



Mit wenig Energie viel bewegen

Effiziente Antriebstechnik
für Industrieautomaten



Der Anteil der Industrie am Nettostromverbrauch in Deutschland beträgt rund 47 Prozent. Speziell in der Automatisierungstechnik bewegt sich ohne Antriebsenergie kein Roboterarm und schwere Teile bleiben in der Produktion liegen. Eine Potenzialstudie empfiehlt neue Lösungen zum energieoptimierten Systembetrieb. Dadurch soll sich die Energieproduktivität der elektrischen und pneumatischen Antriebstechnik um bis zu 50 Prozent erhöhen.

Der Antriebstechnik kommt für die Energiewende eine hohe Relevanz zu: mehr als zwei Drittel der industriellen Stromnachfrage entfallen auf das Bereitstellen mechanischer Energie. Darunter fallen rund 7 % des Stromverbrauchs in Deutschland allein für das Erzeugen von Druckluft. Der Begriff „Antriebstechnik“ umfasst unterschiedlichste Anwendungen von Motoren mit Leistungsaufnahmen von mehreren 100 Kilowatt bis hin zu Kleinanwendungen mit niedrigen Wattzahlen oder sehr geringen Druckluftverbräuchen.

In vielen Industriebetrieben besteht wegen steigender Energiepreise und einem erhöhten Umweltbewusstsein akuter Handlungsbedarf, die Energieeffizienz in der Antriebs- und Handhabungstechnik zu erhöhen. Bereits mit einfachen Mitteln lassen sich Energieverbräuche deutlich reduzieren und Energiekosten senken. Allerdings bleiben bestehende Potenziale vielfach ungenutzt.

Einen systematischen Beitrag zum rationellen Anwenden und Einsparen von Energie bei der elektrischen und pneumatischen Antriebstechnik liefert das Forschungsprojekt „EnEffAH“ (Energieeffizienz in der Produktion im Bereich Antriebs- und Handhabungstechnik). Drei Forschungsinstitute und drei Industrieunternehmen

Dieses Forschungsprojekt
wird gefördert vom:

Bundesministerium für Wirtschaft
und Technologie (BMWi)

haben sich 2008 zusammengetan, um eine energieeffiziente Automatisierung zu erforschen. Die effektive Wahl der richtigen Technik und der effiziente Betrieb sind maßgeblich für energiesparende und funktionelle Maschinen. Ihr Forschungsgegenstand sind Antriebstechnologien, die als Energieträger Druckluft oder Strom verwenden und bei Handhabungsaufgaben wie auch in der Robotik verwendet werden.

Die pneumatische Antriebstechnik nutzt als Antriebsmedium komprimierte Luft und zeichnet sich durch eine umweltschonende und einfache Bauweise aus. Gerade bei „Halte“-Aufgaben bietet die Pneumatik einen Vorteil gegenüber elektrischen Antrieben, da diese sich stark erwärmen und ohne zusätzliche mechanische Arretiervorrichtungen eine konstante Stromaufnahme erfordern. Bei der Effizienzsteigerung beider Techniken setzt das Projekt unten an („bottom up“), d. h. bei der Anwendung der Energie am Produkt. Was nicht verbraucht wird, muss nicht erzeugt und verteilt werden. Gleichzeitig betrachten die Forscher die gesamte Wirkungskette der einzelnen Energieträger von der Erzeugung bis zur Verteilung.

Über alle Anwendungszwecke der Druckluft hinweg wird im Einzelfall von einem maximal möglichen wirtschaftlichen Einsparpotenzial von bis zu 50 % des Gesamtenergieverbrauchs ausgegangen. Dabei ist die Frage nach dem Energieverbrauch eng mit dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit verbunden, da von den Lebenszykluskosten einer Druckluftstation rund 70 % auf den Energieverbrauch entfallen. Allein Leckagen verursachen in schlecht gewarteten Anlagen ohne regelmäßige Kontrollen bis zu 30 % des Druckluftverbrauchs, was sich für einzelne Unternehmen schnell zu Energiekosten von mehreren zehntausend Euro pro Jahr addieren kann.

