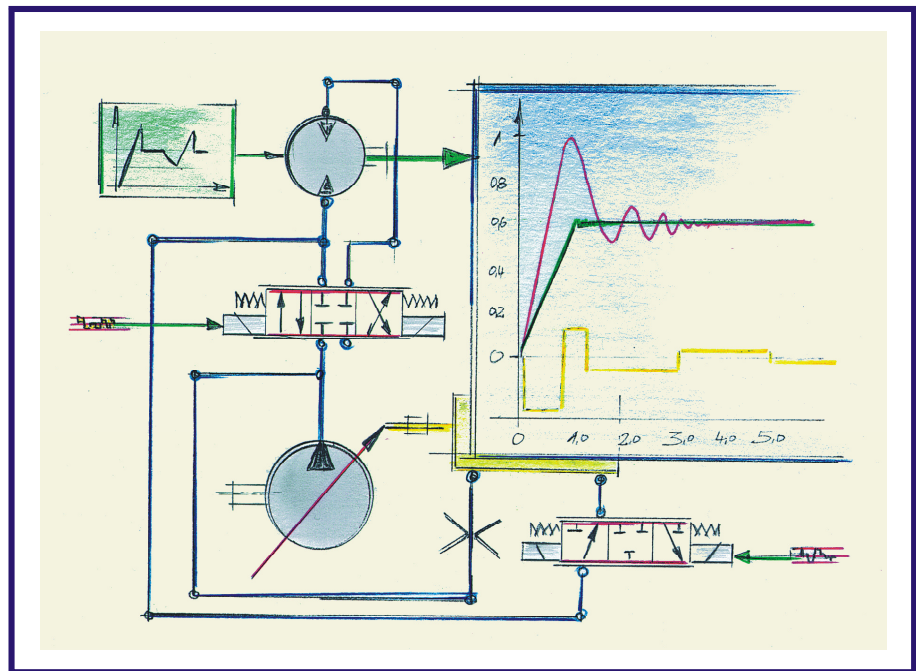


# Bauteilhandbuch

Thermohydraulik



**DSH**<sup>plus</sup>

Copyright © 1995-2008 by  
FLUIDON® Gesellschaft für Fluidtechnik mbH  
Jülicher Straße 336  
52070 Aachen  
Germany

Tel. +49 (0) 241 - 9 60 92 60  
Fax +49 (0) 241 - 9 60 92 62

[www.fluidon.com](http://www.fluidon.com)  
e-mail [info@fluidon.com](mailto:info@fluidon.com)

Kein Teil der Handbücher darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie etc.) ohne Genehmigung der FLUIDON GmbH reproduziert, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die in diesem Handbuch erwähnten Soft- und Hardwarebezeichnungen sind in den meisten Fällen auch eingetragene Warenzeichen und unterliegen als solche den gesetzlichen Bestimmungen.

Im Zuge der Weiterentwicklung der Software können Teile dieses Handbuchs ihre Gültigkeit verlieren.

## Einleitung

Die Bauteilhandbücher beschreiben die DSH*plus*-eigenen Bauteile der Bibliothek. Entsprechend den Bauteilkategorien in der Bibliothek untergliedern sie sich in sieben verschiedene Teile:

- Bauteilhandbuch Hydraulik
- Bauteilhandbuch Pneumatik
- Bauteilhandbuch Regelungstechnik
- Bauteilhandbuch Mechanik
- Bauteilhandbuch Thermohydraulik
- Bauteilhandbuch Module
- Bauteilhandbuch Sonstiges

Der HYDRAULIK-Teil umfasst alle hydraulischen Bauteile der Bibliothek. Dazu zählen Pumpen und Motoren, Strom-, Druck-, Sperr- und Wegeventile, sowie Speicher und Leitungen.

Analog zum Hydraulik-Teil sind im PNEUMATIK-Teil alle pneumatischen Bauteile der Bibliothek beschrieben. Hierzu zählen Motoren, Ventile und verschiedenste Widerstände.

Im Handbuchteil MECHANIK werden die mechanischen Bauteile beschrieben. Dies sind die Massen und die Feder-Dämpfer-Bauteile sowie sonstige mechanische Bauteile.

Die Bauteilbibliothek von DSH*plus* verfügt über analoge, digitale und logische regelungstechnische Bauteile, die im Teil REGELUNGSTECHNIK erläutert werden.

Der Teil SONSTIGES enthält sonstige Bauteile, z. B. Koppelemente für Schnittstellen, Sonderbauteile.

Im Handbuch Thermohydraulik werden die thermodynamischen Bauteile erläutert, die sich neben den Standardbauteilen Pumpen, Motoren, Zylindern und Ventilen auch aus speziell für die Thermodynamik entworfenen Komponenten zusammensetzt.

Die Module beinhalten die DSH*plus*-STC-Bausteine und Komponenten, die zur Erzeugung von Baugruppen benötigt werden.

Das Bauteilhandbuch soll helfen, das jeweils passende Bauteil für ein Modell auszuwählen, in das Modell einzubauen und zu parametrieren. Darüber hinaus gibt es Auskunft über die Art und Weise der Modellbildung der Bauteile, zum Beispiel ob sie entsprechend den physikalischen Eigenschaften der Realbauteile modelliert wurden oder ob lediglich ihre Kennlinie nachgebildet wurde.

Alle Bauteile sind nach dem gleichen Schema beschrieben. Auf der folgenden Seite ist ein Beispielbauteil zu finden, mit dessen Hilfe das Schema erläutert wird.

**Bauteilname***Bauteilsymbol***Symbol**

---

**Skizze***Bauteilskizze***Anschlüsse und Variablen**

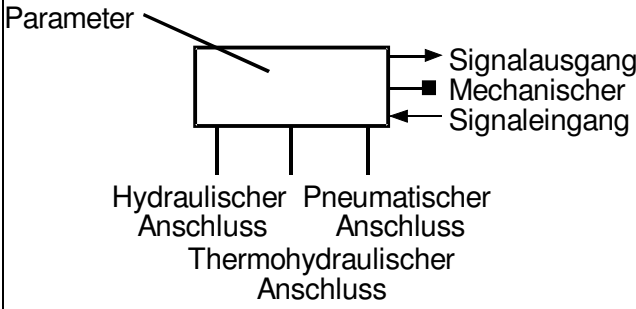
| Bezeichnung                                 | Typ          | Einheit        | Beschreibung              |
|---------------------------------------------|--------------|----------------|---------------------------|
| <i>Hydraulischer Anschluss</i>              | <i>Hydr</i>  | <i>Einheit</i> | <i>kurze Beschreibung</i> |
| <i>Volumenloser hydraulischer Anschluss</i> | <i>Hvol</i>  | <i>Einheit</i> | <i>kurze Beschreibung</i> |
| <i>Thermohydraulischer Anschluss</i>        | <i>THydr</i> | <i>Einheit</i> | <i>Kurze Beschreibung</i> |
| <i>Pneumatischer Anschluss</i>              | <i>Pneu</i>  | <i>Einheit</i> | <i>kurze Beschreibung</i> |
| <i>Signaleingang</i>                        | <i>Ein</i>   | -              | <i>kurze Beschreibung</i> |
| <i>Signalausgang</i>                        | <i>Aus</i>   | -              | <i>kurze Beschreibung</i> |
| <i>Mechanischer Anschluss</i>               | <i>Mech</i>  | -              | <i>kurze Beschreibung</i> |
| <i>Interne Variable</i>                     | <i>V</i>     | -              | <i>kurze Beschreibung</i> |

