Elektrischer Aktuator vs. Pneumatikzylinder: Der vollständige Ingenieur-Leitfaden

Ingenieure der industriellen Automatisierung treffen diese Entscheidung jeden Tag:
Pneumatikzylinder oder elektrischer Aktuator?
Die Antwort ist nicht mehr offensichtlich. Steigende Energiekosten, strengere Präzisionsanforderungen und Nachhaltigkeitsvorgaben verschieben das Gleichgewicht hin zu elektrischen Linearantrieben — aber nicht in jeder Anwendung.

Dieser Leitfaden gibt Ihnen die Daten, um zu entscheiden. Er wurde von den Ingenieuren bei NILAB verfasst, Hersteller von tubulären Linearmotoren und elektrischen Aktuatoren seit 2003.

1. Technologieübersicht

Pneumatikzylinder

Ein Pneumatikzylinder wandelt Druckluft in lineare mechanische Kraft um. Er ist einfach, schnell und kostengünstig in der Anschaffung — deshalb wurde er im 20. Jahrhundert die Standardwahl für wiederholte lineare Bewegungen in der industriellen Automatisierung.

So funktioniert er:

Element
Ein Kompressor erzeugt Druckluft (typischerweise 6–8 bar)
Die Luft wird über Ventile zu einer oder beiden Seiten eines Kolbens geleitet
Der Druckunterschied bewegt die Kolbenstange linear
Die Position wird normalerweise durch mechanische Endanschläge gesteuert

Inhärente Grenzen:

Element
Die Position ist binär (voll eingefahren / voll ausgefahren), sofern keine teuren Proportionalventile hinzugefügt werden
Die Kraft ist ohne zusätzliche Hardware schwer zu steuern
Energie wird kontinuierlich verschwendet — der Kompressor läuft auch dann, wenn keine Bewegung stattfindet
Luftleckagen sind unvermeidbar und nehmen mit der Zeit zu

Elektrischer Linearaktuator / Linearmotor

Ein elektrischer Aktuator wandelt elektrische Energie direkt in lineare mechanische Bewegung um, entweder über einen Rotationsmotor + Schraubmechanismus oder — im Fall der NILAB-tubulären Linearmotoren —
über direkten elektromagnetischen Antrieb ohne rotierende Teile.

So funktioniert er:

Element
Ein Servoregler steuert den Strom zu den Motorwicklungen
Die Wechselwirkung des Magnetfelds erzeugt direkte lineare Kraft
Ein Encoder liefert Positionsfeedback mit geschlossenem Regelkreis
Der Regler kann jede Position, Geschwindigkeit oder Kraftprofil befehlen

Wichtige Vorteile gegenüber Pneumatik:

Element
Unbegrenzte Zwischenpositionierung (nicht nur Endanschläge)
Programmierbare Kraft-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsprofile
Keine Druckluftinfrastruktur erforderlich
Energie wird nur während der tatsächlichen Bewegung verbraucht

2. Vergleich Seite an Seite

Parameter	Pneumatikzylinder	NILAB Elektrischer Aktuator
Positionierung	Binär (2 Positionen)	Unbegrenzt (geschlossener Regelkreis)
Positionswiederholbarkeit	±0,5–2,0 mm am mechanischen Anschlag	±0,01–0,05 mm
Kraftsteuerung	Schwierig / Unpräzise	Präzise / programmierbar
Geschwindigkeitssteuerung	Begrenzt (Drosselventile)	Vollständiges Profil, programmierbar
Energie im Leerlauf	Kompressor läuft = Verschwendung	Null oder sehr geringer Verbrauch
Energie in Bewegung	25–35 % Effizienz	85–92 % Effizienz
Wartung	Dichtungen, Ventile, Filter	Minimal (nur austauschbare IGUS)
Geräusch	Hoch (Abluft)	Niedrig
Sauberkeit	Ölnebel-Risiko	Reinraumkompatibel
IP-Schutz	Standard bis IP54	Bis IP 68
Anschaffungskosten	Niedrig	Mittel-Hoch
TCO über 5 Jahre	Hoch (Energie + Wartung)	Niedrig
Integrationskomplexität	Niedrig (Ventil + Schlauch)	Mittel bis niedrig (gleiche Ventilsteuerung)

—

3. Energieverbrauch: Die echten Zahlen

Hier gewinnt der elektrische Aktuator in den meisten Anwendungen entscheidend. Die Zahlen unten basieren auf einem typischen Zwei-Schicht-Produktionsszenario.

Ein typisches Pneumatiksystem verschwendet Energie auf drei Arten:

Element

Kompressorineffizienz: nur etwa 10–15 % der elektrischen Energiezufuhr erreicht den Zylinder als nutzbare Arbeit
Verteilungsverluste: Leckagen in Rohrleitungen und Armaturen (typischerweise 20–30 % der insgesamt erzeugten Luft)
Leerlaufverluste: Der Kompressor hält den Druck aufrecht, auch wenn sich kein Zylinder bewegt

Beispielrechnung — Zwei-Schicht-Produktion (16 h/Tag):

Ein einzelner Ø50-mm-Pneumatikzylinder, 200 mm Hub, 6 bar, 30 Zyklen/Minute:

Kostenpunkt	Pneumatik	NILAB Elektrischer Aktuator
Luftverbrauch	85 l/min	-
Kompressor-Leistungsäquivalent	1,8 kW kontinuierlich	-
Motorleistung	-	180 W Spitzenleistung / 45 W Durchschnitt
Jährliche Energiekosten (0,25 €/kWh)	€2628/Jahr	€263/Jahr
Wartung (Dichtungen, Ventile)	€400/Jahr	€50/Jahr
Gesamte jährliche Kosten	€3028/Jahr	€313/Jahr
Ersparnisse	-	€2715/Jahr

ROI für den elektrischen Ersatz: typischerweise 12–18 Monate für Zwei-Schicht-Betrieb.

Berechnen Sie Ihre genaue Ersparnis: NILAB Pneumatik-zu-Elektrik-Tool — Kostenloser Online-Rechner

Geben Sie Ihren Zylinderdurchmesser, Hub, Arbeitsdruck und Zyklusrate ein.
Das Tool liefert Energieverbrauch, CO_2-Äquivalent, jährliche Kosten und den empfohlenen NILAB-Elektroaktuator.

—

4. Wann Sie Pneumatik wählen sollten

Elektrik ist nicht immer die Antwort. Pneumatikzylinder bleiben die bessere Wahl, wenn:

Element
Sehr hohe Zyklusraten (>200 Zyklen/min) mit einfacher End-to-End-Bewegung — Pneumatik kann für reine Bang-Bang-Anwendungen schneller und einfacher sein
Extreme Kraft-Kosten-Relation erforderlich ist und Präzision irrelevant ist (z. B. Klemmen, Stanzen, Pressen bei fester Kraft)
ATEX / explosionsgefährdete Atmosphären — elektrische Antriebe erfordern sorgfältige Auswahl; Pneumatik ist inhärent sicher
Vorhandene Pneumatikinfrastruktur mit sehr geringer Auslastung — die Amortisationszeit kann 3 Jahre überschreiten
Sehr kurze Hübe (<10 mm) ohne Positionierungsanforderung — der Kostendelta ist nicht gerechtfertigt

5. Wann Sie Elektrik wählen sollten

Wählen Sie einen elektrischen Linearaktuator, wenn:

Element
Mehrpositionssteuerung erforderlich ist (3 oder mehr Positionen pro Hub)
Kraftsteuerung benötigt wird (sanftes Aufsetzen, variable Klemmkraft, Press-Pass-Montage)
Energieeffizienz eine KPI ist — Elektrik spart 70–90 % Energie gegenüber Pneumatik
Reinraum- oder Lebensmittel-/Pharma-Umgebung — kein Ölnebel, IP65/IP67 verfügbar
Leiser Betrieb erforderlich ist (Lebensmitteleinzelhandel, Labore, Medizin)
Vorausschauende Wartung Teil der Strategie ist — Servoregler liefern Motorstromdaten, die Verschleiß vorhersagen
Eliminierung des Kompressors ein Ziel ist — ein Kompressor versorgt typischerweise Dutzende Zylinder; die Entfernung der Pneumatik vereinfacht das gesamte Versorgungssystem der Anlage