Die Wirkungsgrade elektrischer Antriebe wurden bisher für den Betrieb mit konstanter Drehzahl optimiert (z. B. bei Pumpen), aber nicht für den Start-Stopp-Betrieb, wie er beim Positionieren oder bei Pick-und-Place-Anwendungen auftritt. Ein Beispiel ist die Produktion von Karosserieteilen für Automobile. Durch Rückspeisen von Bremsenergie und deren Zwischenspeicherung ist hier ein großes Einsparpotenzial vorhanden. Die Einsatzgebiete von Elektromotoren sind vielfältig. Sie kommen sowohl als Antriebsaggregate für Kompressoren, Zentrifugen, Pumpen, Ventilatoren als auch für Lineachsen in der Automatisierungstechnik zum Einsatz. Auch bei größeren Elektromotoren als Antriebseinheiten sind deutliche Einsparungen möglich. Neben der Nutzung von hocheffizienten Motoren wird beispielsweise im Einsatz von frequenzvariablen Elektroantrieben ein signifikantes Verbesserungspotenzial (bis zu 50 %) gesehen.

Auswahl der geeigneten Technologie

Prinzipiell können viele Applikationen in der Antriebs- und Handhabungstechnik sowohl pneumatisch als auch elektrisch realisiert werden. Eine zunehmende Standardisierung einzelner Komponenten macht dabei den Austausch der Technologien möglich. Ob nun elektrische oder pneumatische Antriebe den günstigeren Energieverbrauch haben, lässt sich allgemeingültig nicht sagen und muss im Einzelfall mit geeigneten Berechnungen überprüft werden. Die Energieaufnahme des elektrischen Antriebs hängt im Wesentlichen quadratisch von der gewünschten Kraft ab und steigt linear mit der Haltedauer an. Die Hublänge des Antriebs spielt hierbei keine

Antriebe mit Luft oder Strom

	Pneumatik	Elektrik
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> · Robustheit und einfacher konstruktiver Aufbau · Belastbarkeit und Überlastfähigkeit · Niedriges Leistungsgewicht und hohe Leistungsdichte · Kontinuierliche Spitzenkraft · Leistungsloses Halten · Zentrale Wärmeproduktion, die zu großen Teilen nutzbar ist. 	<ul style="list-style-type: none"> · Effiziente Umwandlung von elektrischer in kinetische Energie · Nutzung von Bremsenergie möglich (Energierückgewinnung und Speicherung) · Hohe Dynamik durch schnellen Kraftaufbau · Hohe Flexibilität durch Vorgabe der genauen Bewegung · Hohe Laststeifigkeit · Unempfindlichkeit der Regelung gegenüber Störeinflüssen
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> · Lauteres Geräusch (Abluftfassung) · Kondensat (Trocknung) · Luftverbrauchskosten der Komplettanlage mit Aktivluft und Prozessluft und Druckluftwerkzeugen. 	<ul style="list-style-type: none"> · Dezentrale Erwärmung der Komponenten, fast keine Nutzung möglich, teilweise Kühlung von Schaltschränken notwendig.

Abb. 1 Vergleich pneumatischer und elektrischer Technologien
Quelle: EnEffAH-Projektconsortium

So kann Druckluft effizienter arbeiten

Phase der energetischen Wirkungskette	Maßnahme	Anwendbarkeit	Einsparung bis ...
Bereitstellung	Kompressorauslegung und Verbundsteuerung	20 %	20 %
	Zentrale Wärmerückgewinnung	50 %	96 %
	Dezentrale Kompressoren	25 %	15 %
	Absenkung des Netzdrucks	50 %	15 %
Aufbereitung	Trocknung von Druckluft		
	Kältetrockner	60 %	2 %
	Adsorptionstrockner	10 %	20 %
	Auslegung der DL-Aufbereitung	20 %	10 %
Verteilung	Regelmäßige Wartung der DL-Aufbereitung	80 %	20 %
	Optimierte Dimensionierung von Leitungen	20 %	10 %
	Optimierung der Netzinfrastruktur	40 %	5 %
	Robustheit und Platzierung von Zwischenspeichern	40 %	10 %
Anwendung	Beseitigung von Leckagen im Netz	80 %	5 %
	Korrekte Auslegung von Antrieben und Komponenten	80 %	40 %
	Vermeidung von Totvolumen	30 %	20 %
	Leckageortung und Beseitigung (Anlage/Anwendung)	70 %	20 %
	Einfach wirkender Zylinder	10 %	50 %
	Kurzschlussventil	10 %	43 %
Zuluftdrosselung & gezieltes Abschalten	30 %	50 %	
Optimierte Ventilansteuerung	30 %	65 %	