**Parameter**

| Bezeichnung   | Wert | Einheit | Beschreibung       |
|---------------|------|---------|--------------------|
| Parametername | Wert | Einheit | kurze Beschreibung |

**Bemerkungen***Bemerkungen zu Funktion und Anwendung.*

## Erläuterungen zum Beispielbauteil:

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |       |                         |       |                                     |       |                         |        |                               |      |                |      |                |       |                        |    |                   |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------------------|-------|-------------------------|--------|-------------------------------|------|----------------|------|----------------|-------|------------------------|----|-------------------|
|        | Das Bauteilsymbol ist das Symbol, mit dem ein Bauteil in der Bibliothek und im Modell erscheint.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |       |                         |       |                                     |       |                         |        |                               |      |                |      |                |       |                        |    |                   |
|        | <p>In der Bauteilskizze ist das Bauteil mit seinen Parametern und Anschlüssen entsprechend dem folgenden Bild dargestellt:</p>  <p>Die Pfeile an den Bauteilen geben an, ob es sich um einen Eingang, Ausgang oder um einen mechanischen Anschluss handelt. Die Richtung der Zustandsgrößen wird durch ein Koordinatensystem definiert.</p>                                                                                                                                                                                                                                   |       |                         |       |                                     |       |                         |        |                               |      |                |      |                |       |                        |    |                   |
|        | In der Tabelle <b>Anschlüsse und Variablen</b> sind alle Anschlüsse und Variablen eines Bauteils aufgelistet.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |       |                         |       |                                     |       |                         |        |                               |      |                |      |                |       |                        |    |                   |
|        | <p>Die Anschlüsse und Variablen eines Bauteils lassen sich in verschiedene Typen unterteilen und sind in der Spalte <b>Typ</b> entsprechend gekennzeichnet:</p> <table> <tbody> <tr> <td>Hydr:</td><td>Hydraulische Anschlüsse</td></tr> <tr> <td>Hvol:</td><td>Volumenlose hydraulische Anschlüsse</td></tr> <tr> <td>Pneu:</td><td>Pneumatische Anschlüsse</td></tr> <tr> <td>THydr:</td><td>Thermohydraulische Anschlüsse</td></tr> <tr> <td>Ein:</td><td>Signaleingänge</td></tr> <tr> <td>Aus:</td><td>Signalausgänge</td></tr> <tr> <td>Mech:</td><td>Mechanische Anschlüsse</td></tr> <tr> <td>V:</td><td>Interne Variablen</td></tr> </tbody> </table> | Hydr: | Hydraulische Anschlüsse | Hvol: | Volumenlose hydraulische Anschlüsse | Pneu: | Pneumatische Anschlüsse | THydr: | Thermohydraulische Anschlüsse | Ein: | Signaleingänge | Aus: | Signalausgänge | Mech: | Mechanische Anschlüsse | V: | Interne Variablen |
| Hydr:  | Hydraulische Anschlüsse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |       |                         |       |                                     |       |                         |        |                               |      |                |      |                |       |                        |    |                   |
| Hvol:  | Volumenlose hydraulische Anschlüsse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |       |                         |       |                                     |       |                         |        |                               |      |                |      |                |       |                        |    |                   |
| Pneu:  | Pneumatische Anschlüsse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |       |                         |       |                                     |       |                         |        |                               |      |                |      |                |       |                        |    |                   |
| THydr: | Thermohydraulische Anschlüsse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |       |                         |       |                                     |       |                         |        |                               |      |                |      |                |       |                        |    |                   |
| Ein:   | Signaleingänge                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |       |                         |       |                                     |       |                         |        |                               |      |                |      |                |       |                        |    |                   |
| Aus:   | Signalausgänge                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |       |                         |       |                                     |       |                         |        |                               |      |                |      |                |       |                        |    |                   |
| Mech:  | Mechanische Anschlüsse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |       |                         |       |                                     |       |                         |        |                               |      |                |      |                |       |                        |    |                   |
| V:     | Interne Variablen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |       |                         |       |                                     |       |                         |        |                               |      |                |      |                |       |                        |    |                   |
|        | Den Variablen wurden Einheiten (Spalte <b>Einheit</b> ) zugewiesen. Insofern die Einheiten nicht vom Anwender geändert werden, erfolgt die grafische oder numerische Ausgabe der Variablen mit diesen Einheiten. Die Einheiten für die Werte der anderen Anschlüsse sind nur zum besseren Verständnis aufgeführt, werden aber nicht verwendet.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |       |                         |       |                                     |       |                         |        |                               |      |                |      |                |       |                        |    |                   |
|        | In der Parameterliste sind alle <b>Parameter</b> mit ihren <b>Werten</b> und <b>Einheiten</b> aufgeführt, mit denen ein Bauteil beschrieben wird.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |       |                         |       |                                     |       |                         |        |                               |      |                |      |                |       |                        |    |                   |
|        | Unter den <b>Bemerkungen</b> sind weitere Hinweise zum Bauteil zu finden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |       |                         |       |                                     |       |                         |        |                               |      |                |      |                |       |                        |    |                   |
|        | <p>Es wird folgende Schreibweise verwendet:</p> <p>BAUTEILNAME</p> <p><i>Parameter, Anschlüsse und Variablen</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |                         |       |                                     |       |                         |        |                               |      |                |      |                |       |                        |    |                   |



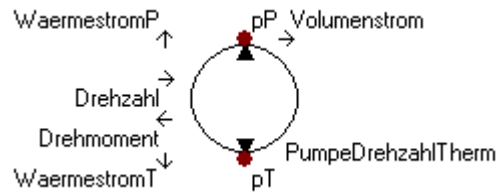
**Inhaltsverzeichnis**

|                              |    |
|------------------------------|----|
| PumpeDrehzahlTherm           | 3  |
| PumpRotationalSpeedEthaTherm | 6  |
| HydroMotorTherm              | 8  |
| HydroDoppelMotorTherm        | 11 |
| ZylinderTherm                | 14 |
| DBVstatischTherm             | 18 |
| VerstellDBVstatischTherm     | 20 |
| BlendeTherm                  | 22 |
| VerstellBlendeTherm          | 24 |
| DrosselTherm                 | 26 |
| Servoventil22PTTherm         | 28 |
| Servoventil43PT2Therm        | 30 |
| RohrKonzParamTherm           | 33 |
| TankThermo                   | 36 |
| Waermetauscher               | 39 |
| Waermeabstrahlung            | 41 |
| Hydrosensor                  | 43 |



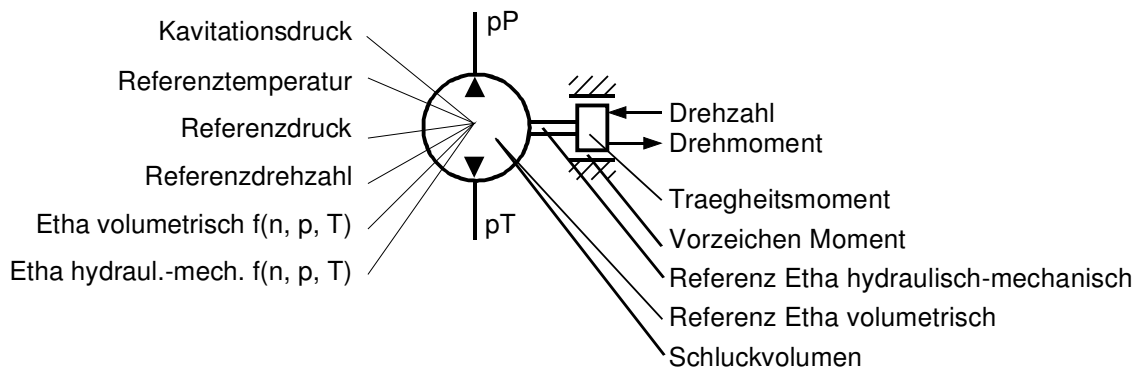
## ThermoHydraulik

### PumpeDrehzahlTherm



### Symbol

### Skizze



### Anschlüsse und Variablen

| Bezeichnung  | Typ   | Einheit | Beschreibung                                              |
|--------------|-------|---------|-----------------------------------------------------------|
| pP           | THydr | bar     | Arbeitsdruck                                              |
| pT           | THydr | bar     | Tankdruck                                                 |
| Drehzahl     | Ein   | 1/min   | vorgegebene Drehzahl                                      |
| Drehmoment   | Aus   | Nm      | Drehmomentaufnahme des Antriebs bei vorgegebener Drehzahl |
| Volumenstrom | Aus   | l/min   | Fördervolumenstrom                                        |
| WaermestromP | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss pP                                |
| WaermestromT | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss pT                                |
| DrehzahlIPT1 | V     | -       | Interne Hilfsgröße zur Bestimmung des Momentes            |

**Parameter**

| Bezeichnung                    | Wert   | Einheit          | Beschreibung                                                 |
|--------------------------------|--------|------------------|--------------------------------------------------------------|
| Schluckvolumen                 | 32     | cm <sup>3</sup>  | Fördervolumen bei einer Umdrehung der Pumpe ohne Leckage     |
| Traegheitsmoment               | 0.05   | kgm <sup>2</sup> | Trägheitsmoment der rotierenden Pumpenteile                  |
| DifferenzierZeit               | 1      | ms               | Interne Hilfsgröße zur Bestimmung des Momentes               |
| VorzeichenMoment               | -1     | -                | Vorzeichen für die Ausgabe des Moments                       |
| ReferenzTemperatur             | 313.15 | K                | Referenztemperatur                                           |
| ReferenzDruck                  | 100    | bar              | Druck des Referenzpunkts                                     |
| ReferenzDrehzahl               | 1000   | 1/min            | Drehzahl des Referenzpunkts                                  |
| ReferenzEthaVol                | 100    | %                | volumetrischer Wirkungsgrad des Referenzpunkts               |
| EthaVolDrehzahlabhaengigkeit   | 0      | %/(1/min)        | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt |
| EthaVolDruckabhaengigkeit      | 0      | %/(bar)          | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt |
| EthaVolTemperaturabhaengigkeit | 0      | %/K              | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt |
| ReferenzEthaHM                 | 100    | %                | Hydraulisch-mechanischer Wirkungsgrad des Referenzpunkts     |
| EthaHMDrehzahlabhaengigkeit    | 0      | %/(1/min)        | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt |
| EthaHMDruckabhaengigkeit       | 0      | %/(bar)          | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt |
| EthaHMTemperaturabhaengigkeit  | 0      | %/K              | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt |
| Kavitationsdruck               | -0.5   | bar              | Kavitation setzt ein                                         |

### Bemerkungen

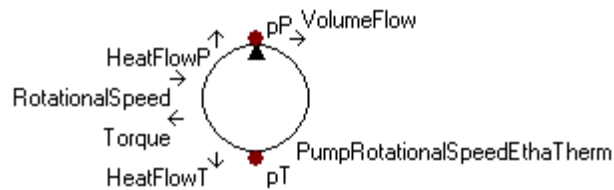
Das Bauteil PUMPEDREHZAHLTHERM ist ein Modell einer Pumpe, bei dem die *Drehzahl* vorgegeben und das dafür notwendige *Drehmoment* des Antriebs berechnet wird. Trägheits- und Reibmomente werden berücksichtigt.

Das *Drehmoment* wird aus der Drallgleichung differenziert. Dafür wird der Parameter *DifferenzierZeit* benötigt.

Mit dem Parameter *VorzeichenMoment* kann das Vorzeichen des *Drehmoments* so angepasst werden, wie es für den Anschluss an weitere Bauteile notwendig ist.

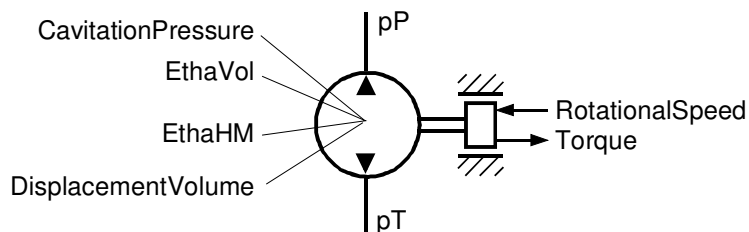
Je nach Drehrichtung kann sowohl *pP* als auch *pT* die Hochdruckseite der Pumpe bezeichnen. Der *Volumenstrom* bezieht sich (unabhängig von der Förderrichtung) grundsätzlich auf den Anschluss *pP*.

