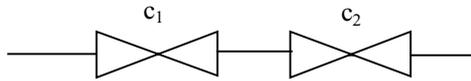


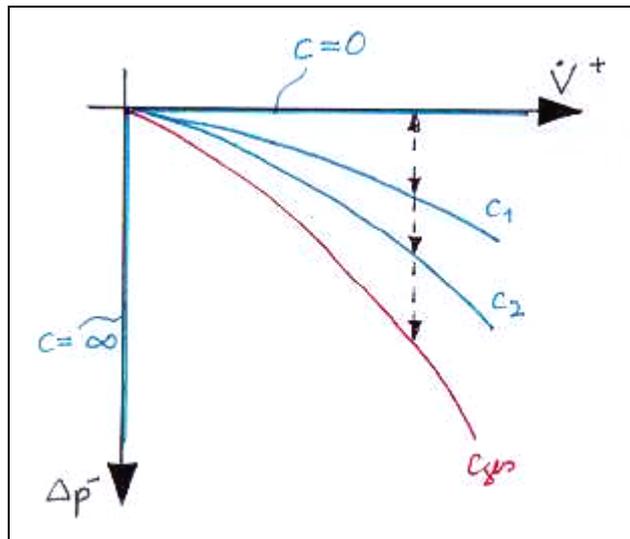
Hydraulische Verschaltungsarten

1. Reihenschaltung von Widerständen

- Verschaltungsbild:



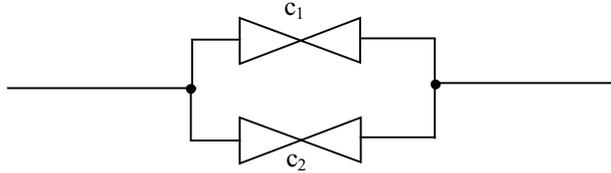
- $C_{\text{ges}} = C_1 + C_2$ Gesamtwiderstand der Reihenschaltung
- $\Delta p_{\text{ges}} = \Delta p_1 + \Delta p_2$ Gesamtdruckabfall in der Reihenschaltung
- $\Delta p, \dot{V}$ -Diagramm:



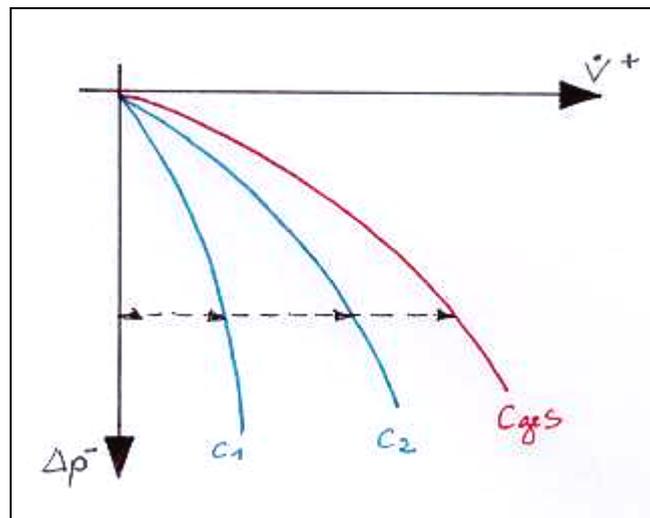
- $c=0$ zum Beispiel im Pufferspeicher oder hydraulische Weiche
- $c=\infty$ zum Beispiel im geschlossenen Ventil

2. Parallelschaltung von Widerständen

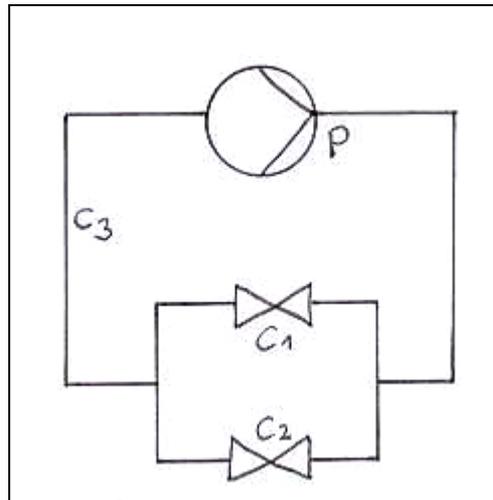
- Verschaltungsbild:



- $C_{\text{ges}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{(\sqrt{C_1} + \sqrt{C_2})^2}$ Gesamtwiderstand der Parallelschaltung
- $k_{v,\text{ges}} = k_{v1} + k_{v2}$ Gesamtwiderstand der Parallelschaltung aus k_v -Werten
- $\dot{V}_{\text{ges}} = \dot{V}_1 + \dot{V}_2$ Volumenstrom in der Parallelschaltung
- $\Delta p, \dot{V}$ -Diagramm:

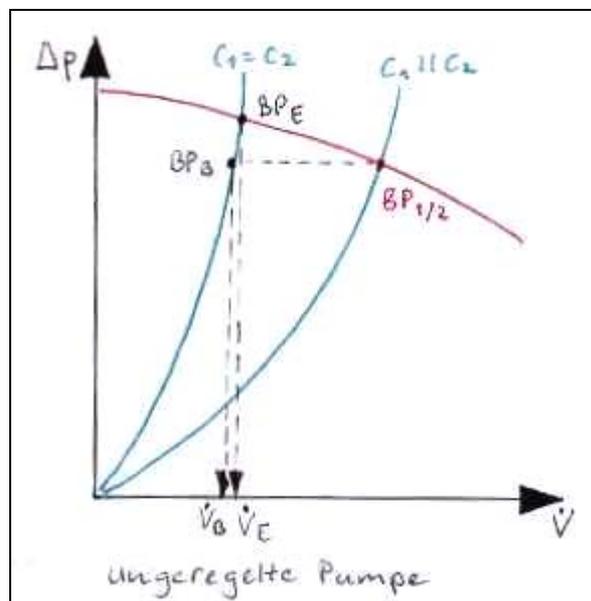


- Einfluss der Pumpenkennlinie auf den Volumenstrom parallel geschalteter Verbraucher bei Ab- und Zuschaltung der Verbraucher

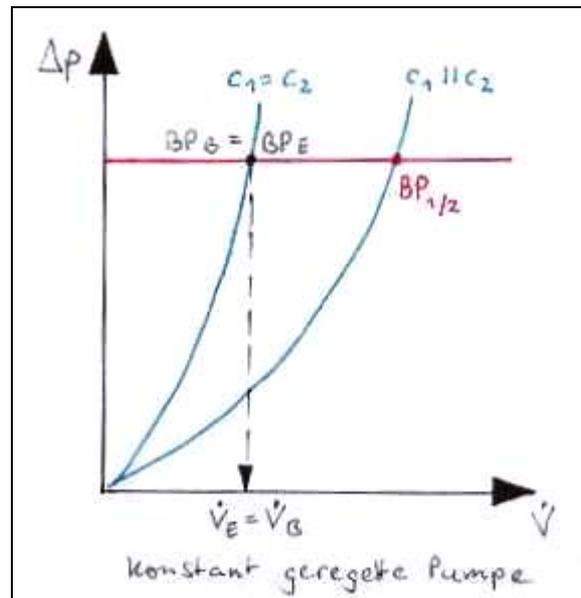


Gegeben sei ein Netz mit 2 parallel geschalteten Verbrauchern c_1 und c_2 . Die Leitungswiderstände seien vernachlässigbar. Wie verändert sich der Volumenstrom durch Verbraucher 1, wenn Verbraucher 2 abgeschaltet wird? Einsatz einer unregelmäßigen Pumpe, einer konstant geregelten Pumpe und einer variabel geregelten Pumpe.

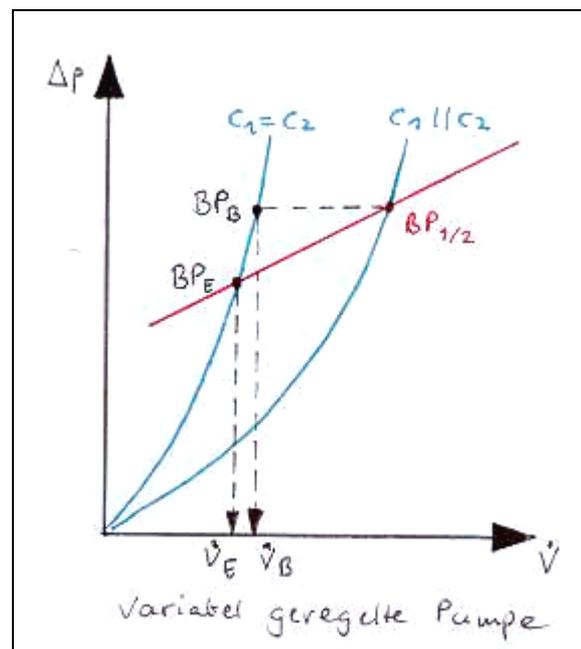
- bei der unregelmäßigen Pumpe steigt der Volumenstrom durch Verbraucher 1 an, wenn Verbraucher 2 abgeschaltet wird:



- bei der konstant geregelten Pumpe ist der Volumenstrom durch Verbraucher 1 konstant, wenn Verbraucher 2 abgeschaltet wird:



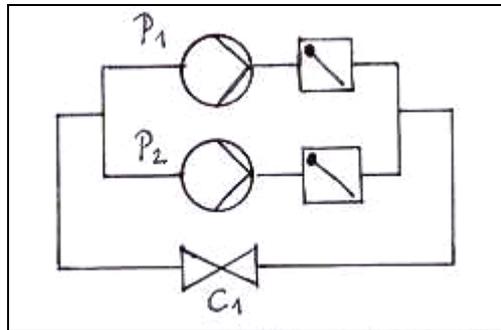
- bei der variabel geregelten Pumpe fällt der Volumenstrom durch Verbraucher 1 ab, wenn Verbraucher 2 abgeschaltet wird:



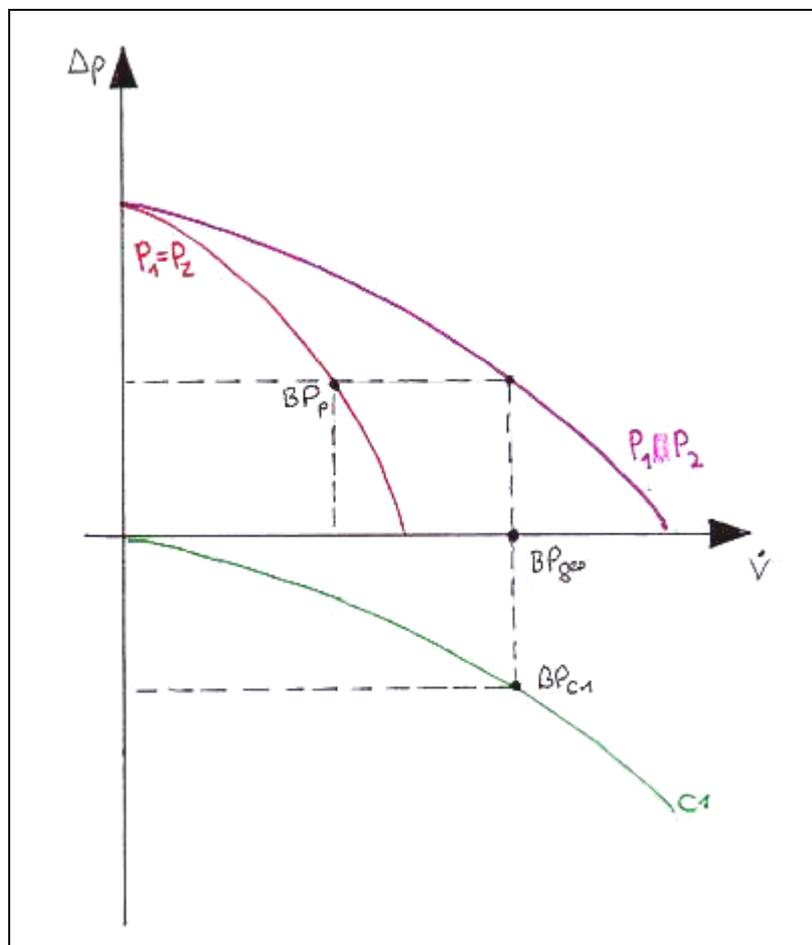
- Je steiler die Pumpenkennlinie, desto höher die Schwankung des Volumenstroms im Verbraucher 1, wenn Verbraucher 2 abgeschaltet wird; ideal ist die konstant geregelte Pumpe (waagerechte Kennlinie)

3. Parallelschaltung von Pumpen

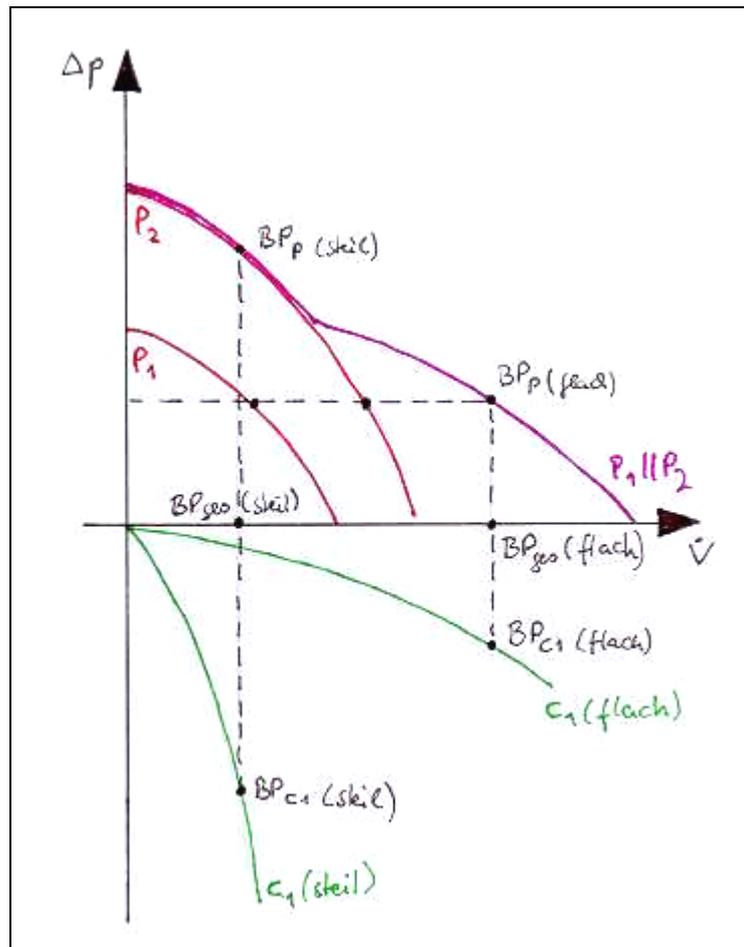
- gegeben ist das folgende Netz mit 2 Pumpen und 2 Rückschlagklappen:



- Verschaltung im $\Delta p, \dot{V}$ -Diagramm für 2 gleiche Pumpen:

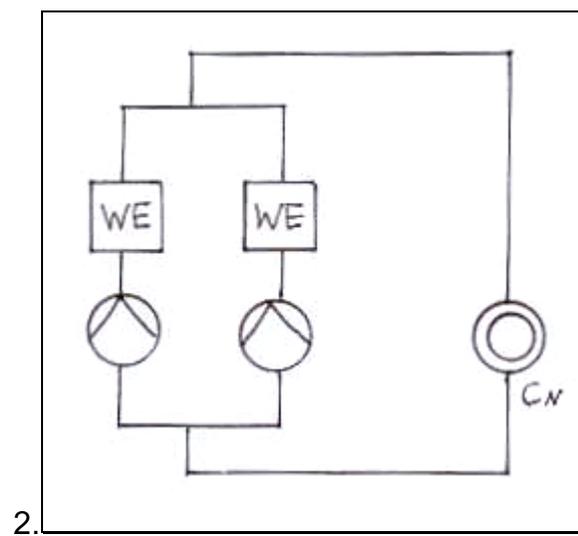
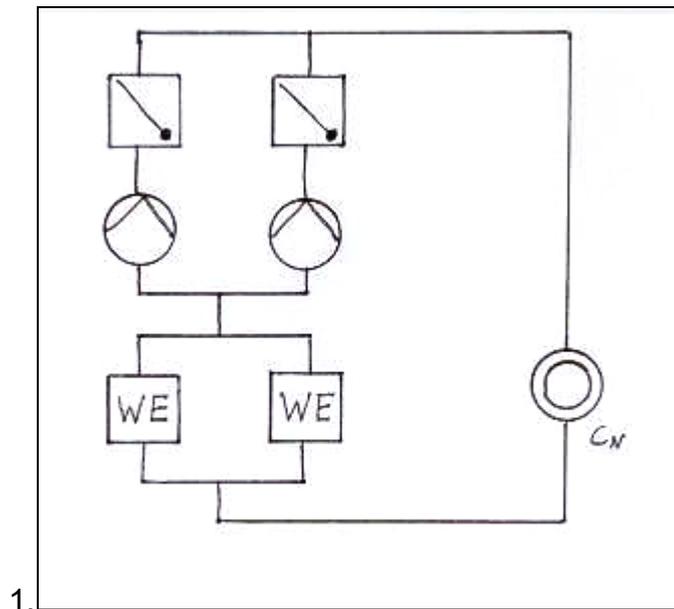


- Verschaltung im $\Delta p, \dot{V}$ -Diagramm für 2 gleiche Pumpen:



- bei ungleich großen Pumpen lohnt der Einsatz einer zweiten kleinen Pumpe bei flachen Verbraucherkennlinien zur Erfüllung höherer Volumenströme; bei hohen Verbraucherwiderständen kann der Fall eintreten, daß die kleine Pumpe keinen Beitrag leistet

- ein Verbraucher wird durch zwei Kessel und zwei Pumpen versorgt; es gibt 2 Verschaltungsvarianten. Welche ist sicherer?



Die 1. Variante ist die sicherere: Sicherstellung einer Mindestheizleistung auch bei Ausfall eines Kessels und/oder einer Pumpe

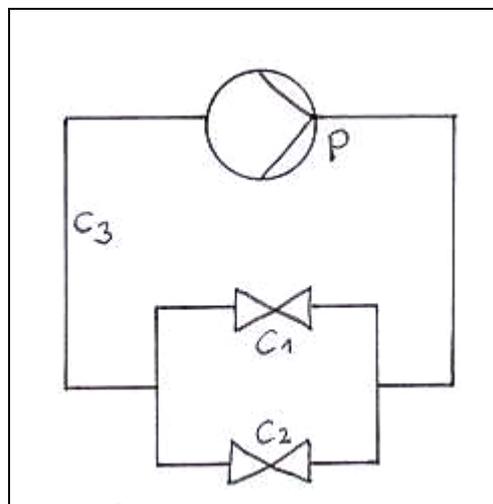
4. Kombination von Reihen- und Parallelschaltung

- Lage von Kennlinien im $\Delta p, \dot{V}$ -Diagramm:

Wichtig: eine Strömungsrichtung des Netzvolumenstroms muss für das Netz angenommen und bei allen Verschaltungen beibehalten werden, unabhängig von allen realen Verhältnissen!

1. Quadrant: Pumpen, die in ihrer wahren Förderrichtung durchströmt werden
2. Quadrant: Widerstände, die in wahrer Strömungsrichtung durchströmt werden
3. Quadrant: Pumpen, die entgegen ihrer wahren Förderrichtung durchströmt werden
4. Quadrant: Widerstände, die entgegen ihrer wahren Strömung durchströmt werden

- gegeben ist das folgende einfache Netz:



- Für den Auslegungszustand soll gelten: Volumenstrom durch die Pumpe $2\text{m}^3/\text{h}$. Der Druckabfall über die Widerstände c_1 bzw. c_2 beträgt $0,2\text{ bar}$ bei einem Volumenstrom von je $1\text{m}^3/\text{h}$, über die Rohrleitung c_3 fallen $0,4\text{ bar}$ ab. Die Nullförderhöhe der Pumpe soll das $1,5$ fache der Förderhöhe im Auslegungsfall betragen. Die Pumpe hat eine einfache quadratische Gleichung als Kennlinie.
- Gesucht: Pumpengleichung; Verschaltung der Netzkomponenten für den Auslegungsfall und den Fall, dass Verbraucher c_1 geschlossen ist
- Gesamtdruckabfall im Netz: $\Delta p_{\text{ges}} = \Delta p_{c3} + \Delta p_{c1/2} = 0,6\text{ bar}$
- Pumpengleichung: $\Delta p_p = a - b \cdot \dot{V}^2$
- Nullförderdruck a der Pumpe: $a = \Delta p_0 = 1,5 (\Delta p_{c3} + \Delta p_{c1/2}) = 0,9\text{ bar}$

- Bestimmung des Koeffizienten b aus den Daten für den Auslegungspunkt:
 $0,6\text{bar} = 0,9\text{bar} - b \cdot (2\text{m}^3/\text{h})^2$ also $b=0,075 \text{ barh}^2/\text{m}^6$
- Pumpengleichung: $\Delta p_p = 0,9\text{bar} - 0,075\text{barh}^2/\text{m}^6 \cdot \dot{V}^2$
- Verschaltungstabelle für den Auslegungsfall:

Zeichenschritt	1. Element	2. Element	Verschaltung	Ersatzelement
1	c_1	c_2	P	E_1
2	E_1	c_3	R	E_2
3	E_2	P	R	E

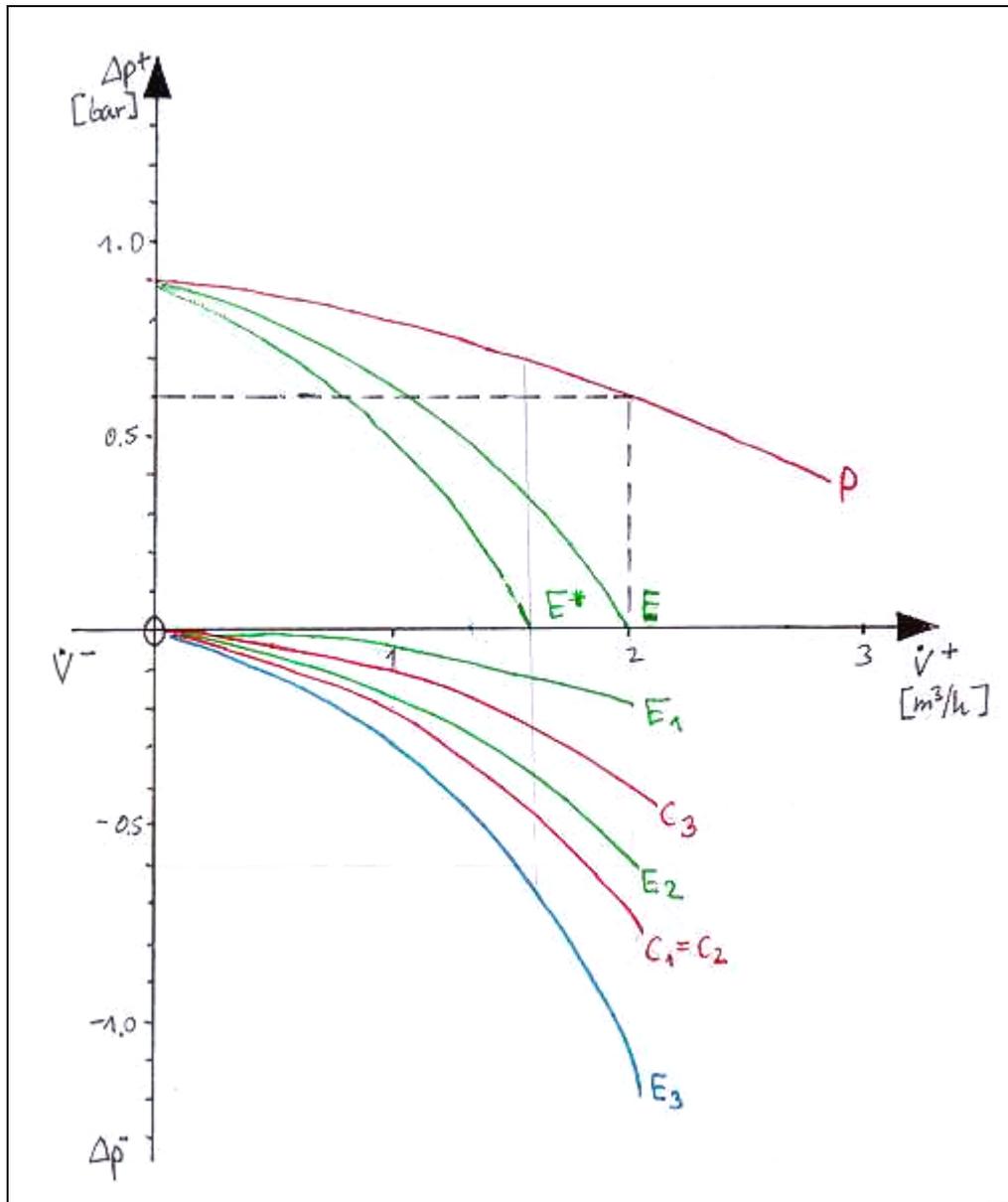
Bestimmung von $c_1 = c_2$:
$$c_1 = c_2 = \frac{\Delta p_{1/2}}{\dot{V}_{1/2}^2} = \frac{0,2\text{bar}}{1\text{m}^6/\text{h}^2} = 0,2 \frac{\text{barh}^2}{\text{m}^6}$$

Bestimmung von c_3 :
$$c_3 = \frac{\Delta p_3}{\dot{V}_3^2} = \frac{0,4\text{bar}}{2^2\text{m}^6/\text{h}^2} = 0,1 \frac{\text{barh}^2}{\text{m}^6}$$

- Verschaltungstabelle für den Fall, dass c_1 abgeschaltet ist:

Zeichenschritt	1. Element	2. Element	Verschaltung	Ersatzelement
1	c_2	c_3	R	E_3
2	E_3	P	R	E^*

- $\Delta p, \dot{V}$ -Diagramm:



Quelle: Skript zur Vorlesung "Neue Heiz- und Energietechnologien"
 an der Fachhochschule Braunschweig Wolfenbüttel;
 erarbeitet von Prof. Dr.-Ing. D. Wolff und erstellt
 von Dipl.-Ing. (FH) K. Jagnow; Wolfenbüttel; 2000