Abb. 2 Übersicht über effizienzsteigernde Maßnahmen in der pneumatischen Antriebs- und Handhabungstechnik (Druckluft). Quelle: EnEffAH-Projektconsortium

Rolle. Beim pneumatischen Antrieb hingegen hängt die Energieaufnahme nicht von der Haltedauer ab. Dies spiegelt die Funktionalität des leistungslosen Haltens wieder. Die Aufnahme hängt auch nur linear von der gewünschten Kraft ab.

Die Forscher haben folgende Faustformeln für automatisierte Maschinenbewegungen formuliert:

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.

In den Abb. 2 und 3 sind die vielversprechendsten Maßnahmen aus dem Projekt EnEffAH zusammengefasst. Mit jeder einzelnen Maßnahme können Effizienzpotenziale erschlossen werden. Die Maßnahmen beeinflussen sich



Effizienz-Favoriten

Die Forscher des EnEffAH-Projekts favorisieren diese Maßnahmen:

- Effiziente Auslegung von Komponenten
- Bewegte Massen reduzieren
- Reibung im System reduzieren
- Nutzung von Betriebsstrategien (Pneumatik): einfach wirkende Zylinder, Kurzschlussventile, gezieltes Abschalten der Druckluftzufuhr
- Vermeidung von Totvolumen (Pneumatik)
- Effiziente Kompressorsteuerung mit Splitting Systemen oder drehzahlreguliertem Kompressor (Pneumatik)
- Wärmerückgewinnung am Kompressor (Pneumatik – bis zu 96 % der eingesetzten Energie zusätzlich als Wärme nutzbar)
- Energieaufnahme im Standby reduzieren (Elektrische Antriebe)

So kann Strom effizienter arbeiten

Phase der energetischen Wirkungskette	Maßnahme	Anwendbarkeit	Einsparung bis ...
Bereitstellung	Niederspannungs-Gleichstromversorgung optimieren	10 %	2 %
	Energieaufnahme im Standby reduzieren	20 %	5 %
Planung	Reibungsarme mechanische Komponenten einsetzen	10 %	20 %
	Bewegte Massen minimieren	10 %	15 %
	Überdimensionierung vermeiden	50 %	10 %
	Energieaufnahme in Bewegungspausen optimieren	10 %	4 %
	Einsatz effizienter Motoren	30 %	3 %
	Einsatz effizienter Servocontroller	20 %	3 %
	Motorcabellänge minimieren	5 %	2 %
Antriebe & Anwendung	Nutzung der Bremsenergie	10 %	5 %
	Bewegungsprofil anpassen	20 %	8 %
	Schwingungen der Regelung reduzieren	10 %	10 %

Abb. 3 Übersicht über effizienzsteigernde Maßnahmen in der elektrischen Antriebs- und Handhabungstechnik (Strom). Quelle: EnEffAH-Projektconsortium



Abb. 4 Elektrische Zuführanlage für automobiler Einspritztechnik
Quelle: Festo AG

allerdings gegenseitig, so dass eine Umsetzung immer im Gesamtzusammenhang geprüft werden muss. Einzelne Maßnahmen schließen sich sogar gegenseitig aus (Beispiel: generelle Druckabsenkung und effiziente Auslegung von Antrieben). Wegen der gegenseitigen Beeinflussung ist keine Aussage einer Steigerung der Gesamteffizienz einer Anlage auf Basis der hier vorgestellten Werte möglich. Die prozentualen Effizienzsteigerungen lassen sich nicht einfach addieren, um eine gesamte Energieeinsparung zu ermitteln! Ferner können die prozentualen Einsparungen der vorgestellten Maßnahmen in der pneumatischen und elektrischen Antriebs- und Handhabungstechnik nicht miteinander verglichen werden, da sie jeweils andere Bezugsgrößen verwenden.

