

Fachartikel

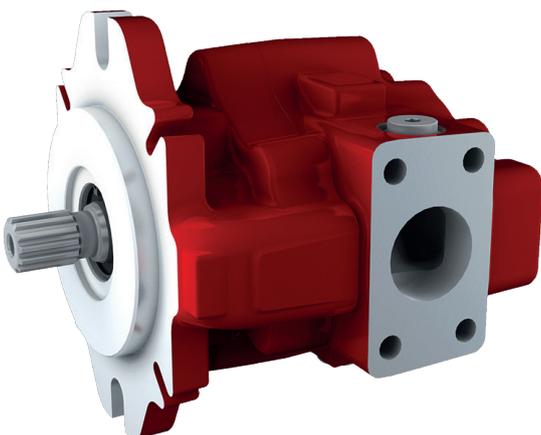
Hocheffiziente Pumpe für die E-Baumaschine

Die neu konzipierte AX von Bucher Hydraulics macht Schluss mit den typischen Nachteilen der Hydraulikpumpen

Die Elektrifizierung erfasst auch mobile Baumaschinen. Wenn es jedoch um hohe Kraft geht, bleibt die Hydraulik das Maß der Dinge. Eine neuartige, hocheffiziente Pumpe lässt Batterien länger durchhalten.

Schon oft wurde die Ablösung der Hydraulik durch die Elektrifizierung beschworen. Bei den propagierten Systemen handelt es sich meist um elektrische Antriebstechnik, verbunden mit mechanischen Getrieben, Hebeln, Ketten oder Riemen – in der Regel also rotatorischen Antrieben. Mobile Baumaschinen erfordern jedoch lineare Antriebe mit hoher Kraft auf kleinstem Raum. In der typischen rauen Umgebung mobiler Arbeitsmaschinen müssen sie außerdem möglichst robust sein.

Hier stößt der elektromechanische Antrieb aufgrund der meist notwendigen Übersetzung der Rotation in eine Translation, beispielsweise durch Gewinde- oder Kugelrollspindeln, schnell an seine Grenzen. Solche elektromechanischen Antriebe sind für eine Baumaschine denkbar ungeeignet, denn E-Motor und Getriebe bilden eine festverbundene, schwere Einheit. Jeder einzelne Hydraulikzylinder müsste durch eine solche Einheit ersetzt werden.



Die neuartige AX-Kolbenpumpe gibt es in verschiedenen Größen mit Verdrängungsvolumina von 18 bis 76, demnächst bis 122 cm³/U.

Kugelrollspindeln lassen sich gut mit Kugellagern vergleichen: Sie sind ebenso empfindlich gegen Schläge. Im Überlastfall können sogar mechanische Bauteile beschädigt werden. Schläge, stoßartige Belastungen und Überbelastungen sind jedoch gerade beim Baumaschinen in rauer Umgebung eher die Regel als die Ausnahme.

Hydraulikzylinder bleibt unverzichtbar

Jeder Linearantrieb einer elektromechanischen Baumaschine erfordert also einen E-Motor mit Getriebe und Spindel. Da hier mit hoher Leistung gefahren wird, muss diese direkt an der Mechanik installiert werden, obwohl niemals alle Antriebe gleichzeitig volle Leistung erfordern. Das führt zu unnötig hohen Kosten. Hinzu kommt: Die starre Anordnung der Einheit E-Motor-Getriebe-Spindel dürfte an Baumaschinen zu erheblichen Platzproblemen führen. Demgegenüber stehen allerdings auch deutliche Vorteile elektromechanischer Antriebe wie ihre hohe Energieeffizienz und gute Regelbarkeit.

