

1.0 Einheiten, Flüssigkeitsauswahl, Koeffizienteneinstellungen

1.1	Berechnungseinheiten	SI Units (N, mm, kW...)	
1.2	<b>Parameter der Flüssigkeit</b>		
1.3	Auswahl der Flüssigkeit	02. Wasser (20 °C)	
1.4	Dichte	$\rho$	998.19 [kg/m <sup>3</sup> ]
1.5	Schallgeschwindigkeit in der Flüssigkeit	$a$	1481.88 [m/s]
1.6	Elastizitätsmodul der Flüssigkeit	$K$	2.1920 [GPa]
1.7	Kinematische Viskosität	$\nu$	0.0000010064 [m <sup>2</sup> /s]
1.8	Dynamische Viskosität	$\mu$	0.0010046000 [Pa*s]
1.9	<b>Umgebungseinstellungen</b>		
1.10	Meereshöhe	Alt	0 [m]
1.11	Barometrischer Referenzdruck	$p_b$	101.325 [kPa]
1.12	Fallbeschleunigung	$g$	9.8067 [m/s <sup>2</sup> ]
1.13	Kritische Reynolds-Zahl	$Re_{cr}$	2300 [-]

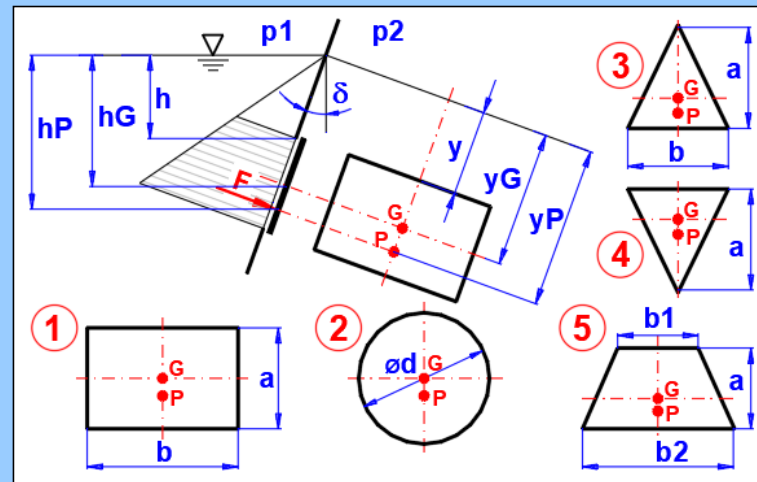
1.14 Maßeinheiten-Umwandlung

Länge	1	m	1000	mm
Fläche	1	m <sup>2</sup>	10.76391042	feet <sup>2</sup>
Dichte	1	kg/m <sup>3</sup>	0.062427818	lb/ft <sup>3</sup>
Geschwindigkeit	1	m/s	3.280839895	ft/s
Druck	1	MPa	10.1972	Atm
Kin. Viskosität	1E-06	m <sup>2</sup> /s	1.08134E-05	ft <sup>2</sup> /s
Dyn. Viskosität	0.001	Pa*s	2.08854E-05	lbf*s/ft <sup>2</sup>
Beschleunigung	1	m/s <sup>2</sup>	3.280839895	ft/s <sup>2</sup>
Leistung	1000	W	1.34102	HP
Kraft	1	N	0.224809	lbf
Durchfluss	1	m <sup>3</sup> /s	35.31	ft <sup>3</sup> /s
Temperatur	20	°C	68.00	°F

2.0 Hydrostatik

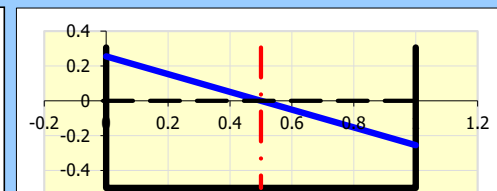
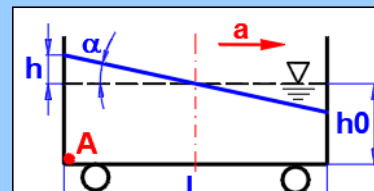
2.1 Hydrostatische, auf ebene Flächen wirkende Kräfte

2.2	Auswahl der Fläche	2. Kreis	
2.3	Druck über dem Spiegel	$p_1$	101.3250 [kPa]
2.4	Äußerer Druck	$p_2$	101.3250 [kPa]
2.5	Oberkante - Tiefe	$h$	3.0000 [m]
2.6	Durchmesser	$d$	1.0000 [m]
2.7	Breite	$b$	0.9000 [m]
2.8	Breite	$b_2$	3.0000 [m]
2.9	Winkel	$\delta$	45.000 [°]
2.10	Oberfläche	$S$	0.78540 [m <sup>2</sup> ]
2.11	Kraft	$F$	25782.74 [N]
2.12	Oberkante - Abstand $y$	$y$	4.2426 [m]
2.13	Schwerpunkt - $y$ -Abstand	$y_G$	4.7426 [m]
2.14	Kraftfläche - Abstand $y$	$y_P$	4.7558 [m]
2.15	Schwerpunkt - Tiefe	$h_G$	3.3536 [m]
2.16	Angriffspunkt der Kraft - Tiefe	$h_P$	3.3629 [m]

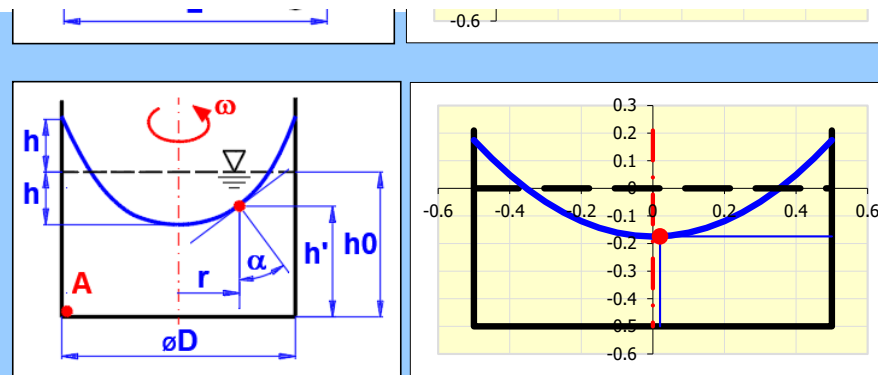


2.17 Flüssigkeitsgleichgewicht - lineare Beschleunigung

2.18	Länge des Gefäßes	$L$	1.0000 [m]
2.19	Flüssigkeitsstand	$h_0$	0.5000 [m]
2.20	Akzeleration / Dezeleration	$a$	5.0000 [m/s <sup>2</sup> ]
2.21	Flüssigkeitsstandswinkel	$\alpha$	27.02 [°]
2.22	Erhöhung des Flüssigkeitsspiegels	$h$	0.2549 [m]



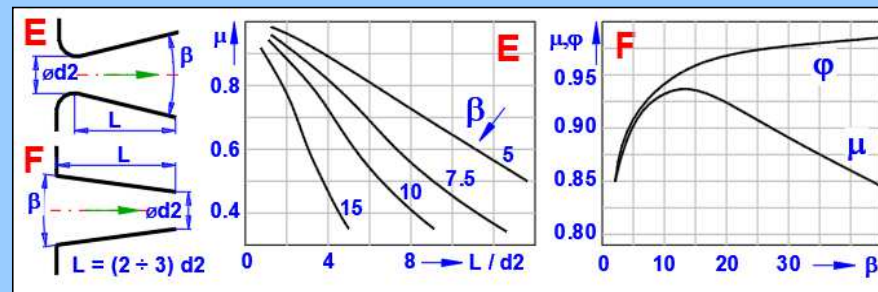
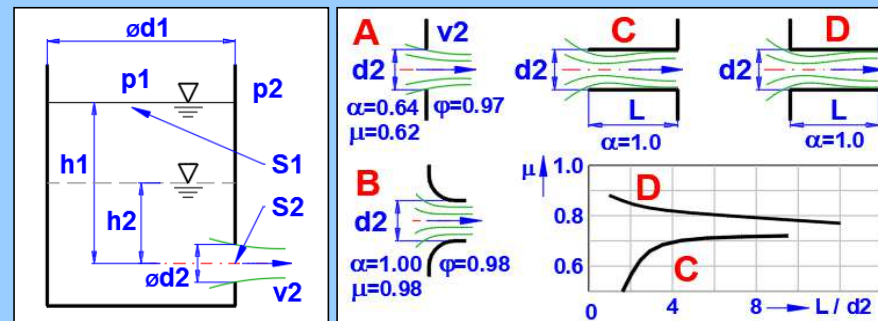
2.23	Druck am Punkt A	pA	7.3899	[kPa]
<b>2.24 Flüssigkeitsgleichgewicht - Rotation</b>				
2.25	Durchmesser des Gefäßes	D	1.0000	[m]
2.26	Flüssigkeitsstand	h0	0.5000	[m]
2.27	Drehgeschwindigkeit des Gefäßes	n	50.0000	[rpm]
2.28	Winkelgeschwindigkeit	$\omega$	5.236	[rad/s]
2.29	Erhöhung des Flüssigkeitsspiegels	h	0.1747	[m]
2.30	Druck am Punkt A	pA	3.6018	[kPa]
2.31	Ergebnisse für den Radius	r	0.0200	[m]
2.32	Oberflächenwinkel	$\alpha$	3.20	[°]
2.33	Flüssigkeitsstand	h'	0.3258	[m]



### 3.0 Stationärer Austritt der Flüssigkeit durch die Öffnung

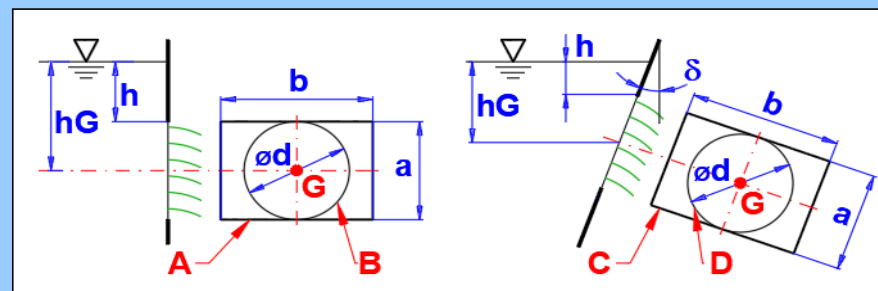
#### 3.1 Ausfluss der Flüssigkeit durch die kleine Öffnung

3.2	Druck über dem Spiegel	p1	101.3250	[kPa]	✓
3.3	Äußerer Druck	p2	101.3250	[kPa]	
3.4	Flüssigkeitsstand	h1	2.000	[m]	
3.5	Durchmesser des Gefäßes	d1	2.000	[m]	
3.6	Fläche des Behälters	S1	3.14	[m <sup>2</sup> ]	✓
3.7	Durchmesser des Lochs	d2	10.000	[mm]	
3.8	Fläche der Öffnung	S2	78.540	[mm <sup>2</sup> ]	✓
3.9	Theoretische Ausflussgeschwindigkeit	vt2	6.26	[m/s]	
3.10	Reynolds-Zahl / Ausflussfaktor für A	Re / $\mu$	62231.52   0.62	[~]	
3.11	Kontraktionszahl	$\alpha$	0.64	[~]	
3.12	Geschwindigkeits-Koeffizient	$\varphi$	0.97	[~]	
3.13	Ausflussfaktor	$\mu$	0.62	[~]	✓
3.14	Reale Abflussgeschwindigkeit	v2	6.08	[m/s]	
3.15	Durchflussmenge	Q	0.3054	[L/s]	
3.16	Erforderliche Höhe des Füllstands	h2	1.000	[m]	
3.17	Dauer der Entleerung des Gefäßes von h1 bis h2 (für p1 = p2)	t	12052.78	[s]	
3.18	Öffnungszeit (ab h1)	to	1000	[s]	
3.19	Während der Öffnungszeit fließt der Auslass ab	Qo	301.6635	[L]	



#### 3.20 Ausfluss der Flüssigkeit durch die große Öffnung

3.21	Typ otvoru	B. Kreis (vertikale Wand)		
3.22	Oberkante - Tiefe	h	2.000	[m]
3.23	Durchmesser	d	1.000	[m]
3.24	Breite	b	2.000	[m]
3.25	Winkel	$\delta$	30.000	[°]
3.26	Ausflussfaktor	$\mu$	0.62	[~]
3.27	Schwerpunkt - Tiefe	hG	2.500	[m]
3.28	Durchflussmenge	Q	3.410	[m <sup>3</sup> /s]

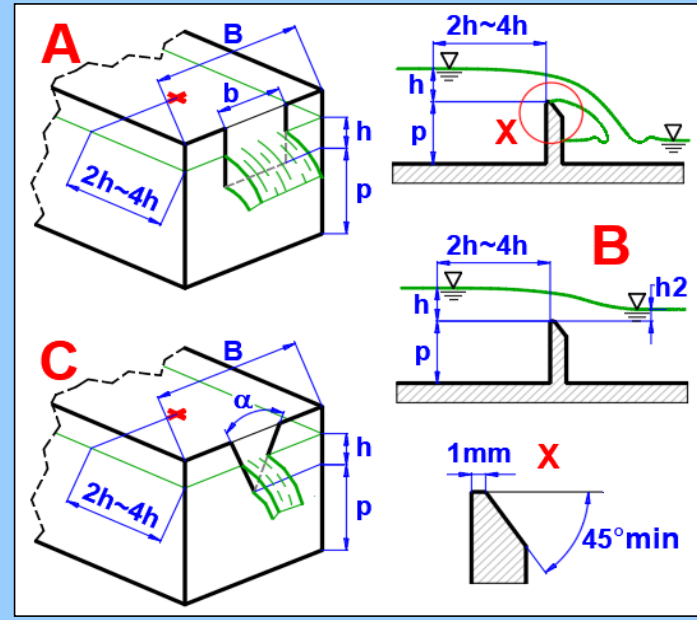


### 4.0 Stationärer Ausfluss - Überläufe (Ablaufwehre) (ISO 1438, Swiss Engineers, Hansen, Bazin, Frese)

4.1 **A. Rechteckiger Überlauf (Ablaufwehr)**

4.2 Berechnungsart von Cd, Q	1. ISO 1438:2017	
4.3 Gemessene Höhe über dem Überlauf	h	0.400 [m]
4.4 Höhe des Scheitels relativ zum Boden	p	0.900 [m]
4.5 Breite des Zulaufkanals	B	8.000 [m]
4.6 Gemessene Breite des Einschnittes	b	2.000 [m]
4.7 Koeffizient des Abflusses	Cd	0.590 0.590 [-]
4.8 Volumetrische Durchflussmenge	Q	0.8850 [m³/s]

[h/p=0.44<2.5]  
[h>0.03m]  
[p>0.10m]  
[B>=b]  
[b>0.15m]



4.9 **B. Rechteckiger Überlauf (Ablaufwehr) - geflutet (ISO1438)**

4.10 Gemessene Höhe hinter dem Überlauf	h2	0.200 [m]
4.11 Flutungsfaktor	f	0.755 0.755 [-]
4.12 Volumetrische Durchflussmenge	Q	0.6685 [m³/s]

[h/p=0.44<4]  
[h2/h=0.5]  
[0<h2/h<0.97]

4.13 **C. Dreieckiger Überlauf (ISO1438)**

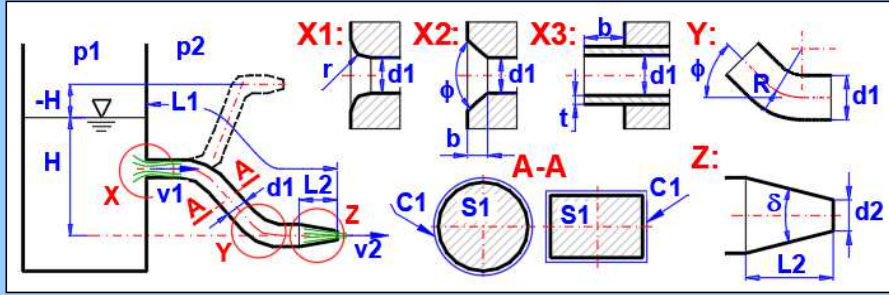
4.14 Gemessene Höhe über dem Überlauf	h	0.500 [m]
4.15 Kerbwinkel	alpha	99.00 [°]
4.16 Koeffizient des Abflusses	Cd	0.581 0.581 [-]
4.17 Volumetrische Durchflussmenge	Q	0.2851 [m³/s]

[h>0.06m]  
[20°<alpha<100°]

5.0 **Stationäre Strömung einer zähen Flüssigkeit - konstanter Querschnitt der Rohrleitung mit Austrittsdüse/Diffusor**

5.1 **Rohrleitung und Eingangsbedingungen**

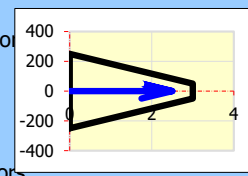
5.2 Druck über dem Spiegel	p1	101.3250 [kPa]
5.3 Äußerer Druck	p2	101.3250 [kPa]
5.4 Höhe des Spiegels	H	200.00 >0 [m]
5.5 Rohrdurchmesser	d1	500.00 [mm]
5.6 Querschnitt des Flüssigkeitsstroms (A-A)	S1	196349.54 [mm²]
5.7 Nasser Kreislauf (A-A)	C1	1570.80 [mm]
5.8 Hydraulischer Durchmesser	dh1	500.00 [mm]
5.9 Länge der Rohrleitung	L1	1000.00 [m]



5.10 Material der Rohrleitung (Rauheit)	10. Altes Rohr aus Gusseisen (k = 1 - 4.5)	
5.11 Mittlere Rohrrauigkeit	k	2.5000 2.5000 [mm]
5.12 Art der Berechnung von Lambda	D. Colebrook - White (Raurohre)	

5.13 Rohrreibungszahl lambda (Lambda)	lambda	0.030444 0.030 [-]
5.14 Verlustkoeffizient des Eingangs (Detail X1, X2, X3)	zeta_I	0.5000 [-]
5.15 Verlustkoeffizient der Krümmungen + Ventile (Detail Y)	zeta_B + zeta_V	1.9000 [-]

5.16 <b>Düse / Diffusor (Detail Z:)</b>	A. Benutzt	
5.17 Düse / Diffusor	d2	100.000 [mm]
5.18 Fläche der Austrittsdüse / des Diffusors	S2	7853.982 [mm²]
5.19 Nasser Kreislauf	C2	314.159 [mm]
5.20 Hydraulický průměr	dh2	100.000 [mm]
5.21 Länge der Düse / des Diffusors	L2	3.000 [m]
5.22 Scheitelwinkel der Düse / des Diffusors	delta	7.63 Düse [°]



5.37 **Berechnung des Verlustes im gerundeten Einlauf (Detail X1:)**

5.38 Radius der Krümmung	r	30.00 <=250 [mm]
5.39 Verlustkoeffizient	zeta_I	0.2000 [-]

5.40 **Berechnung des Verlustes im verjüngten Einlauf (Detail X2:)**

5.41 Kegelbreite	b	20.00 <=250 [mm]
5.42 Kegelwinkel	phi	90.00 <=90 [mm]
5.43 Verlustkoeffizient	zeta_I	0.3540 [-]

5.44 **Berechnung des Verlustes im erweiterten Einlauf (Detail X3:)**

5.45 Verlängerung des Rohres	b	20.00 <=250 [mm]
5.46 Wanddicke	t	2.00 <=50 [mm]
5.47 Verlustkoeffizient	zeta_I	0.7280 [-]

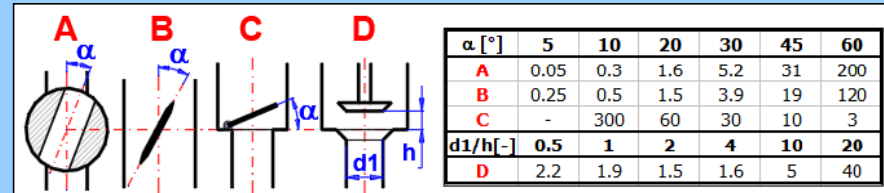
5.48 **Berechnung des Biegeverlustes (Detail Y:)**

5.49 Biegeradius	R	300.00 >250 [mm]
------------------	---	------------------

5.23	Verlustkoeffizient der Düse / des Diffusors	$\zeta_o$	0.099	0.099	[~]	<input checked="" type="checkbox"/>
5.24	<b>Ergebnisse</b>					
5.25	Rohrgeschwindigkeit	$v_1$	2.28700		[m/s]	
5.26	Ausgangsgeschwindigkeit	$v_o$	57.17490		[m/s]	
5.27	Reynoldszahl (Rohr)	Re	1136201.7		[~]	
5.28	Verlusthöhe (hydraulische Verluste)	hz	33.32896		[m]	
5.29	Wirkungsgrad der Rohrleitung	$\eta$	83.34		[%]	
5.30	Druckleistung = $Q \cdot (p_2 - p_1)$	Pp	0.00000		[kW]	
5.31	Höhenleistung = $Q \cdot g \cdot R_o \cdot H$	Ph	879.14229		[kW]	
5.32	Verlustleistung = $Q \cdot g \cdot R_o \cdot h_z$	Pz	146.50451		[kW]	
5.33	Ausgangsleistung = $Q \cdot R_o \cdot v_o^2 / 2$	Po	732.63778		[kW]	
5.34	Durchfluss	Q	0.449050604		[m³/s]	
5.35	Einheiten		[m³/s]	[m³/h]	[US Gal./s]	[US Gal./h]
5.36	Durchfluss	Q	0.449051	1616.582	118.62667	427056.021
					[L/min]	[cm³/s]
					26943.0363	449050.60
						[cm³/min]
						26943036.3

5.50	Biegewinkel	$\phi$	90	[°]
5.51	Verlustkoeffizient	$\zeta_B$	1.0873	[~]
5.52	Verlustkoeffizient des Abflusses	$\zeta_O$	1.0000	[~]

### 5.53 Verlustkoeffizient der Ventile



## 6.0 Stationäre Strömung der zähen Flüssigkeit - verschiedene Rohrleitungsquerschnitte

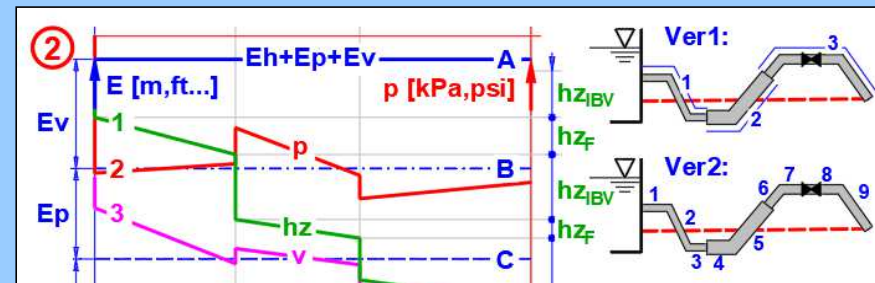
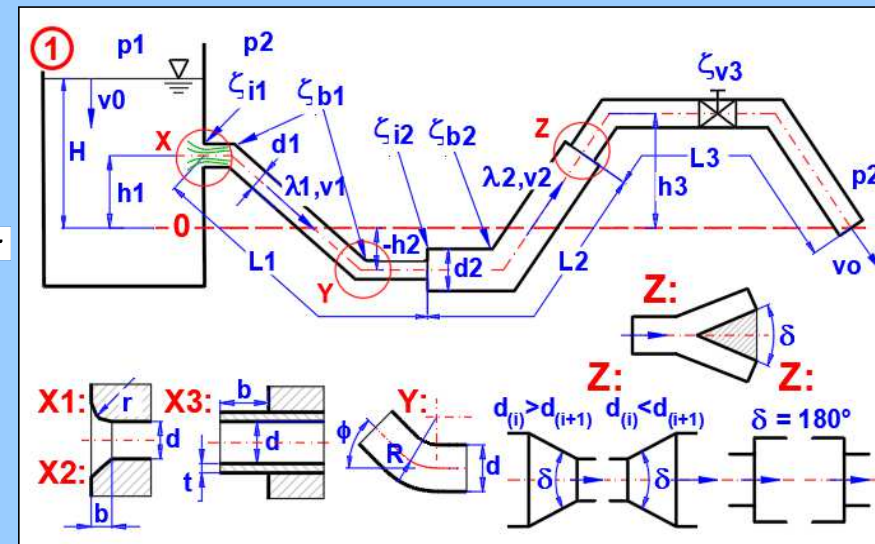
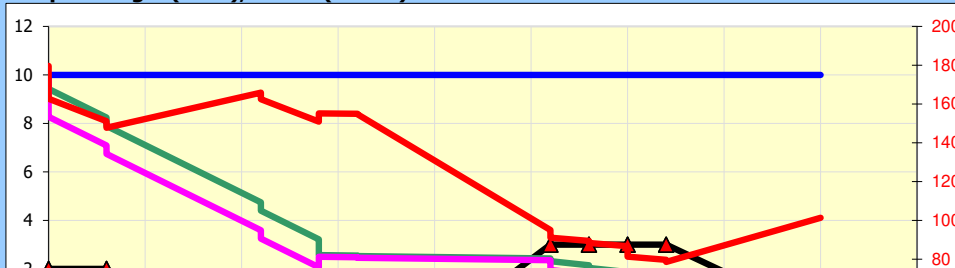
### 6.1 Eingangsbedingungen

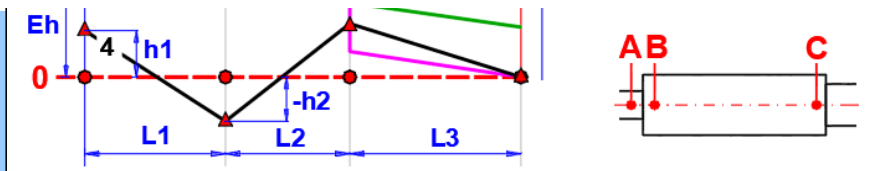
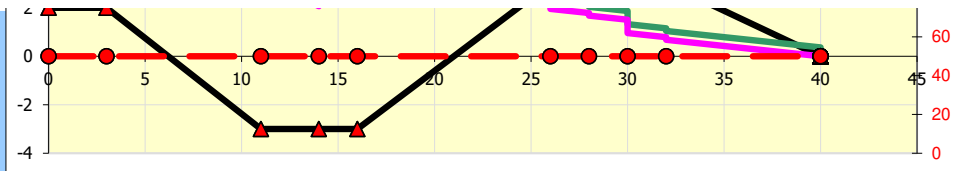
6.2	Druck über dem Spiegel	$p_1$	101.3250	[kPa]	<input checked="" type="checkbox"/>	
6.3	Äußerer Druck	$p_2$	101.3250	[kPa]		
6.4	Geschwindigkeit der Flüssigkeit	$v_0$	0.0000	[m/s]		
6.5	Höhe des Spiegels	H	10.000	[m]	>0	
6.6	Art der Berechnung von Lambda	D. Colebrook - White (Rauerohre)				

### 6.7 Ergebnisse

6.8	Energieniveau	$E_n$	10.000000	[m]	
6.9	Theoretische Austrittsgeschwindigkeit	$v_{to}$	14.004749	[m/s]	
6.10	Ausgangsgeschwindigkeit	$v_o$	2.674219	[m/s]	
6.11	Verlusthöhe (hydraulische Verluste)	hz	9.63538	[m]	
6.12	Wirkungsgrad der Rohrleitung	$\eta$	3.65	[%]	
6.13	Druckleistung = $Q \cdot (p_2 - p_1)$	Pp	0.00000	[kW]	
6.14	Geschwindigkeitsleistung = $Q \cdot R_o \cdot v_o^2 / 2$	Pv	0.00000	[kW]	
6.15	Höhenleistung = $Q \cdot g \cdot R_o \cdot H$	Ph	5.26333	[kW]	
6.16	Verlustleistung = $Q \cdot g \cdot R_o \cdot h_z$	Pz	5.07142	[kW]	
6.17	Ausgangsleistung = $Q \cdot R_o \cdot v_o^2 / 2$	Po	0.19191	[kW]	
6.18	Durchfluss	Q	0.053768363	[m³/s]	

### 6.19 Graph Energie (links), Druck (rechts)





### 6.20 Definition der Rohrleitung und Ergebnisse der Berechnung

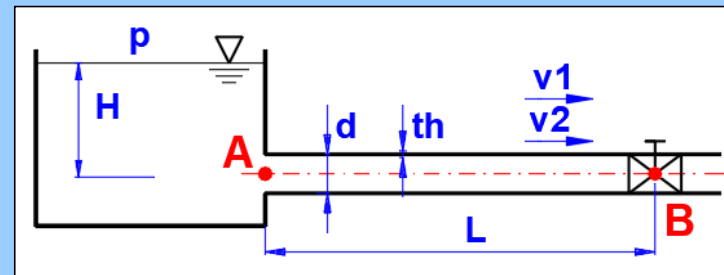
ID	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	Anzahl	Höhe	Länge	Durchmesser	Fläche	Delta	Geom	Geom	Rauhigkeit	Reynolds	Reibung	Reibung	Geschwindigkeit	Auswahl	Auswahl
	h	L	d (dh)	S	$\delta$	$\zeta_I$	$\zeta_I + \zeta_B + \zeta_V$	k	Re	Lambda	Lambda	v	7. p-A	8. p-B	
	[m]	[m]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[°]	[~]	[~]	[mm]	[~]	[~]	[~]	[m/s]	[mm]		
1	1	2	3	120	11309.73		0.5	0.5	1.5	566859.9	0.04101	0.04101	4.754167	18.35101	16.62243
2	1	2	8	120	11309.73	180	0	0.3	1.5	566859.9	0.04101	0.04101	4.754167	15.44095	15.09523
3	1	-3	3	120	11309.73	180	0	0.3	1.5	566859.9	0.04101	0.04101	4.754167	16.9446	16.59889
4	1	-3	2	240	45238.93	180	9	9	1.5	283429.9	0.03281	0.03281	1.188542	15.4174	15.84955
5	1	-3	10	240	45238.93	180	0	0.3	1.5	283429.9	0.03281	0.03281	1.188542	15.82986	15.80825
6	1	3	2	160	20106.19	180	0.309	0.309	1.5	425144.9	0.03723	0.03723	2.674219	9.709786	9.30452
7	1	3	2	160	20106.19	180	0	0.3	1.5	425144.9	0.03723	0.03723	2.674219	9.134833	9.025447
8	1	3	2	160	20106.19	180	0	1.5	1.5	425144.9	0.03723	0.03723	2.674219	8.855761	8.308827
9	1	3	8	160	20106.19	180	0	0.3	1.5	425144.9	0.03723	0.03723	2.674219	8.139141	8.029754
10	1	0	20	100	7853.982	180	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0
11	1	0	20	100	7853.982	180	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0
12	1	0	20	100	7853.982	180	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0
13	1	0	20	100	7853.982	180	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0
14	1	0	20	100	7853.982	180	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0
15	1	0	20	100	7853.982	180	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0

### 7.0 Hydraulischer Stoß

7.1 Übertragung der Werte aus Abschnitt [5.0]

#### 7.2 Eingangsparameter

7.3 Material der Rohrleitung	2. Gusseisen, gewöhnlich	
7.4 Elastizitätsmodul des Rohrleitungsmaterials	E	60.00 [GPa]
7.5 Rohrdurchmesser	d	500.00 [mm]
7.6 Rohrwandstärke	th	20.00 [mm]
7.7 Länge der Rohrleitung	L	1000.00 [m]
7.8 Strömungsgeschwindigkeit vor dem Schließen	v1	2.32 [m/s]
7.9 Geschwindigkeit der Flüssigkeit nach dem Spe	v2	0.00 [m/s]
7.10 Schließdauer des Ventils	tc	2.00 [s]



#### 7.11 Rohrleitung flexibel (elastisch)

7.12 Kompressionsmodul der Flüssigkeit	K	2.1920 [GPa]
7.13 Schallgeschwindigkeit in der Flüssigkeit	a	1071.32 [m/s]
7.14 Stoßwellenlaufzeit (B->A->B)	t	1.867 [s]
7.15 Intensität der erzeugten Druckwelle	p	1.1561 [MPa]
7.16 Meridianspannung	$\sigma_1$	7.225 [MPa]

#### 7.18 Absolut starre Rohrleitungen

7.19 Kompressionsmodul der Flüssigkeit	K	2.1920 [GPa]
7.20 Schallgeschwindigkeit in der Flüssigkeit	a	1481.88 [m/s]
7.21 Stoßwellenlaufzeit (B->A->B)	t	1.350 [s]
7.22 Intensität der erzeugten Druckwelle	p	1.1561 [MPa]
7.23 Meridianspannung	$\sigma_1$	7.225 [MPa]



7.17 Umfangsspannung

$\sigma_c$

14.451

[MPa]

7.24 Umfangsspannung

$\sigma_c$

14.451

[MPa]

?

**Ergänzungskapitel**

**8.0 Berechnung der Viskosität und der Dichte**

8.1 Auswahl der Flüssigkeit		01. Wasser	
8.2 Temperatur	T	50.00	[°C]
8.3 Dichte	$\rho$	988.06	[kg/m <sup>3</sup> ]
8.4 Kinematische Viskosität	$\nu$	0.0000005743	[m <sup>2</sup> /s]
8.5 Dynamische Viskosität	$\mu$	0.0005674722	[Pa*s]
8.6 Übertragung der Werte in Absatz [1.0]			