Die zentrale Wärmerückgewinnung nimmt unter den Maßnahmen eine Sonderstellung an. Die hier gezeigten Einsparungen werden nicht in der Antriebs-

technik wirksam. Die durch Wärmerückgewinnung gewonnene Energie stellt einen Zusatznutzen dar, der in anderen Unternehmensbereichen realisiert werden kann (Prozesswärme zum Heizen oder Klimatisieren).

Der Weg zum Effizienzführer

Die Forscher empfehlen den Praktikern in der Industrie drei Schritte zur energieeffizienten Antriebs- und Handhabungstechnik.

Der erste Schritt kostet in Form von „Erster Hilfe“ geringen Aufwand bei hohem Nutzen.

Bei Druckluftanlagen ist die bedeutendste und erfreulicherweise an nahezu allen Anlagen umsetzbare Maßnahme die Suche und Beseitigung von Leckagen. Diese kann entweder von den eigenen Mitarbeitern oder – wenn keine freien Kapazitäten oder das benötigte Know-How bzw. die Gerätschaften nicht vorhanden sind – als Dienstleistung eingekauft werden. Ferner führt die regelmäßige Wartung der Komponenten der Druckluftaufbereitung bei gerechtfertigtem Aufwand sofort zu Energieeinsparungen.

Bei elektrischen Motoren lassen sich ohne großen Eingriff in das bestehende System Energieeffizienzpotentiale erschließen, indem die Bewegungsprofile der Antriebe energieoptimiert werden und Schwingungen der Regelung reduziert werden.

In einem zweiten Schritt sollte ein Bewusstsein für das Thema Energieeffizienz bei allen Mitarbeitern gesteigert werden. Hemmnisse müssen abgebaut werden. Dies ist die Voraussetzung dafür, dass umgesetzte Maßnahmen auch einen dauerhaften Erfolg aufweisen können. Das gewonnene Bewusstsein sollte dann auch auf Lieferanten (z. B. in Lastenheften) und Kunden (z. B. über das Marketing) übertragen werden.

Der dritte Schritt kann den Betrieb zum Marktführer in Energieeffizienz machen, wenn er alle Maßnahmen mit einem sinnvollen Verhältnis von Nutzen und Aufwand umsetzt. In einem durchschnittlichen Unternehmen sind alle erforschten Maßnahmen wirtschaftlich. Jedoch muss in jedem Unternehmen einzeln geprüft werden, welche Maßnahmen das beste Nutzen/Aufwand-Verhältnis versprechen und vorrangig angegangen werden sollten.



Effizienz ist kein Automatismus

Der Gesamtumsatz der deutschen Automatisierungsindustrie stieg 2011 um über 17 % auf knapp 48 Mrd. Euro. Der Export hat um knapp 13 % zugelegt und erreichte mit über 30 Mrd. Euro ein Allzeithoch. Der deutsche Weltmarktanteil liegt bei 10 %. Der Umsatz mit Antrieben ist 2011 um über 17 Prozent auf über 10 Mrd. Euro gestiegen. Dadurch entstanden in der Automationsbranche 16.000 neue Arbeitsplätze. Die Branche beschäftigt in Deutschland eine viertel Million Menschen. Im Fokus der Automatisierung stehen Technologien für mehr Energieeffizienz. Das Einsparpotenzial der vorhandenen Technik liegt bei 88 Mrd. kWh pro Jahr und entspricht damit der Stromproduktion von 58 Steinkohlekraftwerken der 400 MW-Klasse. Das hat der Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. errechnet.

