

Von wegen stark und dumm - hyTRax macht Hydro-Achsen intelligent

Abstract

Was bei den elektrischen Antrieben schon seit einiger Zeit Standard ist, setzt sich mittlerweile auch in der hydraulischen Antriebstechnik zunehmend durch: Der Antrieb wird als in sich geschlossene Einheit betrachtet und bildet ein eigenes Subsystem innerhalb der Applikation, das über definierte, standardisierte Schnittstellen mit der übergeordneten Steuerung kommuniziert.

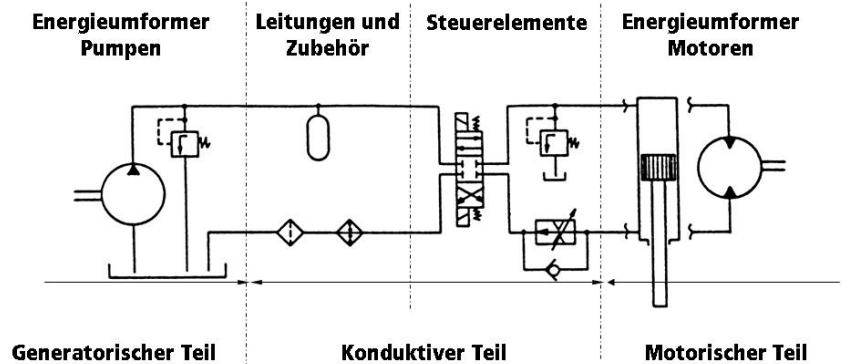
Durch die Integration des Reglers in das Wegmesssystem erleichtert hyTRax den Aufbau eines solchen Subsystems und dessen Anbindung an die übergeordnete Steuerung über aktuelle Feldbusse entscheidend. Zum hyTRax-Paket gehört zudem aber auch ein begleitendes Dienstleistungsangebot, das die Vorabberechnung der stationären und dynamischen Leistungsdaten der geregelten hydraulischen Zylinderachse ermöglicht. Damit hat TR seine jahrelangen Erfahrungen bezüglich der Auslegung und Umsetzung hydraulischer Servoachsen, der bewährten Technologie der magnetostriktiven Lineargeber und „last but not least“ der Feldbuskommunikation geschickt zu einem modernen, anwenderfreundlichen Produkt zusammengeführt.

Der Weg in die Nische

Bevor auf Details des hyTRax eingegangen wird, soll zunächst ein Blick auf die Vielfalt hydraulischer Antriebe und Systeme geworfen werden, um hyTRax als Produkt von TR richtig einordnen zu können.

Ein hydraulischer Zylinderantrieb

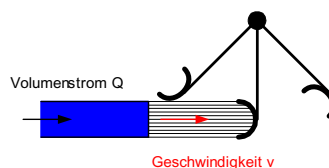
setzt sich ganz allgemein aus einem generatorischen, einem konduktiven und einem motorischen Anteil zusammen. Der generatorische Teil umfasst die Energieumformer (i.a. Pumpen), in denen elektrische Leistung in hydraulische gewandelt wird. Leitungen, Steuerelemente und weiteres Zubehör bilden den leistungsübertragenden (konduktiven) Teil. Der motorische Teil sind wieder Energieumformer, jedoch nur jene, welche die hydraulische Leistung in mechanische umsetzen, also typischerweise Zylinder oder rotatorische Motoren.



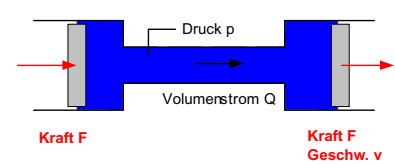
Wirkprinzip

Vom Blickwinkel der Physik aus gesehen umfasst die Hydraulik alle Anwendungen, die Flüssigkeiten zur Leistungsübertragung oder zur Verrichtung anderer Funktionalitäten nutzen. Im Teilgebiet der Antriebe lassen sich zwei grundsätzliche hydraulische Wirkprinzipien unterscheiden, das hydrodynamische und das hydrostatische Prinzip.

Hydrodynamisch



Hydrostatisch



Beim hydrodynamischen Prinzip wird die kinetische Energie eines strömenden Fluids genutzt, um Arbeit zu verrichten. Die Kraftwirkung des Fluids wird beim Aufprall auf bestimmte Flächen genutzt, um eine Bewegung zu erzeugen. Beispiele für das hydrodynamische Wirkprinzip sind Turbinen oder Kreiselpumpen.

Mit diesem Prinzip lassen sich große Leistungen übertragen, allerdings ist ein exaktes und hochdynamisches Stellen des Leistungsflusses kaum möglich, weshalb dieses Prinzip für Stellantriebs- und Servoaufgaben keine Anwendung findet.

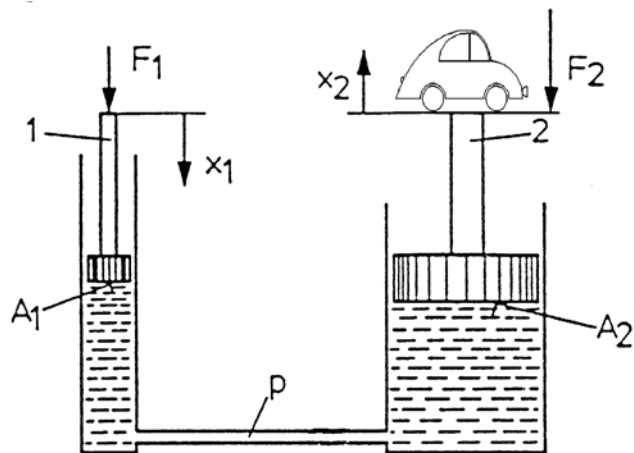
Das hydrostatische Prinzip nutzt im Gegensatz dazu nicht die kinetische Energie bzw. den Impuls eines Fluids zur Krafterzeugung, sondern dessen statischen Druck. Merkmal dieses Prinzips der Leistungsübertragung ist die Kammerung des Fluids, ohne die ein signifikanter Druck im Fluid nicht aufgebaut werden könnte. Das Fluid – i.A. Öl – ist vollständig und überall von Wandungen umschlossen, auf die es diesen Druck ausübt. Das druckbeaufschlagte Fluid wirkt wie eine gespannte Feder, deren Kraft eine Bewegung hervorrufen wird, sobald an einer der umschließenden Wände eine solche Bewegung nach Überwinden der Gegenkraft möglich ist. Bezeichnet man die Fläche der beweglichen Wand mit A , so gilt für die ausgeübte Kraft F auf A :

$$F = p \cdot A$$

(Kraftgleichung der Hydrostatik)

D.h., die Wand wird aufgrund der anliegenden Druckverhältnisse verschoben. Ein klassisches Beispiel für das hydrostatische Prinzip ist der Wagenheber.

