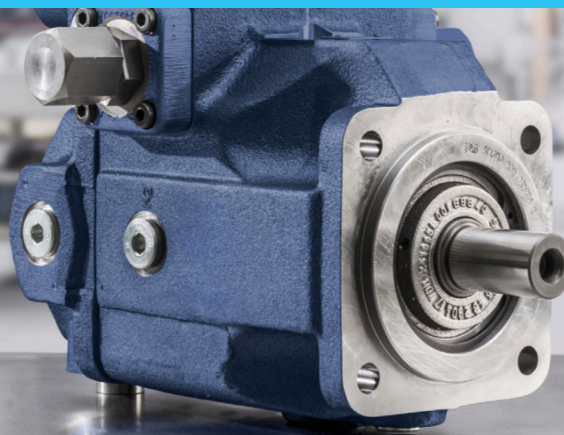


# Hydraulikpumpen

digital regeln:

So wird Klimaschutz

zum Wettbewerbsvorteil



**Die beiden Megatrends Klimaschutz und Digitalisierung fordern die Hydraulikindustrie heraus und werden zum Treiber für technischen Fortschritt. Einen wesentlichen Beitrag zu mehr Energieeffizienz, Produktivität und Verfügbarkeit leisten intelligente Regelpumpen und drehzahlvariable Antriebe. Warum das so ist, und wie Sie die optimale Lösung für neue Maschinen und bestehende Anlagen finden, erfahren Sie in diesem Whitepaper.**

## INHALT

|      |   |    |
|------|---|----|
| 1.   | Klimaschutz und Performance steigern. Geht das?                           | 2  |
| 2.   | Intelligente Pumpenregelungen   | 3  |
| 2.1. | Verstellpumpe   | 3  |
| 2.2. | Drehzahlvariabler Pumpenantrieb   | 3  |
| 2.3. | Kombinierte Lösungen und Abgrenzung                                       | 3  |
| 3.   | Warum sich Digitalisierung lohnt  | 4  |
| 3.1. | Höhere Anlagenverfügbarkeit durch Condition Monitoring                    | 4  |
| 3.2. | Energieeffizienter und leiser Betrieb                                     | 4  |
| 3.3. | Mehr Produktivität, geringere Kosten (Downsizing, Engineering, Auslegung) | 5  |
| 3.4. | Komplexität beherrschen und verringern                                    | 7  |
| 4.   | Freiheitsgrade durch Baukastensysteme                                     | 8  |
| 4.1. | On-Board-Elektronik (OBE) - Schaltschranklos                              | 8  |
| 4.2. | Schaltschrankelektronik   | 9  |
| 5.   | Entscheidungshilfe: die richtige Pumpenregelung finden                    | 10 |
| 6.   | Bestandsoptimierung: Upgrade, Retrofit oder Re-Engineering?               | 10 |
| 7.   | Fazit   | 11 |
| 8.   | Anhang  | 12 |

## 1. KLIMASCHUTZ UND PERFORMANCE STEIGERN. GEHT DAS?

Hydraulische Antriebe liefern in vielen Branchen eine alternative Leistungsdichte. Gleichzeitig fordert der Kampf gegen den Klimawandel eine höhere Energieeffizienz, um CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verringern und das 1,5-Grad-Ziel des Pariser Klimaabkommens zu erreichen. Für Hersteller industriehydraulischer Anlagen bedeutet das, klimafreundliche und gleichzeitig wettbewerbsfähige Maschinen zu bauen. Um diesen Spagat zu meistern, brauchen sie innovative Technologien. Die Maschinenanwender wiederum wollen damit ihren Anlagenbestand optimieren und gleichzeitig ihren Beitrag zum Klimaschutz leisten. Bis 2050 möchte die EU klimaneutral sein, China bis 2060. Klimaschutz-Initiativen wie der „European Green Deal“ setzen konkrete Modernisierungsanreize durch CO<sub>2</sub>-Steuern und Förderprogramme.

Doch welche Relevanz hat das Thema für die Industriehydraulik? Wie lassen sich hier Klimaschutz und Produktivität zusammenbringen? Die Antwort auf diese Frage liefert ein weiterer Megatrend: die Digitalisierung. Intelligente Regelkonzepte ebnen nicht nur den Weg für neue, wegweisende Maschinenkonzepte. Millionen Hydraulikpumpenantriebe im Feld können so energieeffizienter werden, zugleich aber auch produktiver, verfügbarer und langlebiger. Mit der Digitalisierung lassen sich Prozesse entlang des Lebenszyklus maßgeblich vereinfachen und die Gesamtkosten senken.



### **i Grüne Technologien für grünes Geschäft**

Die Modernisierung der Produktionstechnik ist einer der größten Hebel im Klimaschutz. Laut einer gemeinsamen Studie von Boston Consulting Group und VDMA lassen sich damit die jährlichen Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 um bis zu 30 Gigatonnen reduzieren, ausgehend von rund 51 Gigatonnen im Jahr 2020. Der Maschinenbau spielt dabei eine Schlüsselrolle, weil er seinen Kunden neben neuen energieeffizienten Anlagen auch Retrofits zur energetischen Bestandsoptimierung anbietet. Digitale Pumpenregelungen können im Vergleich zu konventionellen Lösungen bis zu 80 Prozent des bisherigen Energieverbrauchs einsparen und entsprechend CO<sub>2</sub>-Emissionen vermeiden.



**Mehr zum Thema im Rexroth-Whitepaper:  
“Diese drei Hebel machen Ihre Fluidtechnik  
klimafreundlicher und wirtschaftlicher”**

## 2. INTELLIGENTE PUMPENREGELUNGEN

Den größten Hebel für eine klimafreundliche Hydraulik bildet die Energieeffizienz. Pumpenantriebe, die als Verdränger-System arbeiten, reduzieren den Stromverbrauch signifikant. Sie vermeiden die üblichen Druckverluste konventioneller Drosselsteuerungen, wobei weniger Energie in Wärme umgewandelt wird und dem Prozess nicht verloren geht. Intelligente Pumpenantriebe zeichnen sich außerdem dadurch aus, dass sie den Volumenstrom an den tatsächlichen Bedarf der Verbraucher anpassen. Das wiederum spart Stromkosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Prinzipiell gibt es zwei Lösungsansätze:

### 2.1. Verstellpumpe

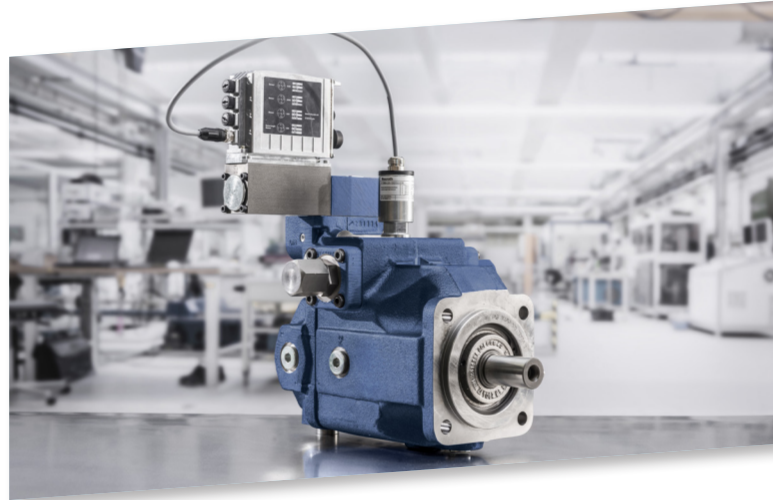
Verstellpumpen variieren den Volumenstrom bedarfsgerecht über eine Schwenkwinkelregelung (Fördervolumen der Pumpe). Dieses Prinzip funktioniert sowohl mit konstanter als auch veränderbarer Antriebsdrehzahl. Die wesentlichen Eigenschaften sind:

- ▶ Schwenkwinkelregelung mit und ohne Änderung der Antriebsdrehzahl
- ▶ Hochauflösende, stufenlose Regelung durch umfangreiche, elektronische Reglerfunktionen
- ▶ Hohe Genauigkeit bei zunehmender Komplexität durch digital elektronische Regler
- ▶ Niedrige Genauigkeit bei einfachen Anforderungen mit hydraulisch/mechanischen Reglern

### 2.2. Drehzahlvariabler Pumpenantrieb

Drehzahlvariable Antriebe variieren den Volumenstrom über eine Drehzahlregelung (Elektromotor). Die wesentlichen Eigenschaften sind:

- ▶ Drehzahlregelung (Elektromotor)
- ▶ Funktioniert sowohl mit Konstant- als auch Verstellpumpen
- ▶ Niedrigere Regelgenauigkeit mit Asynchronmotoren
- ▶ Höhere Regelgenauigkeit mit Servomotoren
- ▶ Kombination mit hydraulisch/mechanischen Reglern (Verstellpumpe) möglich



▲ A4 Pumpe mit HS5-Verstellung

### 2.3. Kombinierte Lösungen und Abgrenzung

Beide Regelungsarten können zusätzliche Potenziale freisetzen: So kann bei einer Schwenkwinkelregelung die Antriebsdrehzahl gesteuert werden (n-Funktionalität), um den Stromverbrauch sowie die Geräuschemissionen weiter zu senken (geringer Volumenstrombedarf). Bei Drehzahlregelungen bieten Verstellpumpen den Vorteil, dass sie das geforderte Antriebsmoment reduzieren und somit kleinere, kostengünstigere Elektromotoren eingesetzt werden können (geringer Volumenstrombedarf bei höheren Drücken).

Ob sich eine Lösung mit digital geregelter Verstellpumpe oder drehzahlvariablem Antrieb anbietet, hängt zum einen vom Zyklus zum anderen von der Baugröße der einzusetzenden Pumpen ab.

Lastprofile mit stetig getakteten Prozessen und kurzen bis gar keinen Ruhephasen, lassen sich in der Regel besser mit elektronisch geregelten Verstellpumpen realisieren – Lastprofile mit längeren Druckhaltephasen bei minimalem Volumenstrombedarf eher mit drehzahlgeregelten Antrieben.

Die dynamische Anpassung des Volumenstroms benötigt Zeit und (Stell-) Energie. Während bei den Verstellpumpen der Schwenkwinkel verstellt wird, müssen bei den drehzahlvariablen Antrieben die Drehmassen von Elektromotor und Pumpe beschleunigt werden. Abhängig von der Baugröße ist also eine der beiden Lösungen im Vorteil – zur Orientierung:

> 160 kW: tendenziell Schwenkwinkelregelung (Verstellpumpe)

< 160 kW: tendenziell Drehzahlregelung (drehzahlgeregelter Antrieb)

Beim Ausloten der jeweiligen Systemgrenzen unterstützen herstellereigene Softwaretools wie der Size&Select Assistant von Rexroth.