Während bei Kraft- und Arbeitsmaschinen Energieeffizienz seit langem eine wichtige Rolle spielt, ist es in der Handhabungstechnik relativ neu. Hier gab es bisher keinerlei Richtlinien für Maschinenbauer, die die verschiedenen pneumatisch, mechanisch oder elektromechanisch arbeitenden Lösungen vergleichbar machen. Daher stehen sie immer vor dem Dilemma, sowohl die Investitionskosten als auch die Betriebskosten niedrig halten zu müssen. Pneumatisch gesteuerte Handhabungstechnik wird oft dort eingesetzt, wo es keine schnellen Bewegungen oder hohe Taktraten und große Gewichte gibt. Beim Thema Antrieb wird nur selten hinterfragt, ob Alternativen nicht noch besser sind. Elektrische Achsen arbeiten zwar häufig wesentlich energieeffizienter, sind allerdings auch in der Anschaffung deutlich teurer und in der Inbetriebnahme aufwändiger. Pneumatik und Elektrik stehen daher nicht in Konkurrenz, sondern ergänzen sich. Das meiste Geld wird häufig durch Überdimensionierung vernichtet. So werden heute immer noch pneumatische Systeme größer als notwendig ausgelegt, besonders bei schnellen Bewegungsabläufen und höheren Lasten. Die Anwendungen sollten in ihrer Gesamtwirtschaftlichkeit betrachtet werden, besonders im Hinblick auf Flexibilität, Zuverlässigkeit und Energieeffizienz. Die energieeffizienteste Lösung gibt es nur im technologieneutralen Vergleich und dabei gilt, dass stets die Handhabungsaufgabe des Kunden die jeweilige Lösung bestimmen muss.

Projektbeteiligte

- » Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe, info@isi.fraunhofer.de
- » Institut für Leistungselektronik und Elektrische Antriebe (ILEA), Stuttgart, ilea@ilea.uni-stuttgart.de
- » Universität Stuttgart, Institut für Systemdynamik (ISYS), sekisys@isys.uni-stuttgart.de
- » Festo AG & Co. KG, Esslingen, energieeffizienz@de.festo.com
- » Kaeser Kompressoren AG, Coburg, info@kaeser.com
- » Metronix Meßgeräte und Elektronik GmbH, Braunschweig, vertrieb@metronix.de

Links und Literatur

- » www.eneffah.de | www.isi.fraunhofer.de | www.ilea.uni-stuttgart.de | www.isys.uni-stuttgart.de | www.festo.de | www.kaeser.de | www.metronix.de
- » EnEFFAH-Projektconsortium (Hrsg.): EnEFFAH. Energieeffizienz in der Produktion im Bereich Antriebs- und Handhabungstechnik. Grundlagen und Maßnahmen. 2012. 64 S.

Mehr vom BINE Informationsdienst

- » Dieses Projektinfo gibt es auch online und in englischer Sprache unter www.bine.info im Bereich Publikationen/Projektinfos. In der Rubrik „Service“ finden Sie ergänzende Informationen wie weitere Projektadressen und Links.
- » BINE Informationsdienst berichtet aus Projekten der Energieforschung in seinen Broschürenreihen und dem Newsletter. Diese erhalten Sie im kostenlosen Abonnement unter www.bine.info/abo

Projektorganisation

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
11019 Berlin

Projekträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Steffen Linsmayer
52425 Jülich

Förderkennzeichen
0327484A-E

Impressum

ISSN
0937 - 8367

Herausgeber
FIZ Karlsruhe GmbH · Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Autor
Peter Horenburg

Titelbild
ILEA

Urheberrecht
Eine Verwendung von Text und Abbildungen aus dieser Publikation ist nur mit Zustimmung der BINE-Redaktion gestattet. Sprechen Sie uns an.

Kontakt · Info

Fragen zu diesem Projektinfo?
Wir helfen Ihnen weiter:

0228 92379-44

BINE Informationsdienst
Energieforschung für die Praxis
Ein Service von FIZ Karlsruhe

Kaiserstraße 185-197
53113 Bonn
Tel. 0228 92379-0
Fax 0228 92379-29
kontakt@bine.info
www.bine.info

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages