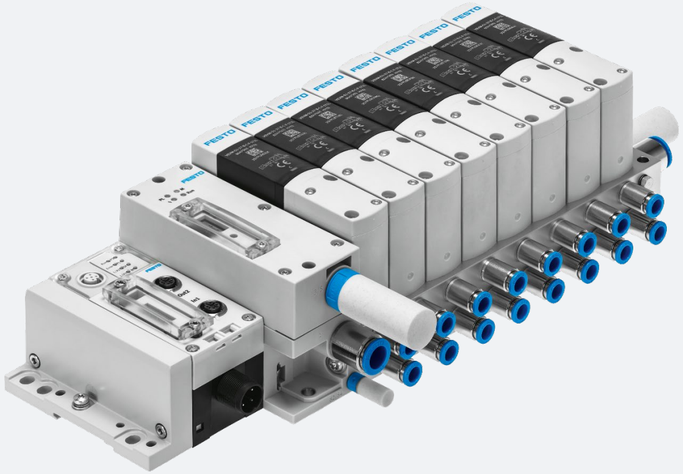
01 Typische pneumatische Antriebe

Pneumatische und elektrische Antriebstechnologie

Funktionsweise, Eigenschaften und typische Einsatzprofile

Servopneumatische Achsen entfalten ihr Potenzial besonders, wenn geringe Massen mit sehr hohen Geschwindigkeiten bewegt werden sollen, oder wenn während eines Prozesses schnell zwischen Positionier- und Kraftsteuerung umgeschaltet werden muss (beispielsweise beim Einpressen). Allerdings erfordert Servopneumatik zusätzliche Komponenten (Ventilregelung, Messsystem, Steuerung) und ist in Anschaffung und Integration teurer und komplexer als Standardpneumatik. Sie wird daher oft gezielt für spezielle Anwendungen eingesetzt, in denen der Funktionsumfang klassischer Pneumatik nicht ausreichend ist, aber eine voll elektrische Lösung nicht wirtschaftlich oder notwendig erscheint.

So hat z.B. Festo mit dem Motion Terminal VTEM eine Plattform geschaffen, bei der per Software (Apps) unterschiedliche pneumatische Funktionen umgesetzt werden – von einfachen Schaltventilen bis zu komplexen Proportional-Regelungen – ohne dass Hardware umgebaut werden muss . Diese Digitalisierung erhöht die Prozesssicherheit und Flexibilität pneumatischer Systeme enorm, da Einstellungen reproduzierbar per Software erfolgen und Formatwechsel oder Taktzeitoptimierungen schnell umgesetzt werden können. Solche Entwicklungen zeigen, dass die Pneumatik weiterhin mit neuen Ideen zukunftsfähig gemacht wird.



02 Servopneumatik mit dem Festo Motion Terminal VTEM

Pneumatische und elektrische Antriebstechnologie

Funktionsweise, Eigenschaften und typische Einsatzprofile

Elektrische Antriebe – Spindel, Zahnriemen und Co.

Elektrische Antriebe wandeln elektrische Energie mittels Motoren in mechanische Bewegung um. In der Fabrikautomatisierung dominieren elektromechanische Linearantriebe, bei denen ein rotierender Servomotor oder Schrittmotor über ein Mechaniksystem eine lineare Bewegung erzeugt. Typische Bauformen sind:

Spindelantriebe (Kugelgewindetriebe): Ein Motor treibt eine Gewindespindel an, die in einer Mutter eine lineare Bewegung verursacht. Kugelgewindetriebe bieten hohe Positioniergenauigkeit und Wiederholgenauigkeit sowie hohe Kraftübersetzung durch das Gewinde, allerdings sind die erreichbaren Geschwindigkeiten begrenzt und lange Hübe erfordern lange Spindeln. Sie eignen sich, wenn hohe Kräfte oder Präzision auf relativ kurzen Hüben gefordert sind, z.B. bei der Handhabung schwerer Werkstücke mit exakter Zielposition.

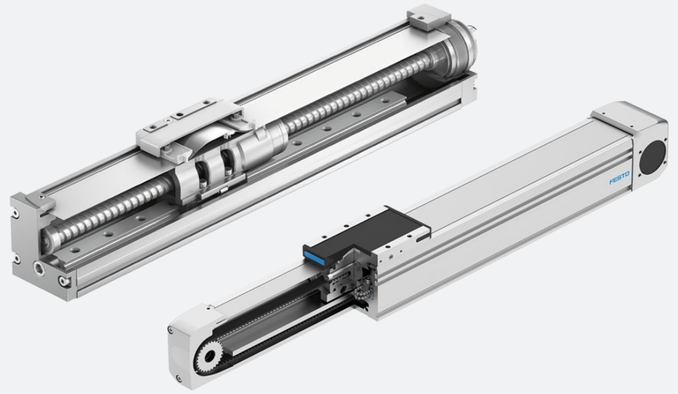
Zahnriemenantriebe: Hier treibt der Motor einen Zahnriemen, der mit einem Schlitten oder einer Achse verbunden ist. Zahnriemenachsen ermöglichen lange Verfahrwege und hohe Geschwindigkeiten, allerdings mit geringerer Steifigkeit und Genauigkeit, denn der Riemen ist elastisch und kann minimal nachgeben. Sie werden häufig in Pick-and-Place-Aufgaben, Portalachsen und Verpackungsmaschinen eingesetzt, wo hohe Dynamik und Hublänge wichtiger sind als maximale Genauigkeit und Kraft.

Linearaktuatoren (integrierte elektrische Zylinder): Darunter versteht man elektromechanische Aktuatoren in Zylinderform, bei denen Motor und Linearmechanik (z.B. Spindel) zu einer Einheit integriert sind. Sie dienen oft als direkter Ersatz für Pneumatikzylinder, passen in ähnliche Bauräume und verfügen über integrierte Führungen. Sie sind einfach zu installieren, da der Motor und meist auch ein Encoder bereits eingebaut sind.

Neben den genannten Haupttypen existieren weitere Bauformen. Linearmotorachsen (Direktantriebe) erzeugen die Linearbewegung unmittelbar über elektromagnetische Kräfte, ohne mechanische

Übersetzung. Sie bieten höchste Dynamik und Präzision, sind jedoch kostenintensiv und erfordern eine aufwändige Regelung. Zahnstangenantriebe setzen rotative Bewegung über ein Ritzel auf eine Zahnstange um und werden vor allem für größere Kräfte oder lange Verfahrwege eingesetzt. Für sehr kurze Hübe mit hoher Dynamik finden schließlich beispielsweiseHubmagnete Anwendung.

Moderne elektrische Servoantriebe gelten insgesamt als Allrounder in der Automatisierungstechnik: Sie eignen sich für lineare und rotative Mehrachssysteme, erlauben präzise, schnelle und hochdynamische Bewegungen auch synchronisiert über mehrere Achsen, und sie können durch passende Kombination von Motoren, Getrieben und Mechaniken sehr flexibel an die jeweilige Aufgabe angepasst werden.



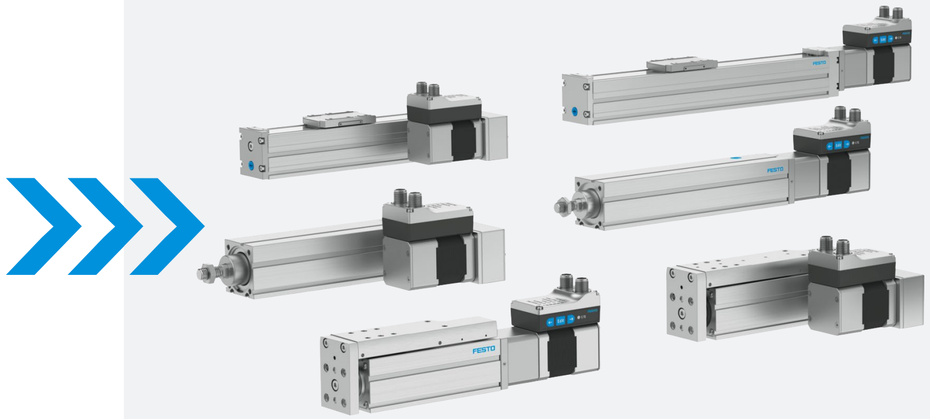
03 Spindelantrieb (links) und Zahnriemenantrieb (rechts)

Pneumatische und elektrische Antriebstechnologie

Funktionsweise, Eigenschaften und typische Einsatzprofile

Da elektrische Servoantriebe grundsätzlich einen flexiblen Einsatz ermöglichen, ist die Inbetriebnahme ein relativ komplexer Vorgang (Parametrierung von Verstärkern, Tuning von Regler o.Ä.). Die Entwicklungen der letzten Jahre zeigen jedoch, dass elektrische Antriebe immer benutzerfreundlicher werden. Inzwischen existieren vereinfachte elektrische Aktuatoren, die praktisch out-of-the-box funktionieren. Ein Beispiel ist die Simplified Motion Series von Festo, die ohne Programmierung in Betrieb genommen werden kann – Positionen werden per integrierten Endschaltern angefahren, Geschwindigkeit und Kraft lassen sich über Taster einstellen, und dennoch sind moderne Features wie IO-Link Kommunikation für Diagnose und flexible Kraftregelung integriert.

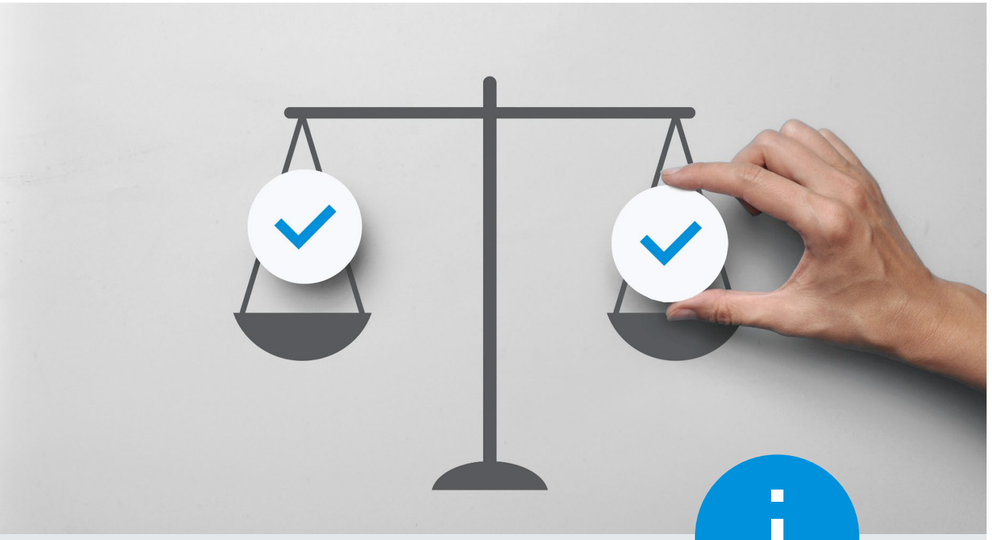
Solche integrierten Lösungen schließen gewissermaßen die Lücke zur Pneumatik, wenn es um einfache Inbetriebnahme und kompakte Bauweise geht – gleichzeitig behalten sie die typischen Vorteile elektrischer Antriebe bei: höhere Präzision, frei programmierbare Bewegungsprofile, sanftes Anfahren und Anhalten sowie eine gute Integration in moderne Steuerungsarchitekturen.



04 Komponenten der Simplified Motion Series

Bewertungskriterien für den Technologievergleich

Vorteile und Nachteile der beiden Antriebstechnologien



Welche Technologie passt am besten zur jeweiligen Aufgabe?
Die folgenden Seiten beleuchten die wichtigsten Auswahlkriterien – von Dynamik und Kraft bis hin zu Kosten, Wartung und Nachhaltigkeit. Zu jedem Aspekt gibt es eine kurze Erläuterung sowie eine kompakte Gegenüberstellung von Pneumatik und Elektrik.

