

LoadAdaptive™ Senkbremshalteventile

Einleitung

Das innovative Design der patentierten LoadAdaptive™ Senkbremshalteventile von SUN Hydraulik ermöglicht variable Aufsteuerverhältnisse und Pilotdrücke bei einer stabilen Lastbewegung. Wenn eine stabile Lastbewegung notwendig ist, ist das Aufsteuerverhältnis niedrig. Bei bewegungslosem Stellantrieb oder unkritischer Systemstabilität ist das Aufsteuerverhältnis hoch. Ein hohes Aufsteuerverhältnis spart in der Regel Energie ein.

Untersuchungen zur Energieeffizienz zeigen, dass mit den neuen Ventilen für eine Zylinder- oder Motorbewegung bis zu 30 % weniger Steuerdruck benötigt wird als mit einem Standard Senkbremshalteventil. Die Stabilität wird gleichzeitig nicht beeinträchtigt.

Allgemein

In einer Hydraulikschaltung hat ein Senkbremshalteventil die Aufgabe, eine unkontrollierte Zylinder- oder Motorbewegung infolge einer voreilenden Last oder einer hohen Gewichtskraft zu vermeiden. Die Ventile werden in der Rücklaufleitung (Lasthaltung) zwischen Stellantrieb und Tank installiert.

Ein Senkbremshalteventil kann auch als Druckbegrenzungsventil betrachtet werden, das ausreichend hoch eingestellt ist um die maximale Last zu halten. Zusätzlich haben die meisten Senkbremshalteventile einen Aufsteueranschluss integriert, über den die Ventileinstellung reduziert werden kann. Das Aufsteuerverhältnis beschreibt den Faktor, mit dem der Steuerdruck die Ventileinstellungen absenkt. Zum Beispiel werden bei einem Aufsteuerverhältnis von 10 und einem Pilotdruck von 10 bar die Ventileinstellungen um 100 bar heruntergedrückt.

Die Auswahl von einem Senkbremshalteventil ist immer ein Kompromiss aus Stabilität (niedriges Aufsteuerverhältnis) und Energieeffizienz (hohes Aufsteuerverhältnis).

Für optimale Systemeigenschaften ist die sorgfältige Ventilauswahl für eine Hydraulikschaltung mit voreilenden Lasten ent-

scheidend. Gerade das Verhältnis aus Energieeffizienz und Stabilität muss im Detail betrachtet werden. Zur Gewährleistung der Systemstabilität ist hier häufig ein Kompromiss zu Lasten der Effizienz notwendig. Der Grund für den notwendigen Kompromiss ist unter anderem eine zu geringe Senkbremshalteventilauswahl. Eine energieeffiziente Schaltung ist gerade im mobilen Bereich sehr wichtig.

Neben einem geringen Treibstoffverbrauch sollten auch die Pumpe und der Tank möglichst klein dimensioniert sein.

Die „LoadAdaptive“ Senkbremshalteventile von SUN bieten Ihnen beide Vorteile in einem Ventil: Eine stabile und gleichzeitig energieeffiziente Lasthaltung.



CECA
LoadAdaptive
Counterbalance



CBCA
Standard
Counterbalance

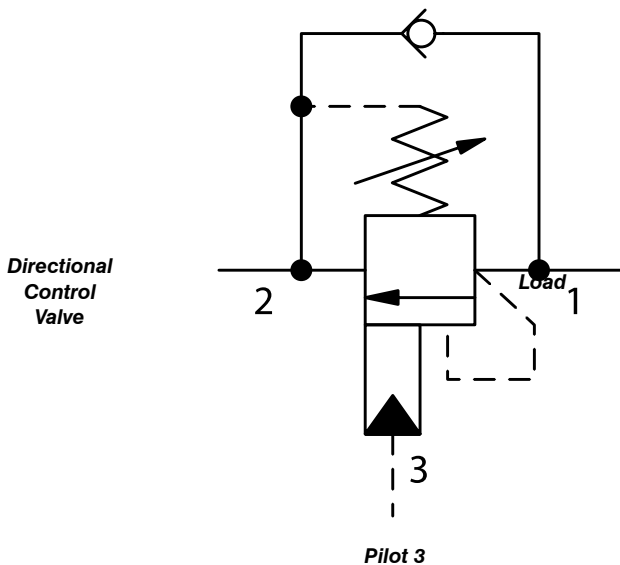


Abbildung 1:
LoadAdaptive
Valve Symbol

Anwendung

Ein LoadAdaptive Senkbremshalteventil kann ein Standard Senkbremshalteventil in nahezu jeder Anwendung ersetzen. Die Ventilsonderfunktionen sind allerdings nicht in jeder Hydraulikschaltung nutzbar und die günstigeren Standardventile können wirtschaftlicher sein. Ob ein Einsatz von LoadAdaptive Senkbremshalteventile in Ihrer Schaltung sinnvoll ist, können Sie anhand der folgenden Punkte überprüfen.

- Bei voreilenden oder gewichtsabhängigen Lasten
- Wenn eine energieeffiziente und stabile Lastkontrolle notwendig ist
- Wenn eine Maschine mit hohen Taktzahlen betrieben wird
- Bei einem minimalen Lastdruck über 35 bar
- Bei einem maximalen Lastdruck unter 280 bar
- Bei Steuerdrücken unter 140 bar

Wenn mit der Maschine keine regelmäßigen Hebe- und Absenkvorgänge durchgeführt werden, sind die Energieeinsparungen gering und die LoadAdaptive Senkbremshalteventile können unrentabel sein.

Was ist der Vorteil von einem LoadAdaptive Senkbremshalteventil?

Grundsätzlich verhält sich ein LoadAdaptive Senkbremshalteventil wie jedes

andere Senkbremshalteventil. Das Schaltsymbol ist in **Abbildung 1** dargestellt. Wie Sie leicht erkennen können sind die Schaltsymbole der beiden Ventiltypen identisch.

Was also genau ist der Unterschied zwischen einem LoadAdaptive- und einem Standard Senkbremshalteventil?

Um die Frage leichter beantworten zu können, betrachten wir zunächst die Ventilfunktionen eines Standard Senkbremshalteventiles im Detail.

Abbildung 2 shows a simple load-holding circuit where the counter-balance valve holds the suspended load in place against gravity.

Die **Abbildung 2** zeigt eine einfache Lasthalteanwendung, in der das Senkbremshalteventil einen Zylinder in Position hält. Wenn zur Lastabsenkung ein Wegeventil betätigt wird, wird der Druck gleichzeitig zu dem Zylinder und zu dem Aufsteueranschluss von dem Senkbremshalteventil geleitet. Der Steuerdruck am Aufsteueranschluss öffnet das Senkbremshalteventil zusätzlich. Der Lastdruck P1 wird mit dem Tank verbunden und die Last wird kontrolliert abgesenkt.

Zum besseren Verständnis der Senkbremshaltefunktionen sind die Ventilkennlinien aus einem Last(P1)-Steuerdruck(P3)-Diagramm hilfreich.

Aufgezeichnet werden die Kennlinien an einem Prüfstand. Der Testaufbau ist in der **Abbildung 3** zu sehen.

Abbildung 2:
Simple Load-Holding Circuit

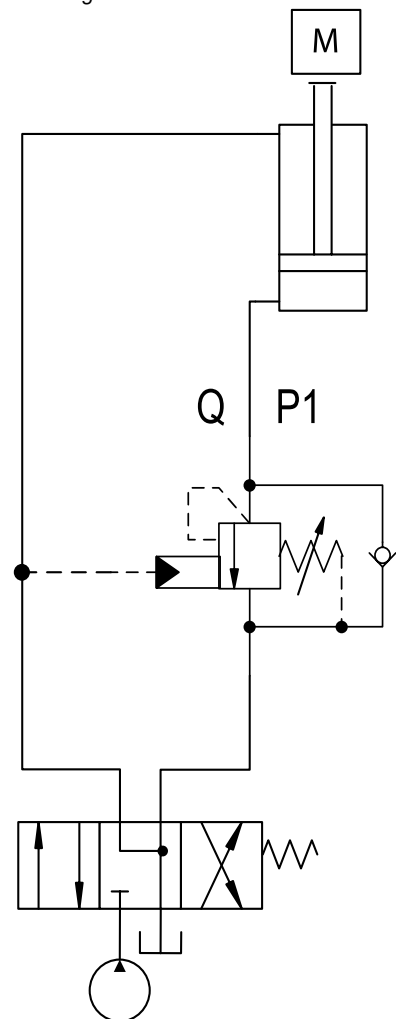


Abbildung 3:
P1 v P3 Pilot Test
Set-up

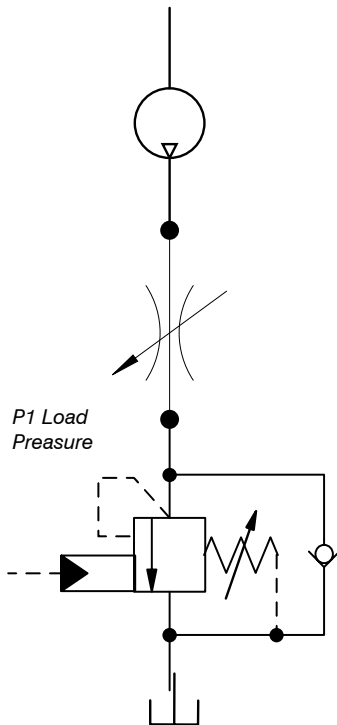
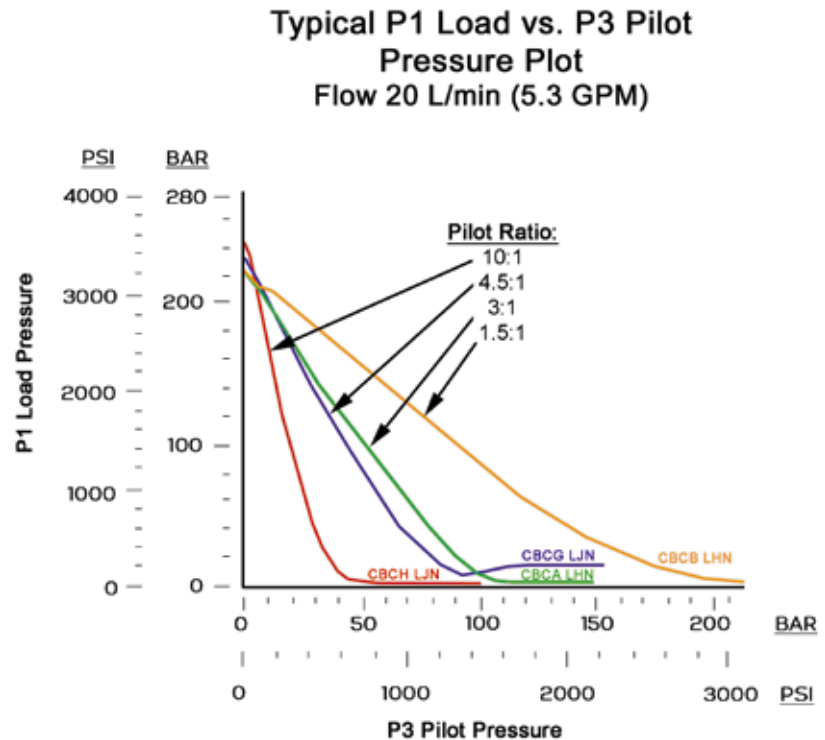


Abbildung 4:
Typical P1 v P3
(Load v Pilot)
Pressure Plot



Hinweise zu der **Abbildung 3:**

- Die Versorgungsleitung wird mit dem Anschluss 1 verbunden. Der Volumenstrom wird von einer druckkompensierten Stromregelung gesteuert und beträgt maximal 20 l/min.
- Um die Ventileinstellungen zu reduzieren wird der Pilotdruck an dem Anschluss 3 schrittweise erhöht (Öffnen von Anschluss 1 nach 2).
- In der Abbildung 4 sind für Senkbremshalteventile mit unterschiedlichem Aufsteuerverhältnis die P1-P3-Kennlinien dargestellt.

Hinweise zu der **Abbildung 4:**

- Der Volumenstrom ist auf 20 l/min begrenzt
- Bei einem Pilotdruck (P3) von 0 bar ist die Ventileinstellung gleich der mechanischen Einstellung.
- Mit steigendem Pilotdruck wird der Öffnungsdruck geringer und die Last wird langsam und kontrolliert über das geöffnete Senkbremshalteventil abgesenkt.
- Ventile mit einem hohem Aufsteuerverhältnis benötigen weniger Pilotdruck
- Die Steigung der Kennlinien entspricht ungefähr dem Aufsteuerverhältnis. Ein Ventil mit einem Aufsteuerverhältnis von 3:1 erzeugt eine Kennlinie mit einer Steigung von 3:1.
- Die Kurvenverläufe auf der linken Diagrammseite bedeuten eine hohe Energieeffizienz bei begrenzter Systemstabilität.

Die mögliche Energieeinsparung mit einem Aufsteuerverhältnis von 10:1 gegenüber einem Aufsteuerverhältnis von 1,5:1 kann in **Abbildung 5** abgelesen werden. Die bei jedem Arbeitszyklus erzielbare Energieeinsparung entspricht der schattierten Fläche.

Zur Erinnerung: **Hydraulische Leistung ~ Druck x Volumenstrom**

Das Einsparpotential lässt sich mit einem einfachen Beispiel verdeutlichen: Bei einem konstanten Volumenstrom und einer Steuerdruckreduzierung (P3) zur Lastabsenkung um 25 % wird auch die gesamte Energieaufnahme eines Maschinenzklus um 25 % reduziert.

Bisher ist in den **Abbildungen 4 und 5** die Energieeffizienz einer Schaltung behandelt wurden. Mindestens genauso wichtig ist die Systemstabilität. Die drei Stabilitätsbereiche der Lasthaltung für Senkbremshalteventile (aus **Abbildung 2**) sind auch in **Abbildung 6** markiert.

Bei einer Last- und Pilotdruckkombination (P1-P3) aus Bereich A steht der Zylinder und damit die Last still. Die Ventileinstellungen sind durch den Pilotdruck noch nicht weit genug reduziert um das Senkbremshalteventil zu öffnen (Zur Erinnerung: Die Senkbremshalteventileinstellungen sollten bei 130 % vom maximalen Lastdruck liegen). Solange der Zylinder bewegungslos ist, kann er nicht anfangen zu schwingen. Ein geringes Aufsteuerverhältnis für eine stabile Lastbewegung wird in Bereich A also nicht benötigt.

Abbildung 6

**Stabilitätsbereiche eines Standardsenk-
bremshalteventiles**

Im Bereich C liegen die Kombinationen aus Last- und Pilotdruck (P1-P3), die typisch sind für nicht voreilende Lasten. Zum Beispiel kann der benötigte Steuerdruck zum Absenken einer Seilwinde ohne Gewichtskraft sehr hoch sein, da der Lastdruck in der Rücklaufleitung sehr gering ist. Bei so einem Betriebspunkt, niedrige Last und hohe Geschwindigkeit, wird ebenfalls kein geringes Aufsteuerverhältnis benötigt, damit die Schaltung stabil ist.

Im Bereich B ist die Last- und Pilotdruckkombination (P1/P3) typisch für voreilende Lasten. Der Stellantrieb eilt der Pumpe und der Senkbremshalteventildrosselung aufgrund der Gewichtskraft voraus. Dadurch kann es zu einem ständigen und unkon-

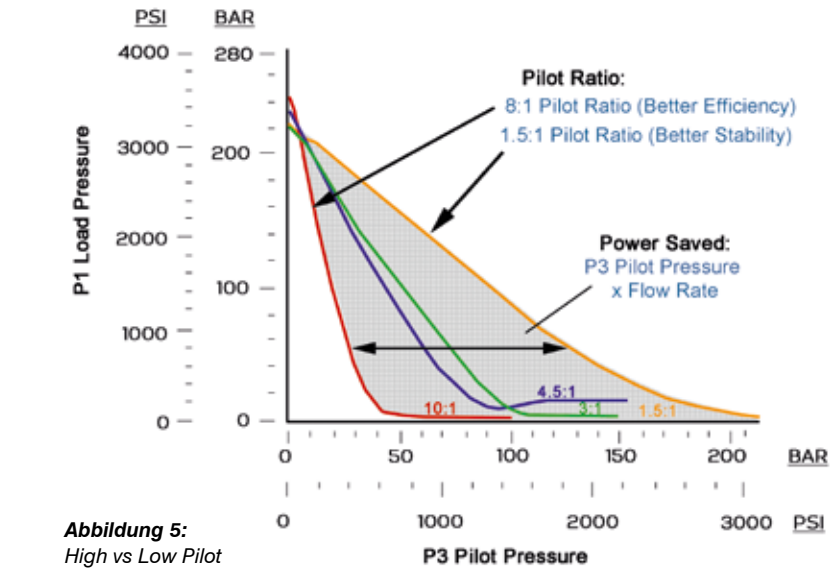


Abbildung 5:
High vs Low Pilot
Ratio Power

**Typical P1 Load vs. P3 Pilot
Pressure Plot
Flow 20 L/min (5.3 GPM)**

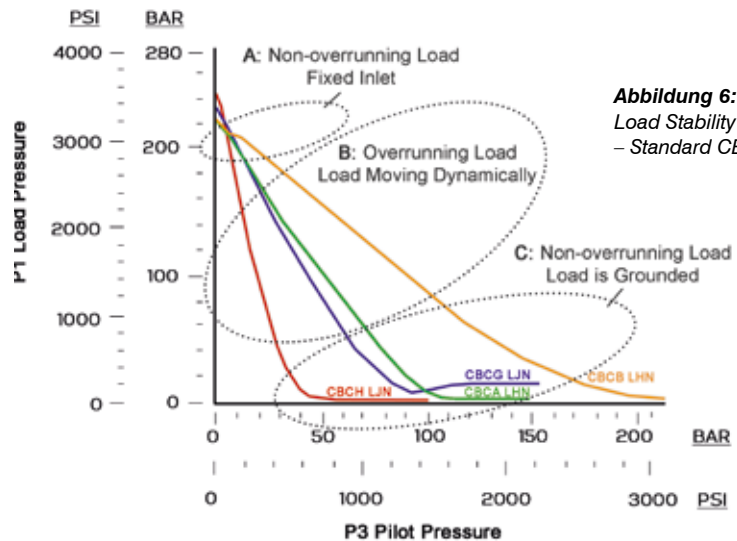


Abbildung 6:
Load Stability Regions
– Standard CB Valve

trollierbaren Ventilöffnen und -schließen kommen. Das Verhalten wird oft als Ventilstabilität oder Rütteln bezeichnet und kann zu einem instabilen System und Lastschwingungen führen.

Ein hohes Aufsteuerverhältnis verstärkt den beschriebenen Effekt, da eine geringe Steuerdruckänderung P3 eine große Änderung am Senkbremshalteventil verursacht. Die veränderten Ventileinstellungen können zu einem höheren Volumenstrom führen. Dadurch wird der Druck P3 reduziert und das Senkbremshalteventil schließt sich wieder bis die Versorgung den Druck P3 wieder anhebt. Der steigende Druck öffnet das Senkbremshalte-

ventil und der Zyklus beginnt erneut. Damit die beschriebene Instabilität verhindert werden kann, wird in dem Bereich B ein Senkbremshalteventil mit kleinem Aufsteuerverhältnis benötigt.

Die optimale Lösung ist also ein hohes Aufsteuerverhältnis in den Bereichen A und C für eine energieeffiziente Schaltung und ein geringes Aufsteuerverhältnis in dem Bereich B für eine stabile Schaltung. Genau diese Anforderungen erfüllen die neuen LoadAdaptive Senkbremshalteventile. Was genau unterscheidet ein LoadAdaptive von einem Standard Senkbremshalteventil?

Abbildung 7:
LoadAdaptive Stability
Regions & Pilot Ratios

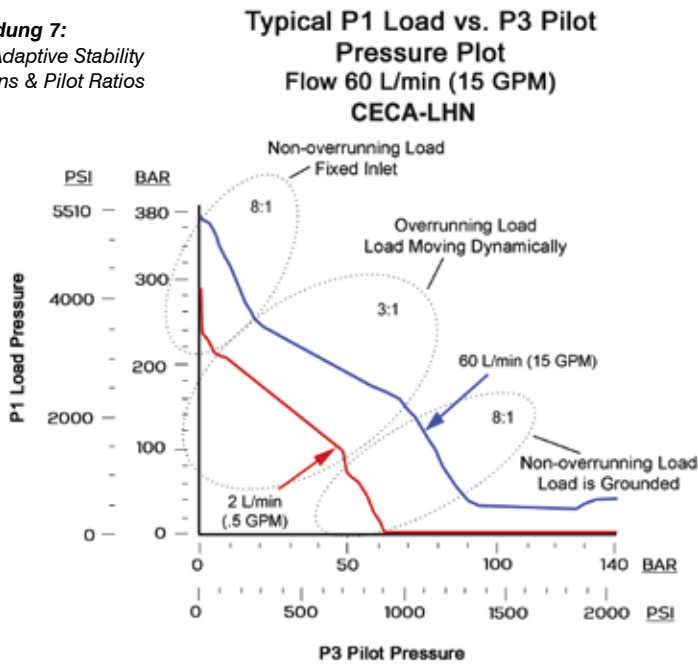


Abbildung 8 shows a winch lowering a cable with no load attached to the hook.

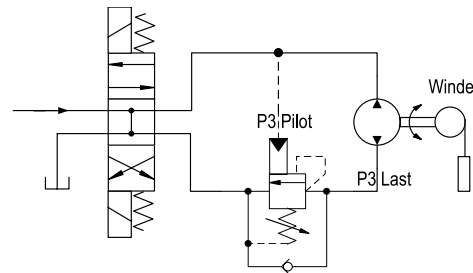


Abbildung 8:
Winch Efficiency Example

sind daher auch identisch. Unter den genannten Bedingungen kann der benötigte Druck für den Motorenbetrieb auf einem Prüfstand auch ohne realen Motor ermittelt werden (Vernachlässigung der Druckverluste innerhalb eines Motors).

Die beschriebenen Ventileigenschaften gelten für alle Standardsenkbremshalteventile. Aber wie genau lösen die neuen LoadAdaptive Senkbremshalteventile den Zielkonflikt aus Aufsteuerverhältnis, Energieeffizienz und Stabilität?

In **Abbildung 7** ist eine P1-P3 Kennlinie von einem LoadAdaptive Senkbremshalteventil gezeigt. Die Abbildung zeigt den benötigten Pilotdruck für einen Volumenstrom von 2 und 60 l/min bei 350 bar Ventileinstellung.

Zum Vergleich sind die drei Bereiche aus der **Abbildung 6** auch in der **Abbildung 7** zu sehen.

Abbildung 7

Stabilitätsbereiche von einem LastAdaptiven Senkbremshalteventil mit Aufsteuerverhältnis

Durch Vergleichen der Kennlinien aus der **Abbildung 7** mit den Kennlinien aus den **Abbildung 4-6** werden die folgenden Unterschiede deutlich: der Kennlinienverlauf eines LoadAdaptive Senkbremshalteventiles hat zwei prägende Knicke. Die beiden Knicke unterteilen die Kennlinie in drei Geraden mit unterschiedlichen Steigungen. Die Steigungen stellen jeweils verschiedene Aufsteuerverhältnisse da. In den **Abbildung 4-6** haben die Kennlinien eine annähernd konstante Steigung und die Ventile ein konstantes Aufsteuerverhältnis. In der **Abbildung 7** haben der obere und der untere Kurventeil ein Aufsteuerverhältnis von ungefähr 8:1

(hohe Effizienz). Das Aufsteuerverhältnis im mittleren Kurventeil ist ungefähr 3:1 (hohe Stabilität). Bei dem im folgenden beschriebene Labortest konnte mit den neuen Kurvenverläufen eine Energieeinsparung von 30 % gegenüber einem Standard Senkbremshalteventil gemessen werden.

In **Abbildung 8** ist eine Schaltung mit Winde ohne angehängte Last zu sehen.

Abbildung 8

Effizienz einer Windensteuerung

Die Drücke vor und hinter dem Windenmotor sind gleich ($P_3 = P_1$). Die Drücke P_1 und P_3 an dem Senkbremshalteventil

Die **Abbildung 9** zeigt die resultierende Druck- Volumenstromkurve für vier unterschiedliche Ventileinstellungen (280, 210, 140 und 70 bar) von einem Standard Senkbremshalteventil mit einem Aufsteuerverhältnis von 3:1.

Abbildung 9

Druck-Volumenstromkurve von einem Standard Senkbremshalteventil

In der **Abbildung 10** ist die Druck- Volumenstromkurve von einem LoadAdaptive Senkbremshalteventil an der Windenschaltung aus **Abbildung 8** zu sehen. Die Einstellung der LoadAdaptive-Ventile ist identisch zu der Einstellung der Standard-Ventile zuvor.

Abbildung 9:
Standard Counterbalance Pilot Modulation Performance

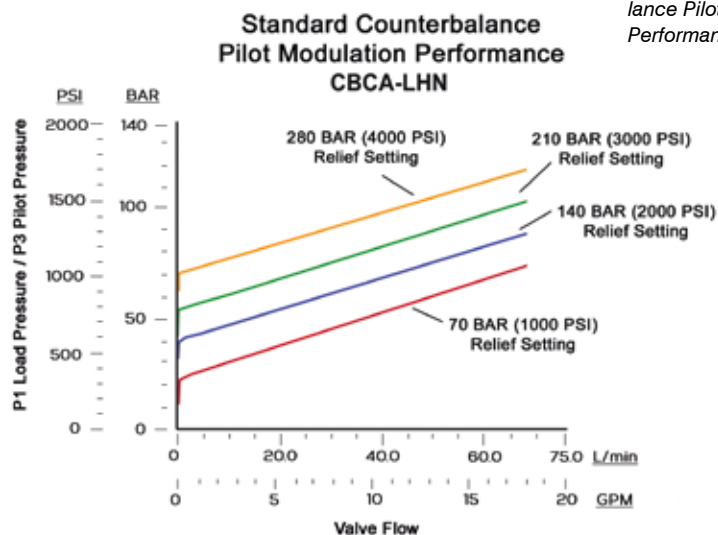


Abbildung 10

Druck-Volumenstromkurve von einem LoadAdaptive Senkbremshalteventil

Das 3:1 Standard Senkbremshalteventil mit 280 bar Einstellung benötigt ungefähr 120 bar Steuerdruck um bei einem hohen Volumenstrom vollständig zu öffnen (Der Pilotdruck arbeitet gegen die Ventileinstellung und die Strömungskräfte). Das LoadAdaptive Senkbremshalteventil ist bereits bei 90 bar Steuerdruck vollständig geöffnet.

In dem beschriebenen Versuch war der benötigte Steuerdruck bei einem LoadAdaptive Senkbremshalteventil ungefähr 20 % bis 30 % geringer als bei einem Standard Senkbremshalteventil. Die mögliche Energieeinsparung beträgt also auch 20 % bis 30 %.