Mit dem hydrostatischen Prinzip lassen sich hohe Drücke aufbauen. Es zeichnet sich im



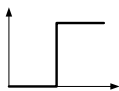
Gegensatz zum hydrodynamischen Prinzip durch eine sehr hohe Kraftdichte aus. Während die Hydrodynamik im wesentlichen dazu genutzt wird, Leistung zu übertragen, eignet sich das hydrostatische Prinzip, Leistung mit sehr kompakten Bauformen exakt zu dosieren und in mechanischer Form weiterzugeben. hyTRax ist ein Werkzeug auf der Signalseite, um den Leistungsumsatz hydrostatischer Antrieb zu steuern.

Art der Leistungsstellung

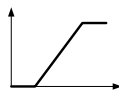
Grundsätzlich unterscheidet man in der Technik hinsichtlich der Stellprinzipien zwei Arten von Systemen: stetig und nichtstetig verstellbare Systeme. Letztere werden über Komponenten gesteuert, die zwei oder nur wenige Betriebszustände vorsehen. Typische Beispiele aus dem Bereich der Hydraulik sind Schwarz-Weiß-Ventile. Sie können die betreffende Prozessgröße – beispielsweise einen Volumenstrom – nur vollständig oder überhaupt nicht zur Verfügung stellen. Die stetigen Glieder sind die konventionellen Stellglieder; sie sind einfach und robust. Damit lassen sich jedoch nur Systeme mit endlich vielen Betriebszuständen realisieren. Entsprechende Antriebssysteme folgen festen Abläufen und sind vergleichsweise unflexibel.

Die stetigen Stellglieder können im Gegensatz dazu das Stellsignal stufenlos über den gesamten Wertebereich zur Verfügung stellen. Damit kann beispielsweise je nach Öffnungsgrad ein Volumenstrom als Stellsignal im Bereich von 0% bis 100% fließen.

Schaltend



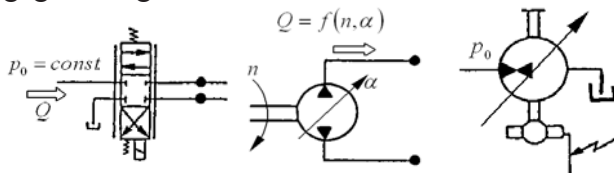
Stetig



Das Produkt hyTRax von TR ist eine Baugruppe zum Aufbau stetiger Systeme, wie es geregelte Antriebe darstellen, was später noch gezeigt wird.

Stetige Stellglieder

Das stufenlose Stellen des Leistungsflusses ist in der Hydraulik auf verschiedene Art möglich, wobei wieder drei Grundprinzipien unterschieden werden: die Pumpensteuerung, die Motorsteuerung und die Widerstandssteuerung, also mit Hilfe eines Servo- bzw. Propventils. In der Tabelle sind die Vor- und Nachteile des jeweiligen Prinzips gegenübergestellt.



	Ventil	Pumpe	Motor
Verbraucher	(beliebig)	1	(beliebig)
Kosten	0	+	+++
Aufwand	0	+	+++
Dynamik	+++	-	+
Energie	---	++	+++
Verbreitung	85%	14%	1%

Die prozentuale Verteilung ist sicher subjektiv und wird je nach Blickwinkel mehr oder weniger schwanken; dennoch dürften die Zahlen zumindest als Richtwerte grob die Relationen widerspiegeln.

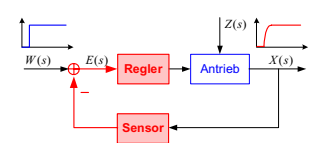
Das Produkt hyTRax von TR ist eine Baugruppe zum Aufbau (servo- oder prop-) ventilsteuerter Zylinderantriebe.

Wirkkette

Steuern



Regeln



Grundsätzlich kann man in der Antriebstechnik die offenen und geschlossenen Wirkketten unterscheiden. Eine offene Kette liegt vor, wenn der Regelfehler, also die aktuelle Abweichung des Maschinenzustandes nicht zwingend vom gewünschten Sollzustand die Intensität des Steuersignals stetig und direkt beeinflusst. Die offene Wirkkette wird auch als Steuerung (open loop control) bezeichnet.

Die Regelung hat im Gegensatz zur Steuerung einen geschlossenen Wirkkreislauf. In dieser geschlossenen Wirkkette wird das momentane Verhalten der Maschine mithilfe eines Sensors permanent erfasst. Auftretende Abweichungen vom Sollverhalten wirken sich im Gegensatz zur offenen Steuerkette sofort und direkt auf das Ansteuersignal der Maschine aus.

Im Folgenden wird gezeigt, dass Positionierantriebe prinzipbedingt in der Praxis nur geregelt realisiert werden können. Das

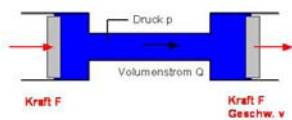
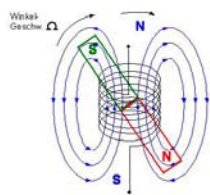
Produkt hyTRax von TR ist eine Baugruppe zum Aufbau (servo- oder prop-) ventilgesteuerter geregelter Zylinderantriebe.

Damit ist aufgezeigt, wo das Control Package hyTRax von TR innerhalb des weiten Spektrums hydraulischer Systeme anzusiedeln ist.