### 3. WARUM SICH DIGITALISIERUNG LOHNT

#### 3.1. Höhere Anlagenverfügbarkeit durch Condition Monitoring

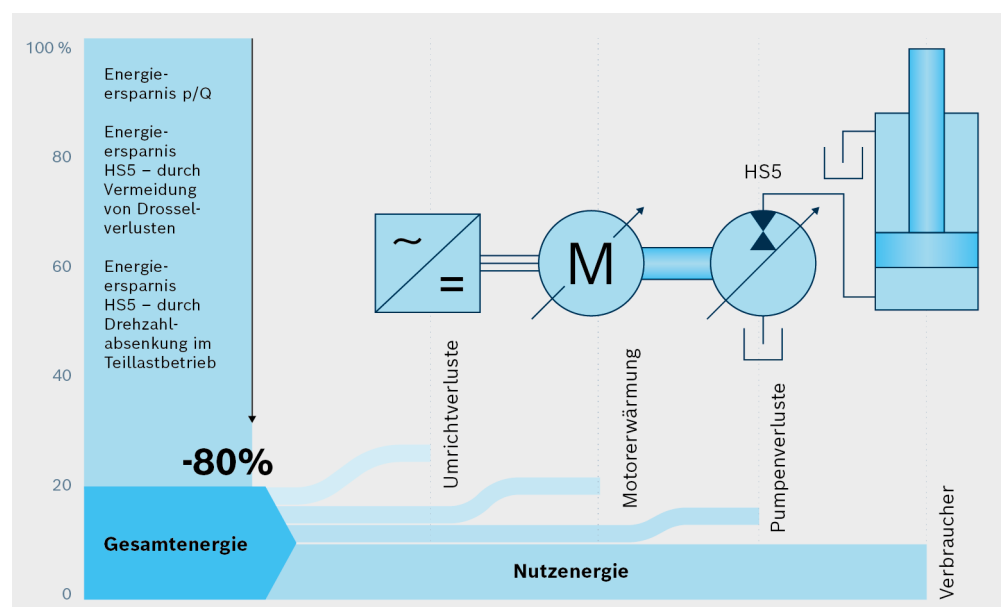
Maschinenbauer und Anlagenbetreiber haben gleichermaßen Interesse an einer hohen Gesamtanlagenverfügbarkeit. Diese, auch als Overall Equipment Effectiveness (OEE) bezeichnete Kennzahl, beziffert maschinenindividuell die Effektivität aus den Faktoren Verfügbarkeit, Ausbringung und Qualität. Ihr Wert ist umso höher, je zuverlässiger alle Technikkomponenten funktionieren, je produktiver die Anlage arbeitet und je genauer die Prozesse ablaufen.

Schon allein beim Thema Verfügbarkeit haben Hydraulikpumpen von Haus aus viel zu bieten. Diese sind wartungsarm und überzeugen bei guter Wartung des Betriebsmediums durch eine sehr lange Lebensdauer. Dank Digitalisierung vereinfachen integrierte Überwachungsfunktionen innerhalb der Regelelektronik die Fehlerdiagnose, stellen sämtliche Informationen und Betriebszustände über eine Ethernet TCP/IP-Serviceschnittstelle zur Verfügung und helfen so, auch bei drehzahlvariablen Antrieben, ungeplante Stillstände mit hohen Ausfallkosten zu vermeiden. Nicht zuletzt wirken sich die Motor-Pumpen-Kombinationen, die stets im optimalen Betriebspunkt laufen, positiv auf die Lebensdauer von Wellenlagern und Standzeiten der Hydraulikflüssigkeiten aus.

#### 3.2. Energieeffizienter und leiser Betrieb

In Verbindung mit digital elektronisch geregelten Verstellpumpen inklusive der n-Funktionalität lässt sich der Energieverbrauch im Vergleich zu Konstantsystemen um bis zu 80 Prozent senken. Möglich wird dies einerseits durch die Vermeidung von Drosselverlusten, andererseits durch eine präzise, dynamische und bedarfsgerechte Regelung von Druck und Förderstrom mit Drehmomentbegrenzung. Ein bekanntes Beispiel hierfür sind die hunderttausendfach in Maschinen und Anlagen installierten, modular aufgebauten SY(H)DFE-Regelsysteme von Rexroth, die auf den bewährten Axialkolbenpumpen A10 und A4 von Rexroth aufsetzen. Dank der stufenlosen Verstellung der Pumpe – und bei Bedarf zusätzlich des Antriebsmotors – arbeiten sie wie ein hydraulisches Getriebe.

▼ **Neues Level an Energieeffizienz: Ein stufenlos verstellbares „hydraulisches Getriebe“ aus Drehzahlregelung und Schwenkwinkelverstellung braucht deutlich weniger installierte Leistung.**