## PumpRotationalSpeedEthaTherm



### Symbol

### Skizze



### Anschlüsse und Variablen

| Bezeichnung     | Typ   | Einheit | Beschreibung                                              |
|-----------------|-------|---------|-----------------------------------------------------------|
| pT              | THydr | bar     | Tankdruck                                                 |
| pP              | THydr | bar     | Arbeitsdruck                                              |
| RotationalSpeed | Ein   | 1/min   | Vorgegebene Drehzahl                                      |
| Torque          | Aus   | Nm      | Drehmomentaufnahme des Antriebs bei vorgegebener Drehzahl |
| VolumeFlow      | Aus   | l/min   | Fördervolumenstrom                                        |
| HeatFlowP       | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss P                                 |
| HeatFlowT       | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss T                                 |

### Parameter

| Bezeichnung        | Wert | Einheit         | Beschreibung                                             |
|--------------------|------|-----------------|----------------------------------------------------------|
| DisplacementVolume | 32   | cm <sup>2</sup> | Fördervolumen bei einer Umdrehung der Pumpe ohne Leckage |
| EthaHM             | 100  | %-              | Hydraulisch-mechanischer Wirkungsgrad                    |

| Bezeichnung            | Wert | Einheit        | Beschreibung                                   |
|------------------------|------|----------------|------------------------------------------------|
| EthaVol                | 100  | % <sup>3</sup> | Volumetrischer Wirkungsgrad                    |
| CavitationPressure     | -0.5 | bar            | Kavitation setzt ein                           |
| EthaHMCharacteristics  | -    |                | Kennfeld Hydraulisch-mechanischer Wirkungsgrad |
| EthaVolCharacteristics | -    | -              | Kennfeld Volumetrischer Wirkungsgrad           |

### Bemerkungen

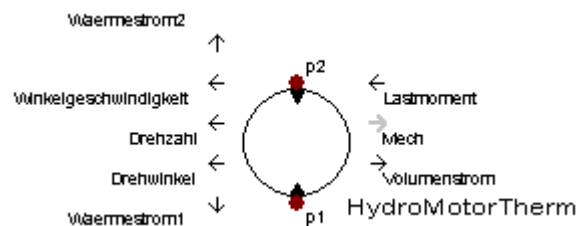
Das Bauteil PUMPROTATIONALSPEEDETHATHERM ist das Modell einer Pumpe, die den Volumenstrom entweder mit Hilfe der beiden zweidimensionalen Kennfeldern EthaHMCharacteristics und EthaVolCharacteristics oder über die Parameter EthaHM und EthaVol berechnet.

Die Kennfelder definieren den Volumenstrom in Abhängigkeit von der Drehzahl  $n$  und der Druckdifferenz  $p_P - p_T$ .

Sind Kennfelder definiert, dann sind die statischen Vorgaben für die Wirkungsgrade nicht wirksam.

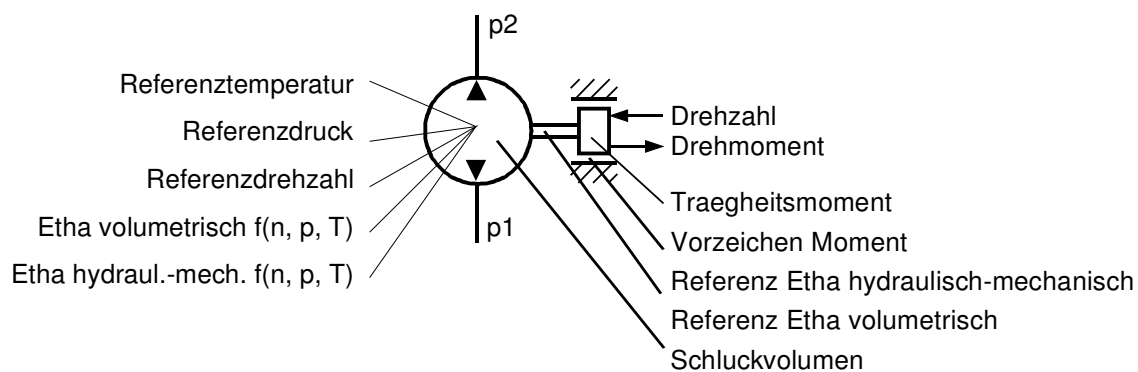
Der Volumenstrom bezieht sich immer auf den Anschluss  $p_P$ .

## HydroMotorTherm



## Symbol

## Skizze



## Anschlüsse und Variablen

| Bezeichnung           | Typ   | Einheit | Beschreibung                     |
|-----------------------|-------|---------|----------------------------------|
| p1                    | THydr | bar     | Druck im Anschluss p1            |
| p2                    | THydr | bar     | Druck im Anschluss p2            |
| Volumenstrom          | Aus   | l/min   | Volumenstrom im Anschluss p1     |
| Mech                  | Mech  | -       | Mechanischer Anschluss           |
| MechM                 | Ein   | Nm      | am Motor anliegen des Moment     |
| Mechphi               | Aus   | deg     | Drehwinkel                       |
| Mechomega             | Aus   | deg/s   | Winkelgeschwindigkeit            |
| Lastmoment            | Ein   | Nm      | am Motor anliegendes Drehmoment  |
| Winkelgeschwindigkeit | Aus   | deg/s   | Winkelgeschwindigkeit des Motors |
| Wärmestrom1           | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss p1       |
| Wärmestrom2           | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss p2       |

| Bezeichnung | Typ | Einheit | Beschreibung          |
|-------------|-----|---------|-----------------------|
| Drehwinkel  | Aus | deg     | Drehwinkel des Motors |
| Drehzahl    | Aus | 1/min   | Motordrehzahl         |

### Parameter

| Bezeichnung                    | Wert   | Einheit          | Beschreibung                                                               |
|--------------------------------|--------|------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Schluckvolumen                 | 50     | cm <sup>3</sup>  | Notwendiges Flüssigkeitsvolumen für eine Umdrehung des Motors ohne Leckage |
| Traegheitsmoment               | 0.05   | kgm <sup>2</sup> | Trägheitsmoment der rotierenden Motorteile                                 |
| ReferenzTemperatur             | 313.15 | K                | Temperatur im Referenzbetriebspunkt                                        |
| ReferenzDruck                  | 100    | bar              | Druck im Referenzbetriebspunkt                                             |
| ReferenzDrehzahl               | 1000   | 1/min            | Drehzahl im Referenzbetriebspunkt                                          |
| ReferenzEthaVol                | 100    | %                | volumetrischer Wirkungsgrad im Referenzbetriebspunkt                       |
| EthaVolDrehzahlabhaengigkeit   | 0      | %/(1/min)        | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt               |
| EthaVolDruckabhaengigkeit      | 0      | %/(bar)          | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt               |
| EthaVolTemperaturabhaengigkeit | 0      | %/K              | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt               |
| ReferenzEthaHM                 | 100    | %                | hydraulisch-mechanischer Wirkungsgrad im Referenzbetriebspunkt             |
| EthaHMDrehzahlabhaengigkeit    | 0      | %/(1/min)        | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt               |
| EthaHMDruckabhaengigkeit       | 0      | %/(bar)          | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt               |
| EthaHMTemperaturabhaengigkeit  | 0      | %/K              | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt               |

### Bemerkungen

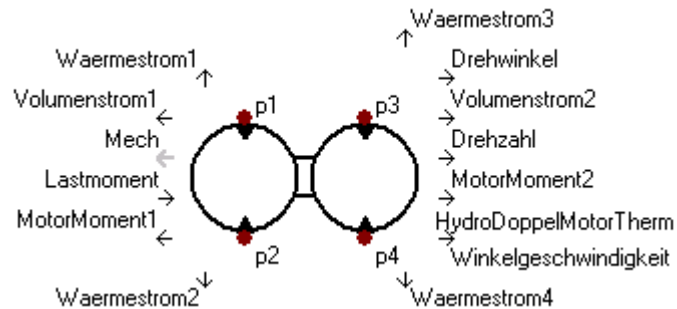
Das Bauteil HYDROMOTORTHERM ist das Modell eines konstanten hydraulischen Motors.