Prinzip	Hydro-dynamisch				Hydro-statisch
Verstellen		Schaltend			Stetig
Stufenloses Stellen			Pumpe	Motor	Ventil
Wirkkette				Steuern	Regeln

Der alte (sinnlose) Streit – hydraulisch ↔ elektrisch

Vergleicht man die elektrischen mit den hydraulischen Antrieben, stellt man zunächst fest, dass völlig verschiedene physikalische Wirkmechanismen zum Tragen kommen. Von speziellen Varianten, wie z.B. dem Reluktanzläufermotor einmal abgesehen, besteht das Grundprinzip der Elektromotore vereinfacht darin, dass ein Magnet einem anderen, weglauenden Magneten folgt: Grundlage ist die Kraftwirkung zwischen den beiden Magneten, die infolge der Überlagerung der beiden Magnetfelder auftritt.



- Konkurrenzlose Kraftdichte
- Einfaches Halten hoher Kräfte

Im hydraulischen (d.h. hydrostatischen) Fall bewirkt der Druck einer gekammerten Flüssigkeit eine Antriebskraft, wie bereits erläutert wurde. Hier hat man das Prinzip einer flüssigen Schubstange vorliegen.

Die manchmal salopp eingeworfene Behauptung, hydraulische Motoren seien Gebilde, in denen im Vergleich zu elektrischen Antrieben „einfach Öl statt Strom“ fließt, ist falsch und schlichtweg Nonsens.

Möchte man die Leistung elektrischer Antriebe aus bestimmten Gründen in die Höhe treiben, muss man entweder die Anzahl der Wicklungen erhöhen, den fließenden Strom oder den Permanentmagneten vergrößern. Dies ist immer mit einem spürbaren Zuwachs der Masse und des Bauvolumens der Antriebe verbunden.

Die Leistung hydraulischer Antriebe zu steigern ist im Gegensatz dazu sehr einfach: Man erhöht den Druck und muss lediglich dafür sorgen, dass das System baulich dem größeren Druck gewachsen ist. Das lässt sich bereits durch die Erhöhung der Wandstärke um wenige Millimeter und gegebenenfalls eine Modifikation der Dichtungspakete erreichen. Im Vergleich zu den Elektromotoren wächst der erforderliche Bauraum im hydraulischen Fall nur gering. Es gilt auch heute noch die alte Faustregel, dass bei gleichen Leistungsanforderungen im elektrischen Fall ca. sieben Mal mehr Bauvolumen benötigt wird als im hydraulischen Fall. Die hydraulischen Antriebe sind hinsichtlich ihrer Kraftdichte konkurrenzlos und hier allen Elektromotoren weit überlegen.

Darüber hinaus ist nur in der Hydraulik ein einfaches Halten großer Kräfte möglich: Man muss lediglich das Ventil sperren, d.h. die Kammern mit den gespannten Ölfedern schließen, sodass kein Volumenstrom entweichen kann und die Kraft gehalten wird. Bei den elektrischen Antrieben muss permanent ein hoher Stromfluss gegeben sein, um große Momente halten zu können.

Linearbewegungen lassen sich hydraulisch mit Zylindern einfach erzeugen; elektrisch benötigt



man spezielle Linearantriebe oder entsprechende mechanische Baugruppen zur Umsetzung einer rotatorischen in eine translatorische Bewegung.

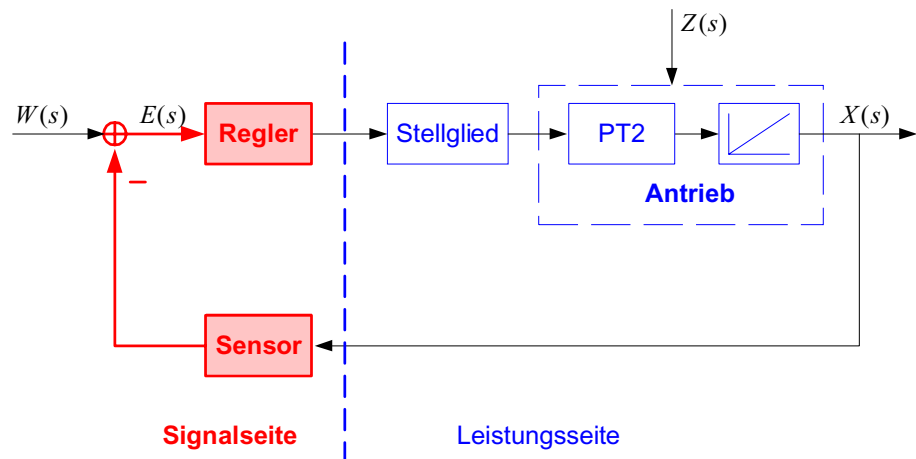
Schon diese Punkte – einige weitere ließen sich hinzufügen und werden z.T. noch angesprochen – machen deutlich, dass eine echte Konkurrenzsituation zwischen einer elektrischen und einer hydraulischen Lösung bei einer gegebenen Antriebsaufgabe in den

meisten Fälle nicht besteht. Beide Antriebstechnologien haben spezifische, prinzipbedingte Merkmale und decken folglich, abgesehen von wenigen Grenzfällen, unterschiedliche Anwendungsgebiete ab.

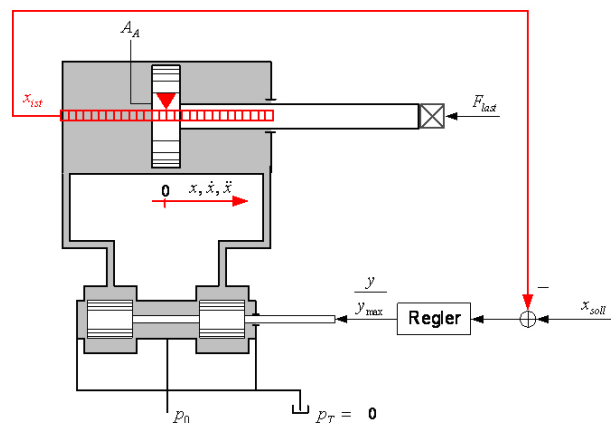
Die hydraulische Antriebstechnik ist allein schon aufgrund des höheren Aufwandes, um Leckage und Geräusche zu vermeiden, eine Nischendisziplin. Andererseits lassen sich mit ihr Fälle vergleichsweise einfach lösen, die elektrisch nur schwer zu realisieren wären. Hydraulisch sollten nur solche Fälle gelöst werden, wenn elektrische Lösungen aus einem dieser technologisch begründbaren Aspekte nicht sinnvoll sind. Wenn es einfach elektrisch geht, sollte man die Finger von hydraulischen Lösungen lassen, falls nicht spezielle Rahmenbedingungen dafür sprechen – wie beispielsweise bei mobilen Anwendungen. Andererseits sollte man jedoch mit derselben Konsequenz auf hydraulische Antriebe zurückgreifen, wenn sich elektromotorische Lösungen schwierig gestalten. Der alte Streit zwischen Hydraulikern und Elektronikern ist technologisch somit nur schwer nachvollziehbar.

Die Tücken der Regelstrecke

Aufbau des Regelkreises



Die Abbildung zeigt den allgemeinen Aufbau eines Regelkreises: Der Sensor erfasst die aktuelle Position des Kolbens, welche mit der Sollwertvorgabe verglichen wird. Der Regler generiert aus der resultierenden Regelabweichung das benötigte Stellsignal für das Ventil als Stellglied.



Die veränderte Stellung des Ventilschiebers bewirkt Volumenströme zu den Zylinderkammern A und B des Antriebes. Diese zu- oder abfließenden Volumenströme erhöhen bzw. senken die Drücke in den Kammern. Damit ent-

steht ein Ungleichgewicht zwischen den resultierenden Kräften auf den Kolben, welches den Kolben in Richtung der gewünschten Position in Bewegung setzt. Die aktuelle Kolbenposition wird permanent vom Weggeber erfasst und dem Regler übermittelt. Je mehr sich die Kolbenposition der Zielposition nähert, desto kleiner wird der Regelfehler. Dem entsprechend nimmt der Regler den Steuerschieber und damit den Volumenstrom zurück

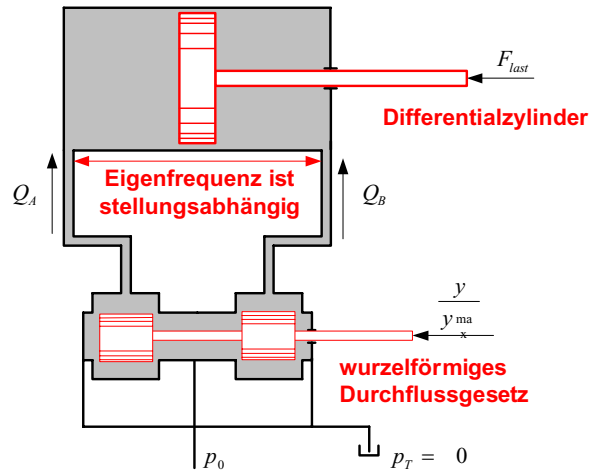
Das Systemverhalten eines Antriebes kann regelungstechnisch als sogenannte PT2- I- Reihe beschrieben werden: Der Antrieb verfährt stationär mit einer Geschwindigkeit, die proportional zum Ansteuersignal ist. Dieses Verhalten wird durch das PT2- Glied beschrieben. Die Position des Antriebes ändert sich in Abhängigkeit der Geschwindigkeit. Summiert man die Geschwindigkeit über der Zeit auf, ergibt sich die Wegänderung des Antriebes in dieser Zeit. Mathematisch ist die Summierung über der Zeit das Integral. Geschwindigkeit und Weg sind somit über einen Integrierer verknüpft.

Steuert man den Antrieb mit einem konstanten Signal an, bewegt er sich also stationär mit einer entsprechenden konstanten Geschwindigkeit. Bei den hydraulischen Antrieben hieße das, dass der Kolben an den rechten oder linken Anschlag fährt und dort stehen bleibt, solange das Ansteuersignal anliegt. Das Ansteuersignal kann damit kein Maß für die gewünschte Zielposition sein. Positionierantriebe können damit hydraulisch prinzipbedingt nicht gesteuert, sondern nur geregelt betrieben werden, wie es gerade beschrieben wurde.

Zum Übertragungsverhalten hydraulischer Zylinderantriebe

Ein hydraulischer Zylinderantrieb mit Servo- bzw. Propventil als Stellglied, wird mathematisch über Zusammenhänge beschrieben, die

nichtlinear sind. Darüber hinaus ist das Verhalten eines solchen Antriebes in Abhängigkeit des Arbeitspunkts unterschiedlich.



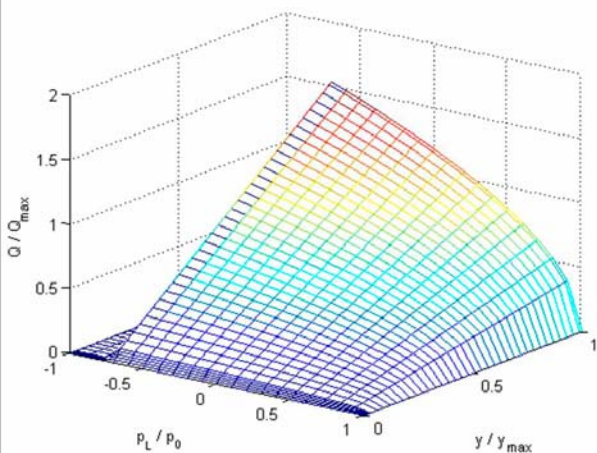
Jede Kante des Ventils bildet einen turbulenten Strömungswiderstand. Ein Volumenstrom, der über einen solchen Widerstand fließt, weist damit eine wurzelförmige Abhängigkeit von der treibenden Druckdifferenz auf. Für den Volumenstrom in die Kammer A gilt beispielsweise:

$$Q_A = k_{bl} \cdot \frac{y}{y_{\max}} \cdot \sqrt{p_0 - p_A}$$

Für Positionierantriebe können in der Praxis lediglich Ventile mit einer so genannten negativen Überdeckung verwendet werden. Das bedeutet, dass in der neutralen Mittelstellung des Ventils die Kammern über zwei hydraulische Halbbrücken (\rightarrow Spannungsteiler) mit der Druckversorgung verbunden sind. Über diese Spannungsteiler können die Drücke in den Kammern so gestellt werden, dass der Kolben auch gegen wirkende äußere Lastkräfte ins Gleichgewicht und somit zum Stillstand kommen kann. Damit fließen im Stillstand über alle vier Steuerkanten des Ventils Volumenströme. Bei größeren Stellsignalen wird der Schieber soweit verschoben, dass schließlich nur noch jeweils eine Steuerkante geöffnet ist und der gesamte,

vom Druckgefälle getriebene Volumenstrom in die betreffende Kammer fließt. Diese Zusammenhänge zwischen Volumenstrom, Kammerdrücken, Kolbengeschwindigkeit, Kolbenkraft und Ansteuersignal sind zwar eindeutig und vollständig mathematisch beschreibbar, aber in der Anwendung nicht ganz trivial.

Auch werden in der Industrie vorwiegend Zylinder mit einer Kolbenstange eingesetzt, so genannte Differentialzylinder. Bei Gleichgangzylindern würde unnötig Nutzraum verbaut werden; auch die Integration eines Wegmesssystems in den Antrieb wäre nicht mehr möglich. Durch die einseitige Kolbenstange entstehen jedoch unterschiedliche Kammervolumina von A und B, da ein Raumteil der Kammer B bereits durch die Kolbenstange eingenommen ist. Dadurch verhält sich der Antrieb verfahrensabhängig unterschiedlich. Alle diese Nichtlinearitäten des hydraulischen Zylinderantriebes fasst das dargestellte dreidimensionale Kennlinienfeld nochmals zusammen.

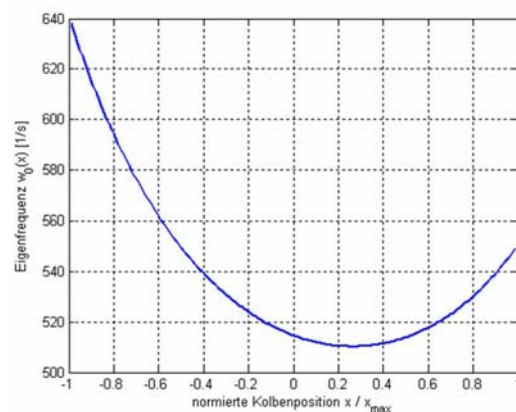


Die Position des Kolbens sorgt für eine weitere Arbeitspunktabhängigkeit des Übertragungsverhaltens: Befindet sich der Kolben in der Nähe der Endlagen, hat die eine Kammer ein

wesentlich kleineres Volumen als die andere. Gleiche Volumenstromänderungen wirken sich in der kleineren Kammer wesentlich stärker aus als in der größeren. Deutet man die gefüllten Kammern als Ölfedern, ist die Feder der kleineren Kammer im Vergleich zur anderen Kammer steif. Mit zunehmender Steifigkeit einer Feder steigt jedoch deren Eigenfrequenz

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{c_{feder}}{m_{ges}}}$$

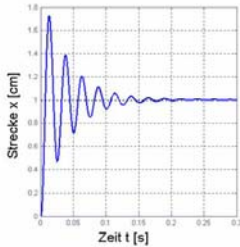
Der Zusammenhang, dass die Eigenfrequenz größer wird, wenn der Kolben sich auf die Endlagen zubewegt, wird in der so genannten Becherkurve festgehalten.



Die Abtastzeit einer digitalen Regelung muss sich allerdings nach der höchsten Eigenfrequenz richten, die im Gesamtsystem auftritt, um Abtastprobleme wie Aliasing zu vermeiden. Diese Grenze muss somit bekannt sein, wenn man eine brauchbare digitale Regelung aufbauen will.

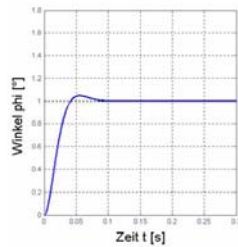
Vergleicht man die Geschwindigkeits-Sprungantworten, erkennt man schnell, dass sich ein hydraulischer Antrieb von einem elektrischen stark unterscheidet: Der Hydraulikmotor verhält sich zwar erheblich dynamischer, doch weist eine wesentlich geringere Dämpfung auf. Kleine Dämpfungsgrade um 0,1 sind bei

Hydraulisch



$$D = 0,1$$

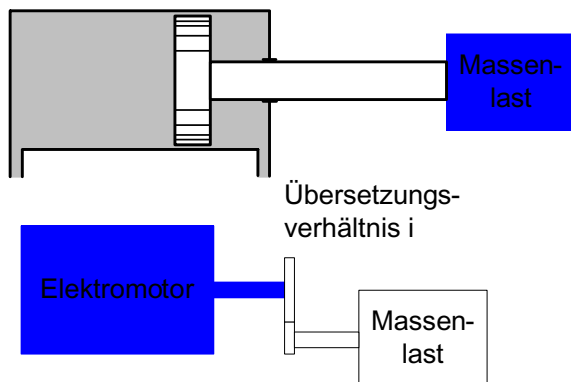
Elektrisch



$$D = 0,7$$

Hydraulikantrieben nicht selten, während die Elektromotore meist im überdämpften Bereich $D > 0,7$ liegen. Regelungstechnische Konsequenz dieser grundlegend unterschiedlichen Eigendynamik ist, dass man Regelungskonzepte und Parametriervorschriften, die bei der einen Variante zu guten Ergebnissen führen, meist nicht auf die andere Technologie übertragen darf, da sie für die dort bestehenden Anforderungen untauglich sind.

Während die Lastmasse bei Elektromotoren vorwiegend über ein Getriebe angehängt wird, handelt es sich bei hydraulischen Antrieben meist um Direktantriebe.



Für einen elektrischen Antrieb ist in vielen Fällen die angehängte Lastmasse (bzw. Lastträgheitsmoment) gegenüber der Motormasse (bzw. Motorträgheitsmoment) aufgrund des

Getriebeverhältnisses vernachlässigbar:

$$J_{red} = J_{motor} + \frac{J_{last}}{i^2} \sim 0$$

Bei den hydraulischen Motoren ist hingegen dessen eigene Masse gegenüber der angehängten vernachlässigbar, da die Lastmassen oft um ein Vielfaches schwerer sind als die Eigenmasse des Antriebes:

$$m_{ges} = m_{motor} + m_{last} \sim 0$$

Die angekoppelte Masse (bzw. Moment) eines Antriebs bestimmt aber entscheidend die Eigenfrequenz und damit die gesamte Eigendynamik der Regelstrecke:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{const.}{J_{red}}} \quad \text{bzw.} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{const.}{m_{ges}}}$$

Die Reglerauslegung basiert auf der Eigendynamik der Regelstrecke. Bei den getriebebehafteten Elektromotoren ändert sich die Eigenfrequenz in Abhängigkeit der angehängten Massenlasten kaum. Deshalb können Regler im elektrischen Fall unabhängig von angehängten Massen schon brauchbar beim Lieferanten voreingestellt werden. Im hydraulischen Fall lässt sich wegen der angesprochenen starken Abhängigkeit der Eigendynamik von den anhängenden Massen eine Reglereinstellung für den Antriebsfall deshalb meist erst bei der Inbetriebnahme vor Ort finden.

Ein weiterer Unterschied zwischen elektrischen und hydraulischen Antrieben, der allerdings weniger zwingend technologische Gründe hat, besteht in der Art, wie Systemlösungen üblicherweise aufgebaut werden. Elektrische Antriebslösungen werden heutzutage häufig systemorientiert angeboten, d.h. zu einem benö-

tigten Motor, werden Endstufe, Ansteuerbaugruppen, Regler usw. passend angeboten. Das erleichtert den Aufbau des Gesamtsystems entscheidend.

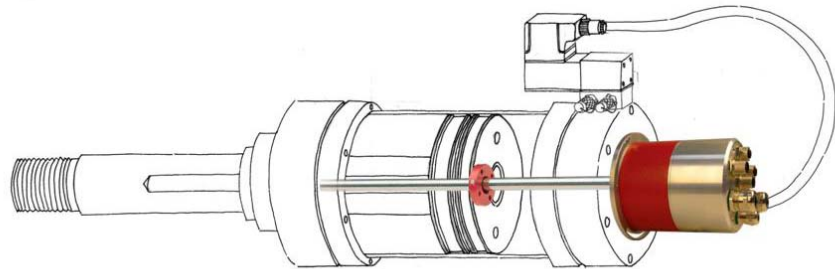
Bei den Hydrauliksystemen herrscht traditionell die komponentenorientierte Vorgehensweise. Aus der Vielzahl der am Markt verfügbaren, mehr oder weniger isoliert angebotenen Komponenten wie Pumpen, Ventile, Motore und Steuerbaugruppen sucht der Entwickler eine passende Konfiguration. Dieser Sachverhalt erschwert die bereits oben erwähnte ohnehin nicht leichte Entwurfsaufgabe im hydraulischen Fall weiter.

Zusammenfassend kann man sagen, dass der hydraulische Antrieb eine Reihe von spezifischen Eigentümlichkeiten aufweist, wie Nichtlinearitäten, Betriebspunktabhängigkeiten usw. Diese machen sich im Übertragungsverhalten deutlicher bemerkbar als im entsprechenden Fall elektrischer Antriebe. Bei der Auslegung hydraulischer Systeme sind solche Effekte deshalb in Betracht zu ziehen, um zu vermeiden, dass sie sich allzu sehr im Betrieb bemerkbar machen. Gerade auf diese spezielle Herausforderung will TR mit der Entwicklung des hyTRax-Konzepts eine Antwort geben.

Kurz und knapp!

Hydraulik ist im Vergleich zur Elektrik nicht einfach „Öl statt Strom“, da der hydraulische Zylinderantrieb

- ein völlig anderes Wirkprinzip hat.
- eine hohe Dynamik, aber eine geringe Dämpfung aufweist.
- ein arbeitspunktabhängiges Verhalten hat.
- meistens ein Direktantrieb ist.



- eine ausgeprägt nichtlineare Regelstrecke ist.
 - im Fall einer Regelung teilweise spezielle Regelgesetze zum Einsatz kommen.
- Hydraulische Systemteile sind komponentenorientiert.

hyTRax – die Antwort von TR

Mit dem Produkt hyTRax bietet TR eine Lösung, das gerade in Anbetracht der geschilderten speziellen Situation hydraulischer Antriebe einen komfortablen, effizienten und vergleichsweise einfachen Aufbau geregelter hydraulischer Zylinderantriebe ermöglicht. Dieses Angebot gliedert sich in die hyTRax-Hardware und ein begleitendes Dienstleistungsangebot.