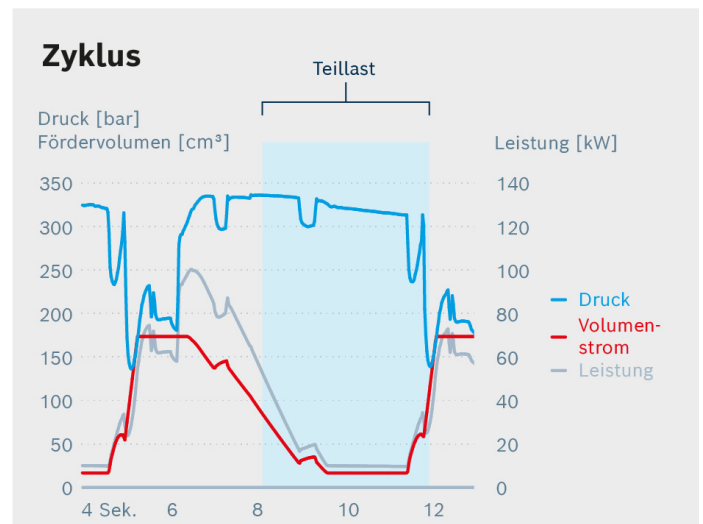


Entscheidend für das Energieeinsparpotenzial ist der Zeitanteil des Teillastbetriebs im Zyklus. In diesem Zeitraum benötigt die Maschine nur wenig Volumenstrom bzw. Leistung. Um die Axialkolbeneinheit auf einem Schwenkwinkel zu halten, der zum einen im Bereich guter Wirkungsgrade liegt, und zum anderen genügend Schwenkreserve zur hochdynamischen Volumenstromerhöhung vorhält, berechnet die n-Funktion-Software von Rexroth auf Basis des geforderten Volumenstroms jederzeit die geringste mögliche Drehzahl. Dadurch wird gleich in doppelter Hinsicht Energie eingespart: einerseits durch die bedarfsgerechte Bereitstellung des Volumenstroms, andererseits durch die Vermeidung von Drosselverlusten.

Darüber hinaus verringert die Drehzahlregelung auch die mittlere Geräuschemission um bis zu 20 dB(A). Sekundäre Schallschutzmaßnahmen können so reduziert werden oder gar entfallen.

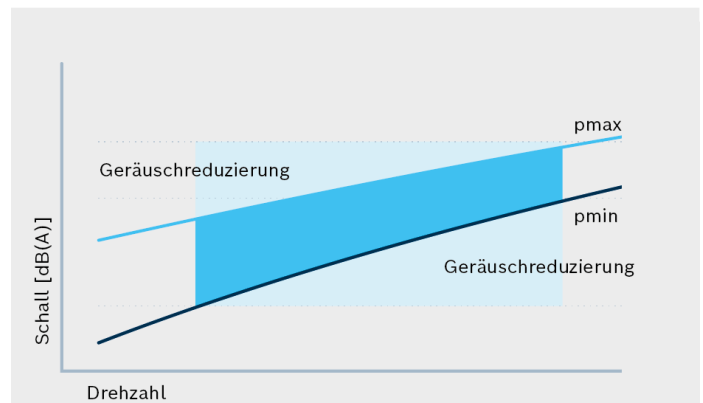
### 3.3. Mehr Produktivität, geringere Kosten (Downsizing, Engineering, Auslegung)

Wird ein Elektromotor direkt an die Stromversorgung angeschlossen, ist die Antriebsdrehzahl durch die Netzfrequenz festgelegt. Verstellpumpen dürfen in vielen Fällen aber mit höheren Drehzahlen betrieben werden. Wird die Drehzahl des Elektromotors über einen Frequenzumrichter erhöht, steigert sich der von der Pumpe erzeugte Volumenstrom bzw. die hydraulische Leistung proportional. Die daraus resultierende höhere hydraulische Leistung lässt sich entweder zur Erhöhung der Anlagenproduktivität oder für ein „Downsizing“ der Antriebskomponenten nutzen, wie das Downsizing-Beispiel auf der folgenden Seite zeigt.



▲ Anwendungszyklus

### ▼ Geräusentwicklung in Abhängigkeit von Drehzahl und Druck

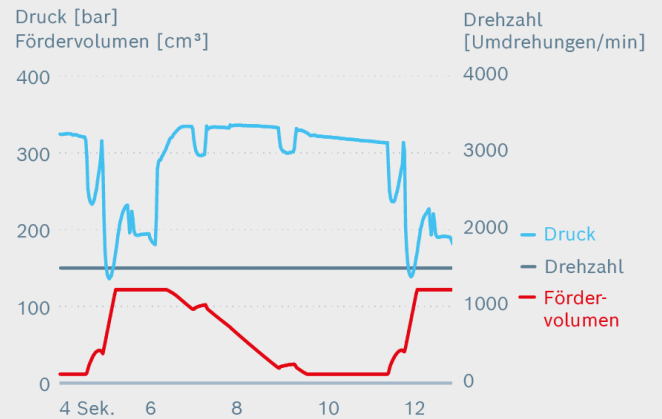


Der maximal benötigte Volumenstrom beträgt ca. 175 l/min (siehe Anwendungszyklus). Bei einer Antriebsdrehzahl von 1500 min<sup>-1</sup> wird ein Verdrängungsvolumen von mindestens 120 cm<sup>3</sup> benötigt. In diesem Fall ist eine **A4VSO 125** mit einer maximalen Drehzahl von 1800 min<sup>-1</sup> erforderlich. Bei einer Antriebsdrehzahl von 2540 min<sup>-1</sup> reichen bereits 71 cm<sup>3</sup> Verdrängungsvolumen aus und somit kann eine **H-A4VSO 71** mit einer maximalen Drehzahl von 3000 min<sup>-1</sup> eingesetzt werden. Damit ist ein Downsizing von 125 cm<sup>3</sup> auf 71 cm<sup>3</sup> möglich.