Je nach Drehrichtung kann sowohl  $p1$  als auch  $p2$  die Hochdruckseite des Motors bezeichnen.

Ist  $p1 > p2$ , ergibt sich eine positive *Drehzahl*. Ist das *Lastmoment*  $> 0$  ergibt sich eine positive Beschleunigung. Der *Volumenstrom* bezieht sich (unabhängig von der Drehrichtung) grundsätzlich auf den Anschluss  $p1$ .

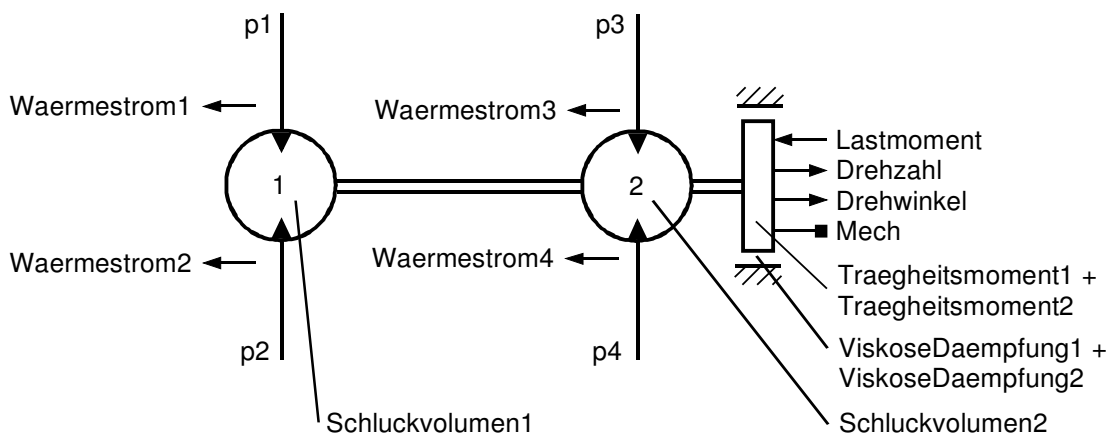
Im mechanischen Anschluss *Mech* des Bauteils sind der Drehwinkel des Motors (*Mechphi*), die Winkelgeschwindigkeit (*Mechomega*) und das Lastmoment (*MechM*) zusammengefasst.

## HydroDoppelMotorTherm



## Symbol

## Skizze



## Anschlüsse und Variablen

| Bezeichnung   | Typ   | Einheit | Beschreibung                    |
|---------------|-------|---------|---------------------------------|
| p1            | THydr | bar     | Druck am Anschluss p1           |
| p2            | THydr | bar     | Druck am Anschluss p2           |
| p3            | THydr | bar     | Druck am Anschluss p3           |
| p4            | THydr | bar     | Druck am Anschluss p4           |
| Mech          | Mech  | -       | Mechanischer Anschluss          |
| MechM         | Ein   | Nm      | am Motor anliegen des Moment    |
| Mechphi       | Aus   | deg     | Drehwinkel                      |
| Mechomega     | Aus   | deg/s   | Winkelgeschwindigkeit           |
| Lastmoment    | Ein   | Nm      | Am Motor anliegendes Drehmoment |
| Volumenstrom1 | Aus   | l/min   | Volumenstrom im Anschluss p1    |
| Volumenstrom2 | Aus   | l/min   | Volumenstrom im Anschluss p3    |

| Bezeichnung  | Typ | Einheit | Beschreibung                       |
|--------------|-----|---------|------------------------------------|
| MotorMoment1 | Aus | Nm      | Vom Motor 1 abgegebenes Drehmoment |
| MotorMoment2 | Aus | Nm      | Vom Motor 1 abgegebenes Drehmoment |
| Waermestrom1 | Aus | W       | Wärmestrom im Anschluss p1         |
| Waermestrom2 | Aus | W       | Wärmestrom im Anschluss p2         |
| Waermestrom3 | Aus | W       | Wärmestrom im Anschluss p3         |
| Waermestrom4 | Aus | W       | Wärmestrom im Anschluss p4         |
| Drehzahl     | Aus | 1/min   | Motordrehzahl                      |
| Drehwinkel   | Aus | deg     | Drehwinkel des Motors              |

### Parameter

| Bezeichnung                  | Wert   | Einheit          | Beschreibung                                                                 |
|------------------------------|--------|------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Schluckvolumen1              | 50     | cm <sup>3</sup>  | Notwendiges Flüssigkeitsvolumen für eine Umdrehung des Motors 1 ohne Leckage |
| Schluckvolumen2              | 50     | cm <sup>3</sup>  | Notwendiges Flüssigkeitsvolumen für eine Umdrehung des Motors 2 ohne Leckage |
| Traegheitsmoment1            | 1      | kgm <sup>2</sup> | Trägheitsmoment der rotierenden Motorteile (Motor 1)                         |
| Traegheitsmoment2            | 1      | kgm <sup>2</sup> | Trägheitsmoment der rotierenden Motorteile (Motor 2)                         |
| ReferenzTemperatur           | 313.15 | K                | Temperatur im Referenzbetriebspunkt                                          |
| ReferenzDruck                | 100    | bar              | Druck im Referenzbetriebspunkt                                               |
| ReferenzDrehzahl             | 1000   | 1/min            | Drehzahl im Referenzbetriebspunkt                                            |
| ReferenzEthaVol              | 100    | %                | volumetrischer Wirkungsgrad im Referenzbetriebspunkt                         |
| EthaVolDrehzahlabhaengigkeit | 0      | %/(1/min)        | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt                 |

| Bezeichnung                    | Wert | Einheit   | Beschreibung                                                   |
|--------------------------------|------|-----------|----------------------------------------------------------------|
| EthaVolDruckabhaengigkeit      | 0    | %/(bar)   | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt   |
| EthaVolTemperaturabhaengigkeit | 0    | %/K       | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt   |
| ReferenzEthaHM                 | 100  | %         | hydraulisch-mechanischer Wirkungsgrad im Referenzbetriebspunkt |
| EthaHMDrehzahlabhaengigkeit    | 0    | %/(1/min) | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt   |
| EthaHMDruckabhaengigkeit       | 0    | %/(bar)   | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt   |
| EthaHMTemperaturabhaengigkeit  | 0    | %/K       | Steigung der Veränderung des Wirkungsgrades im Referenzpunkt   |

### Bemerkungen

Das Bauteil HYDRODOPPELMOTORTHERM ist das Modell zweier konstanter hydraulischer Motoren, die auf einer Welle montiert sind. Mit dem Bauteil kann außerdem ein Hydrotransformer realisiert werden.

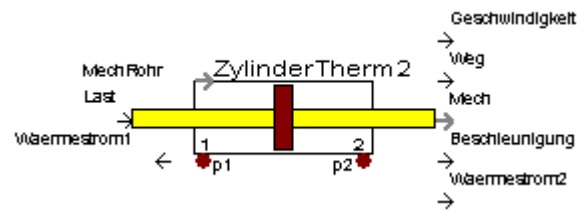
Ist  $p_1 > p_2$  oder  $p_3 > p_4$  ergibt sich eine positive *Drehzahl*. Ist das *Lastmoment*  $> 0$  ergibt sich eine positive Beschleunigung. Je nach Drehrichtung kann sowohl  $p_1$  und  $p_3$  als auch  $p_2$  und  $p_4$  die Hochdruckseite des Motors bezeichnen.

Der *Volumenstrom1* bezieht sich (unabhängig von der Drehrichtung) grundsätzlich auf den Anschluss  $p_1$ , der *Volumenstrom2* auf  $p_3$ .

Über die Bauteilanschlüsse *MotorMoment1* und *MotorMoment2* können die effektiv von den Motoren abgegebenen Drehmomente abgegriffen werden.

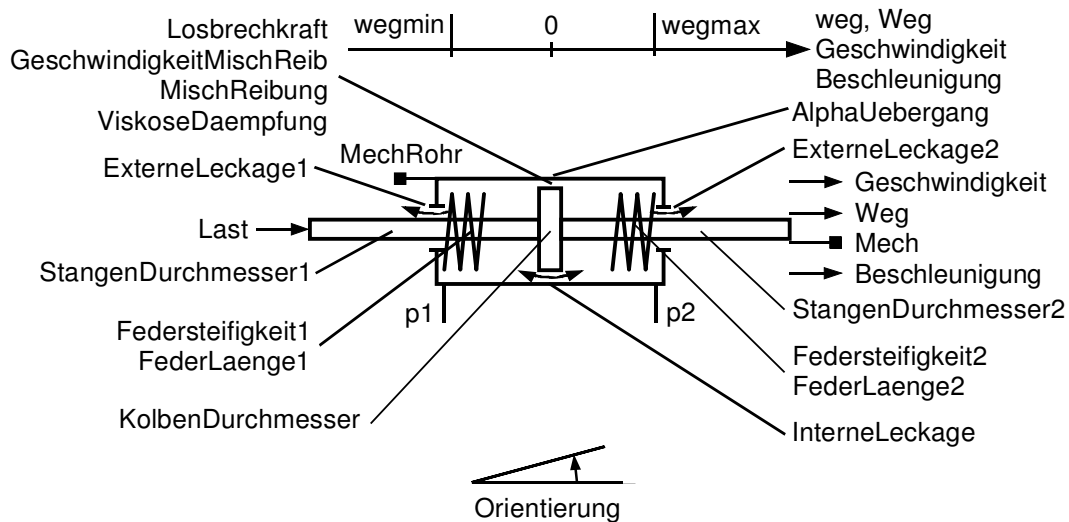
Im mechanischen Anschluss *Mech* des Bauteils HYDROMOTORTHERM sind der Drehwinkel des Motors (*Mechphi*), die Winkelgeschwindigkeit (*Mechomega*) und das Lastmoment (*MechM*) zusammengefaßt.

## ZylinderTherm



## Symbol

## Skizze



## Anschlüsse und Variablen

| Bezeichnung | Typ   | Einheit | Beschreibung                             |
|-------------|-------|---------|------------------------------------------|
| p1          | THydr | bar     | Druck am Anschluss 1                     |
| p2          | THydr | bar     | Druck am Anschluss 2                     |
| Last        | Ein   | N       | Am Kolben anliegende Kraft               |
| Mech        | Mech  | -       | Mechanischer Anschluss                   |
| MechF       | Ein   | N       | am Kolben anliegende Kraft               |
| Mechx       | Aus   | mm      | Weg des Kolbens                          |
| Mechv       | Aus   | m/s     | Geschwindigkeit des Kolbens              |
| MechRohr    | Mech  | -       | Mechanischer Anschluss                   |
| MechF       | Aus   | N       | an Zylinderrohr angreifende innere Kraft |
| Mechx       | Ein   | mm      | Weg des Zylinderrohrs                    |
| Mechv       | Ein   | m/s     | Geschwindigkeit des Zylinderrohrs        |

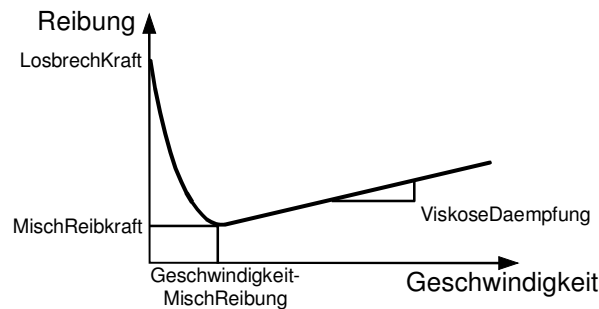
| Bezeichnung     | Typ | Einheit          | Beschreibung                |
|-----------------|-----|------------------|-----------------------------|
| Beschleunigung  | Aus | m/s <sup>2</sup> | Beschleunigung des Kolbens  |
| Geschwindigkeit | Aus | m/s              | Geschwindigkeit des Kolbens |
| Weg             | Aus | mm               | Weg des Kolbens             |
| Waermestrom1    | Aus | W                | Wärmestrom im Anschluss 1   |
| Waermestrom2    | Aus | W                | Wärmestrom im Anschluss 2   |