Daraus folgt: Der Hydraulikzylinder ist auch für die Baumaschinen der Zukunft unverzichtbar. Gerade für diese speziellen Einsatzbedingungen bringt er geradezu ideale Voraussetzungen mit. Nur mit ihm lassen sich hohe Kräfte auf kleinstem Raum realisieren. Die einfache Trennung zwischen Antrieb und Aktuator ermöglicht eine flexible Anordnung in der Baumaschine. Die Hydraulik ist aufgrund ihrer Elastizität prinzipbedingt sehr tolerant gegenüber Schlägen, Stößen und Überlastungen. Druckbegrenzungsventile sorgen zusätzlich für den Schutz der betroffenen Bauteile. Elektromechanische Antriebe erfordern beispielsweise Scherstifte, die bei Überlast abscheren. Das führt zum Stillstand der Maschine und relativ aufwändigen Reparaturarbeiten.

Die Leistung lässt sich im hydraulischen System bedarfsgerecht verteilen. Die insgesamt installierte Leistung kann dadurch geringer ausfallen als es die Summe aller Zylinderleistungen erfordert. Dadurch ist die Hydraulik im Vergleich zur Elektromechanik die kostengünstigere Technik. Hinzu kommt: Die spezifischen Preise für E-Technik in €/kW sind deutlich höher.

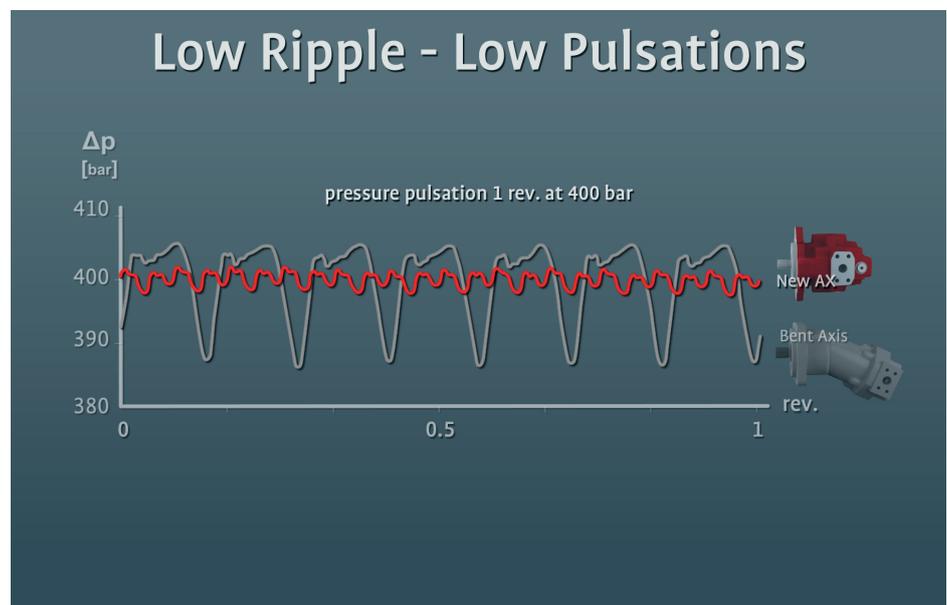
Die Nachteile heute üblicher hydraulischer Steuerungstechnik sollen allerdings nicht verschwiegen werden: Es sind vor allem die hohen Verluste durch Drosselung, Bypässe, zu kleine Leitungen und die nicht optimalen Wirkungsgrade der Pumpen. Außerdem treten die Geräusche der Hydraulik bei elektrischen Arbeitsmaschinen dominant in den Vordergrund, weil sie nicht mehr vom Dieselmotor-Geräusch übertönt werden.



Das Beste aus zwei Welten: E-Antriebe mit Hydraulik

Zwei Technologien mit sehr ausgeprägten Vor- und Nachteilen stehen also zur Verfügung. Warum also nicht für die optimale elektrifizierte Baumaschinen die Vorteile der elektrischen Antriebstechnik mit denen der Hydraulik kombinieren? Statt eines elektromechanischen Linearantriebes lässt sich ein elektro-hydrostatisches Linearantriebe verwenden. Es besteht aus einem drehzahlregelmotor, einer effizienten Pumpe und einem Zylinder. Die energiezehrende Ventiltechnik kann, bis auf Sicherheitsfunktionen, entfallen. Diese Konfiguration ist dank geringer Verlustleistungen sehr energieeffizient und genauso gut regelbar wie ein elektromechanischer Antrieb, wie Prüfstanduntersuchungen belegen.

