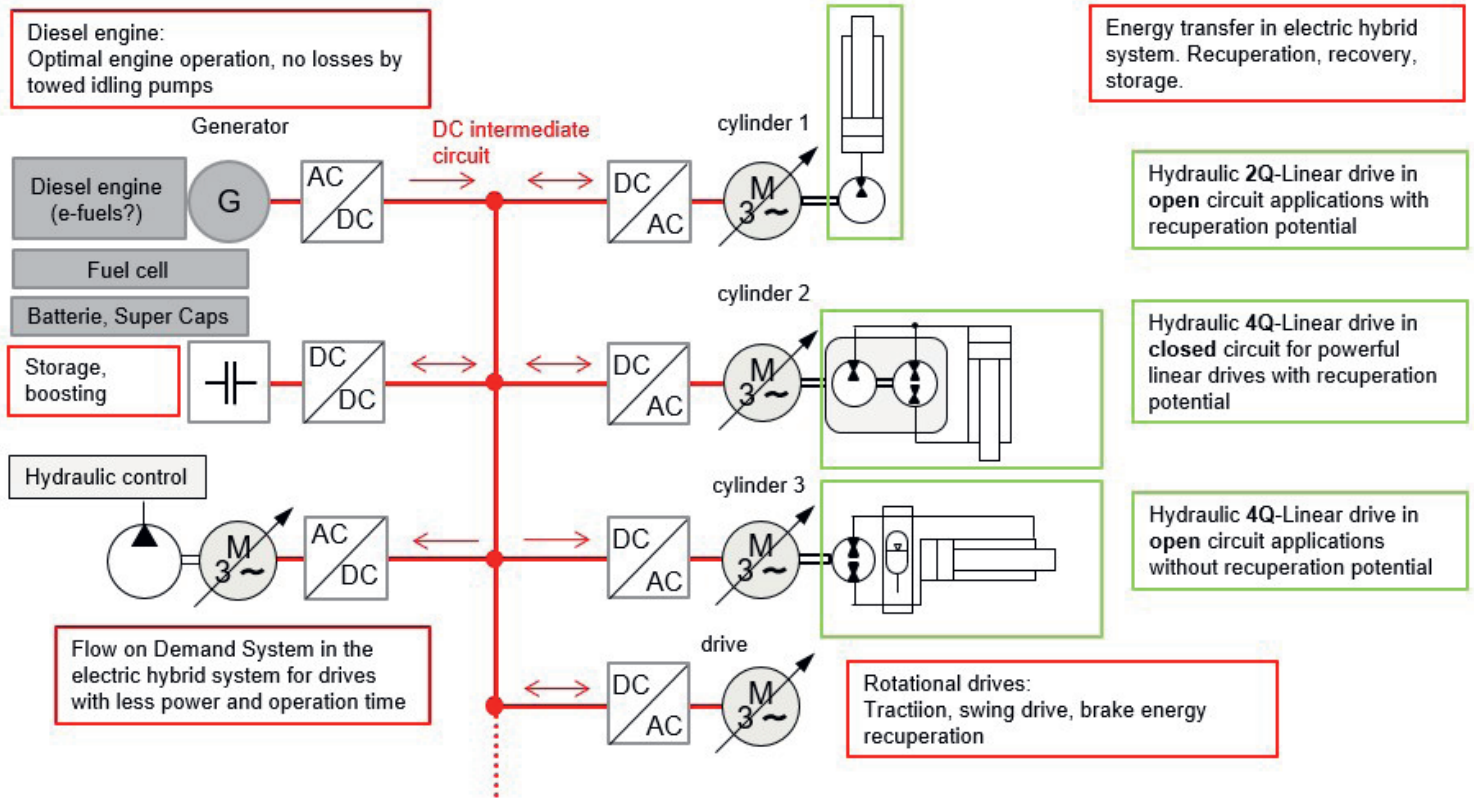


Gesamtwirkungs- grad optimiert



Hydraulik für elektrifizierte mobile Arbeitsmaschinen

Die EU mit der Initiative „Green Deal“ und die Bundesregierung mit der „Energieeffizienzstrategie 2050“ haben politisch vorgegeben, dass CO₂-Emissionen deutlich zu reduzieren sind. Das wird die technische Entwicklung in den nächsten Jahren wesentlich beeinflussen. Hoch effiziente Antriebssysteme, alternative und hybride Antriebe werden zunehmend eingesetzt. Dies betrifft auch mobile Arbeitsmaschinen. Sie werden voraussichtlich mit batteriegespeisten Elektroantrieben, Brennstoffzellen oder Dieseldieseln ausgestattet. Das erfordert effizientere Komponenten und Systeme für die Arbeitsfunktionen.



Elektrisch-Hydraulisches System



Forderungen an die Antriebstechnik

Damit Betreiber wirtschaftlich arbeiten können, müssen auch elektrisch angetriebene mobile Arbeitsmaschinen einige wichtige Kriterien erfüllen. Sie sollen ausreichend lange Betriebszeiten ohne langwieriges Nachladen erreichen sowie – ähnlich wie bisherige Arbeitsmaschinen – zuverlässig und reaktionsschnell bei hohen Leistungen arbeiten. Weiter fordern Betreiber niedrige Geräuschemissionen sowie niedrige Kosten hinsichtlich des Energieverbrauchs und der Wartung.

Effizienz primäres Kriterium

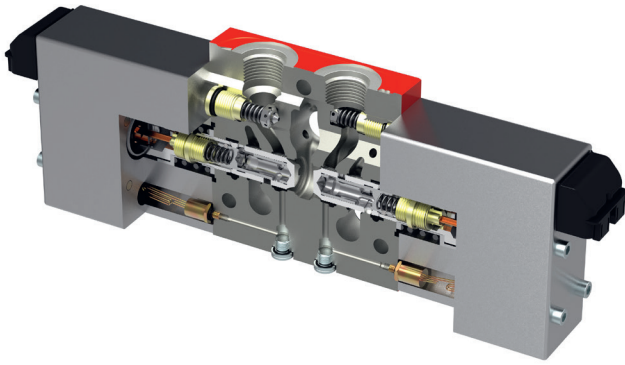