### Parameter

| Bezeichnung                 | Wert  | Einheit               | Beschreibung                                                            |
|-----------------------------|-------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| KolbenDurchmesser           | 100   | mm                    | Durchmesser des Kolbens                                                 |
| StangenDurchmesser1         | 50    | mm                    | Durchmesser der Stange 1                                                |
| StangenDurchmesser2         | 0     | mm                    | Durchmesser der Stange 2                                                |
| wegmax                      | 100   | mm                    | Maximaler Kolbenweg in positiver Richtung                               |
| wegmin                      | -100  | mm                    | Maximaler Kolbenweg in negativer Richtung                               |
| Masse                       | 10    | kg                    | Masse von Kolben und Kolbenstange                                       |
| LosbrechKraft               | 100   | N                     | Kennwert für die Stribeck-Kurve                                         |
| MischReibkraft              | 10    | N                     | Kennwert für die Stribeck-Kurve                                         |
| GeschwindigkeitMischReibung | 0.1   | m/s                   | Kennwert für die Stribeck-Kurve                                         |
| ViskoseDaempfung            | 10    | Ns/m                  | Kennwert für die Stribeck-Kurve                                         |
| Orientierung                | 0     | deg                   | Winkel der Zylinderachse zur Horizontalen                               |
| ExterneLeckage1             | 0     | l/min/bar             | Aus dem Zylinder an der Kolbenstange 1 austretende Hydraulikflüssigkeit |
| ExterneLeckage2             | 0     | l/min/bar             | Aus dem Zylinder an der Kolbenstange 2 austretende Hydraulikflüssigkeit |
| InterneLeckage              | 0.001 | l/min/bar             | Interne Leckage                                                         |
| FederLaenge1                | 0     | mm                    | Aktive Länge der Feder 1                                                |
| Federsteifigkeit1           | 0     | N/mm                  | Steifigkeit der Feder 1                                                 |
| FederLaenge2                | 0     | mm                    | Aktive Länge der Feder 2                                                |
| Federsteifigkeit2           | 0     | N/mm                  | Steifigkeit der Feder 2                                                 |
| AlphaUebergang              | 75    | W/(m <sup>2</sup> *K) | linearer Wärmeübergangskoeffizient der Zylinderoberfläche               |

## Bemerkungen

Das Bauteil ZYLINDER THERM ist das Modell eines Gleichgang- oder Differentialzylinders, der über zwei thermo-hydraulische Anschlüsse angesteuert wird und bei dem die Reibung zwischen Kolben und Zylinderwand berücksichtigt wird. Wird ein Differentialzylinder benötigt, muss lediglich ein Stangendurchmesser (*StangenDurchmesser1* oder *StangenDurchmesser2*) mit Null parametrieren. In diesem Fall wird die externe Leckage (*ExterneLeckage1* oder *ExterneLeckage2*) für diese Zylinderseite automatisch zu Null gesetzt. Als Bauteilsymbol kann zwischen einem Gleichgang- und Differentialzylinder ausgewählt werden.



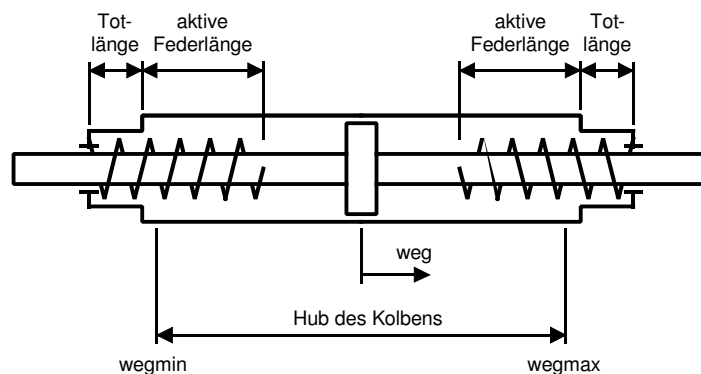
Die geschwindigkeitsabhängige Reibung zwischen Kolben und Zylinderwand ist gemäß der Stribeck-Kurve modelliert. Die Kennwerte *Losbrechkraft*, *MischReibkraft*, *GeschwindigkeitMischReib* und *ViskoseDaempfung* beschreiben die im Bild dargestellten Punkte der Reibkurve und ihre Steigung im Bereich der reinen Flüssigkeitsreibung. Die Reibkraft ist druckunabhängig.

Im mechanischen Anschluss *Mech* des Bauteils sind der Weg des Zylinders (*Mechx*), die Geschwindigkeit (*Mechv*) und die Last (*MechF*) zusammengefasst.

Mit dem mechanischen Anschluss *MechRohr* kann der Zylinder gegen Umgebung abgestützt werden. Da das Zylinderrohr im Modell masselos ist, muss eine externe Masse angeschlossen werden, die wiederum z. B. mit einer Feder gegen Umgebung nachgebend abgestützt werden kann.

Bei einer Schrägstellung des Zylinders dient die *Orientierung* zur Berücksichtigung der Gewichtskraft.

Unter dem Parameter *FederLaenge* wird die aktive Federlänge, also Gesamtlänge der Feder abzüglich der Totlänge, verstanden. Das folgende Bild zeigt die Prinzipskizze eines Zylinders, in der auch die Totlängen der Federn eingezeichnet sind:



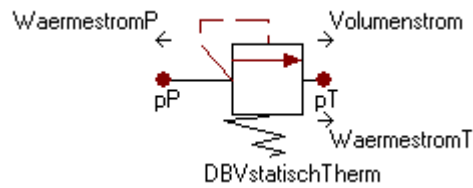
Die Gesamtlänge der Feder wird im ungespannten Zustand gemessen. Es ist daher möglich, dass die aktive Federlänge (*FederLaenge1* oder *FederLaenge2*) größer ist als der Hub (*wegmax* - *wegmin*) des Kolbens. In diesem Fall wären die Federn ständig gespannt. Ansonsten sind die Federn nicht ständig im Eingriff.

Die Berechnung der Konvektion an der Bauteiloberfläche wird durch die Angabe einer Bauteiloberfläche  $A_B$  und des dazugehörigen materialabhängigen Wärmeübergangskoeffizienten  $\alpha_B$  beschrieben.

$$\dot{Q}_B = \alpha_B \cdot A_B \cdot \Delta T$$

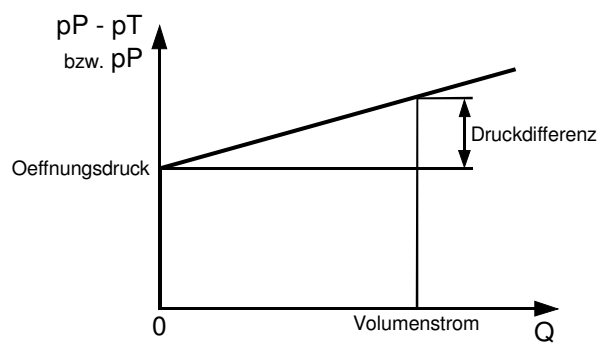
Die Berechnung der Konvektion erfolgt für jede Zylinderkammer in Abhängigkeit der aktuellen Kolbenposition. Die Oberfläche addiert sich aus der hubabhängigen Mantelfläche und der Stirnfläche der Zylinderkammer. Die Stirnflächen werden als Ringfläche betrachtet. Konvektion durch die Kolbenstange wird nicht berücksichtigt.