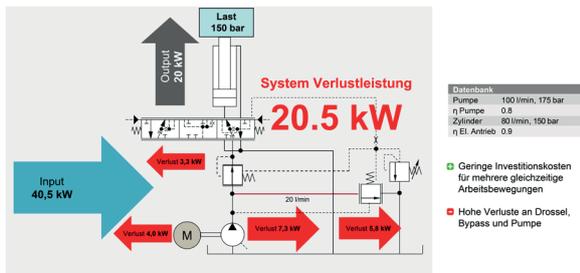
Ein weiterer Vorteil spricht für den elektrohydraulischen Linearantrieb: Mit ihm lässt sich besonders einfach beim Bremsen und Senken Energie zurückgewinnen. In dieser Anordnung sind die Kosten des Antriebssystems mit E-Motor und Pumpe pro Zylinder mit den geringeren Batteriekosten abzuwägen.



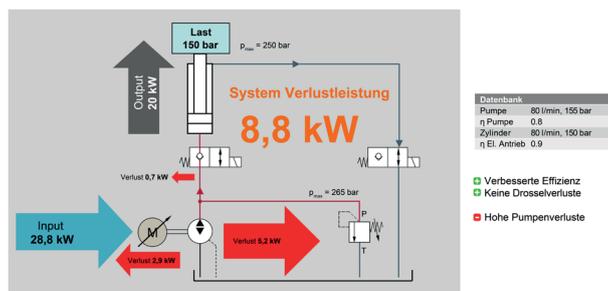
Die AX reduziert die Druckpulsationen um 80 %, 1 Umdr. bei 400 bar.

Alternativ können optimierte Ventilsteuerungen mit einem E-Motor, Pumpe und mehreren Zylindern eine attraktive Lösung sein. Dabei sind auch Kombinationen in der Maschine denkbar. Sinnvoll ist in jedem Fall eine Analyse der Verlustleistungen im Lastzyklus der Maschine. Die Leistungsfähigkeit elektrohydraulischer Linearantriebe ist im geschlossenen Kreis absolut vergleichbar mit derjenigen elektromechanischer Antriebe, ohne die jeweiligen spezifischen Nachteile. Diese Antriebe eignen sich hervorragend für Vier-Quadranten-Betrieb mit hoher Leistung und rückgewinnbarer Energie, wie er zum Beispiel für Ausleger oder schwere Hubfunktionen benötigt wird.

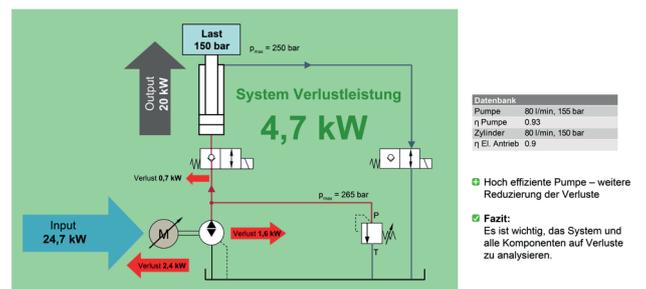
Hydraulische Ventilsteuerung mit Drossel- und Bypass Verlusten Konstante Motordrehzahl



Direkte Pumpensteuerung, E-Motor mit variabler Drehzahl Standard Pumpe $\eta = 80\%$



Direkte Pumpensteuerung, E-Motor mit variabler Drehzahl Hoch effiziente Pumpe $\eta = 93\%$



Die AX-Pumpe reduziert die Systemverlustleistung gegenüber einer herkömmlichen Pumpe bei vergleichbaren Leistungsdaten um etwa die Hälfte.

Potenziale der Elektrifizierung

Die Elektrifizierung von Baumaschinen eröffnet völlig neue Möglichkeiten, die heutige hydraulische Systeme prinzipbedingt nicht bieten können. So lassen sich alle Rotations- und Linearantriebe über den Gleichstromzwischenkreis miteinander verbinden. Die elektrische Energie im Zwischenkreis können Batterien, Super Caps, ein Dieselgenerator oder eine Brennstoffzelle bereitstellen. Aus diesem Zwischenkreis ziehen die Antriebe jeweils nur die gerade benötigte Leistung. Außerdem können sie potenzielle Energie durch Senken und Bremsen rückspeisen.

Die Zylinder lassen sich, je nach Funktionseigenschaften, im offenen oder geschlossenen Kreis betreiben. Eine Batterie kann als Pufferspeicher dienen, sodass der Dieselmotor immer im optimalen Betriebspunkt mit dem geringsten spezifischen Kraftstoffverbrauch und optimaler Verbrennung läuft. Leistungsspitzen beim Beschleunigen deckt der elektrische Energiespeicher ab. Der somit von den Arbeitsfunktionen entkoppelte Dieselmotor kann dadurch bei vielen mobilen Arbeitsmaschinen mit typisch zyklischen Lastprofilen deutlich kleiner ausfallen.

Die Elektrifizierung bietet insgesamt eine flexible Kombination verschiedener hydraulischer Antriebskonzepte, die je nach Anforderungen der Anwendung und Kosten eingesetzt werden können. So lassen sich die leistungsstärksten Verbraucher mit der neuen AX-Pumpentechnik von Bucher Hydraulics versehen, während für Antriebe mit geringer Leistung und kurzen Einschaltzeiten beispielsweise konventionelle Loadsensing-Ventiltechnik wirtschaftlicher sein kann. Aber auch diese Antriebe bieten noch reichlich Potenzial für Effizienzoptimierungen.



Optimale Hydraulikpumpe für die Elektrifizierung

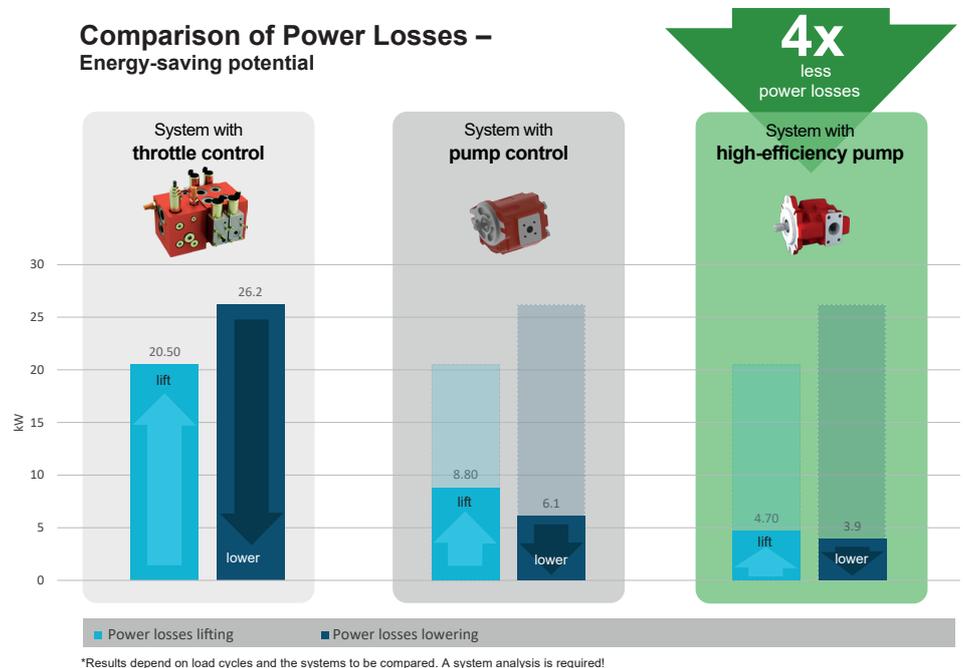
Den hohen Wirkungsgraden moderner E-Motoren in einem weiten Betriebsfeld und geringer Verlustleistung stehen übliche Hydraulikpumpen mit geringerem Wirkungsgrad und entsprechend höherer Verlustleistung gegenüber. Hier setzte Bucher Hydraulics mit der Entwicklung einer neuartigen Pumpe an, die konsequent die Reibungsverluste eliminiert. Bucher Hydraulics stellte die neue AX-Pumpe auf der Bauma 2019 vor. Sie stieß auf viel Beachtung und gehörte prompt zu den Finalisten des „Bauma Innovation Award“. Lieferbar ist sie mit Verdrängungsvolumina von 18 bis 76 cm³/U, zukünftig sollen Einheiten bis 122 cm³/U zur Verfügung stehen. Die Pumpe eignet sich für bis zu 450 bar Dauerdruck, dem für Baumaschinen üblichen Druckbereich.

Mit hohen Wirkungsgraden über ein großes Betriebsfeld ergänzt sie ideal die effizienten E-Antriebe. In Zahlen: Weist eine herkömmliche Pumpe eine Verlustleistung von 5,2 kW auf, so beträgt sie bei der neuen Bucher Hydraulics AX-Pumpe nur 1,6 kW. Das spart insbesondere bei Batteriebetrieb erheblich Kilowattstunden. Die Batterie kann entweder kleiner und günstiger dimensioniert oder die Laufzeit verlängert werden, wie Beispielrechnungen (und erste Erfahrungen?) belegen. Die äußerst geringe Reibung verringert nicht nur die Verlustleistung, sie reduziert auch den Verschleiß auf annähernd Null. Das ermöglicht eine lange, zuverlässige Betriebszeit.



Die neue AX-Pumpe löst auch das bereits erwähnte Problem vieler Elektrifizierungsprojekte: die starke Geräuschentwicklung hydraulischer Komponenten. Die Endanwender erwarten von elektrischen Arbeitsmaschinen ein geringes Geräuschniveau, das heutige Axialkolbenpumpen nicht erreichen. Zahnradpumpen sind zwar leiser, eignen sich jedoch nicht für den bei Baumaschinen erforderlichen Druckbereich. Ein zusätzlicher Schallschutz ist durch die beengten Verhältnisse schwierig umzusetzen und teuer. Die AX-Pumpe beseitigt die Ursachen der Schallemission. Selbst bei hoher Leistung arbeitet sie auf einem mit E-Maschinen vergleichbaren, komfortablen Geräuschniveau.

Anhand einer für Baumaschinen typischen Heben-Senken-Funktion lässt sich das Energieeinsparpotenzial gegenüber einer Ventilsteuerung und einem elektrohydraulischen Linearantrieb mit konventioneller Pumpe gut zeigen. Die hocheffiziente AX-Pumpe erzeugt bis zu 50% geringere Verlustleistung. Dadurch reduzieren sich auch die CO₂-Emissionen. Das neuartige Prinzip beseitigt zudem die sonst zu beachtende Mindestdrehzahlgrenze. Dadurch sind exakte Zylinderbewegungen ohne zusätzliche Maßnahmen möglich. Dies vereinfacht und erweitert die Anwendung drehzahlvariabler Pumpen erheblich. Damit erfüllt die AX-Pumpe von Bucher Hydraulics alle Anforderungen der Elektrifizierung mobiler Arbeitsmaschinen.



Weniger als ein Viertel der Energie einer klassischen Ventilsteuerung benötigt die neuartige AX-Pumpe (rechts) von Bucher Hydraulics zum Heben und Senken.

Kontakt:

Bucher Hydraulics GmbH
Industriestrasse 1
D-79771 Klettgau
info@bucherhydraulics.com
www.bucherhydraulics.com

Ansprechpartner:

Dierk Peitsmeyer
Produkt Portfolio
dierk.peitsmeyer@bucherhydraulics.com

Smart Solutions.
Superior Support.