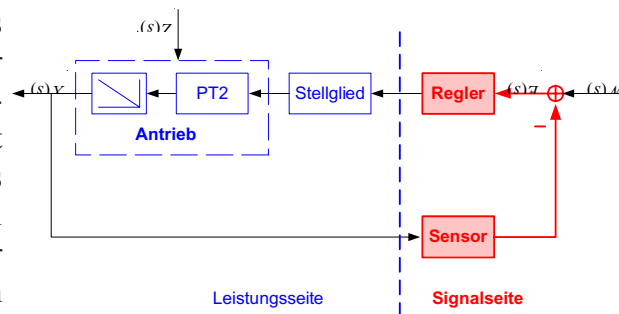
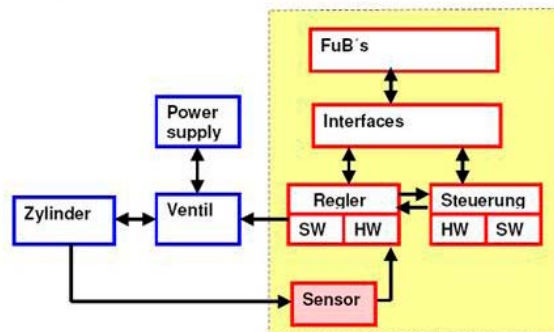
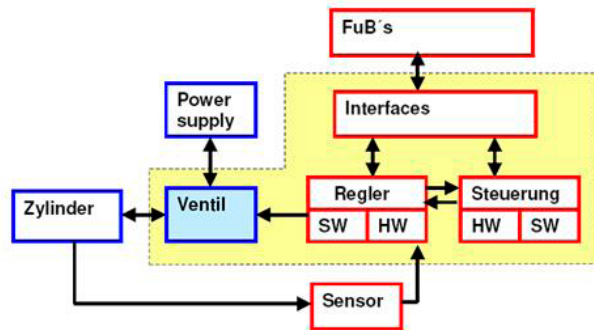
hyTRax – die Hardware

hyTRax als Hardwarekomponente vereint die gesamte Signalerfassung, Signalverarbeitung und die dezentrale Regelung in einer Baugruppe. Der bekannte, beim Einsatz in Hydraulikzylindern bewährte LA- Weggeber bildet den Kern der Baugruppe. Durch Erweiterung um die Funktionalitäten zur Realisierung von Regelkreisen wird aus dem linear- absoluten magnetostriktiven LA- Weggeber das hyTRax Control Package. Wie die LA- Geber hält auch hyTRax selbstverständlich die Standards hinsichtlich Flanschgeometrie und Dichtungstechnik ein. Damit wird der Einsatz von hyTRax prinzipiell überall dort ermöglicht, wo solche Wegmesssysteme an Zylindern zum Einsatz kommen können.

Auch bei der Intelligenz von hyTRax kann TR auf langjährige Erfahrungen bei der Regelung hydraulischer Systeme zurückgreifen. Der Regler in hyTRax ist eine einachsige Variante des bewährten @ctiveAXIS-Mehrachtsreglers, der bereits in vielen Anwendungen, insbesondere der Umformtechnik, erfolgreich eingesetzt wird – Ziehkissenregelung, Innen- und Außenhochdruckumformen usw. Durch die Ausstattung mit zusätzlichen Schnittstellen sind außer der Positionsregelung auch Kraft- und Druckregelungen möglich, wobei zwischen diesen Regelungsbetriebsarten im Betrieb schlagfrei umgeschaltet werden kann. Hierzu können Drucksensoren über zusätzliche analoge Schnittstellen eingelesen werden. Die Schnittstelle zum übergeordneten Prozess wird bei hyTRax standardmäßig durch Profibus gebildet, über den auch die komplette Parametrierung der Achse durchgeführt werden kann. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, als Führungsgröße für den Regler ein analoges, wegproportionales Signal einzulesen. Aber bei der im Haus TR verfügbaren Erfahrung mit allen anderen gängigen Feldbussen ist eine Erweiterung auf andere Feldbusse im Bedarfsfall jederzeit möglich.

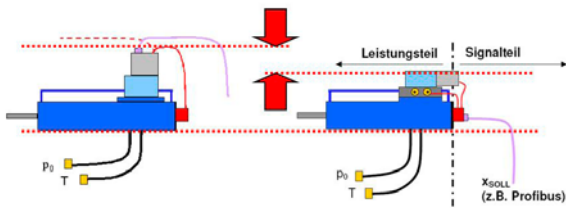
Lösungen, bei denen die Signalverarbeitung, die zum Aufbau eines Regelkreises nötig ist, dezentral auf Achskomponenten ausgelagert ist, sind bekanntlich am Markt ver-

f ü g b a r . Allerdings wird dort bisher die Intelligenz des Regelkreises in die Ventilansteuerlektronik integriert. Damit übernimmt eine Komponente, die zum Leistungsteil eines Antriebs gehört, Funktionen der Signalseite. Bei hyTRax erfolgt im Gegensatz dazu die Integration des Reglers in den Sensor, also einer Komponente der Signalseite. Die Signalseite ist damit eindeutig von der Leistungsseite getrennt. TR vollzieht damit konsequent die Trennung, wie sie sich aus dem allgemeinen Aufbau des Regelkreises ergibt. Der große Vorteil besteht darin, dass das Ventil aus der Fülle der am Markt verfügbaren Servo- und Propventile frei gewählt werden kann. Der Entwickler ist damit nicht auf das kleine Angebot jener Stellglieder mit integrierter Regelintelligenz angewiesen, wenn



er die Vorteile dezentraler Lösungen als fertige, an einem Stück montierbare Antriebseinheiten nutzen will.

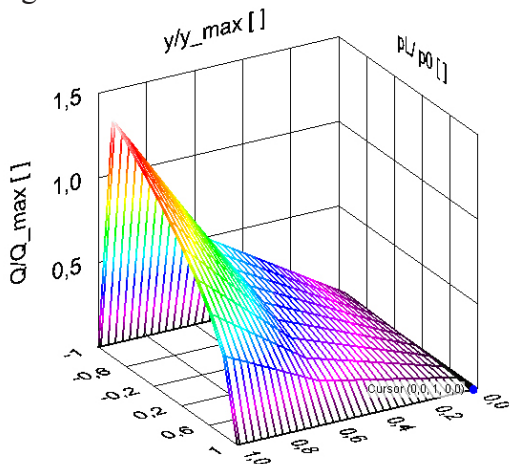
Zudem führt die Integration der Regelintelligenz in das Ventil zu vergleichsweise hoch bauenden Komponenten, was besonders bei Applikationen mit kurzen Hüben störend sein kann.



Hydraulische Antriebslösungen mit hyTRax als Ort der dezentralen Reglerintelligenz bauen dagegen deutlich schlanker.