Eine ausreichende Betriebszeit kann mit einer groß dimensionierten Energiequelle oder mit einem System mit niedriger Verlustleistung verwirklicht werden. Allerdings ergeben sich daraus hohe Kosten für die Komponenten. Effiziente Komponenten beziehungsweise Systeme einzusetzen kann sich als sinnvoll erweisen. Sie verringern zusätzlich den Bedarf an kostenintensiver Energie. Elektrische Antriebe haben bereits eine hohe Effizienz über ein breites Betriebsfeld. Die heute in mobilen, mit Dieselmotoren angetriebenen Arbeitsmaschinen verwendete Hydraulik arbeitet allerdings nicht ausreichend effizient. Es gilt, deutlich bessere Systeme zu installieren.

Grenzen bisheriger Hydrauliksysteme

Hydrauliksysteme, die sich dem aktuellen Bedarf an Volumen und Druck mit Hilfe von Verstellpumpen anpassen, sogenannte Loadsensing-Systeme (LS-Systeme), erfüllen die Kriterien für elektrifizierte Maschinen nicht optimal. Axialkolben-Verstellpumpen haben zu hohe Lärmemissionen. Letztere werden wegen des nicht mehr vorhandenen Dieselmotor-Geräuschs in elektrifizierten Arbeitsmaschinen besonders hervortreten. Der Wirkungsgrad von LS-Systemen ist über das gesamte Betriebsfeld nicht optimal. Die Regeldifferenz verursacht unnötige Verluste in den meisten Betriebspunkten. Um das LS-System schwingungsfrei zu betreiben, sind mitunter aufwendige Dämpfungen erforderlich. Diese verlängern das Ansprechverhalten erheblich. Folglich ist es nicht zielführend, den Dieselmotor gegen einen Elektromotor auszuwechseln und das vorhandene Hydrauliksystem unverändert zu belassen.

Elektromechanik unzureichend

Hydraulikzylinder mit elektromechanischen Linearantrieben zu ersetzen, erweist sich als nicht sinnvoll. Die mechanischen Getriebe sind nicht für die hohen Belastungen einer Baumaschine geeignet. Des Weiteren erfordert jeder elektromechanische Linearantrieb einen E-Motor mit entsprechend hoher Leistung. Die installierte Leistung wird in Summe relativ hoch auch wenn diese niemals gleichzeitig benötigt wird.



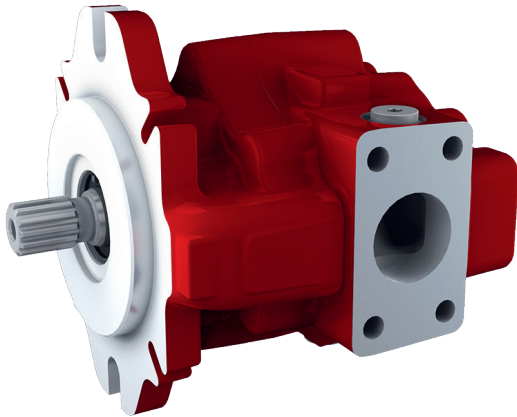
LVS12

Flow-on-Demand-Hydraulik effizienter

Als günstigen Kompromiss zwischen hoher Effizienz und niedrigen Kosten kann man ein optimiertes Hydrauliksystem einsetzen. Für leistungsstarke Funktionen mit hohem Potential zur Energierückgewinnung bieten sich Verdrängersteuerungen im geschlossenen Kreis an. Diese weisen die niedrigsten Verluste auf. Jede Linearfunktion erfordert jedoch eine Kombination aus E-Motor und Pumpe, vergleichbar den elektromechanischen Linearantrieben. Dies ist nicht für alle Funktionen sinnvoll.

Für Arbeitsfunktionen sind Ventilsteuerungen mit Flow-on-Demand eine wirtschaftliche Alternative. Hydrauliksteuerblöcke mit getrennten Steuerkanälen, wie der Ventilblock LVS12 von Bucher Hydraulics, verringern die Verlustleistung und ermöglichen dynamischere Arbeitsfunktionen. Das erhöht die Effektivität der Arbeitsmaschine. In einem elektrischen System mit Gleichstrom-Zwischenkreis können auch Varianten von Elektroantrieben und Hydrauliksystemen jeweils optimal kombiniert werden. Beispielsweise kann die Hydraulikpumpe als Konstantpumpe mit variabler Drehzahl betrieben werden. Dazu ist die Drehzahl des E-Motors passend einzustellen. Das gelingt ohne zusätzlichen Aufwand für den Anwender der Hydraulik mit der FoD-Software von Bucher Hydraulics. Sie berechnet anhand der Ventilansteuerkennlinien die jeweils benötigte, optimale Drehzahl. In diesem sogenannten FoD-System ergibt sich immer – abhängig von der aktuellen Last und den Druckverlusten – der niedrigst mögliche Druck an der Pumpe. Durch eine optimierte Systemauslegung können die Druckverluste minimiert werden. Besonders vorteilhaft ist, dass die im LS-System notwendige Regeldruckdifferenz entfällt.

Im FoD-System werden die Ventilöffnung und die Pumpendrehzahl parallel gesteuert. Dadurch ist das Ansprechverhalten sehr schnell und direkt, vergleichbar dem Verhalten elektrischer Fahrantriebe. Die Steuerung arbeitet stabil ohne Schwingungen. Damit kann die Arbeitsmaschine vom Bediener effektiver gefahren werden. Das FoD-System hat zusätzlich Vorteile bei geregelten Funktionen, zum Beispiel für Assistenzsteuerungen. Die FoD-Software von Bucher Hydraulics bietet weitere Optionen, die mit einem traditionellen LS-System nicht gegeben sind.



AX-Pumpe

Wirkungsrad der Pumpe entscheidend

Die Pumpe hat im drehzahlvariablen Betrieb eine besondere Bedeutung, um die speziellen Forderungen eines FoD-Systems zu erfüllen. Sie ist sozusagen das Herz des Systems. Vergleichbar der Effizienz hochwertiger E-Motoren muss sie sich über einen weiten Arbeitsbereich bei 92 bis 94 % Wirkungsgrad betreiben lassen. Das minimiert den Bedarf an kostenintensiver Batteriekapazität und verlängert die erreichbaren Betriebszeiten. Verlustleistungen an der Hydraulikpumpe zu reduzieren, zum Beispiel von 5 auf nur 2,5 kW, trägt wesentlich zu einem energieeffizienten Betrieb der Arbeitsmaschinen bei. Durch die Wirkungsgradkette mit E-Motor und Umrichter wird dieser Effekt zusätzlich verstärkt. Als besonders günstig erweisen sich für solche Antriebskombinationen die Hydraulikpumpen der Reihe AX von Bucher Hydraulics. Sie haben ein niedriges und angenehmes Geräuschniveau auch bei hoher Leistung, wie es von Endanwendern erwartet wird. Die Pumpen können mit hohem Druck angefahren und bei sehr niedriger Drehzahl betrieben werden ohne vorzeitig und unmäßig zu verschleissen.

Durch die geringe Leckage und die hohe Anzahl an Kolben, ist bereits bei niedrigen Drehzahlen eine ruckfreie Zylinderbewegung zu verwirklichen. Vorteilhaft ist dies insbesondere bei Positionierarbeiten und langen Auslegern. Durch das Konstruktionsprinzip mit konsequenter hydrostatischer Entlastung der Bauteile arbeiten diese Pumpen besonders zuverlässig. Die Hydrauliksysteme von Bucher Hydraulics mit Pumpen AX und der Software Flow-on-Demand erfüllen somit optimal die Forderungen an elektrifizierte Arbeitsmaschinen.

Ein Interview mit Dierk Peitsmeyer zum Thema: Hydraulik für elektrifizierte mobile Arbeitsmaschinen



Dierk Peitsmeyer
Product Portfolio Manager
Bucher Hydraulics, Klettgau

Der Ruf nach Klimaschutz und weniger CO₂-Ausstoß geht auch an die Hersteller mobiler Arbeitsmaschinen für Land- und Forstwirtschaft sowie für den Tief- und Hochbau. Welche Antriebssysteme werden künftig sinnvoll einsetzbar sein, um den Forderungen nach hoher Leistungsdichte und effizientem, wirtschaftlichem Betrieb bei minimierten Schadstoffemissionen zu genügen?

Dazu haben wir mit Dierk Peitsmeyer, Product Portfolio Manager bei Bucher Hydraulics in Klettgau gesprochen.



Herr Peitsmeyer, unter welchen Bedingungen müssen Produktplaner und Konstrukteure demnächst Arbeits- und Baumaschinen entwickeln?

Dierk Peitsmeyer: Die Reduzierung der CO₂-Emissionen wird die technische Entwicklung in den nächsten Jahren entscheidend beeinflussen. Die EU mit der Initiative „Green Deal“ und die Bundesregierung mit der „Energieeffizienzstrategie 2050“ haben die politischen Ziele vorgegeben. Zur Umsetzung der Strategie werden hoch-effiziente Antriebssysteme, alternative Antriebe und Hybride eine zunehmende Bedeutung haben. Dies wird auch an mobilen Arbeitsmaschinen nicht vorbeigehen. Die Elektrifizierung mit den Energiequellen Batterie, Brennstoffzelle oder Dieselgenerator erfordert effizientere Komponenten und Systeme für die Arbeitsfunktionen.

Das bedeutet, dass künftig nicht nur Pkw, sondern auch mobile Arbeitsmaschinen, beispielsweise zur Erdbewegung oder für den Einsatz im Forst und in der Landwirtschaft, hybrid oder sogar vollelektrisch angetrieben werden. Was fordern Betreiber im Wesentlichen von diesen „alternativ“ angetriebenen Arbeitsmaschinen?

Dierk Peitsmeyer: Ein wichtiges Kriterium ist sicher eine ausreichend lange Betriebszeit ohne Nachladen der Batterien, was ja bekanntlich bislang viel Zeit beansprucht. Zudem haben die Betreiber natürlich den wirtschaftlichen Betrieb im Blick. Sie erwarten also niedrige Kosten und wenig Aufwand beim Energieverbrauch, bei Wartung, Service und Instandhaltung. Zudem müssen auch alternativ angetriebene Arbeitsmaschinen besonders zuverlässig und über lange Zeiträume wartungsfrei funktionieren. Nur dann kann der Betreiber wirtschaftlich arbeiten. Ein weiteres Merkmal, das mit dem Umweltschutz zusammenhängt, betrifft sicher die Geräuschemission. Auch Arbeitsmaschinen sollten möglichst leise sein. Für den täglichen Betrieb und die Akzeptanz beim Personal wird sicher entscheidend sein, dass die Maschinen – wie von bisherigen Maschinen gewohnt oder besser – kurze Reaktionszeiten beim Ansteuern der Funktionen bieten und dabei hohe Leistungen kurzfristig ohne Verzögerungszeit direkt abrufbar sind.



Welche Möglichkeiten bieten sich an, diese Forderungen erfüllen?

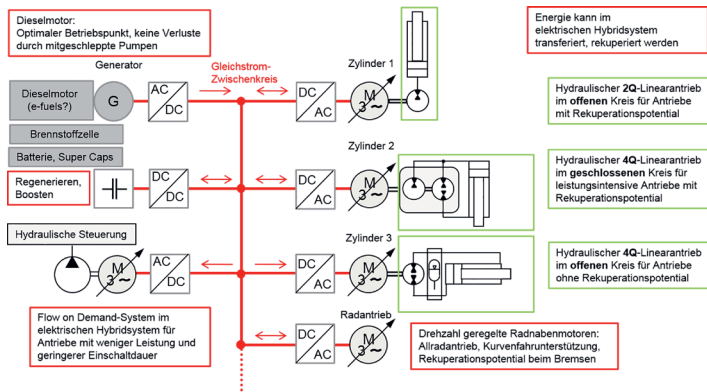
Dierk Peitsmeyer: Eine ausreichende Betriebszeit kann mit einer groß dimensionierten Energiequelle oder mit einem System mit niedriger Verlustleistung erreicht werden. Eine große Batterie oder eine Brennstoffzelle ist allerdings relativ teuer.

Effiziente Komponenten und ein effizientes System können sich je nach Lastkollektiv als sinnvollerer Ansatz erweisen, zumal auch die Energiekosten niedriger sind. Elektrische Antriebe haben bereits eine hohe Effizienz über ein breites Betriebsfeld.

Die heute in mobilen Arbeitsmaschinen mit Dieselmotor verwendete Hydraulik hat diese hohe Effizienz nicht aufzuweisen.

LS (Loadsensing) – Systeme mit Verstellpumpen erfüllen die Kriterien für elektrifizierte Maschinen nicht optimal. Axialkolben-Verstellpumpen haben zu hohe Lärmemissionen, die wegen des nicht mehr vorhandenen Dieselmotor-Geräuschs besonders hervortreten. Ihr Wirkungsgrad ist nicht optimal im gesamten Betriebsfeld. Die LS-Regeldifferenz erzeugt unnötige Verluste in den meisten Betriebspunkten. Um das LS-System schwingungsfrei zu betreiben, sind zum Teil starke Dämpfungen erforderlich, diese verlängern das Ansprechverhalten erheblich. Folglich ist es nicht zielführend, den Dieselmotor gegen einen Elektromotor auszuwechseln und das vorhandene Hydrauliksystem unverändert zu belassen.

Jeden Hydraulikzylinder gegen einen elektromechanischen Linearantrieb zu ersetzen, ist auch kein Weg. Die mechanischen Getriebe sind nicht für die Belastungen einer Baumaschine geeignet. Des Weiteren erfordert jeder elektromechanische Linearantrieb einen E-Motor mit entsprechend hoher Leistung. Die installierte Leistung wird dadurch relativ hoch, auch wenn diese niemals gleichzeitig gefahren wird. Ein optimiertes Hydrauliksystem ist ein Kompromiss zwischen Effizienz und Kosten. Für leistungsstarke Funktionen mit hohem Energierückgewinnungspotential bieten sich Verdrängersteuerungen im geschlossenen Kreis an. Diese weisen die geringsten Verluste auf. Jede Linearfunktion erfordert jedoch einen E-Motor und eine Pumpe, wie auch die elektromechanischen Linearantriebe. Dies ist nicht für alle Funktionen sinnvoll umsetzbar.



Effizient kombiniert: Elektrisch-Hydraulische Antriebssysteme optimieren den Gesamtwirkungsgrad

Die aufgezeigten technischen Varianten erachten Sie demnach als ungenügend oder als einen Kompromiss, bei dem man zu viele Einschränkungen hinnehmen muss. Welche Alternativen gibt es, um die sich teils widersprechenden Forderungen deutlich besser zu erfüllen?

Dierk Peitsmeyer: Für Arbeitsfunktionen sind Ventilsteuerungen mit Flow on Demand eine wirtschaftliche Alternative. Darüber hinaus verringern Hydrauliksteuerblöcke mit getrennten Steuerkanten, wie beim LVS12 von Bucher Hydraulics, die Verlustleistung und ermöglichen dynamischere Arbeitsfunktionen. Dadurch wird die Effektivität der Maschine weiter erhöht. Außerdem können im elektrischen System mit Gleichstrom-Zwischenkreis auch verschiedene elektrisch -hydraulische Antriebs-Varianten kombiniert werden.

Die Pumpe wird als Konstantpumpe mit variabler Drehzahl betrieben. Die E-Motordrehzahl wird mittels der Ventilansteuerkennlinien von der Bucher Hydraulics FoD-Software berechnet. Die im LS-System notwendige Regeldruckdifferenz entfällt. Im FoD-System ergibt sich immer der niedrigste mögliche Druck an der Pumpe. Dieser ist abhängig von der aktuellen Last und den Druckverlusten. Durch eine optimierte Systemauslegung können die Druckverluste minimiert werden. Im FoD-System werden die Ventilöffnung und die Pumpendrehzahl parallel gesteuert. Dadurch ist das Ansprechverhalten sehr schnell und direkt. Das ist vergleichbar mit dem Verhalten von elektrischen Fahrantrieben. Die Steuerung arbeitet stabil ohne Schwingungen. Damit kann die Maschine vom Bediener effektiver gefahren werden. Das FoD hat auch Vorteile bei geregelten Funktionen, zum Beispiel für Assistenzsteuerungen. Unsere FoD-Software bietet weitere Optionen, die mit einem traditionellen LS-System nicht gegeben sind.

Flow on Demand
HIGHER PRODUCTIVITY, STABILITY AND ENERGY SAVINGS

Unstable LS-System:
stable control input ramp,
fluctuating speed

Stable FoD-System:
stable control input ramp,
stable speed

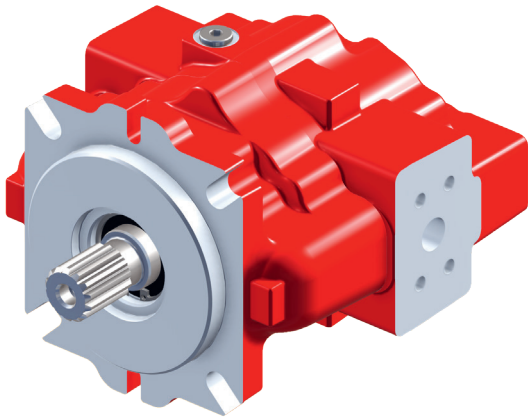
Load Sensing System (LS)

- ⊖ Long reaction time = less productivity
- ⊖ Pump- Δp -control leads to fluctuations
⇒ more LS-damping required
- ⊖ LS controller setting too high
= energy loss

Flow on Demand System (FoD)

- ⊕ Fast reaction = higher productivity
- ⊕ Electronic pump control
⇒ stable without dampings
- ⊕ Pump pressure depends on load and resistance
= stability and energy saving

Dynamische und stabile Funktion mit Flow on Demand



Hocheffizient und geräuscharm
Bucher Hydraulics AX-Pumpe

Das erfordert aber sicher einen deutlich größeren Aufwand für Steuerungstechnik sowie Hard- und Softwareentwicklung beim Maschinenhersteller. Wie weit können Hydraulikhersteller hier wirtschaftliche Lösungen bieten?

Dierk Peitsmeyer: Mit der FoD-Software von Bucher Hydraulics hat der Anwender keinen Aufwand, um die optimale E-Motordrehzahl zu generieren.

Im drehzahlvariablen Betrieb hat allerdings die Pumpe eine besondere Bedeutung, um die spezifischen Forderungen einer Mobilhydraulik zu erfüllen. Sie ist sozusagen das Herz des Systems. Sie soll einen hohen Wirkungsgrad von 92 bis 94 Prozent haben, vergleichbar einem hochwertigen E-Motor. Damit kann wertvolle Batteriekapazität eingespart werden. Es ist ein wesentlicher Unterschied, ob 5 kW oder nur 2,5 kW Verlustleistung durch die Pumpe erzeugt wird. Durch die Wirkungsgradkette mit E-Motor und Umrichter wird der Effekt noch weiter verstärkt.

Als optimale Lösung bieten wir von Bucher Hydraulics unsere AX-Pumpen. Sie haben ein niedriges und angenehmes Geräuschniveau auch bei hoher Leistung und entsprechen somit in dieser Hinsicht den Forderungen von Endanwendern. Die AX-Pumpen können mit hohem Druck angefahren und mit sehr niedriger Drehzahl betrieben werden, ohne dass es zu Verschleiß kommt. Dank einer geringen Leckage und der hohen Kolbenanzahl gewährleisten die Pumpen bereits bei niedrigen Drehzahlen eine gleichmäßige Zylinderbewegung. Bei Positionierarbeiten oder langen Auslegern ist dies ein Vorteil. Das Konstruktionsprinzip mit konsequenter hydrostatischer Entlastung der Bauteile führt zu höchster Zuverlässigkeit. Die Bucher Hydraulics Systeme mit AX-Pumpen und „Flow on Demand“ – Software erfüllen somit die Forderungen an elektrifizierte Maschinen in optimaler Weise und leisten somit einen entscheidenden Beitrag, zukünftig auch elektrifizierte Arbeitsmaschinen wirtschaftlich und produktiv einsetzen zu können.

Smart Solutions. Superior Support.

Kontakt für Leserfragen:

Bucher Hydraulics GmbH
D-79771 Klettgau
info.kl@bucherhydraulics.com
www.bucherhydraulics.com

Kontakt für Redakteure:

Dierk Peitsmeyer
Product Portfolio Manager
Tel.: +49 (0)7742 85 21 78
dierk.peitsmeyer@bucherhydraulics.com