Dynamik und Bewegungsqualität

Die geforderte Bewegungsdynamik – also wie schnell und mit welcher Kraft ein Antrieb bewegt werden muss – ist ein entscheidendes Auswahlkriterium. Grundsätzlich können beide Technologien hohe Geschwindigkeiten erreichen, allerdings auf unterschiedliche Weise und mit verschiedenen Randbedingungen.

Pneumatik

Pneumatikzylinder sind in der Lage, hohe Spitzenbeschleunigungen zu erzeugen, insbesondere wenn die zu bewegende Masse gering ist . Kurze Hübe (einige Zentimeter) können in Bruchteilen einer Sekunde bewältigt werden – in Verpackungs- oder Bestückungsmaschinen erreichen kleine Zylinder Taktraten von mehreren Hertz. Auch die Reaktionszeit (Ventil schalten, Bewegung startet) ist üblicherweise in der Größenordnung von wenigen zehntel Sekunden oder darunter.

Da in pneumatischen Aktoren üblicherweise keine Wärme entsteht, kann Pneumatik meist auch bei hohen Taktzahlen über eine lange Zeit dauerhaft betrieben werden.

Allerdings wird in hochdynamischen Anwendungen die Bewegungsqualität und die Dämpfung in der Endlage zur Herausforderung. In der klassischen Pneumatik müssen Bewegungsgeschwindigkeit und Taktrate reduziert werden, sobald merkliche Stöße in der Endlage auftreten. In solchen Fällen kann Servopneumatik eingesetzt werden, da sie ein sanftes Abbremsen ermöglicht.

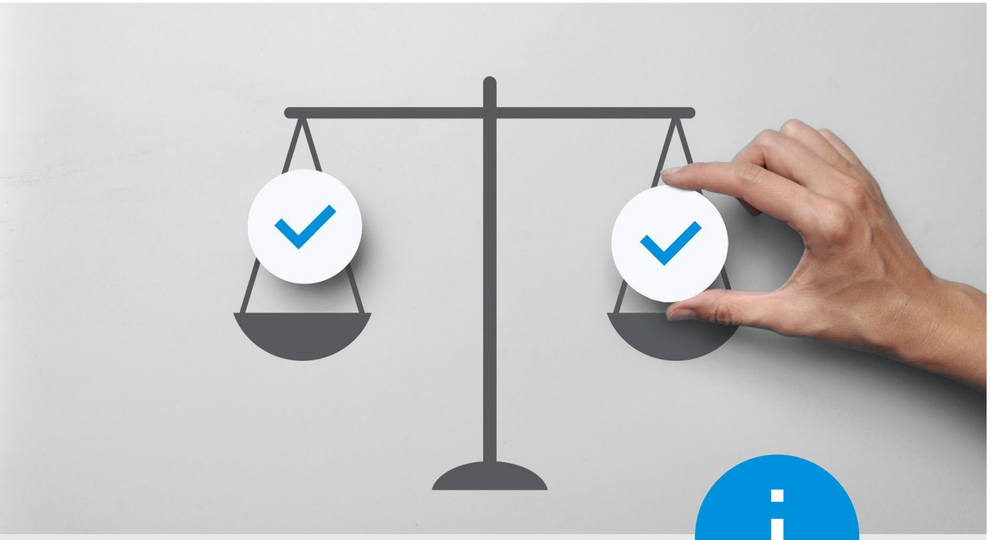
Elektrik

Elektrische Linearachsen, insbesondere Zahnriemenantriebe, können sehr gute Dynamikeigenschaften erreichen. Sie ermöglichen hohe Beschleunigungen und exakte Bahnkurven, die auch bei wechselnden Lasten reproduzierbar gefahren werden können. Durch frei programmierbare Bewegungsprofile, etwa mit S-förmigen Beschleunigungsrampen, lassen sich zudem ruckfreie Hochgeschwindigkeitsbewegungen realisieren.

Allerdings ist zu beachten, dass elektrische Systeme bei hohen Geschwindigkeiten evtl. mechanische Limitierungen haben. Eine Spindel hat begrenzte Drehzahlen, ein Riemen kann anfällig für Schwingungen sein. Dennoch sind in der Regel elektrische Antriebe für anspruchsvolle dynamische Profile die erste Wahl, insbesondere wenn die Bewegung synchronisiert ablaufen muss (mehrere Achsen koordiniert) oder wenn unterschiedlichste Geschwindigkeiten gefahren werden sollen. Sie weisen eine stabile Bewegungscharakteristik auf und haben sich in Anwendungen mit hohen dynamischen Anforderungen bewährt.

Bewertungskriterien für den Technologievergleich

Vorteile und Nachteile der beiden Antriebstechnologien



Welche Technologie passt am besten zur jeweiligen Aufgabe?
Die folgenden Seiten beleuchten die wichtigsten Auswahlkriterien – von Dynamik und Kraft bis hin zu Kosten, Wartung und Nachhaltigkeit. Zu jedem Aspekt gibt es eine kurze Erläuterung sowie eine kompakte Gegenüberstellung von Pneumatik und Elektrik.

Kraft und Leistungsdichte

Für viele Anwendungen wird eine möglichst hohe Kraft bei gleichzeitig möglichst geringem Bauraum gefordert. Beide Technologien können verschiedene Kraftbereiche abdecken, aber es gibt typische Stärken.

Pneumatik

Mit Druckluft lassen sich beachtliche Kräfte erzeugen. Die Schubkraft eines Linearzylinders (ohne Reibung) ergibt sich aus dem Versorgungsdruck p multipliziert mit der Kolbenfläche. Pro bar und cm² erhält man 10N. Mit größerem Zylinder (z.B. Durchmesser 100mm und üblichen 6bar Versorgungsdruck) können bereits über 4000N erzeugt werden.

Die Leistungsdichte (Kraft in Relation zum Bauvolumen) ist bei Pneumatik sehr gut. In engen Maschinen kann die Pneumatik deshalb vorteilhaft sein, wenn hohe Kräfte nötig sind. Ein Beispiel: Beim Stanzen oder Pressen kleiner Teile in hoher Taktzahl verwendet man oft pneumatische Presszylinder, weil sie viel Kraft liefern und sehr kompakt sind.

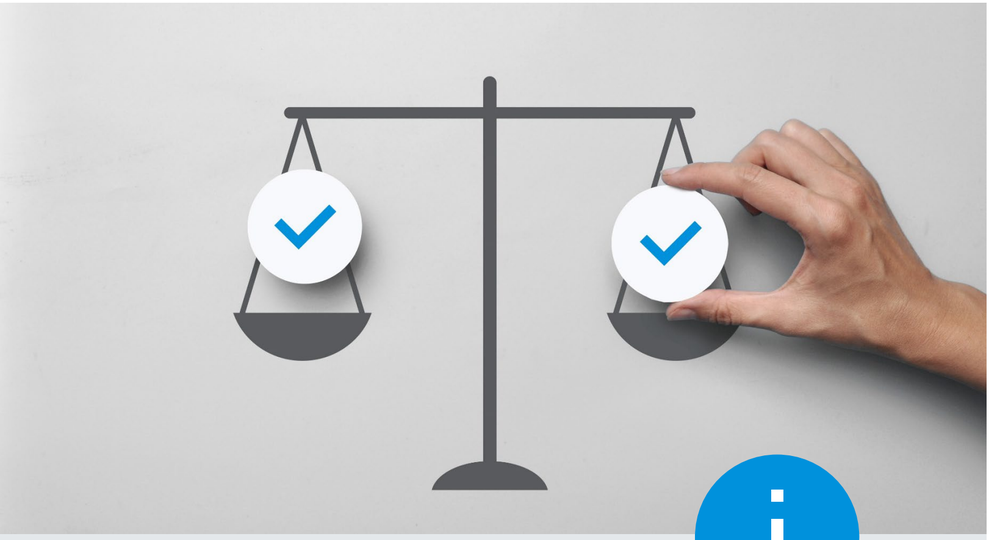
Elektrik

Elektrische Linearachsen können mittels Getrieben oder Spindeln ebenfalls hohe Kräfte aufbauen. Ein Kugelgewindetrieb mit geringer Steigung wirkt wie ein Kraftübersetzer. Kommerzielle elektromechanische Zylinder erreichen mit integrierten Servomotoren 10 bis 20 kN.

Theoretisch ist die Kraft nur durch Motorleistung und Übersetzung begrenzt, allerdings steigen dann Größe, Gewicht und Kosten entsprechend. Die Kraftdichte elektrischer Aktuatoren ist in den letzten Jahren gestiegen (Verbesserungen in Motoren,
Materialien), liegt aber meist immer noch unterhalb der der Pneumatik.

Bewertungskriterien für den Technologievergleich

Vorteile und Nachteile der beiden Antriebstechnologien



Welche Technologie passt am besten zur jeweiligen Aufgabe?
Die folgenden Seiten beleuchten die wichtigsten Auswahlkriterien – von Dynamik und Kraft bis hin zu Kosten, Wartung und Nachhaltigkeit. Zu jedem Aspekt gibt es eine kurze Erläuterung sowie eine kompakte Gegenüberstellung von Pneumatik und Elektrik.

Halten von Kräften

In einigen Anwendungen ist es erforderlich, nach der Bewegung eine Haltekraft aufrechtzuerhalten, zum Beispiel beim Klemmen oder Pressen von Werkstücken. Diese Haltephasen können relativ lang sein, etwa wenn das Werkstück währenddessen bearbeitet wird. Deshalb sollte dieser Aspekt bei der Bewertung von Pneumatik- und Elektroantrieben berücksichtigt werden.

Pneumatik

Pneumatische Zylinder werden während der Bewegung mit Druckluft befüllt. In der Endlage bauen sie eine Haltekraft auf, die ohne weitere Energiezufuhr dauerhaft verfügbar ist. Ein Pneumatikzylinder ermöglicht daher „leistungsloses Halten“, auch über längere Zeiträume hinweg.

Anwendungen mit hohen Dauerkräften finden sich z.B. im Karosseriebau, wo Blechteile während des Schweißprozesses fixiert werden. In diesen Bereichen ist die Pneumatik wegen ihrer Eignung für Dauerkräfte häufig die bevorzugte Antriebstechnik.

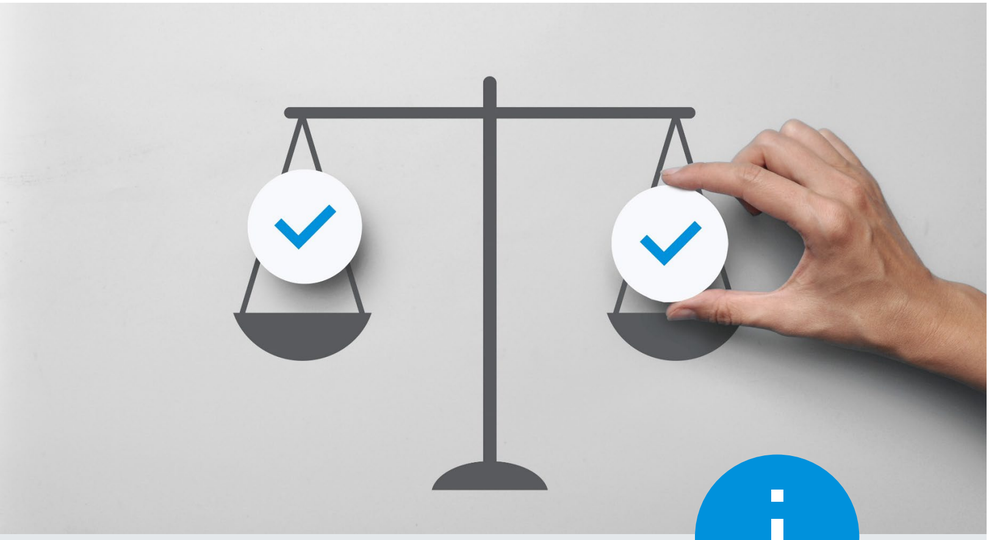
Elektrik

Elektrische Linearaktoren ohne Selbsthemmung (z.B. Zahnriemenantriebe) benötigen eine kontinuierliche Leistungszufuhr oder eine zusätzliche Haltebremse, um ihre Position und Kraft zu halten. Insbesondere bei langen Haltephasen kann dies ein energetischer Nachteil sein.

Bei selbsthemmenden Spindelantrieben hingegen bleibt die Position ohne weiteren Energieeinsatz stabil. Zusätzlich bieten elektrische Antriebe eine exakte Positionskontrolle, was für präzise Anwendungen von Vorteil ist.

Bewertungskriterien für den Technologievergleich

Vorteile und Nachteile der beiden Antriebstechnologien



Welche Technologie passt am besten zur jeweiligen Aufgabe?
Die folgenden Seiten beleuchten die wichtigsten Auswahlkriterien – von Dynamik und Kraft bis hin zu Kosten, Wartung und Nachhaltigkeit. Zu jedem Aspekt gibt es eine kurze Erläuterung sowie eine kompakte Gegenüberstellung von Pneumatik und Elektrik.

Steifigkeit vs. Nachgiebigkeit

Bei diesem Kriterium ist eine pauschale Qualitätsaussage nicht möglich. In manchen Anwendungen wird eine hohe Steifigkeit gefordert, insbesondere dann, wenn bei der Posizionierung hohe Präzision notwendig ist. In anderen Anwendungen ist eine gewisse Nachgiebigkeit von Vorteil, zum Beispiel bei empfindlichen Werkstücken oder wenn im Bewegungsraum die Gefahr einer Kollision besteht.

Pneumatik

Pneumatische Antriebe zeigen bei Einwirkung äußerer Kräfte ein verhältnismäßig „weiches“ Verhalten – die komprimierbare Luft wirkt wie eine mechanische Feder, der Zylinder gibt nach bis die pneumatische Kraft und die externe Kraft im Gleichgewicht sind.

Diese Eigenschaft ist beispielsweise nützlich, falls Schock- oder Schlagbelastungen von außen vorkommen können, die einen elektrischen Antrieb ggf. zerstören könnten. Auch bei der Montage von empfindlichen Teilen oder beim Handling zerbrechlicher Werkstücke kann diese Nachgiebigkeit vorteilhaft sein. Ist sie tatsächlich gewollt, kann die Federsteifigkeit in gewissen Grenzen sogar vorgewählt und eingestellt werden, indem man Zylinder mit geeigneten Kolbenflächen verwendet und per Druckregler einen bestimmten Haltedruck wählt. In Anwendungen mit geforderter hoher Positioniergenauigkeit oder bei formschlüssigen Prozessen kann die Nachgiebigkeit allerdings ein Nachteil sein.

Elektrik

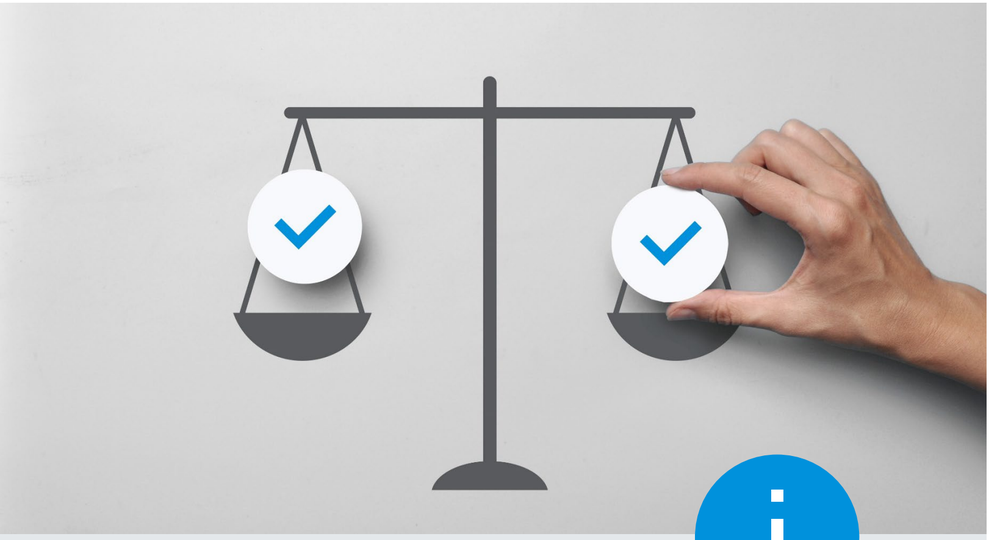
Elektrische Antriebe – insbesondere Spindelantriebe – sind aufgrund ihres mechanischen Aufbaus durch geringe elastische Nachgiebigkeit gekennzeichnet und zeigen ein vergleichsweise „hartes“ Verhalten. Spindelantriebe bestehen aus form- oder kraftschlüssigen Verbindungselementen (Spindel, Mutter, Wälzlager), die nur minimale elastische Verformung zulassen.

Für hohe Positioniergenauigkeit ist die Steifigkeit elektrischer Systeme ein enormer Vorteil. Auch bei welchselnder Last wird die Position zuverlässig und sehr genau gehalten.

Bei Bedarf können elektrische Aktoren softwareseitig ein nachgiebiges Verhalten erhalten, indem der Regler einen Kraft- oder Compliancemodus aktiviert oder ein modellbasierter Elastizitätsbegrenzer einsetzt wird. Diese Lösungen erfordern allerdings geeignete Sensorik und sind daher recht komplex.

Bewertungskriterien für den Technologievergleich

Vorteile und Nachteile der beiden Antriebstechnologien



Welche Technologie passt am besten zur jeweiligen Aufgabe?
Die folgenden Seiten beleuchten die wichtigsten Auswahlkriterien – von Dynamik und Kraft bis hin zu Kosten, Wartung und Nachhaltigkeit. Zu jedem Aspekt gibt es eine kurze Erläuterung sowie eine kompakte Gegenüberstellung von Pneumatik und Elektrik.

Flexibilität und Programmierbarkeit

Flexibilität bezeichnet die Möglichkeit, Bewegungsabläufe ohne mechanische Umbauten an neue Anforderungen anzupassen – z.B. durch variabel anfahrbare Positionen, unterschiedliche Geschwindigkeiten oder die Einbindung in komplexe Steuerungssysteme.

Pneumatik

Klassische pneumatische Antriebe bewegen sich meist zwischen zwei festen Endlagen. Zwischenpositionen oder variable Bewegungsprofile sind nur mit hohem mechanischem und steuerungstechnischem Aufwand realisierbar.

Der Einsatz von Servopneumatik kann die Flexibilität zwar verbessern, erhöht allerdings gleichzeitig den Bedarf an Sensorik und Regelungstechnik. Das System wird aufwendiger und teurer.

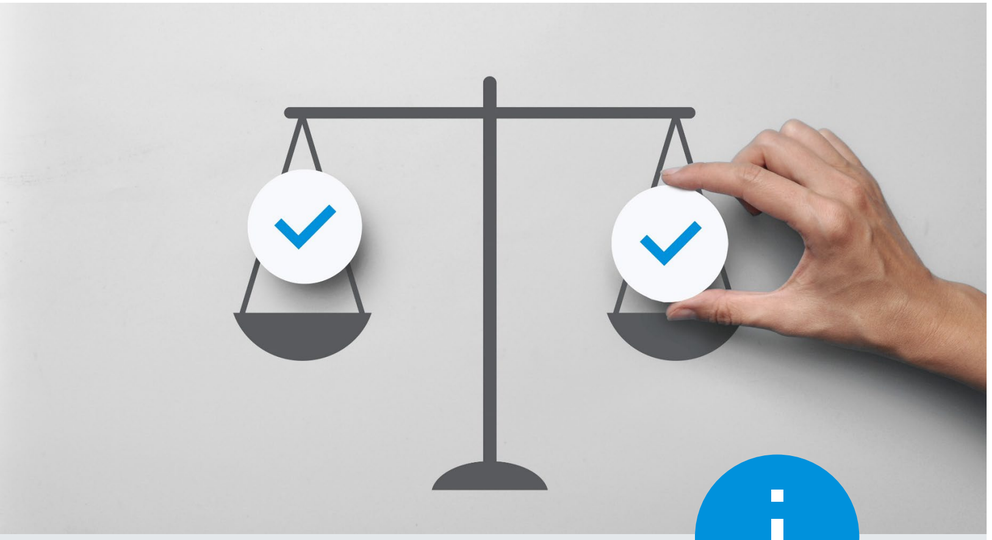
Elektrik

Elektrische Antriebe lassen sich flexibel programmieren und frei positionieren. Geschwindigkeit, Position, Kraft und Bewegungsprofil können individuell an die Anwendung angepasst werden.

Durch die integrierte Sensorik und Regelungstechnik eignen sie sich besonders für wechselnde Anforderungen, komplexe Bewegungen und eine nahtlose Einbindung in automatisierte Steuerungssysteme.

Bewertungskriterien für den Technologievergleich

Vorteile und Nachteile der beiden Antriebstechnologien



Welche Technologie passt am besten zur jeweiligen Aufgabe?
Die folgenden Seiten beleuchten die wichtigsten Auswahlkriterien – von Dynamik und Kraft bis hin zu Kosten, Wartung und Nachhaltigkeit. Zu jedem Aspekt gibt es eine kurze Erläuterung sowie eine kompakte Gegenüberstellung von Pneumatik und Elektrik.

Einfachheit bei Installation, Inbetriebnahme und Wartung

Nicht zu unterschätzen sind pragmatische Kriterien wie Engineeringaufwand, Bedienbarkeit und Wartungsbedarf der Systeme. Je nach Unternehmenskultur und verfügbarem Fachpersonal kann „keep it simple“ ein ausschlaggebender Faktor sein.

Pneumatik

Pneumatische Systeme überzeugen durch einfache Montage und schnelle Inbetriebnahme. Zylinder werden mechanisch befestigt, Schläuche angeschlossen und über Ventile angesteuert. Oft genügt zur Überprüfung ein einfacher Testimpuls. Viele Instandhalter sind mit der Technik vertraut, die Bedienung ist intuitiv.

Auch die Ersatzteilversorgung ist unkompliziert, da viele Komponenten genormt und preiswert sind. Die Wartung beschränkt sich meist auf das Prüfen von Leckagen und die Druckluftaufbereitung. Defekte Zylinder oder Ventile lassen sich leicht tauschen, oft ohne Spezialwerkzeug.

Besonders bei einfachen Anwendungen ist die Pneumatik schnell betriebsbereit – ein Vorteil in Umgebungen mit wenig Automatisierungserfahrung oder begrenztem Personal.

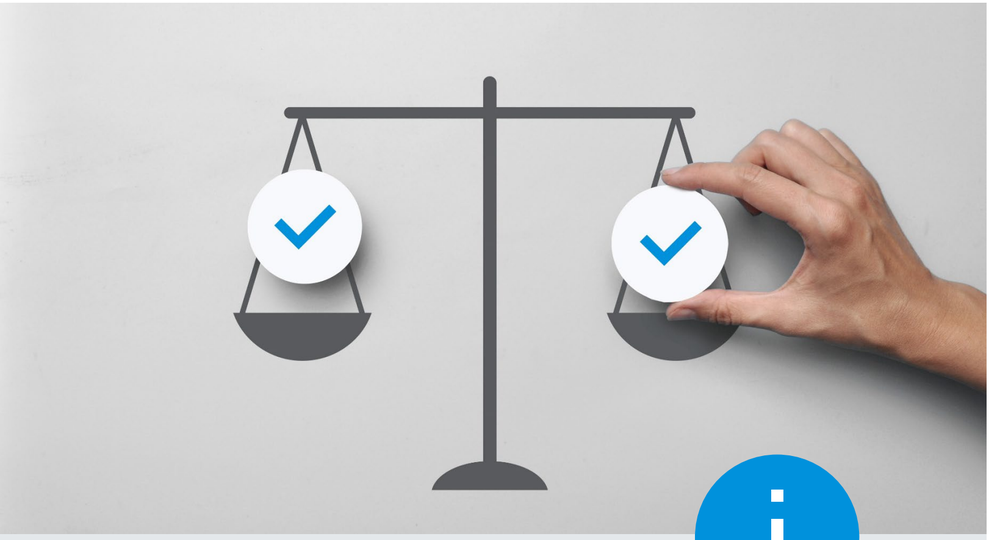
Elektrik

Elektrische Antriebe erfordern traditionell mehr Know-how bei Installation und Inbetriebnahme – etwa Verkabelung, Parametrierung und Steuerungsintegration. In den letzten Jahren haben sich digitale Werkzeuge stark verbessert und vereinfachen Auswahl sowie Konfiguration erheblich. Moderne Schnittstellen wie IO-Link ermöglichen unkomplizierte Integration und Diagnose, auch für Anwender ohne tiefes Servotechnik-Wissen. Systeme wie die Simplified Motion Series von Festo verbinden die Vorteile der Pneumatik (einfacher Aufbau, schnelle Inbetriebnahme) mit der Präzision elektrischer Antriebe.

Die Komponenten sind wartungsarm. Mechanische Pflege wie Schmierung ist meist nicht notwendig, da im industriellem Umfeld Lebensdauerschmierung üblich ist. Allerdings können bei Defekten spezifische Ersatzteile notwendig sein. Die Fehlerdiagnose ist dank integrierter Überwachung oft präziser, benötigt aber Fachwissen zum Verständnis der Meldungen.

Bewertungskriterien für den Technologievergleich

Vorteile und Nachteile der beiden Antriebstechnologien



Welche Technologie passt am besten zur jeweiligen Aufgabe?
Die folgenden Seiten beleuchten die wichtigsten Auswahlkriterien – von Dynamik und Kraft bis hin zu Kosten, Wartung und Nachhaltigkeit. Zu jedem Aspekt gibt es eine kurze Erläuterung sowie eine kompakte Gegenüberstellung von Pneumatik und Elektrik.

Kosten – Anschaffung, Betriebskosten und TCO

Wirtschaftlichkeit entscheidet oft über den Einsatz einer Technologie – und sie beginnt nicht erst im laufenden Betrieb. Bereits in der Planungsphase lohnt es sich, alle Kostenanteile realistisch zu bewerten – von der Anschaffung über die Installation bis zu Energieverbrauch, Wartung und Instandhaltung. Eine TCO-Betrachtung hilft, das wirtschaftlich sinnvollste Gesamtsystem zu identifizieren.

Pneumatik

Pneumatische Komponenten sind meist deutlich günstiger in der Anschaffung. Ein einfacher Zylinder mit Ventil und etwas Peripherie kostet oft nur einen Bruchteil eines elektrischen Systems – ideal für einfache Anwendungen. Zudem lassen sich Pneumatiklösungen meist schnell in bestehende Druckluftinfrastrukturen integrieren. Die Montage ist unkompliziert, der Engineering-Aufwand gering.

Der größte Kostentreiber ist der Energieverbrauch. Drucklufterzeugung ist energetisch aufwendig und verhältnismäßig teuer. Besonders bei großen Komponenten (lange Zylinder mit großem Durchmesser) und hohen Taktraten können erhebliche laufende Kosten entstehen.

Auch bei der Wartung fallen regelmäßig Aufwände an, etwa für Filtertausch, Leckagekontrolle und Kompressorservice. Einzelne Komponenten sind zwar günstig austauschbar, doch Undichtigkeiten bleiben in der Praxis stellenweise über längere Zeiträume unentdeckt und verursachen dann stetige Energieverluste.

Insgesamt bleibt die Pneumatik in Anwendungen mit kleineren Komponenten oder geringem Nutzungsgrad trotz der höheren Betriebskosten häufig die wirtschaftlich vorteilhafte Variante, vor allem dank der niedrigen Investitionskosten. Bei intensiver Nutzung kann sie über die Lebensdauer deutlich teurer sein.

Elektrik

Elektrische Antriebe erfordern Motor, Getriebe oder Spindel, Leistungselektronik, Verkabelung – das führt in der Regel zu deutlich höheren Investitionskosten. Die Anfangsinvestition kann fünf bis zehnmal so hoch sein wie bei pneumatischen Lösungen. Dafür bieten sie höhere Präzision und Flexibilität. Der Installationsaufwand ist ebenfalls höher. Bei größeren oder modularen Maschinen können sich jedoch auch Synergien ergeben, z.B. durch gemeinsame Steuerungstechnik.

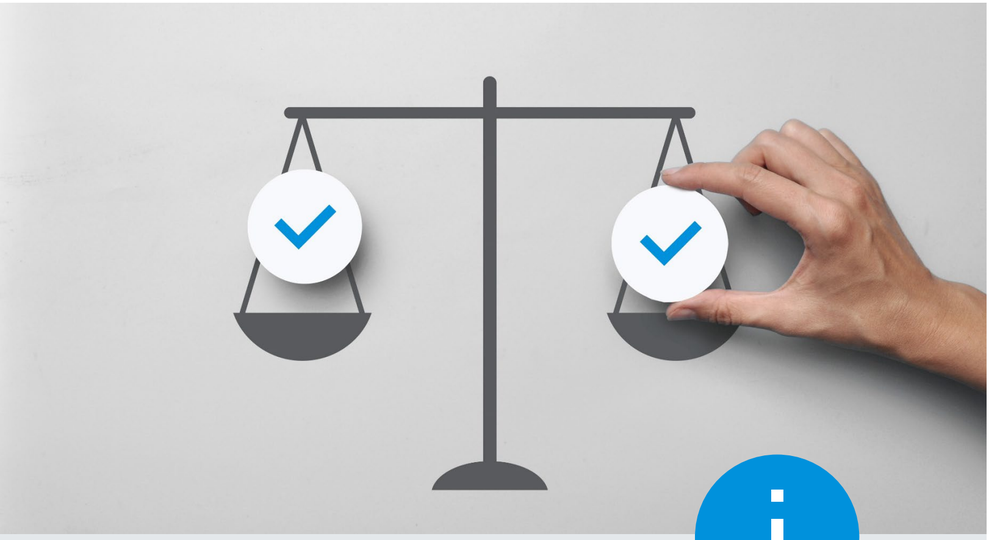
Elektrische Systeme arbeiten deutlich energieeffizienter. Insbesondere bei Dauerbetrieb, hoher Auslastung und tendenziell „großen“ Komponenten ergeben sich teils deutliche Einsparungen im Vergleich zur Pneumatik.

Zudem benötigen elektrische Systeme weniger regelmäßige Wartung. Die Systeme überwachen sich oft selbst und erlauben eine schnelle Fehlerdiagnose. Ersatzteile können jedoch teurer und spezifischer sein.

Bei energieintensiven Anwendungen amortisieren sich die höheren Anschaffungskosten durch die geringeren Energiekosten innerhalb weniger Jahre. Für belastbare Entscheidungen empfiehlt sich eine TCO-Betrachtung, wie sie viele Hersteller heute mit speziellen Tools unterstützen.

Bewertungskriterien für den Technologievergleich

Vorteile und Nachteile der beiden Antriebstechnologien



Welche Technologie passt am besten zur jeweiligen Aufgabe?
Die folgenden Seiten beleuchten die wichtigsten Auswahlkriterien – von Dynamik und Kraft bis hin zu Kosten, Wartung und Nachhaltigkeit. Zu jedem Aspekt gibt es eine kurze Erläuterung sowie eine kompakte Gegenüberstellung von Pneumatik und Elektrik.

Sicherheitsverhalten

Sicherheit ist ein zentrales Kriterium bei der Auswahl von Antriebssystemen – besonders bei Mensch-Maschine-Interaktion oder bei großen Kräften. Entscheidend ist nicht nur das Verhalten im Regelbetrieb, sondern vor allem, wie sich ein System im Fehlerfall verhält.

Pneumatik

Pneumatische Antriebe verhalten sich bei Fehlern meist gut beherrschbar. Bei einem Energieausfall – etwa durch Druckluftverlust – verhalten sich Zylinder meist passiv sicher: Sie verharren in ihrer Position oder bewegen sich in eine definierte sichere Endposition. Solche mechanischen Rückstellmechanismen erhöhen die funktionale Sicherheit, ohne dass zusätzliche Steuerungstechnik nötig ist.

Auch ein Not-Aus lässt sich bei Pneumatik durch das Unterbrechen der Luftzufuhr sehr einfach realisieren.

In kritischen Anwendungen können Sicherheitszonen eingerichtet werden, in denen Gruppen von Aktoren gezielt und separat abgeschaltet werden, wärend andere Bereiche weiter betrieben werden können. Das erhöht die Verfügbarkeit bei gleichzeitig hohem Sicherheitsniveau.

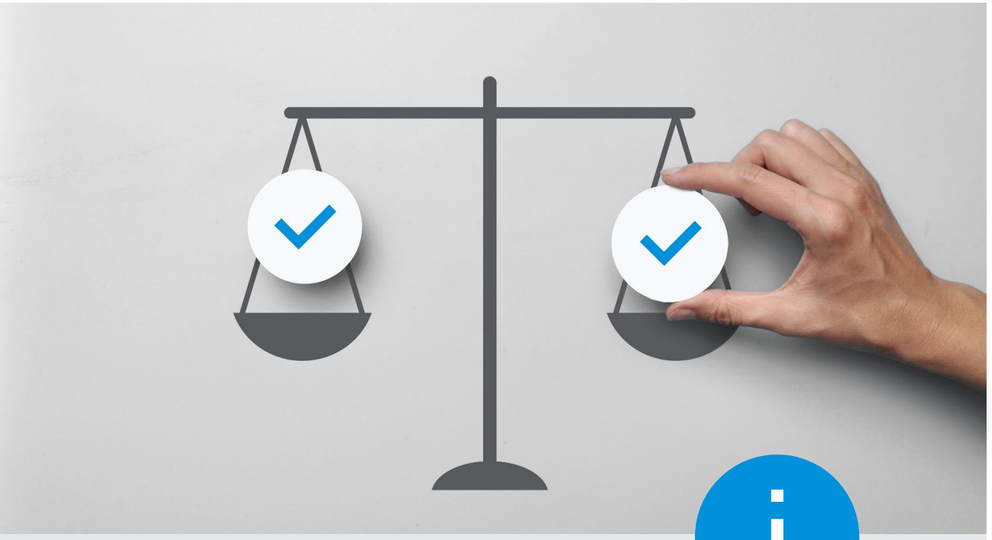
Elektrik

Je nach Bauart verhalten sich elektrische Antriebe im Fehlerfall unterschiedlich. Spindelachsen haben den Vorteil der Selbsthemmung: Bei Energieausfall bleiben sie in ihrer Position stehen, was in vielen Fällen als sicher gilt. Andere Antriebsarten, z.B. riemengetriebene Systeme, können ohne aktive Bremse unkontrolliert nachlaufen, was ein Sicherheitsrisiko darstellt. Eine sichere Abschaltung erfordert hier meist zusätzliche Maßnahmen: Bremsen, Sicherheits-Relais oder integrierte STO-Funktionen („Safe Torque Off“) sorgen dafür, dass sich Achsen bei Not-Aus oder Störung sicher verhalten.

Anders als Pneumatiksysteme benötigen elektrische Antriebe in der Regel eine funktionale Sicherheitsintegration – also eine Absicherung über Steuerung, Sensorik und Antriebsregler. Das erlaubt aber auch differenzierte Sicherheitskonzepte, etwa das sichere Verlangsamen, gezielte Abschalten einzelner Achsen oder kontrollierte Rückführung in eine definierte Position.

Bewertungskriterien für den Technologievergleich

Vorteile und Nachteile der beiden Antriebstechnologien



Welche Technologie passt am besten zur jeweiligen Aufgabe?
Die folgenden Seiten beleuchten die wichtigsten Auswahlkriterien – von Dynamik und Kraft bis hin zu Kosten, Wartung und Nachhaltigkeit. Zu jedem Aspekt gibt es eine kurze Erläuterung sowie eine kompakte Gegenüberstellung von Pneumatik und Elektrik.

Umgebungstauglichkeit

Die meisten Automatisierungslösungen arbeiten nicht unter Laborbedingungen – viele Maschinen stehen in staubigen Werkhallen, Kühlräumen, unter Vibration oder in explosionsgefährdeten Bereichen. Die Umgebungsbedingungen haben erheblichen Einfluss auf die Auswahl der passenden Antriebstechnologie. Pneumatik und Elektrik bieten hier jeweils spezifische Stärken und Einschränkungen.

Pneumatik

Pneumatische Systeme arbeiten in einem breiten Temperaturbereich (typisch –20 bis +80°C). Sie erzeugen keine nennenswerte Eigenerwärmung und tragen daher nicht zur Aufheizung ihrer Umgebung bei – ein Vorteil in heißen Umgebungen oder bei dicht verbauten Maschinen. Eine aktive Kühlung ist in der Regel nicht erforderlich. Auch feuchte, staubige oder vibrationsreiche Umgebungen sind meist unproblematisch, da pneumatische Komponenten gegenüber äußeren Einflüssen sehr robust sind.

Allerdings können pneumatische Systeme selbst Einfluss auf ihre Umgebung nehmen: Bei ungefilterter Druckluft können geringe Mengen an Aerosolen aus feinen Partikel oder Öl austreten. Selbst Druckluft aus ölfrei verdichtenden Kompressoren ist nicht völlig ölfrei, da bereits die angesaugte Luft Ölanteile und andere Kohlenwasserstoffe enthalten kann. In den meisten industriellen Anwendungen ist das unkritisch – in Reinräumen hingegen ist eine gezielte Abluftführung erforderlich. In der Lebensmitteltechnik empfiehlt sich der Einsatz speziell geeigneter Komponenten, z.B. ohne mineralische Schmierstoffe.

Pneumatik eignet sich zudem hervorragend für explosionsgefährdete Bereiche, denn pneumatische Komponenten enthalten keine elektrischen Zündquellen. Die Anforderungen an Werkstoffe und Temperaturklassen sind vergleichsweise leicht erfüllbar.

Elektrik

Die typische Umgebungstemperatur für den Betrieb elektrischer Komponenten liegt bei 0 bis 40°C. Für Motoren liegt die Temperatur-Obergrenze etwas höher, bei ca. 60 bis 70°C.

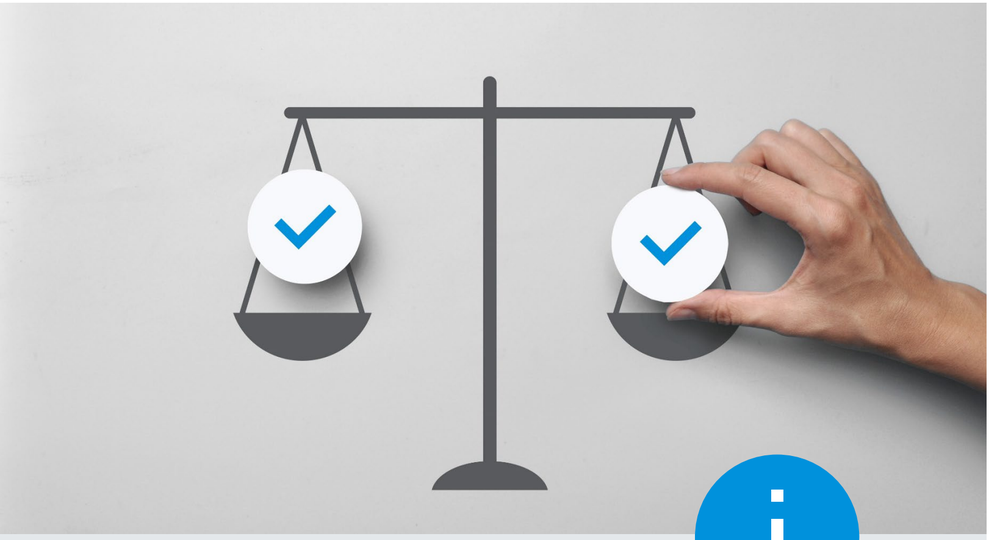
Die Verlustwärme von Motoren und Elektronik verursacht einen merklichen Wärmeeintrag in die Umgebung. Das kann zusätzliche Kühlmaßnahmen notwendig machen – etwa Schaltschrankklimatisierung oder Motorlüfter.

In rauen Industrieumgebungen – z.B. mit Staub, Feuchtigkeit oder Vibration – müssen elektrische Systeme entsprechend gekapselt und geschützt werden. Moderne Systeme sind dafür ausgelegt, aber der konstruktive Aufwand ist oft höher als bei Pneumatik. Was Emissionen betrifft, sind elektrische Systeme tendenziell sauberer. Partikelemissionen durch mechanischen Abrieb (z.B. an Spindeln) lassen sich durch Kapselung, Schmierstoffe oder spezielle Führungen gut kontrollieren. Elektrische Antriebe eignen sich gut bei hohen Sauberkeitsanforderungen.

In explosionsgefährdeten Bereichen ist der Einsatz elektrischer Systeme möglich, aber aufwendig. Es sind speziell zertifizierte Komponenten (z.B. druckfest gekapselte ATEX-Motoren) notwendig, die schwerer, teurer und wartungsintensiver sind.

Bewertungskriterien für den Technologievergleich

Vorteile und Nachteile der beiden Antriebstechnologien



Welche Technologie passt am besten zur jeweiligen Aufgabe?
Die folgenden Seiten beleuchten die wichtigsten Auswahlkriterien – von Dynamik und Kraft bis hin zu Kosten, Wartung und Nachhaltigkeit. Zu jedem Aspekt gibt es eine kurze Erläuterung sowie eine kompakte Gegenüberstellung von Pneumatik und Elektrik.

Energieeffizienz

Angesichts steigender Energiepreise und wachsender Umweltauflagen gewinnt die Energieeffizienz technischer Systeme immer mehr an Bedeutung – auch bei der Auswahl des passenden Antriebskonzepts.

Pneumatik

Pneumatische Systeme gelten als vergleichsweise energieintensiv. Das hat mehrere Ursachen: Bei der Kompression der Luft entsteht eine große Menge Abwärme, die pneumatisch nicht nutzbar ist. Zusätzlich sind viele Systeme überdimensioniert, arbeiten mit zu hohem Druck oder verlieren durch Leckagen dauerhaft Energie, oft unbemerkt über lange Zeiträume.

Durch moderne Technik lassen sich diese Nachteile jedoch deutlich abmildern. Wird Pneumatik bedarfsgerecht ausgelegt und dimensioniert, sinkt der Energieverbrauch erheblich. Zudem ermöglichen intelligente Ansteuerungen, zum Beispiel mit servopneumatischen Ventilen, eine exakt geregelte Luftzufuhr, die den Druckluftbedarf der Anwendung optimal anpasst und unnötigen Verbrauch vermeidet. In vielen Betrieben wird außerdem die bei der Kompression entstehende Wärme zur Heizung oder Prozesswärme genutzt, was die Gesamtenergiebilanz weiter verbessert.

Gleichzeitig spielt die Energieeffizienz in manchen Anwendungsfällen nur eine untergeordnete Rolle: Bei kurzen Hüben, kleinen Kolbendurchmessern oder geringer Taktrate ist der absolute Luftverbrauch so niedrig, dass die Effizienzfrage praktisch kaum ins Gewicht fällt. In solchen Szenarien ist Pneumatik oft eine einfache, kostengünstige und praxisgerechte Lösung.

Elektrik

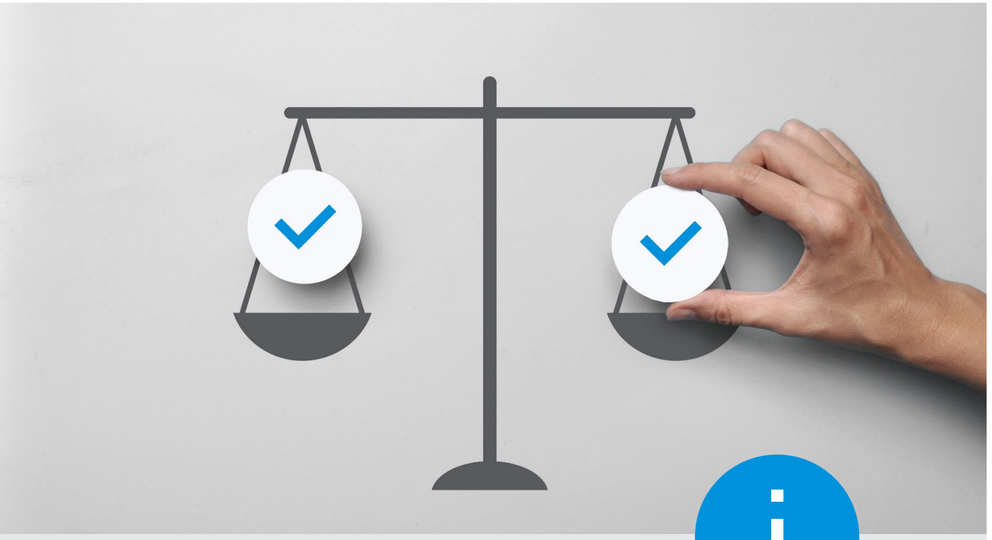
Elektrische Antriebe zeichnen sich durch eine hohe Energieeffizienz aus. Selbst unter Berücksichtigung des Ruhestroms (z. B. durch Umrichter) und der aktiven Positionshaltung liegt ihr Energieverbrauch in der Regel deutlich unter dem vergleichbarer pneumatischer Komponenten.

Besonders vorteilhaft wirken sich diese Eigenschaften bei langen Hüben oder hohen Taktraten aus. In solchen Fällen summieren sich die Einsparungen über viele Bewegungen hinweg deutlich, sodass elektrische Antriebe eine spürbare Reduktion der Betriebskosten ermöglichen. Hinzu kommt, dass Bewegungsprofile sehr präzise an die Anwendung angepasst werden können, beispielsweise mit sanften Beschleunigungs- und Bremskurven, was nicht nur Energie spart, sondern auch den Verschleiß der Mechanik reduziert.

Bei kurzen Hüben oder seltenen Betätigungen spielt die Energieeffizienz hingegen eine geringere Rolle, da der absolute Energiebedarf ohnehin niedrig ist. Dennoch überzeugt die Elektrik in solchen Anwendungen durch ihre Präzision und Regelbarkeit. Insgesamt eignen sich elektrische Antriebe daher besonders für Anwendungen mit hohem Automatisierungsgrad – auch wenn die Regeltechnik komplexer ausfällt und die Anschaffungskosten zunächst höher sein können.

Bewertungskriterien für den Technologievergleich

Vorteile und Nachteile der beiden Antriebstechnologien



Welche Technologie passt am besten zur jeweiligen Aufgabe?
Die folgenden Seiten beleuchten die wichtigsten Auswahlkriterien – von Dynamik und Kraft bis hin zu Kosten, Wartung und Nachhaltigkeit. Zu jedem Aspekt gibt es eine kurze Erläuterung sowie eine kompakte Gegenüberstellung von Pneumatik und Elektrik.

Nachhaltigkeit und CO2-Footprint

Nachhaltigkeit ist heute ein zentrales Kriterium bei der Wahl von Antriebstechnologien. Neben Energieeffizienz spielen auch Herstellungsaufwand, Ressourceneinsatz und die CO_2-Bilanz über den gesamten Lebenszyklus eine wichtige Rolle.

Pneumatik

Pneumatische Antriebe sind vergleichsweise einfach aufgebaut und kommen mit wenigen Materialien aus. Dadurch ist ihr ökologischer Fußabdruck in der Herstellung meist geringer als bei komplexen elektrischen Systemen. Viele Komponenten bestehen aus Metallen wie Aluminium oder Stahl, die gut recycelbar sind. Zudem zeichnen sich pneumatische Systeme durch Robustheit und lange Lebensdauer aus, was eine ressourcenschonende Nutzung über viele Jahre ermöglicht.

Je nach Anwendung kann in der Nutzungsphase der Energieverbrauch der dominierende Faktor für den CO_2-Footprint sein. Vor allem große Antriebe oder hohe Taktraten führen zu erhöhtem Energiebedarf. Die Klimabilanz hängt dabei stark vom verwendeten Energiemix ab. Mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien verbessert sich auch die Nachhaltigkeit pneumatischer Systeme. Insgesamt bleibt der CO_2-Footprint klassischer pneumatischer Systeme oft höher als bei elektrischen Antrieben, dennoch bieten sie in bestimmten Anwendungen (z.B. bei kleineren Hüben oder geringer Taktrate) eine praktikable und wirtschaftliche Lösung.

Elektrik

Elektrische Antriebe erfordern in der Herstellung in der Regel einen höheren Material- und Ressourceneinsatz, insbesondere durch Kupferwicklungen, Magnete und elektronische Steuerkomponenten. Kritische Rohstoffe wie seltene Erden können ebenfalls eine Rolle spielen, je nach Bauart der Motoren. Gleichzeitig zeichnen sie sich durch hohe Präzision, geringe mechanische Verschleißraten und lange Lebensdauer aus, was die Ressourceneffizienz über den gesamten Lebenszyklus verbessert.

Im Betrieb zeigt sich ein wesentlicher Vorteil. Dank hoher Wirkungsgrade und individuell anpassbarer Bewegungsprofile bleibt der Energiebedarf selbst bei langanhaltenden Bewegungen oder hoher Taktrate vergleichsweise niedrig. Insgesamt führt dies zu einer günstigen CO_2-Bilanz. Aber auch bei elektrischen Antrieben hängt die tatsächliche Klimabilanz vom Energiemix ab. Ein hoher Anteil erneuerbarer Energien verbessert die Nachhaltigkeit zusätzlich. Der konkrete CO_2-Footprint variiert dabei je nach Anwendung und Nutzungsszenario.

Pneumatik oder Elektrik

Die Technologien im direkten Vergleich

Kriterium	Pneumatik - Standard	Pneumatik - Servo	Elektrik - Spindelantrieb	Elektrik - Zahnriemenantrieb
Dynamik / Bewegungsqualität	★★★ Schnell schaltbar, aber begrenz regelbar, Dämpfung notwendig	★★★★ Hohe Bewegungsqualität, gute Dämpfungseigenschaften	★★★★ Präzise und ruhige Bewegung	★★★★ Hervorragende Beschleunigung
Kraft	★★★★ Hohe Dauerkräfte möglich	★★★★★ Hohe Dauerkräfte Möglich	★★★★★ Hohe Kraft durch Selbsthemmung	★★ Bedingt geeignet für hohe Haltekräfte
Leistungsdichte	★★★★ Besonders gut bei kurzen Hüben	★★★★ Besonders gut bei kurzen Hüben	★★ Großer Bauraum durch Motor, Spindel, Führung	★★ Verhältnismäßig große Baulängen
Halten von Kräften	★★★★★ Kraft wird über Druck leistungslos gehalten	★★★★ Teils etwas höherer Luftverbrauch durch Regelung	★★★★★ Selbsthemmung, keine Energie zum Halten	★ Motor bleib aktiv, hoher Energieverbauch
Steifigkeit	★ Kompressibilität der Druckluft	★★★ Etwas besser, Position kann geregelt werden	★★★★★ Mechanische Selbsthemmung	★★★★ Geringe nachgiebig durch elastischen Riemen
Nachgiebigkeit	★★★★★ Kompressibilität der Druckluft	★★★★ Durch Regelung einstellbar	★ Mechanische Selbsthemmung	★★ Geringe Nachgiebigkeit durch elastischen Riemen
Flexibilität	★ Änderungen erfordern Eingriff in die Mechanik	★★★★ Verhalten per Software anpassbar	★★★★ Parameterauswahl per Software	★★★★ Parameterauswahl per Software

Die Wahl der passenden Antriebstechnologie hängt insgesamt von vielen Faktoren ab:

den technischen Anforderungen, den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und nicht zuletzt den branchenspezifischen Gegebenheiten. Beide Technologien haben ihre Stärken – und ihre optimalen Einsatzbereiche. Um den Überblick zu erleichtern, bietet die folgende Tabelle eine kompakte Gegenüberstellung der wichtigsten Unterschiede.

Pneumatik oder Elektrik

Die Technologien im direkten Vergleich

Kriterium	Pneumatik - Standard	Pneumatik - Servo	Elektrik - Spindelantrieb	Elektrik - Zahnriemenantrieb
Einfachheit	★★★★★ Einfache Inbetriebnahme und Verwendung	★★★ Komplexes Engineering, Reglereinstellung	★★★ Verkabelung, Parametrierung, Schutz	★★★ Verkabelung, Parametrierung, Schutz
Anschaffungskosten	★★★★★ Günstige Komponenten und Peripherie	★★★ Komplexere Ventile, Controller, Software	★ Eher teure Komponenten	★★★ Tendenziell eher teure Komponenten
Betriebskosten	★★ Hoher Energieaufwand	★★★ Je nach Anwendung angepasster Verbrauch möglich	★★★★ Hoher Wirkungsgrad, ggf. Reibungsverluste	★★★★★ Hoher Wirkungsgrad
Sicherheitsverhalten	★★★★ Definierte Zustände im Fehlerfall erreichbar	★★★★★ Kontrolle der Komponentenverhaltens möglich	★★ Mechanische Selbsthemmung, ggf. keine Not-Entriegelbarkeit	★★★ Keine Selbsthemmung bei Stromausfall
Umgebungstauglichkeit	★★★★ Robust gegen Hitze, Feuchtigkeit, Schmutz, aber Abluft kann stören	★★★ Etwas empfindlicher, wegen Elektronikanteil, Abluft beachten	★★ Empfindlich gegen Staub, Feuchtigkeit, hohe Temperaturen	★★ Empfindlich gegen Staub, Feuchtigkeit, hohe Temperaturen
Energieeffizienz	★★ Geringer Wirkungsgrad, häufig überdimensioniert	★★★ Energiebedarf an Anwendung angepasst	★★★★ Kaum Verluste, besonders bei langsamer Bewegung	★★★★★ Gute Effizienz bei hoher Bewegungsdynamik
Nachhaltigkeit	★★★ Geringer Herstellungsaufwand, aber viel Energie	★★★ Energiesparend, aber aufwendige Komponenten	★★★★ Hoher Herstellaufwand, aber effizient und langlebig	★★★★ Hoher Herstellaufwand, aber effizient und langlebig

Die Wahl der passenden Antriebstechnologie hängt insgesamt von vielen Faktoren ab:

den technischen Anforderungen, den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und nicht zuletzt den branchenspezifischen Gegebenheiten. Beide Technologien haben ihre Stärken – und ihre optimalen Einsatzbereiche. Um den Überblick zu erleichtern, bietet die folgende Tabelle eine kompakte Gegenüberstellung der wichtigsten Unterschiede.

Branchen im Fokus

Anwendungsnahe Einschätzung für verschiedene Industriefelder

In der Praxis zeigt sich deutlich: Die Anforderungen an Antriebslösungen unterscheiden sich von Branche zu Branche zum Teil erheblich. Während in der Lebensmittel- oder Pharmaindustrie Hygiene, Reinigbarkeit und Zertifizierbarkeit eine zentrale Rolle spielen, stehen im klassischen Maschinen- und Anlagenbau häufig Kriterien wie Flexibilität, Modularität und hohe Verfügbarkeit im Vordergrund. In der Automobilproduktion dominieren wiederum Faktoren wie Energieeffizienz, Taktzeit, Prozesssicherheit und Robustheit. Und in der Intralogistik oder Verpackungstechnik geht es oft um Leichtbau, Geschwindigkeit und eine einfache Skalierbarkeit.

Daher lohnt es sich, typische Branchenszenarien näher zu betrachten. Denn je nach Umfeld und Anwendung verschiebt sich die Gewichtung der einzelnen Auswahlkriterien deutlich. In den folgenden Abschnitten wird gezeigt, welche Anforderungen in verschiedenen Industrien besonders relevant sind – und wie diese die Wahl der passenden Antriebstechnologie beeinflussen können.



Branchen im Fokus

Automobilindustrie

In der Automobilproduktion stehen Taktrate, Lebensdauer und Energieeffizienz besonders im Fokus. Die Anlagen laufen häufig im Drei-Schicht-Betrieb, und selbst kleine Einsparungen pro Zyklus summieren sich über die hohe Stückzahl zu erheblichen Kosten- und Energieeffekten. Elektrische Antriebe bieten hier Vorteile durch ihren hohen Wirkungsgrad und die präzise Regelbarkeit, insbesondere bei häufigen Bewegungsabläufen oder komplexen Kurvenprofilen. Auch die Diagnosefähigkeit und Integration in übergeordnete Systeme spricht für die Elektrik.

Dennoch ist Pneumatik weit verbreitet – vor allem bei einfachen Pick-&-Place-Aufgaben, Spannfunktionen oder in sicherheitskritischen Bereichen, etwa bei Crashzellen oder in Schweißanlagen. Hier zählen Robustheit, Einfachheit und die inhärente Sicherheit gegen Zündgefahren. Zudem lassen sich pneumatische Systeme schneller tauschen oder über standardisierte Ventilinseln effizient ansteuern.

In modernen Fertigungslinien kommt oft ein Technologiemix zum Einsatz: Pneumatik für robuste, klar definierte Bewegungen oder Aufgaben mit hohen Haltekräften – Elektrik für regelintensive, flexible oder energieoptimierte Prozesse.

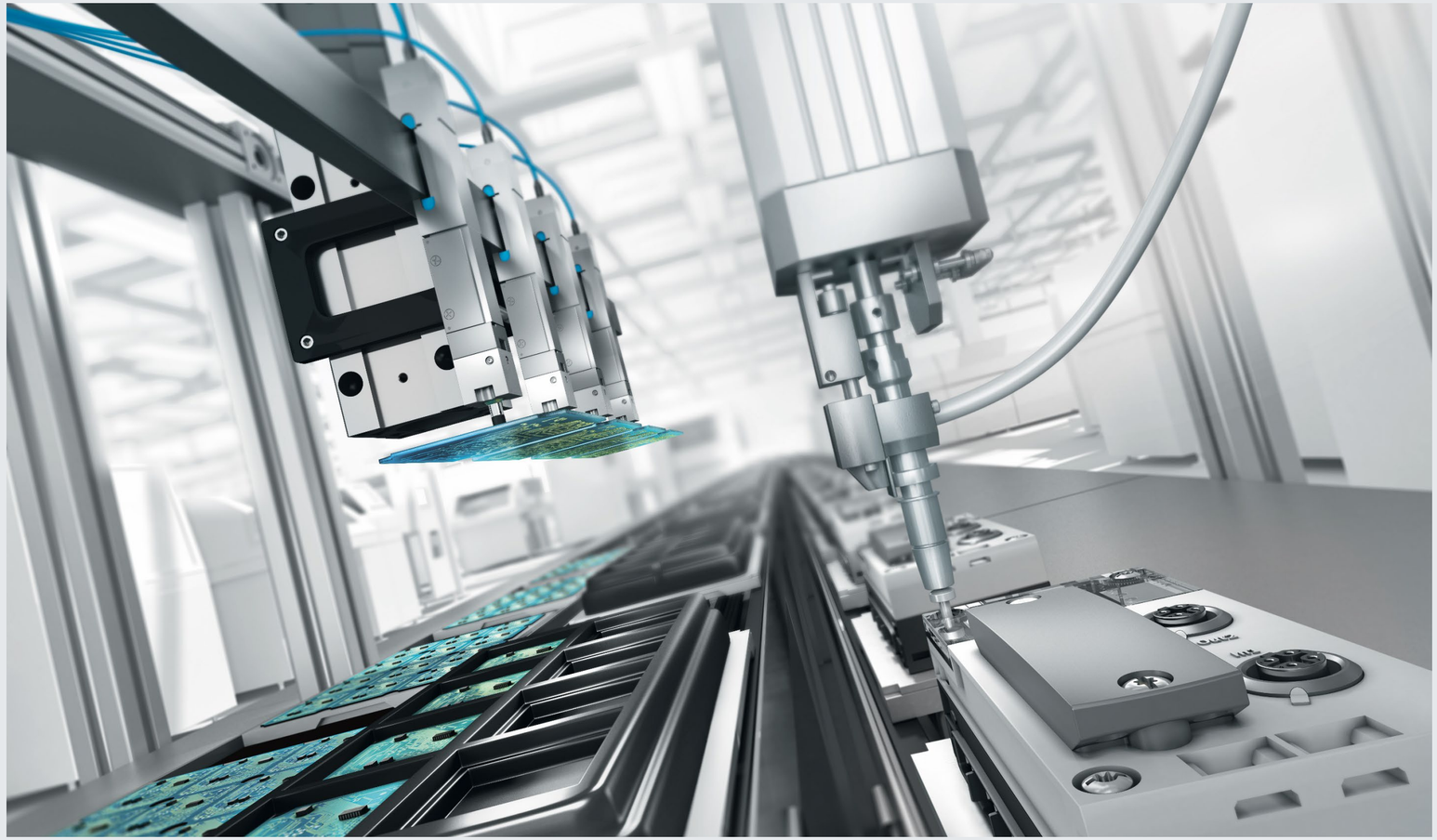


Branchen im Fokus

Elektronik- und Halbleiterindustrie

In dieser Branche spielen elektrische Antriebe die zentrale Rolle. Entscheidend sind die extrem hohen Anforderungen an Schnelligkeit und Präzision: Anwendungen wie Bestückungsautomaten, Wafer-Handling oder Mikromontage erfordern mikrometergenaue Positionierung bei sehr hohen Geschwindigkeiten sowie die präzise räumliche Koordination mehrerer Achsen.

Pneumatik wird dagegen vor allem für Nebenfunktionen eingesetzt, etwa bei der Betätigung von Absperrklappen in der Wafer-Produktion, wo sanftes Anfahren und ruckfreies Erreichen der Endlage wichtiger sind als hohe Präzision. Auch für andere einfache Hilfsbewegungen (Punkt-zu-Punkt) innerhalb komplexer Anlagen kann sie eine robuste und wirtschaftliche Lösung darstellen.



Branchen im Fokus

Lebensmittel und Verpackung

Diese Branchen setzten traditionell stark auf Pneumatik – vor allem wegen der hohen Taktzahlen, der einfachen Bauweise und der guten Verfügbarkeit von hygienetauglichen Komponenten (z.B. Zylinder in Edelstahl oder mit IP69k-Schutz). Präzision ist hier oft weniger entscheidend, und Pneumatik lässt sich leicht reinigen und kostengünstig warten.

Mittlerweile werden allerdings auch hier zunehmend elektrische Antriebe eingesetzt. Das liegt u. a. an einer gestiegenen Nachfrage nach Formatflexibilität (z.B. in Verpackungsmaschinen), besserer Steuerbarkeit (z.B. für sanfteres Abfüllen) und dem Wunsch, den Energieverbrauch zu senken. Pneumatik bleibt dennoch relevant, etwa für Greifer in Pick-and-Place-Anwendungen, zum Ausschleusen mit Luftstößen oder für einfache Hilfsfunktionen.

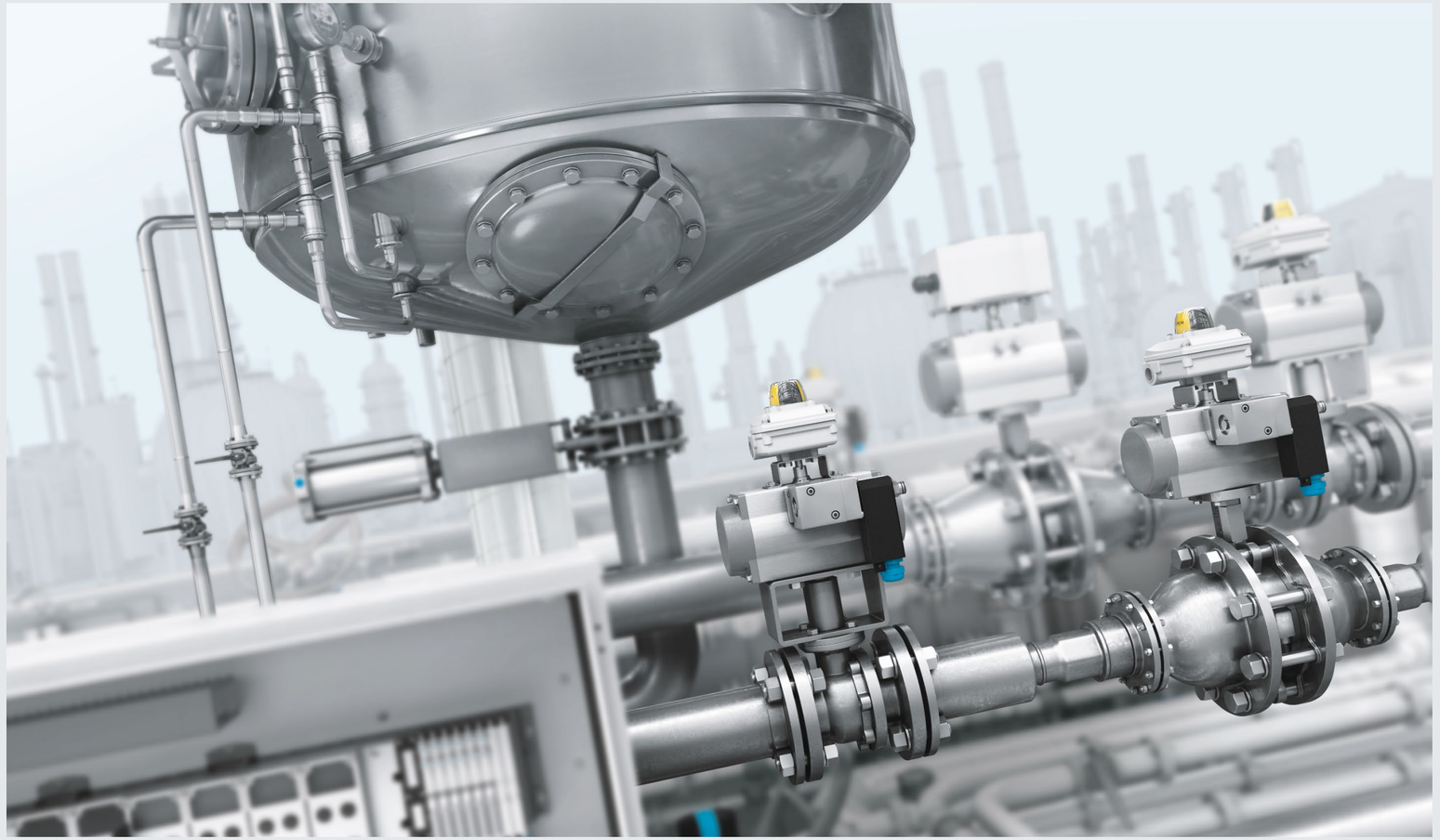


Branchen im Fokus

Chemie und Prozessindustrie

In der Chemie- und Prozessindustrie sind pneumatische Systeme traditionell weit verbreitet – vor allem aus Gründen der Explosionssicherheit und Robustheit. Typische Anwendungen sind einfache Ventilsteller, Rüttler oder Klappenantriebe im Feld, oft unter rauen Umweltbedingungen. Pneumatik hat sich hier bewährt, weil sie keine Zündquellen mitbringt und im Vergleich zur Elektrik unempfindlicher gegenüber Staub, Feuchtigkeit und Temperaturschwankungen ist.

Allerdings gibt es zunehmend elektrische Alternativen: ATEX-zertifizierte Stellantriebe mit integrierter Überwachung und optionalem Fail-Safe-Mechanismus (z.B. durch Federrückstellung oder Batteriepuffer) werden als wartungsärmere Lösung diskutiert. Diese sind bislang noch teurer und eher punktuell im Einsatz. Daher bleibt die Pneumatik in der Prozessindustrie in vielen Standardanwendungen Stand der Technik.

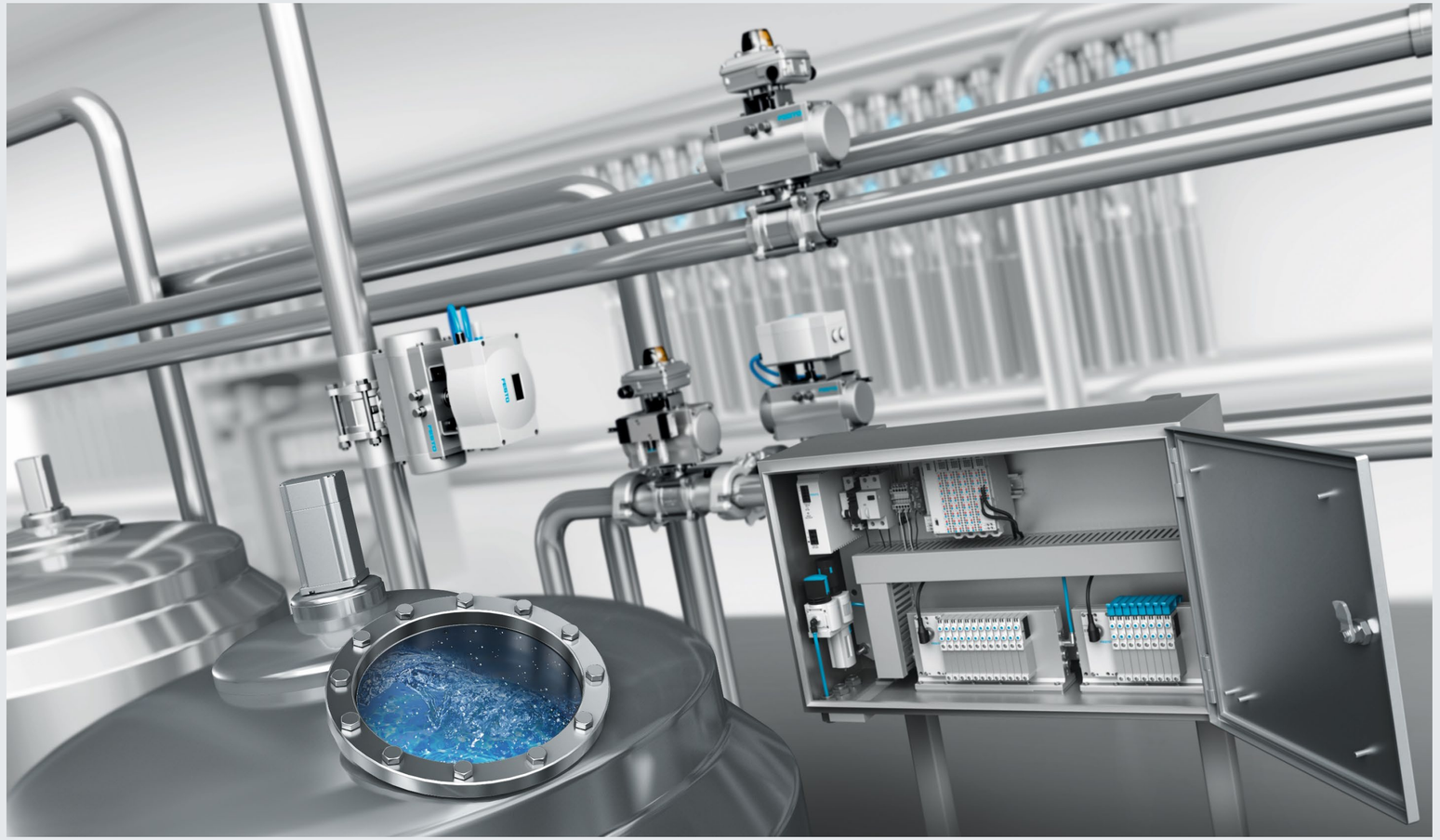


Branchen im Fokus

Pharmaindustrie

In der pharmazeutischen Produktion stehen Produktreinheit, Prozesssicherheit und Rückverfolgbarkeit an oberster Stelle. Entsprechend hoch sind die Anforderungen an Antriebssysteme: Sie müssen leicht zu reinigen, validierbar (in ihrer Funktion und Dokumentation überprüfbar) und möglichst partikelfrei sein. Elektrische Antriebe bieten hier viele Vorteile – etwa durch geschlossene Bauformen, präzise Steuerbarkeit und die Möglichkeit, Bewegungen reproduzierbar zu dokumentieren.

Pneumatik ist dennoch weit verbreitet, vor allem in einfachen, taktfesten Anwendungen wie Hub-, Greif- oder Sortierprozessen. Edelstahlzylinder mit hoher Schutzart (z.B. IP69K) erfüllen die hygienischen Anforderungen gut. Kritisch ist jedoch die Abluft – diese muss bei Anwendungen im Reinraum oder mit aseptischen Bedingungen zuverlässig abgeführt oder gefiltert werden.



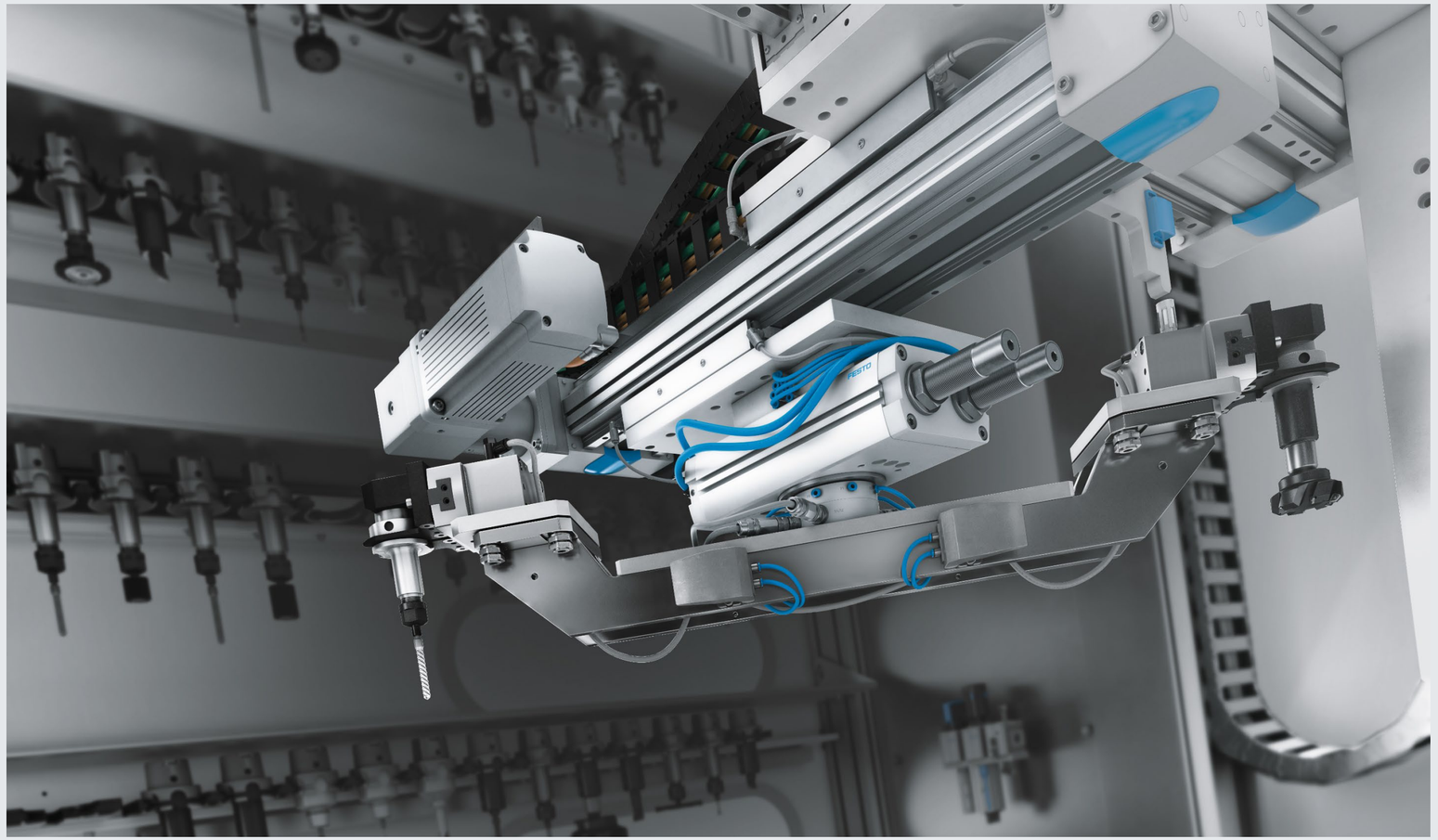
Branchen im Fokus

Werkzeugmaschinen

Der Maschinenbau stellt extrem vielfältige Anforderungen – von hochdynamischen Fertigungsmodulen bis hin zu langsam arbeitenden Sonderanlagen. Entsprechend werden sowohl elektrische als auch pneumatische Antriebe genutzt, oft sogar kombiniert.

Elektrische Antriebe punkten mit Flexibilität, präziser Bewegungssteuerung und einfacher Integration in moderne Automatisierungssysteme. Sie ermöglichen komplexe Bewegungsprofile, eine schnelle Formatumstellung und die Anbindung an digitale Engineering-Tools. Das ist besonders vorteilhaft bei variantenreichen Maschinen oder adaptiven Prozessen, etwa im Sondermaschinenbau oder bei kundenindividuellen Losgrößen.

Pneumatik wird bevorzugt, wenn einfache, robuste und kostengünstige Lösungen gefragt sind – etwa bei Taktvorgängen, Klemmungen oder Ausblasfunktionen. Ihre Standardisierung, schnelle Austauschbarkeit und hohe Verfügbarkeit spielen in vielen Anlagen eine zentrale Rolle. Auch bei langen Standzeiten oder rauen Umgebungsbedingungen kann die Pneumatik durch ihre geringe Störanfälligkeit überzeugen.



Branchen im Fokus

Intralogistik

In der Intralogistik kommt es vor allem auf Geschwindigkeit, Energieeffizienz und geringe Ausfallzeiten an. Elektrische Antriebe setzen sich hier zunehmend durch – etwa bei Weichen, Hubmodulen, Shuttles oder Rollenförderern. Sie ermöglichen präzise Steuerung, sanfte Bewegungen und eine gute Energieausnutzung.

Pneumatische Systeme sind weiterhin verbreitet für Pick-and-Place-Aufgaben, Sortierarme oder Greifer, bei denen einfache Bewegungen in sehr hoher Taktrate benötigt werden. Dabei ist die einfache Konstruktion und die geringe Masse oft ein Vorteil – solange der Energieverbrauch beherrschbar bleibt.



Die richtige Auswahl treffen

Technisch, wirtschaftlich und nachhaltig

Was ist besser? Pneumatik oder Elektrik?

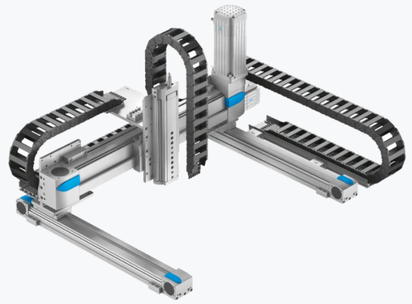
Eine einfache Antwort gibt es nicht. Die Wahl der passenden Antriebstechnologie ist immer eine Abwägung mehrerer Faktoren: mechanische Anforderungen, Energieeffizienz, Kosten, Umgebungseinflüsse oder Wartungsaufwand. Beide Technologien haben ihre Daseinsberechtigung, und oft liegt die optimale Lösung in einem intelligenten Mix.

Elektrische Antriebe spielen ihre Stärken vor allem dort aus, wo Präzision, Flexibilität und Energieeffizienz im Vordergrund stehen. Pneumatische Systeme überzeugen durch Einfachheit, Robustheit und geringe Investitionskosten – insbesondere bei klar umrissenen Aufgaben in rauer Umgebung. Servopneumatik kombiniert gezielte Regelbarkeit mit der robusten, kosteneffizienten Welt der Druckluft. Sie kann daher eine attraktive Lösung sein, wenn variable Bewegungsprofile, moderate Präzisionsanforderungen und eine wirtschaftliche Umsetzung gleichzeitig gefragt sind – beispielsweise bei Taktraten, die eine gewisse Dynamik verlangen, aber keine vollständige elektrische Achse rechtfertigen.

In vielen Fällen kann auch eine sinnvolle Kombination beider Technologien die optimale Lösung sein. Gerade in komplexeren Maschinen oder modular aufgebauten Anlagen zeigt sich, dass sich elektrische und pneumatische Antriebe hervorragend ergänzen können.

Ein typisches Beispiel dafür sind sogenannte Raumportale zur Positionierung in X-, Y- und Z-Richtung. Während X- und Y-Bewegungen flexible Positionierung erfordern und damit elektrische Antriebe ideal geeignet sind, kann bei der Z-Achse die Pneumatik ihre Stärken wie geringes Gewicht, hohe Leistungsdichte und kompakte Bauform voll ausspielen.

Am Ende zählt die passende Lösung für die jeweilige Aufgabe. Werden Anforderungen systematisch analysiert und die Entscheidungskriterien im Anwendungskontext sinnvoll gewichtet, schafft dies die Grundlage für technisch durchdachte, wirtschaftlich tragfähige und nachhaltige Automatisierungslösungen.



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

Mit Blick auf die Effizienz, kann der folgende Merksatz eine grobe Orientierung geben:

Pneumatik

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

Elektrik

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

Get to the right solution faster – with our Engineering Tools:
→**https://www.festo.com/engineeringtools/**

Electric design tool “Electric Motion Sizing”:
→**https://www.festo.com/x/electric-motion-sizing/**

Pneumatic design tool “Pneumatic Simulation“:
→**https://www.festo.com/x/pneumatic-simulation/**

Autor

Daniel Ditterich
Technology Expert für nachhaltige Automatisierung
Festo SE & Co. KG

Daniel Ditterich ist Technology Expert für nachhaltige Automatisierung bei der Firma Festo SE & Co. KG und bringt umfangreiche Erfahrung bei der Wahl der optimalen Antriebslösung mit. Sein Fachwissen umfasst die Bereiche Auslegung von Automatisierungssystemen, Energieeffizienz sowie die Konzeption und Einführung innovativer Produkte.