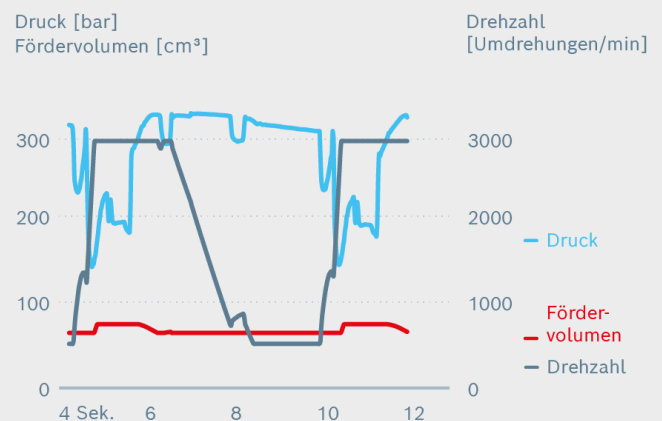
Die maximal benötigte Leistung beträgt ca. 105 kW. Bei einer Antriebsdrehzahl von 1500 min<sup>-1</sup> wird ein Elektromotor mit einem Antriebsmoment von mindestens 700 Nm benötigt. Bei Elektromotoren erhöht sich die Antriebsleistung nahezu proportional mit der Antriebsdrehzahl, so dass auch hier ein kleiner Elektromotor mit geringerem Antriebsmoment eingesetzt werden kann. Denn wie zuvor erwähnt, lässt sich der gleiche Volumenstrom mit geringerem Förder volumen bei höherer Drehzahl erzeugen. Das benötigte Antriebsmoment verringert sich entsprechend proportional mit dem Förder volumen. Eine mögliche Überlastung wird durch die Momentenbegrenzungsfunktion der Regelelektronik ausgeschlossen.

Im gezeigten Beispiel halbiert sich das Antriebsmoment von 700 Nm auf 350 Nm. Anstelle eines Elektromotors mit 110 kW reicht nun ein Motor mit 55 kW aus (Leistungsangaben bezogen auf die Drehzahl von 1500 min<sup>-1</sup>).

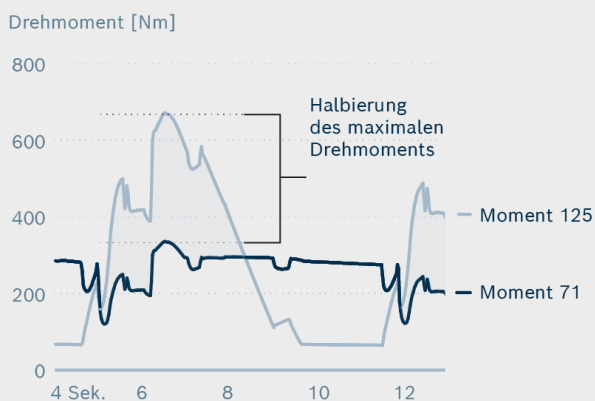
## Verstellpumpe A4VSO 125



## Verstellpumpe H-A4VSO 71



## Momentenverlauf



### Weniger Kühlaufwand

Drehzahlvariable Pumpenantriebe kommen in der Regel mit weniger Kühlung aus. Der Grund dafür liegt in der verringerten Verlustleistung und dem niedrigeren Wärmeeintrag. So wird das Hydraulikfluid thermisch weniger stark belastet und erreicht eine höhere Standzeit. Die Wechselintervalle werden länger und eröffnen die Möglichkeit, die zu installierende Kühlleistung zu reduzieren. Kleinere oder bestenfalls keine Kühlaggregate bedeuten wiederum geringere Kosten und sind platzsparend.

### Geringerer Platzbedarf

Durch die kompakte Bauform des Pumpenregelungssystems sparen Konstrukteure kostbaren Bauraum in der Maschine und/oder im Schaltschrank. Außerdem lässt sich die hydraulische Steuerung deutlich vereinfachen, was wiederum die Kosten für Hydraulikkomponenten reduziert. Der geringere Platzbedarf gilt sowohl für die Verstellpumpe als auch für den Elektromotor.

### 3.4. Komplexität beherrschen und verringern

Digitale, elektronische Regler verfügen über eine Vielzahl an Parametern, um die jeweilige Regelfunktion bestmöglich auszuführen. Hierzu zählen vor allem die Druck- und Schwenkwinkelregelung, die Drehmomentbegrenzung und der Master-Slave-Betrieb (mehrere Pumpen werden wie eine einzelne große Pumpe betrieben) sowie die Drehzahlsteuerung (n-Funktionalität). Ist zudem während des Betriebs eine intelligente Umschaltung zwischen vordefinierten Parametersätzen gegeben, lassen sich verschiedene Abläufe hochgenau optimieren und bleiben in ihrem Regelverhalten stets reproduzierbar.

Je mehr Regelungsparameter für eine möglichst gute Maschinenintegration zur Verfügung stehen, desto bedeutsamer wird auch die Beherrschung und Reduzierung der Komplexität. Zu diesem Zweck entwickelte Bosch Rexroth die produktübergreifend einheitliche Engineering-Plattform IndraWorks. Sie hilft nicht nur Maschinenbauern, sondern auch den Endanwendern, die nötigen Einstellungen zielgerichtet vorzunehmen und gleichzeitig Engineering, Inbetriebnahme und (Fehler-) Diagnose zu vereinfachen und effizient durchzuführen.

Für sämtliche Rexroth-Systeme vereinheitlicht IndraWorks den Umgang mit SPS, Motion und allen Antriebstechnologien und sorgt so für ein einheitliches „Look-and-Feel“ bei jeder Programmierung.

Der Inbetriebnahme-Assistent führt zielgerichtet und schnell durch die Erstparametrierung. So lässt sich die Pumpe in kurzer Zeit an die übergeordnete Steuerung anbinden. Neben der Konfiguration der Pumpenspezifischen Parameter zur Kommunikation mit der übergeordneten Steuerung werden auch Regelparameter in der Erstparametrierung automatisch errechnet. Dies bietet eine gute Basis für weitere Anlagenoptimierungen und führt in vielen Fällen bereits zu einer hinreichend guten Regelqualität.

Bei den Pumpen mit On-Board-Elektronik erfolgt die Konfiguration der pumpenspezifischen Parameter und die Kalibrierung bereits ab Werk. Über Vorgabe analoger Sollwerte ist die Pumpe bzw. das Regelsystem sofort einsatzbereit (Plug & Produce). Unterstützend helfen die Experten von Bosch Rexroth nicht nur bei Engineering-Fragen, sondern auch bei der Lösung komplexer Probleme. Zum globalen Service-Angebot zählt auch ein weltweiter Remote-Support einschließlich Ethernet-Zugriff auf digitale Regelsysteme. Darüber hinaus bietet Bosch Rexroth im Rahmen der Bosch Rexroth Academy vielfältige (Online-)Trainings an, um Know-how aufzubauen oder zu erweitern.

**Startscreen der technologieübergreifenden Engineering-Plattform IndraWorks**

**Schritt 2: Grundkonfiguration**  
Mit Eingabe der Grundkonfiguration wird das Pumpenregler System vorkonfiguriert.

- Pumpe
- Verdrängungsvolumen: 260.0 cm<sup>3</sup>
- Drehrichtung:  rechtsdrehend  linksdrehend
- Hydraulische Ausführung:  offener Kreislauf (VSO)  geschlossener Kreislauf (VSG)
- System/Verstellung:  SY(H)DFF, SY(H)DFF, HS5V, HS5EV  HSS, HSSK, HSSP, HSSKP, HSSM, HSSSE
- Maximaler Druck: 350.000 bar
- Maximale Antriebsdrehzahl: 1480 1/min

**► Parametrieren statt Programmieren: Wizard-gestützte Assistenzfunktionen führen den Nutzer logisch und zielgerichtet in wenigen Schritten durch die Inbetriebnahme.**

## 4. FREIHEITSGRADE DURCH BAUKASTENSYS- TEME

Bosch Rexroth verfügt über ein umfangreiches Baukastensystem, das Maschinen- und Anlagenhersteller für nahezu jede individuelle Anforderung eine Lösung bietet. In der Kategorie „Digitalelektronik“ finden sich die modular aufgebauten SY(H)DFE-Regelsysteme für das A10-Programm und bestimmte A4VSO-Typen sowie das HS5-Regelsystem für das komplette A4-Programm. Beide Programme werden kontinuierlich ausgebaut und ergänzt.

Neu im Portfolio ist etwa die speziell für drehzahlvariable Anwendungen konzipierte Highspeed Axialkolben-Verstellpumpe A4VSO der Nenngröße 71. Im Vergleich zur bisherigen Serieneinheit lassen sich damit über 35 Prozent höhere Drehzahlen von bis zu 3000 min<sup>-1</sup> ohne Einspeisung erreichen, was ein Downsizing des elektrischen Antriebs und damit eine deutliche Kostenreduzierung gestattet. Für Anwendungen mit hohen Nenndrücken bis 450 bar entwickelte Bosch Rexroth außerdem die besonders leise und robuste Verstellpumpe A4VBO in Nenngröße 250 mit Axialkolben-Triebwerk in Schrägscheibenbauart.

Um Konstrukteuren baulich größtmögliche Freiheitsgrade zu bieten, unterteilt sich das Baukastensystem für Pumpenregelsysteme in folgende zwei Gruppen:

### 4.1. On-Board-Elektronik (OBE) - Schaltschranklos

In die Kategorie schaltschranklos fallen elektronische Regelsysteme, die direkt an die Pumpe angeschlossen sind. Beispiele für eine solche On-Board Elektronik (OBE) sind die Regelsysteme SYHDFEx (H = A4) und das HS5E-Regelsystem für A4-Verstellpumpen sowie die Versionen SYDFEx (ohne H) für Verstellpumpen der A10-Familie. Als geprüfte Komplettsysteme mit robuster Anschlussstechnik mit M12-Steckern erfüllen alle OBE-Varianten sämtliche Anforderungen hinsichtlich „Plug & Produce“ und einem zuverlässigen Betrieb. Vorteilhaft ist weiterhin, dass sich mehrere Pumpen in der Maschine flexibel und platzsparend ausrüsten lassen. Der Schaltschrank kann so kleiner ausfallen und der Zeit- und Kostenaufwand für die Verkabelung wird deutlich geringer. Da Leitungen und Klemmen entfallen, sinken die Materialkosten und es gibt weniger Fehlermöglichkeiten. Außerdem gibt es weniger Störeinflüsse durch die reduzierte Leitungslänge zur Sensorik (EMV).

| P/Q Regelung für verstellbare Axialkolbenpumpen          |                             |                                     |                    |                            |
|--|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------|----------------------------|
| SY(H)DFEE  | SY(H)DFEF                   | SY(H)DFED                           | HS5EV/HS5EL        | HS5E                       |
| A10VSO/A4VSO (NG40...355)                                |                             |                                     | A4VSO (NG40...355) | A4VSO                      |
|  |                             |                                     | A4VBO (NG71...250) | A4VBO (NG450), VHO         |
|  |                             |                                     | A4CSG              | A4VSG, CSG                 |
| Interne Steuerölversorgung                               |                             |                                     |                    | Externe Steuerölversorgung |
| Schwenkwinkel, Druck, Drehmomentbegrenzung, Master/Slave |                             |                                     |                    |                            |
|  |                             | n-Funktion                          |                    |                            |
| Connectivity Analog                                      | Connectivity Multi-Ethernet | Connectivity Multi-Ethernet, analog |                    |                            |

### ▲ Eigenschaften elektronischer Pumpenregelsysteme mit interner Regelelektronik



## 4.2. Schaltschrankelektronik

| Elektronische Pumpenregelsysteme <sup>1</sup><br>p/Q-geregelte Verstellpumpen, externe Regelelektronik |                 |  |      |                    |  |        |
|--|-----------------|--|------|--------------------|--|--------|
| EO1  | EO2             | HS5  | HS5M | HS5V/HS5L          | DFE1 (SYHDFE1)                           | SYDFE1 |
| A4VSO<br>(NG40...125, 250)   | A4VSO           | A4VSO  |      | A4VSO (NG40...355) | A4VSO (NG40...355)<br>A4VBO (NG71...250) | A10VSO |
|  |                 | A4VBO, VHO   |      |                    |  |        |
| A4VSG<br>(NG40...125, 250)   | A4VSG, CSG      | A4VSG, CSG   |      | A4CSG              |  |        |
| Steueröldruck  |                 |  |      |                    |  |        |
| extern (niedrig)   | extern (mittel) | extern (hoch)  |      | intern             |  |        |
|  |                 | Einbau unter Öl  |      |                    |  |        |
| Schwenkwinkel  |                 | Schwenkwinkel, Druck, Drehmomentbegrenzung, Master/Slave |      |                    |  |        |
|  |                 | n-Funktionalität   |      |                    |  |        |
| Connectivity Analog  |                 | Connectivity Multi-Ethernet (Profibus), Analog           |      |                    | Connectivity Analog                      |        |

▲ **Eigenschaften elektrischer Pumpenregelsysteme mit externer Regelelektronik (1 ohne Sekundärregelung, weitere Info siehe Datenblatt 92057)**

Mithilfe der Schaltschrankelektronik VT-HPC lässt sich das HS5-Regelsystem mit identischem Funktionsumfang der OBE-Variante auch extern unterbringen. Weil die n-Funktion über eine SD-Karte (Verstärkerkarte) vorgehalten wird, kann sie auch nachgerüstet werden. Die Vorteile der Schaltschrankelektronik kommen insbesondere zum Tragen bei

- ▶ **zu starker mechanischer Belastung der Elektronik vor Ort**
- ▶ **zu hoher thermischer Belastung an der Maschine (Schrankschrank klimatisiert).**

## 5. ENTSCHEIDUNGSHILFE: DIE RICHTIGE PUMPENREGELUNG FINDEN

Bei der Entscheidungsfindung müssen verschiedene Faktoren berücksichtigt werden, um die beste Verstellpumpenlösung für das gewünschte Maschinenkonzept zu finden.

Wichtig für den Entscheidungsprozess sind nacheinander folgende Fragestellungen:

1. Wird eine interne Regelelektronik (siehe Kapitel 4.1: OBE-Lösung) gewählt oder wird die Elektronik extern verbaut (Kapitel 4.2: Schaltschrank-Lösung)? Sind die Umweltbedingungen optimal, ist die OBE-Variante die bessere Lösung. Sprechen die Bedingungen allerdings gegen eine integrierte Lösung bzw. soll der Einbau unter Öl erfolgen, wird das Regelsystem extern verortet.
2. Welches ist die optimale Regelpumpenlösung? Hier stellt sich die Frage nach dem Einsatz im offenen oder geschlossenen Kreislauf.
3. Welches Druckniveau und welcher Volumenstrom werden benötigt? Hiervon leitet sich der Pumpentyp und die Nenngröße ab.
4. Ist eine Dynamik abhängig vom Systemdruck zulässig? Je nachdem erfolgt die Steuerölversorgung intern oder extern.
5. Ist neben der Schwenkwinkelregelung auch eine Drehzahlvariabilität (n-Funktion) sinnvoll?
6. Wie erfolgt die Kommunikation? In den meisten Fällen sind Feldbussysteme wie z.B. Sercos, EtherCAT, Ethernet/IP, VARAN, PROFINET oder optional Profibus gefordert. In manchen Fällen genügt auch eine analoge Führungskommunikation.

## 6. BESTANDSOPTIMIERUNG: UPGRADE, RETROFIT ODER RE-ENGINEERING?

Abhängig vom Umfang der geplanten Modernisierung, der bereits in der Anlage verbauten Verstellpumpe und deren Zustand, gibt es folgende Möglichkeiten:

1. **Upgrade:** Es ist bereits eine Pumpe mit elektrohydraulischer Verstellung HS oder den Vorgängerversionen HS3 oder HS4 verbaut? In diesem Fall kann die Pumpe durch Tausch von Schwenkwinkelsensor, Regelventil und digitaler Regelelektronik (On-Board-Elektronik oder externe Elektronik) einfach umgerüstet werden. Die Komponenten sind außen am Pumpengehäuse verbaut und können, sofern es die Einbausituation in der Anlage zulässt, ohne Ausbau der Pumpe getauscht werden. Die Inbetriebnahme erfolgt direkt im Anschluss an die Verkabelung. Passende Umbausätze sind bei Bosch Rexroth erhältlich.
2. **Retrofit:** Bei Pumpen mit einem anderen Verstellsystem sollte zunächst der Umbauaufwand geprüft werden. Ist dieser wirtschaftlich, empfiehlt sich ein Umbau im Rahmen einer Instandsetzung durch den Rexroth-Service.
3. **Re-Engineering:** Steht eine grundlegende Überarbeitung des Hydrauliksystems oder der übergeordneten Maschinensteuerung an, erarbeiten die Experten von Bosch Rexroth entsprechende Vorschläge.

### **i Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft**

Im Rahmen der „Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft“ unterstützt das BMWK (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz) unter anderem Projekte für mehr Energieeffizienz. Das Förderpaket steht allen Branchen und Technologien offen und lässt viel Spielraum für individuelle Maßnahmen. Bezüglich der Förderung haben die Unternehmen die Wahl zwischen einem direkten Zuschuss durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und einem Tilgungszuschuss im Rahmen eines KfW-Kredits.

*Mehr über „Fördergelder in Deutschland für mehr Nachhaltigkeit“ im Rexroth-Whitepaper oder unter [www.machts-effizient.de/ProzesseundAnlagen](http://www.machts-effizient.de/ProzesseundAnlagen)*



## 7. FAZIT

Eine bedarfsgerechte Druck- und Förderstromregelung bildet eine probate Grundlage für mehr Energieeffizienz im Sinne des Klimaschutzes und geringere Betriebskosten im Sinne der Wirtschaftlichkeit. Zugleich trägt sie zu weniger Geräuschemissionen im Sinne des Arbeitsschutzes bei. Unterm Strich profitiert nicht weniger als die Gesamtanlageneffizienz von der Digitalisierungsmaßnahme: Die höhere Regelgüte erlaubt genauere Prozesse, verbesserte Wirkungsgrade steigern die Produktivität, und auch die Verfügbarkeit nimmt angesichts schnellerer Fehlerdiagnosen und optimierter Wartung zu.

Darüber hinaus kommt es entlang des gesamten Lebenszyklus zu Kostensenkungen: Das Engineering verliert dank der einheitlichen, intuitiven Engineering Plattform IndraWorks an Komplexität und erhält neue konstruktive Freiheitsgrade für individuelle und passgenaue Maschinenkonzepte. Wizards verkürzen die Inbetriebnahme, die Montage benötigt weniger Zeit und Material. Last, but not least hebt die Digitalisierung auch den Service auf ein neues Level, etwa mit weltweitem Fernsupport. Unter diesen Voraussetzungen, und ergänzt durch nationale Förderprogramme für mehr Energieeffizienz, machen sich Investitionen in digitale Pumpenregelsysteme schnell bezahlt und werden so zu einem wichtigen Treiber für Klimaschutz, Innovation und Wettbewerbsfähigkeit.

**Mehr Informationen unter**  
[www.connected-hydraulics.de](http://www.connected-hydraulics.de)

**Autor:**  
Detlef van Bracht

**Bosch Rexroth AG**  
Zum Eisengießer 1  
97816 Lohr am Main  
Germany

## 8. ANHANG

$$\text{Volumenstrom } q_v = \frac{V_g \times n \times \eta_v}{1000} \quad [\text{l/min}]$$

$$\text{Drehmoment } M = \frac{V_g \times \Delta p}{20 \times \pi \times \eta_{hm}} \quad [\text{Nm}]$$

$$\text{Leistung } P = \frac{2 \pi \times M \times n}{60000} = \frac{q_v \times \Delta p}{600 \times \eta_t} \quad [\text{kW}]$$

### Legende

|             |   |   |
|-------------|---|---|
| $V_g$       | = | Verdrängungsvolumen pro Umdrehung [cm <sup>3</sup> ]      |
| $\Delta p$  | = | Differenzdruck [bar]                                      |
| $n$         | = | Drehzahl [min <sup>-1</sup> ]                             |
| $\eta_v$    | = | Volumetrischer Wirkungsgrad                               |
| $\eta_{hm}$ | = | Hydraulisch-mechanischer Wirkungsgrad                     |
| $\eta_t$    | = | Gesamtwirkungsgrad ( $\eta_t = \eta_v \times \eta_{hm}$ ) |

▲ **Zusammenhang zwischen Volumenstrom, Drehmoment und Leistung als Grundlage für die Erhöhung der Anlagenproduktivität oder ein „Downsizing“ der Antriebskomponenten.**

| Produktinformationen |                   |   |  |                    |
|----------------------|-------------------|---|--|--------------------|
|                      | Volumenstrom      | Druckniveau   | Pumpenvariante                                   | Rexroth-Datenblatt |
| Offen                | 104 - 1.125 l/min | 350/400 bar   | <b>A4VSO</b><br>(NG 40 - 1.000 cm <sup>3</sup> ) | 92050              |
|                      | 156 - 810 l/min   | 450/500 bar   | <b>A4VBO</b><br>(NG 71 - 450 cm <sup>3</sup> )   | 92122              |
|                      | bis 675 l/min     | 630/700 bar   | <b>A4VHO</b><br>(450 cm <sup>3</sup> )           | 92160              |
| Geschlossen          | 148 - 1.600 l/min | 350/400 bar   | <b>A4VSG</b><br>(40 - 1.000 cm <sup>3</sup> )    | 92100              |
|                      | 550 - 1.200 l/min | 350/400 bar mit integrierten Ventilen und Speisepumpe | <b>A4CSG</b><br>(250 - 750 cm <sup>3</sup> )     | 92105              |

▲ **In welchem Kreislauf kommt die Pumpe zum Einsatz?**