

HYDAC Technology GmbH
Postfach 1251
D-66273 Sulzbach/Saar
Industriegebiet
D-66280 Sulzbach/Saar

Tel.: 06897/509-01
Fax: 06897/509-464 (Speichertechnik)
eMail: speichertechnik@hydac.com

BEDIENUNGSANLEITUNG



ASP*light* Accumulator Simulation Program

Inhaltsverzeichnis

1.	Programmbeschreibung	2
2.	Programmoberfläche	3
2.1.	Übersicht.....	3
2.2.	Auswahlfelder	4
2.3.	Berechnungs- und Eingabeparameter	7
2.4.	Nummernblock & Ergebnisschaltfläche	8
2.5.	Informations- und Ergebnisfelder	9
3.	Berechnungsablauf	11
4.	Beispielaufgaben	12
4.1.	Aufgabe zur Berechnung von V_0	12
4.2.	Aufgabe zur Berechnung von p_1	13

1. Programmbeschreibung

ASPlight ermöglicht es Ihnen durch Eingabe weniger Speicherparameter

- Drücke,
- Volumen,
- Temperatur sowie
- Druck- und Volumenverhältnis eines Hydro-Speichers zu berechnen.

Die Berechnung ähnelt der eines Taschenrechners.

Grundkenntnisse zum Betriebsverhalten von Hydro-Speichern werden hierbei vorausgesetzt.



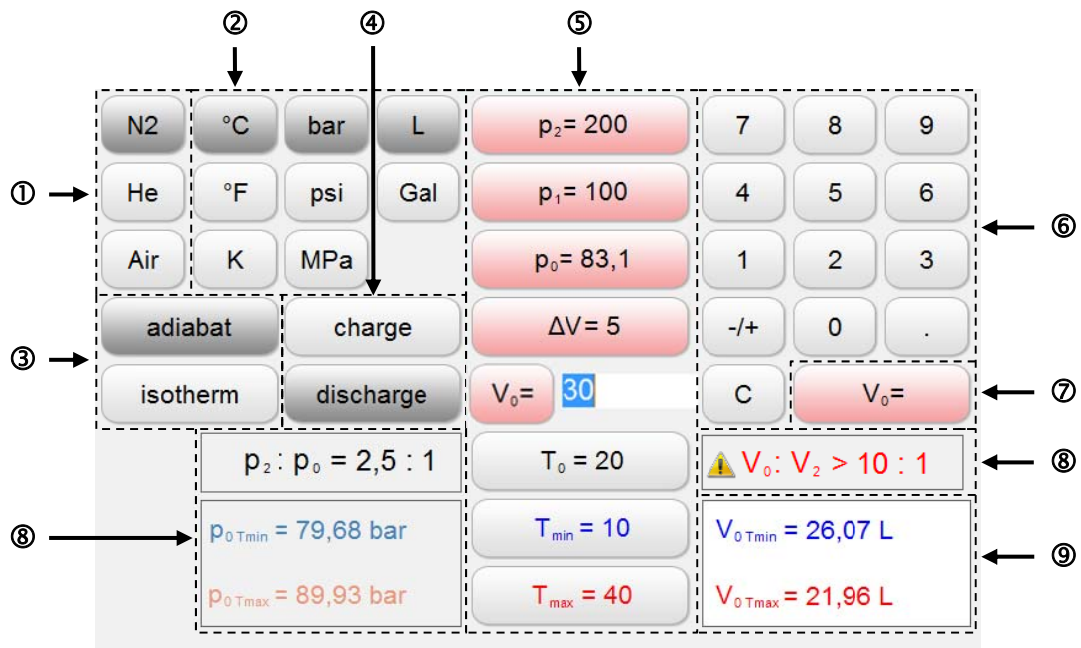
Das ASPlight ist auch zur Nutzung auf dem Smartphone optimiert.



2. Programmoberfläche

Die Programmoberfläche des **ASPlight** ist in verschiedene Felder aufgeteilt und besteht aus: Auswahlfeldern, Bedien- und Eingabefeldern sowie aus Ergebnis- und Informationsfeldern. Diese werden auf den nachfolgenden Seiten genauer beschrieben.

2.1. Übersicht



- ① = Betriebsgas: Auswahl zwischen N2 (Stickstoff), He (Helium) und Air (Luft)
- ② = Einheiten: für Temperatur, Druck und Volumen
- ③ = Austauschgeschwindigkeit: Auswahl zwischen adiabater (schneller) und isothermer (langsamer) Zustandsänderung
- ④ = Austauschrichtung: Auswahl zwischen charge (= laden) und discharge (= entladen)
- ⑤ = Berechnungs- und Eingabeparameter: für Speicherparameter wie Druck, Volumen, Temperatur
Berechnungsparameter werden in rot dargestellt
kann zur Eingabe der Werte genutzt werden
Beispiel: Berechnung V₀
Der Berechnungsparameter V₀ ist aktiviert
- ⑥ = Nummernblock:
- ⑦ = Ergebnisschaltfläche:
- ⑧ = Informationsfeld: Informationen zum Druck-/Volumenverhältnis
- ⑨ = Ergebnisfeld: hier mit „V₀“ bei T_{min} und T_{max}



2.2. Auswahlfelder

Betriebsgas

Das Auswahlfeld „Betriebsgas“ lässt, neben der üblicherweise voreingestellten Gasart Stickstoff (N₂), auch die Auswahlfeldern Helium (He) und Druckluft (Air) zu. Hier können Sie die gewünschte Gasart einstellen.



Hydro-Speicher dürfen nur mit Stickstoff und nicht mit Sauerstoff oder Luft gefüllt werden, **Explosionsgefahr!** Bei Abweichungen bitte Anfragen.

Einheiten

Die physikalischen Einheiten für Temperatur, Druck und Volumen können wie folgt ausgewählt werden:

Temperatur: Grad Celsius (°C), Fahrenheit (°F), Kelvin (K)

Druck: bar, psi, MPa (Mega Pascal)

Volumen: Liter (L), Gallonen (Gal (US))

Durch Anklicken der jeweiligen Schaltfläche wird die gewünschte Einheit aktiviert. Der Wert, der ein- bzw. ausgegeben wird, erfolgt nun in dieser eingestellten Einheit.

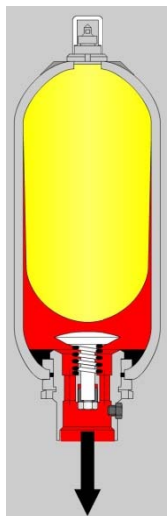
Folgende Übersicht zeigt den Zusammenhang zwischen physikalischer Einheit und Berechnungsparameter.

Physikalische Einheiten	Berechnungsparameter		
	Temperatur [°C, °F, K]	T_{\max}	T_{\min}
Druck [bar, psi, MPa]	p_2	p_1	p_0
			$p_{0T\min}$ $p_{0T\max}$
Volumen [L, Gal (US)]	ΔV		V_0

Austauschrichtung

N2	°C	bar	L	$p_2 = 200$	7	8	9
He	°F	psi	Gal	$p_1 = 100$	4	5	6
Air	K	MPa		$p_0 = 83,1$	1	2	3
adiabat	charge		$\Delta V = 5$	-/+	0	.	
isotherm	discharge		V_0	C	$V_0 =$		
$p_2 : p_1 = 2,5 : 1$				$T_0 = 20$			
$p_{0\text{min}} = 79,68 \text{ bar}$				$T_{\text{min}} = 10$	$V_{0\text{min}} = 26,07 \text{ L}$		
$p_{0\text{max}} = 89,93 \text{ bar}$				$T_{\text{max}} = 40$	$V_{0\text{max}} = 21,96 \text{ L}$		

Hydropneumatische Speicher werden im Allgemeinen zur Energiespeicherung eingesetzt.



entladen

Der Speicher soll zu einer bestimmten Zeit eine gewisse Menge Energie/Flüssigkeit zur Verfügung stellen.

Das heißt er wird **entladen = discharge**.



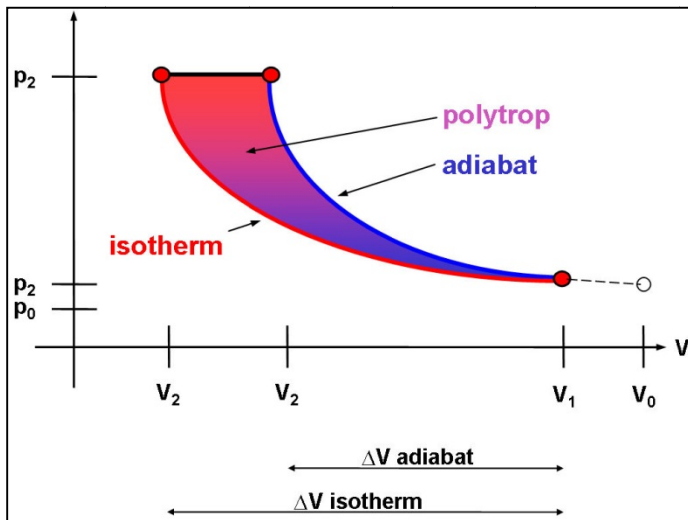
laden

Umgekehrt wählen Sie **laden = charge**, wenn der Speicher in seiner Anwendung gefüllt werden soll.

Beide Austauschrichtungen, sowohl Laden als auch Entladen, können schnell oder langsam erfolgen, siehe hierzu Austauschgeschwindigkeit.

Austauschgeschwindigkeit

N2	°C	bar	L	$p_2 = 200$	7	8	9
He	°F	psi	Gal	$p_1 = 100$	4	5	6
Air	K	MPa		$p_0 = 83,1$	1	2	3
adiabat	charge	$\Delta V = 5$	-/+	0	.		
isotherm	discharge	V_0	C	$V_0 =$			
$p_2 : p_1 = 2,5 : 1$				$T_0 = 20$			
$p_{0\text{min}} = 79,68 \text{ bar}$		$T_{\text{min}} = 10$	$V_{0\text{min}} = 26,07 \text{ L}$				
$p_{0\text{max}} = 89,93 \text{ bar}$		$T_{\text{max}} = 40$	$V_{0\text{max}} = 21,96 \text{ L}$				



Austauschgeschwindigkeit im p-V-Diagramm

In der Thermodynamik existieren unterschiedliche Zustandsänderungen für Gase. Das **ASPlight** beschränkt sich auf die beiden Extremwerte zur Berechnung:

adiabate (= isentrope) Zustandsänderung = kein Wärmeaustausch

Bei dieser Auswahl legt das Programm sehr schnelle Speicherlade- bzw. -entladevorgänge zugrunde. Ein Austausch von Wärme mit der Umgebung findet hierbei nicht statt. Diese Auswahl führt zu großen Speichervolumina bzw. zu kleinen ΔV -Werten.

isotherme Zustandsänderung = vollständiger Wärmeaustausch

Bei dieser Auswahl legt das Programm sehr langsame Speicherlade- bzw. -entladenvorgänge zugrunde. Ein Austausch von Wärme mit der Umgebung findet hierbei vollständig statt. Im Ergebnis werden vergleichsweise kleinere Speichervolumina bzw. große ΔV -Werte ausgegeben.

2.3. Berechnungs- und Eingabeparameter

Der markierte Bereich besteht aus den Berechnungsparametern (p_2 , p_1 , p_0 , ΔV , V_0), sowie den Eingabeparametern (T_0 , T_{\min} und T_{\max}).

Die Berechnungsparameter, in rot dargestellt, sind Ein- und Ausgabewerte, die zur Berechnung eines Hydro-Speichers benötigt werden. Sie können als mathematische Gleichung verstanden werden, die nach der gesuchten Größe umgestellt wird.

Ein Wert kann erst dann berechnet werden, wenn alle anderen Berechnungsparameter eingegeben wurden.