Hinweis: Bei einem sehr hohen und festeingestellten Pilotdruck sind mit einem LoadAdaptive Senkbremshalteventil gegenüber einem Standard Senkbremshalteventil keine Energieeinsparungen möglich. Durch den hohen Pilotdruck öffnet das Ventil direkt vollständig und die energiesparenden Mechanismen der LoadAdaptive Senkbremshalteventile werden nicht genutzt.

LoadAdaptive Senkbremshalteventile: Konstruktion

Die **Abbildung 11** zeigt eine Schnittdarstellung von zwei Ventilen. Im oberen Schnittbild ist ein einstellbares, nicht entlastetes Standard Senkbremshalteventil dargestellt. Das untere Schnittbild zeigt die LoadAdaptive-Ventilversion.

Abbildung 11

Schnittdarstellung und Größenvergleich

Die Benutzung beider Ventiltypen ist gleich und die Funktionsbauteile der LoadAdaptive- und Standardventile sind identisch. Der Unterschied liegt in der Konstruktion des Einstellmechanismus. Hier werden bei den LoadAdaptive Senkbremshalteventilen die unterschiedlichen Aufsteuerverhältnisse erzeugt.

Der LoadAdaptive-Einstellmechanismus kann mit vielen Funktionsbauteilen von Senkbremshalteventilen kombiniert werden. Der Einstellmechanismus bleibt immer gleich. Es kann also von mehreren Senkbremshalteventilen mit unterschiedlichen Aufsteuerverhältnissen und ver-

LoadAdaptive Counterbalance Pilot Modulation Performance CECA-LHN

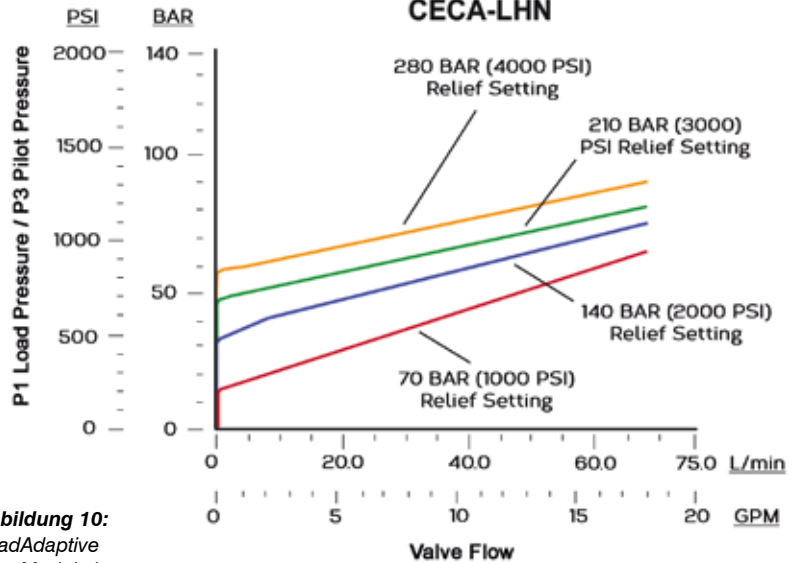


Abbildung 10:
LoadAdaptive Pilot Modulation Performance

Abbildung 12

schiedenen Nennvolumenströmen eine LoadAdaptive-Version erstellt werden.

Anwendungsgebiete von LoadAdaptive Senkbremshalteventilen

Nachdem Sie das bestmögliche Standard Senkbremshalteventil für Ihre Anwendung ausgewählt haben (hohe Effizienz und Stabilität), können Sie das Ventil durch die LoadAdaptive-Ventilversion ersetzen und so Ihre Schaltung weiter verbessern. So sind sogar gegenüber dem optimalen Standard Senkbremshalteventil noch Energieeinsparungen möglich.

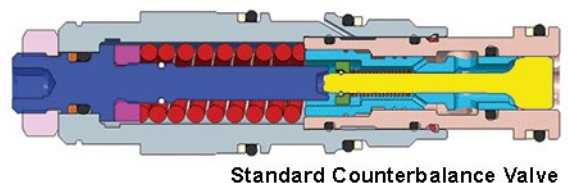
Da die Ventilbohrung und die Anschlüsse identisch sind, kann das LoadAdaptive Senkbremshalteventil als Ersatz für jedes Standard Senkbremshalteventil verwendet werden.

Zusätzliche Anwendungshinweise

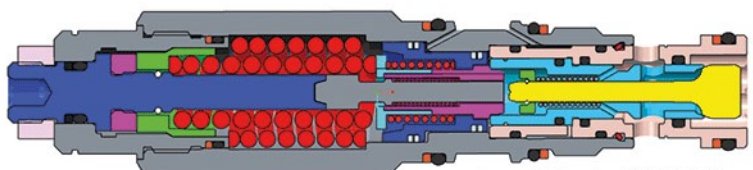
Wie bei allen nicht entlasteten Senkbremshalteventilen gilt auch hier: durch Druck in der Tankleitung wird die Ventileinstellung erhöht. Um auch hier so viel Energie wie möglich zu sparen, empfehlen wir Ihnen in der Tankleitung Wege- und Proportionalventile mit einem geringen Strömungswiderstand. Vollständig vermieden wird der Tankdruckeinfluss mit einer zusätzlichen Tankleitung für das Senkbremshalteventil.

Die **Abbildung 12** zeigt, auf Basis der hier erläuterten Ventileigenschaften, das bevorzugte Anwendungsgebiet von LoadAdaptive Senkbremshalteventilen.

Abbildung 11:
Typical Package Size Comparison



Standard Counterbalance Valve



LoadAdaptive™ CB Valve

LoadAdaptive Operating Envelope

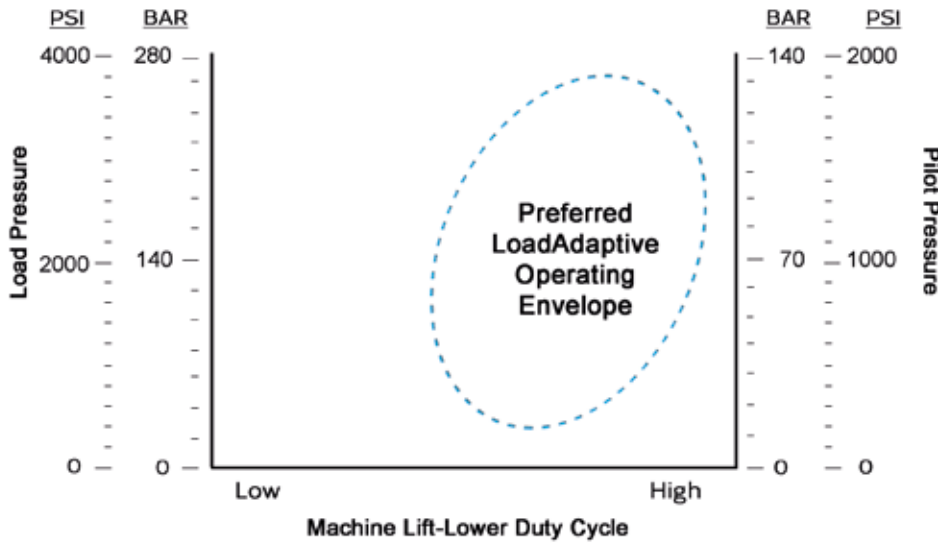


Abbildung 12: LoadAdaptive Operating Envelope

Zwar sind die LoadAdaptive Senkbremshalteventile etwas länger als die Standardventile, die nasse Ventileseite ist aber identisch. Es ist also bei vielen Anwendungen möglich, bereits montierte Standardventile durch LoadAdaptive-Ventile zu ersetzen. (habe hier das Wort etwas hinzugefügt, weil ich zunächst dachte, länger bezieht sich auf die Dauer und nicht auf die Größe)

Falls Sie Fragen haben sollten oder direkt Ventile bestellen möchten, kontaktieren Sie bitte Ihren lokalen SUN-Händler.

Wie immer gilt: Damit wir Ihnen in Zukunft noch besser helfen können würden wir gerne mehr über Ihre Ventilanwendung erfahren.

Referenzen

Weitere Hinweise finden Sie in den technischen Hinweisen zu den Senkbremshalteventilen und den entsperrbaren Rückschlagventilen (siehe Link). Viele der Hinweise sind auf die hier vorgestellten LoadAdaptive Senkbremshalteventile anwendbar.

Die realisierten und geplanten Konfigurationen der LoadAdaptive-Ventile der Baugröße Serie 1 sind in **Abbildung 13** aufgelistet. Geplant sind auch einige Ventile der Baugröße Serie 2.

Serie 1 LoadAdaptive™ Senkbremshalteventile Produktmatrix			
Adaptives Aufsteuerverhältnis	Volumenstrom		
	Standard	halb angedrosselt	angedrosselt
1.5:1 or 5:1	CECB	CEBB	Not Available
2:1 or 6:1	CECY	Not Available	CEBY
2.3:1 or 7:1	CECL	CEBL	Not Available
3:1 or 8:1	CECA	CEBC	CEBA
4.5:1 or 10:1	CECG	CEBD	CEBG
10:1 or 20:1	CECH	Not Available	Not Available

Abbildung 13: Product Matrix