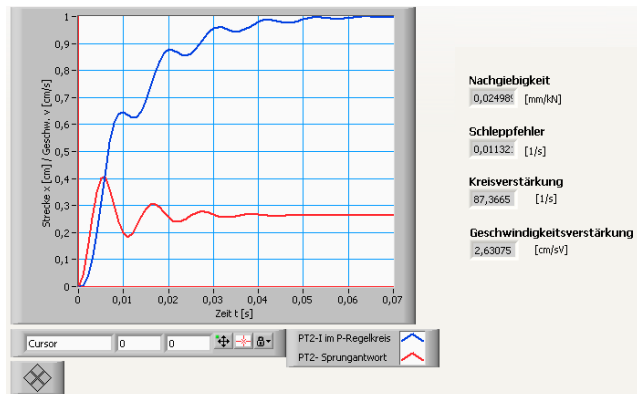
hyTRax – das Dienstleistungsangebot

In Anbetracht der angesprochenen speziellen Situation hydraulischer Servoachslösungen hat TR zugeschnittene Rechnerprogramme für deren stationäre und dynamische Auslegung entwickelt. Damit wird zunächst der Leistungsfluss des hydraulischen Systems analysiert, um eine sinnvolle Dimensionierung zu gewährleisten. Eine sinnvolle Abstimmung von Aggregat, Zylinder und Ventil aufeinander wird damit ermöglicht.



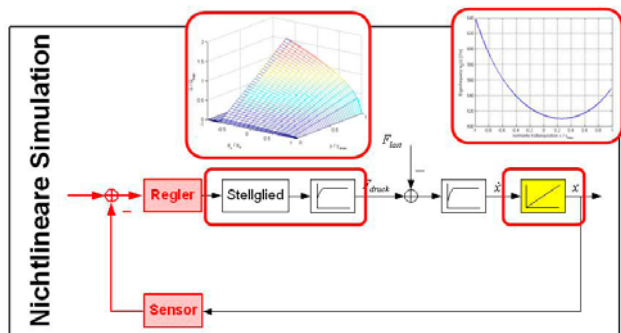
Des Weiteren werden in den Auslegungsprogrammen die spezifischen Merkmale des jeweiligen Ventils berücksichtigt.

Darüber hinaus wird die konfektionierte hydraulische Achse mit den ermittelten Daten dynamisch abgeschätzt. Als Referenz dienen dazu die Werte, die sich mit einem einfachen



proportionalen Lageregelkreis ergeben, d.h. Zeitkonstanten (Sprungantworten), Laststeifigkeit (Nachgiebigkeit), Schleppfehler etc.

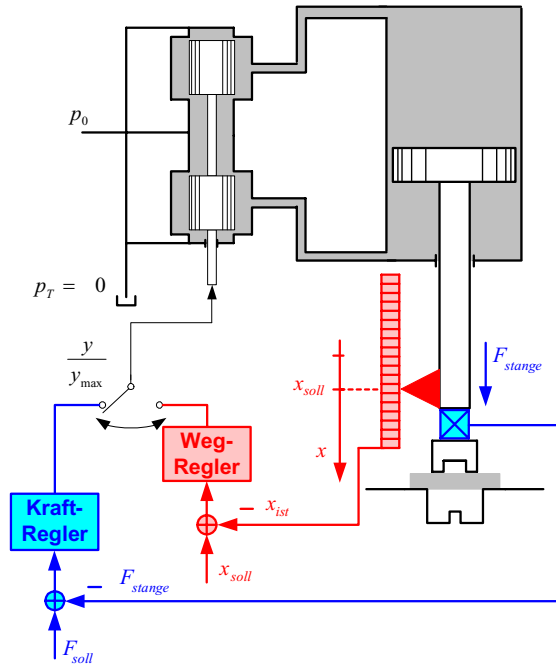
Aufbauend auf diesem grundlegenden Entwurf verfügt TR über weitergehende Softwarewerkzeuge, um in komplexeren Fällen das hydraulische



sche Gesamtsystem mit allen berücksichtigten Nichtlinearitäten für gegebene Lastfälle untersuchen zu können.

Auch können hier weitergehende Lösungen mit umschaltenden Positions- und Kraft- bzw.

Druckregelung samt der angesprochenen schlagfreien Umschaltung zwischen den beiden Reglerbetriebsarten untersucht werden. Diese



spezielle Möglichkeit wird im bietet das hyTRax Control Package angeboten, wie oben bereits erwähnt.

hyTRax – die Vorteile

Mit dem Control Package hyTRax können bei TR hydraulische Regelungen einfach realisiert werden. Dank der vorhandenen Auslegungsprogramme und Simulationen können alle in der Literatur bekannten Auslegungsrechnungen durchgeführt werden, um eine größtmögliche

Entwurfssicherheit gewährleisten zu können und unangenehme Überraschungen bei der Inbetriebnahme nach Möglichkeit zu vermeiden.

Die Ventile, die der Leistungsseite angehören, sind frei wählbar – ob hochwertiges Servoventil oder preisgünstiges Propventil hängt allein vom Anwendungsfall und den Anforderungen des Kunden ab. Der Aufbau mit hyTRax ist sowohl einfach und anpassungsfähig als auch jederzeit erweiterbar.

Die hydraulische Antriebsachse wird somit zu einem dezentralen intelligenten Subsystem der betreffenden Gesamtanlage.

Da es sich bei dem hyTRax Control Package um eine Entwicklung handelt, die vollständig im Hause TR entwickelt wurde und auch im Hause gefertigt wird, sind kundenspezifische Anpassungen und Erweiterungen vergleichsweise einfach möglich.

In Zukunft ist geplant, die Bauform durch konsequente Ausnutzung der Möglichkeiten, welche die Mikroelektronik heute hinsichtlich Integrationsdichte bietet, zu verkleinern und gegebenenfalls auch andere geometrische Anordnungen vorzusehen. Auch eine vom Kunden frei programmierbare Mini- SPS wird als integrierter Bestandteil des hyTRax verfügbar sein.



Daria Naar
daria.naar@tr-electronic.de