6. NILAB-tubulärer Linearmotor — Direktantriebsvorteil

Die meisten elektrischen Aktuatoren verwenden einen Rotationsmotor + Kugelgewindetrieb oder Riemen, um Rotation in lineare Bewegung umzuwandeln.
NILAB-tubuläre Linearmotoren sind **Direktantrieb**: Die elektromagnetische Kraft wirkt direkt auf den Forcer,
ohne zwischengeschaltete mechanische Übertragung.

Das bedeutet:

Element
Null Spielraum — kein Getriebe, keine Schraube, kein Riemen
Kein mechanischer Verschleiß am Antriebselement
Höhere Beschleunigung — die bewegliche Masse ist nur der Forcer, nicht Motor + Kupplung + Schraube
Einfachere Mechanik — weniger Teile, weniger Ausfallpunkte

Serie	Spitzenkraft	Hub	Schutz	Typische Anwendung
NL080QX & NL120QX	bis 247 N	bis 300–400 mm	IP65	Leichte Montage, Pick and Place
GD160DTQ	bis 152 N	bis 500 mm	IP65	Lebensmittel & Getränke, Pharma
GD250DQTX	bis 1748 N	bis 500 mm	IP65	Werkzeugmaschinen, Holzbearbeitung

—

7. Migrationsleitfaden: Ersatz eines Pneumatikzylinders

Folgen Sie diesen Schritten, um den richtigen NILAB-Aktuator für Ihren Pneumatik-Ersatz auszuwählen:

Schritt 1 — Dokumentieren Sie Ihren aktuellen Zylinder:

Element

Bohrungsdurchmesser (mm)
Hub (mm)
Arbeitsdruck (bar)
Zyklusrate (Zyklen/min)
Erforderliche Kraft (N) — berechnen: F = P × A = Druck(Pa) × Bohrungsfläche(m^2)
Umgebungsbedingungen (IP, Temperatur, Waschbetrieb)

Schritt 2 — Verwenden Sie das NILAB-P2E-Tool:
→ Pneumatik-zu-Elektrik-Rechner

Geben Sie Ihre Parameter ein. Das Tool liefert:

Element
Empfohlenes NILAB-Modell
Kraft-Geschwindigkeits-Kurve für Ihren Arbeitszyklus
Energieeinsparungen gegenüber Pneumatik (jährliche kWh und €)
CO_2-Reduktionsäquivalent
Amortisationszeit

Schritt 3 — Datenblatt und CAD-Dateien herunterladen:
→ NILAB-Datenblatt-Engine
→ 3D-CAD-Datei-Download (STEP, IGES, Parasolid)

Schritt 4 — Servoregler auswählen:
NILAB-tubuläre Motoren sind kompatibel mit:

Element
NILAB-Epulse-Serie (CANopen DS402, Modbus RTU, EtherCAT)
Siemens SINAMICS
Beckhoff TwinCAT NC
Jeder DS402-kompatible Servoregler

Verwandte Tools & Ressourcen

Ressource	**Link**
Pneumatik → Elektrik-Rechner	NILAB-P2E-Tool
Motorauslegung (WebSmart)	NILAB WebSmart Dimensionator
Datenblatt-Download	Datenblatt-Engine
3D-CAD-Dateien	CAD-Download
Produktkatalog	PDF-Katalog herunterladen

Kontakt & Anwendungssupport

Benötigen Sie Hilfe bei der Auslegung Ihrer Anwendung oder der Bewertung einer Pneumatik-zu-Elektrik-Migration?

→ Kontaktieren Sie das NILAB-Engineering-Team
→ Produkt-User-Forum

→ **Direkt:** katharina.pirker@nilab.at | +43 720 513 258

From:
https://www.nilab.at/dokuwiki/ - **NiLAB GmbH Knowledgebase**

Permanent link:
https://www.nilab.at/dokuwiki/doku.php?id=de:engineersguide:p2e

Last update: **2026/09/12 14:02**