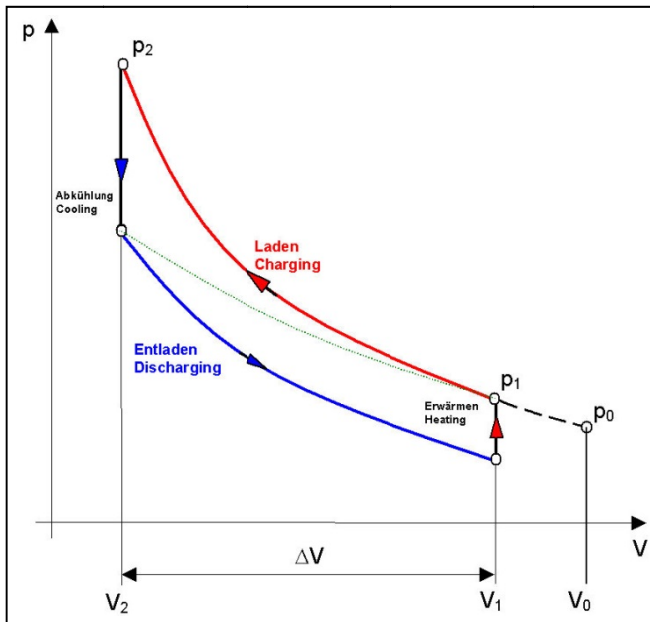
Der Wert p_0 wird in Abhängigkeit von T_0 , T_{\max} , sowie von p_1 vorgeschlagen. Soll ein Eingabewert für p_0 vorgegeben werden, d.h. vom Anwender erzwungen werden, ist er **nach** der Temperatureingabe und auch **nach** Eingabe von p_1 manuell abzuändern.

Nachfolgende Übersicht zeigt die Ein- und Ausgabemöglichkeiten der Parameter:

Eingabeparameter		Eingabemöglichkeit	
Abkürzung	Beschreibung	Eingabewert	Ausgabewert (Berechnung möglich)
p_2	maximaler Betriebsüberdruck	X	X
p_1	minimaler Betriebsüberdruck	X	X
p_0	Vorfülldruck	X	
ΔV	Entnahmeevolumen	X	X
V_0	effektives Gasvolumen	X	X
T_0	Gasfülltemperatur	X	
T_{\min}	minimaler Betriebstemperatur	X	
T_{\max}	maximale Betriebstemperatur	X	
$p_{0T\min}$	Vorfülldruck bei T_{\min}		X
$p_{0T\max}$	Vorfülldruck bei T_{\max}		X
$p_2 : p_0$	Druckverhältnis		X
$V_0 : V_2$	Volumenverhältnis		X



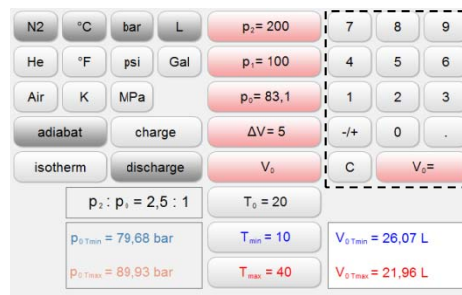
Soll der Wert für p_0 vorgegeben, d.h. erzwungen, werden, ist dieser **nach** Temperatureingabe und **nach** Eingabe von p_1 manuell abzuändern.



Zur grafischen Darstellung siehe p-V-Diagramm eines Speicherzyklus.
Hier sind alle Parameter der Speicherberechnung enthalten.

Austauschrichtung im p-V-Diagramm

2.4. Nummernblock & Ergebnisschaltfläche



Der Nummernblock ist wie der eines Taschenrechners aufgebaut. Alternativ zur Eingabe der Berechnungsparameter über die Tastatur, können diese auch mit Hilfe der Maus/Touchpad ausgewählt werden.

Die Ergebnisschaltfläche befindet sich ebenfalls im Nummernblock und wird im folgenden Abschnitt genauer beschrieben.

2.5. Informations- und Ergebnisfelder

N2	°C	bar	L	$p_2 = 200$	7	8	9
He	°F	psi	Gal	$p_1 = 100$	4	5	6
Air	K	MPa		$p_0 = 83,1$	1	2	3
adiabat	charge	$\Delta V = 5$	-/+	0	.		
isotherm	discharge	V_0	C	$V_0 =$			
$p_2 : p_1 = 2,5 : 1$		$T_0 = 20$					
$p_{0\ T_{min}} = 79,68\ \text{bar}$		$T_{min} = 10$		$V_{0\ T_{min}} = 26,07\ \text{L}$			
$p_{0\ T_{max}} = 89,93\ \text{bar}$		$T_{max} = 40$		$V_{0\ T_{max}} = 21,96\ \text{L}$			

Die Ergebnisschaltfläche wechselt ihre Beschriftung je nach aktiviertem Berechnungsparameter (z.B. $p_2 =$, $p_1 =$, $\Delta V =$, $V_0 =$). Sie entspricht der „Gleichtaste“ eines Taschenrechners.

N2	°C	bar	L	$p_2 = 200$	7	8	9
He	°F	psi	Gal	$p_1 = 100$	4	5	6
				$p_0 = 83,1$	1	2	3
		$\Delta V = 5$	-/+	0	.		
isotherm	discharge	$V_0 = 30$	C	$V_0 =$			
$p_2 : p_1 = 2,5 : 1$		$T_0 = 20$					
$p_{0\ T_{min}} = 79,68\ \text{bar}$		$T_{min} = 10$		$V_{0\ T_{min}} = 26,07\ \text{L}$			
$p_{0\ T_{max}} = 89,93\ \text{bar}$		$T_{max} = 40$		$V_{0\ T_{max}} = 21,96\ \text{L}$			

aktivierter Berechnungsparameter, hier „ V_0 “

Ergebnisschaltfläche, hier mit der Beschriftung „ V_0 “, da Berechnungsparameter „ V_0 “ zur Berechnung aktiviert wurde

Ergebnisfeld mit „ V_0 “ bei T_{min} und T_{max}



ACHTUNG

Korrekte Eingabe aller Parameter erforderlich

Leere Parameter sind nicht zulässig → invalid input

Nach Drücken der Ergebnisschaltfläche werden, sowohl auf der linken als auch auf der rechten Seite, die nachfolgenden Informations- und Ergebnisfelder angezeigt.

The screenshot shows the ASPlight simulation interface with the following elements:

- Input Parameters:**
 - Gas: N2, Temperature: °C, Pressure: bar, Volume: L
 - Initial pressure $p_1 = 200$, Initial volume $V_1 = 7$
 - Final pressure $p_2 = 100$, Final volume $V_2 = 4$
 - Process type: adiabatic, $\Delta V = 5$
 - Temperature: $T_0 = 20$
- Information Fields (left):**
 - Druckverhältnis: $p_2 : p_1 = 2,5 : 1$
 - Vorfülldruck bei T_{min} und T_{max} : $p_{0Tmin} = 79,68$ bar, $p_{0Tmax} = 89,93$ bar
- Information Fields (right):**
 - Volumenverhältnis: $V_0 : V_2 > 10 : 1$ (highlighted in green)
 - Temperature: $T_{min} = 10$, $T_{max} = 40$
 - Volume: $V_{0Tmin} = 26,07$ L, $V_{0Tmax} = 21,96$ L

Ergebnisfeld

Die Auswahl, welcher Berechnungsparameter im Ergebnisfeld bei T_{min} und T_{max} angezeigt wird, kann durch Anklicken im Berechnungsparameterbereich festgelegt werden (hier V_{0Tmin} und V_{0Tmax}).

Informationsfelder

Neben dem eigentlichen Ergebnisfeld bietet **ASPlight** wichtige Informationen, die auf eine Speicherart (Blasen-, Kolben- oder Membranspeicher) schließen lassen.

$p_2 : p_0 =$ Druckverhältnis maximal, hier $p_2 : p_0 = 2,5 : 1$

$V_0 : V_2 =$ Volumenverhältnis

wird nur angezeigt, wenn der kritische Zustand erreicht ist.

Der kritische Zustand ist bei $V_0 : V_2 > 4 : 1$ bzw. $V_0 : V_2 > 10 : 1$.

Im oben genannten Beispiel empfiehlt sich z.B. der Kolbenspeicher, je nach Anwendung können auch Membranspeicher eingesetzt werden.

Dies ist mit HYDAC abzustimmen.

p_{0Tmin} und $p_{0Tmax} =$ Hydro-Speicher müssen vor Inbetriebnahme mit einem Vorfülldruck beaufschlagt werden (p_0 bei T_0). Diese Werte geben die Höhe des Vorfülldrucks bei minimaler bzw. maximaler Umgebungstemperatur an, hier:

$p_{0Tmin} = 79,68$ bar, d.h. der Vorfülldruck des Hydro-Speicher erreicht bei einer Umgebungstemperatur von 10 °C den Wert $79,68$ bar

$p_{0Tmax} = 89,92$ bar, d.h. der Vorfülldruck des Hydro-Speicher erreicht bei einer Umgebungstemperatur von 40 °C den Wert $89,92$ bar.

Der Vorfülldruck verändert sich durch Betriebstemperaturveränderung.

3. Berechnungsablauf

Die Berechnung von **ASPlight** ähnelt der eines Taschenrechners.

Im folgendem wird der Ablauf einer Berechnung dargestellt:

1.	Gasart auswählen	N2
2.	Einheiten einstellen	°C bar L (Voreinstellung wird übernommen)
3.	Austauschgeschwindigkeit festlegen	adiabat
4.	Austauschrichtung festlegen	discharge
5.	Bekannte Berechnungsparameter eingeben	p ₂ = 200 p ₁ = 100 p ₀ = 83,1 ΔV= 5 T ₀ = 20 T _{min} = 10 T _{max} = 40 (p ₀ wird in Abhängigkeit von T und p ₁ vom Programm vorgeschlagen)
6.	Gesuchten Berechnungsparameter aktivieren, hier V ₀	V ₀ =
7.	Ergebnisschaltfläche betätigen	V ₀ = (Beschriftung kann je nach Berechnungsparameterauswahl abweichen)
8.	Ergebnis- und Informationsfelder ablesen und bewerten	p ₂ : p ₀ = 2,5 : 1 p _{0 Tmin} = 79,68 p _{0 Tmax} = 89,92 V _{0 Tmin} = 26,10 V _{0 Tmax} = 22,03

The image shows a detailed view of the simulation program's interface. It features a keypad with buttons for gas selection (N2, He, Air), temperature units (°C, °F, K), pressure units (bar, psi, MPa), volume units (L, Gal), and process type (adiabat, isotherm). There are also buttons for discharge/charge direction and a numeric keypad. The display area shows the current pressure ratio (p₂ : p₀ = 2,5 : 1), the selected process type (adiabat), and the calculated results for minimum and maximum conditions: p_{0 Tmin} = 79,68 bar, p_{0 Tmax} = 89,93 bar, V_{0 Tmin} = 26,07 L, and V_{0 Tmax} = 21,96 L.

4. Beispielaufgaben

4.1. Aufgabe zur Berechnung von V_0

Situation

Ein Verbraucher benötigt innerhalb sehr kurzer Zeit 2,5 Liter Hydraulikflüssigkeit. Der minimale Druck soll 180 bar nicht unterschreiten. Die eingesetzte Pumpe lädt den Speicher auf maximal 350 bar. Der Speicher wird bei 20 °C vorgefüllt und soll zwischen 0 °C und 60 °C arbeiten.

Aufgabe

- Speicher Nennvolumen = V_0

Lösung

- V_0 bei T_{\min} = 19,33 l
- V_0 bei T_{\max} = 12,89 l

Zusatzinformationen:

- $p_2 : p_0$ = 2,8 : 1
- p_0 bei T_{\min} = 124,71 bar
- p_0 bei T_{\max} = 161,45 bar

Bewertung

Aufgrund des Druckverhältnisses von 2,8 : 1 können Blasen-, Kolben- und Membranspeicher eingesetzt werden. Da jedoch das Ergebnis V_0 zwischen 12,89 und 19,33 Liter liegt, empfiehlt sich ein Blasen- oder Kolbenspeicher.

4.2. Aufgabe zur Berechnung von p_1

Situation

Ein 10 Liter Kolbenspeicher wird innerhalb von 2 Sekunden entladen. Man entnimmt 1 Liter Hydraulikflüssigkeit. Der Ausgangsdruck ist 1000 bar. Der Vorfülldruck beträgt 100 bar bei 10 °C.



Aufgabe

- Welcher Druck p_1 stellt sich ein, wenn der Speicher bei 0 °C und auch bei 40 °C entladen wird?

Lösung

- p_1 bei T_{\min} = 187,81 bar
- p_1 bei T_{\max} = 256,52 bar

Zusatzinformationen:

-  $p_2 : p_0 = 10,5 : 1$
- p_0 bei $T_{\min} = 95,54$ bar
- p_0 bei $T_{\max} = 113,34$ bar
-  $V_0 : V_2 > 4 : 1$

Die Zusatzinformationen dienen zur Auswahl einer geeigneten Speicherart. Beispielsweise darf bei Blasenspeichern das Druckverhältnis von 4 : 1 nicht überschritten werden. In der Beispielaufgabe ist der Kolbenspeicher die richtige Wahl.