## DBVstatischTherm



## Symbol

## Skizze



## Anschlüsse und Variablen

| Bezeichnung  | Typ   | Einheit | Beschreibung                               |
|--------------|-------|---------|--------------------------------------------|
| pP           | THydr | bar     | Eingangsdruck                              |
| pT           | THydr | bar     | Ausgangsdruck                              |
| Volumenstrom | Aus   | l/min   | Volumenstrom, der durch das Bauteil fließt |
| WaermestromP | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss P                  |
| WaermestromT | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss T                  |

## Parameter

| Bezeichnung    | Wert | Einheit | Beschreibung                                                        |
|----------------|------|---------|---------------------------------------------------------------------|
| Volumenstrom   | 30   | l/min   | Volumenstrom durch das Ventil bei anliegender <i>Druckdifferenz</i> |
| Druckdifferenz | 5    | bar     | s.o.                                                                |
| Oeffnungsdruck | 200  | bar     | Druck, bei dem das Ventil öffnet                                    |
| Entlastet      | 1    | -       | Siehe Bemerkungen                                                   |

| Bezeichnung        | Wert   | Einheit | Beschreibung                        |
|--------------------|--------|---------|-------------------------------------|
| ReferenzTemperatur | 313.15 | K       | Temperatur im Referenzbetriebspunkt |
| ReferenzDruck      | 100    | bar     | Druck im Referenzbetriebspunkt      |

### Bemerkungen

Das DBVSTATISCHTHERM ist das Modell eines direktgesteuerten Druckbegrenzungsventils. Bei Erreichen des *Oeffnungsdrucks* öffnet das Ventil, so dass Hydraulikflüssigkeit zum Tank hin abfließen kann. Der abfließende *Volumenstrom* nimmt linear mit ansteigender Druckdifferenz ( $pP - pT$  bzw.  $pP$ ) zu.

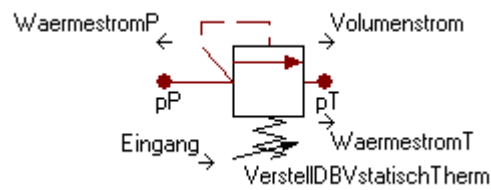
Ein entlastetes Ventil (*Entlastet* = 1) öffnet, sobald der Versorgungsdruck  $pP$  größer als der *Oeffnungsdruck* wird (Öffnungsbedingung:  $pP > \text{Oeffnungsdruck}$ ). Wird ein nicht entlastetes Ventil eingesetzt (*Entlastet* = 0), wirkt sich auch der Druck am Anschluss  $pT$  auf den Öffnungspunkt aus (Öffnungsbedingung:  $pP - pT > \text{Oeffnungsdruck}$ ).

Das Bauteil DBVSTATISCHTHERM ist kein Modell eines Druckbegrenzungsventils gemäß seinem physikalischen Aufbau, sondern bildet lediglich die Kennlinie eines Druckbegrenzungsventils nach. Das heißt, dass mit diesem Modell dynamische Effekte (z. B. Trägheitskräfte), die aufgrund des physikalischen Aufbaus eines Druckbegrenzungsventils auftreten, nicht berücksichtigt werden.

Ein statisches Druckbegrenzungsventil steht auch als Bauteil zur Verfügung, bei dem der Öffnungspunkt während der Simulation verstellbar ist (VERSTELDBVSTATISCHTHERM).

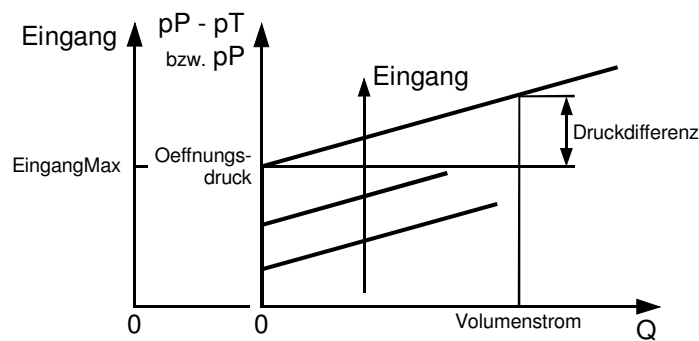
Die Angaben zum Referenzpunkt für die Temperatur und den Druck werden benötigt, um während der Simulation den Blendenbeiwert temperaturabhängig zu korrigieren.

## VerstellDBVstatischTherm



## Symbol

## Skizze



## Anschlüsse und Variablen

| Bezeichnung  | Typ   | Einheit | Beschreibung                  |
|--------------|-------|---------|-------------------------------|
| pP           | THydr | bar     | Eingangsdruck                 |
| pT           | THydr | bar     | Tankdruck                     |
| Eingang      | Ein   | -       | Eingangssignal                |
| Volumenstrom | Aus   | l/min   | Abfließender Volumenstrom (Q) |
| WaermestromP | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss P     |
| WaermestromT | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss T     |

## Parameter

| Bezeichnung        | Wert   | Einheit | Beschreibung                                                        |
|--------------------|--------|---------|---------------------------------------------------------------------|
| Volumenstrom       | 30     | l/min   | Volumenstrom durch das Ventil bei anliegender <i>Druckdifferenz</i> |
| Druckdifferenz     | 5      | bar     | s.o.                                                                |
| ReferenzTemperatur | 313.15 | K       | Temperatur im Referenzbetriebspunkt                                 |

| Bezeichnung    | Wert | Einheit | Beschreibung                                                 |
|----------------|------|---------|--------------------------------------------------------------|
| ReferenzDruck  | 100  | bar     | Druck im Referenzbetriebspunkt                               |
| Oeffnungsdruck | 200  | bar     | Maximal einstellbarer Öffnungsdruck (bei <i>EingangMax</i> ) |
| EingangMax     | 1    | -       | Maximales Eingangssignal                                     |
| Entlastet      | 1    | -       | Siehe Bemerkungen                                            |

### Bemerkungen

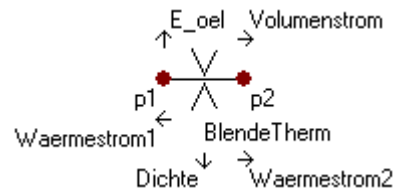
Das Bauteil VERSTELDBVSTATISCHTHERM ist das Modell eines direktgesteuerten Druckbegrenzungsventils, bei dem der Öffnungspunkt während der Simulation über das Eingangssignal verstellbar ist. Bei Erreichen des Öffnungspunkts öffnet das Ventil, so dass Hydraulikflüssigkeit zum Tank hin abfließen kann. Der abfließende *Volumenstrom* nimmt linear mit ansteigender Druckdifferenz ( $p_P - p_T$  bzw.  $p_P$ ) zu.

Ein entlastetes Ventil (*Entlastet* = 1) öffnet, sobald der Versorgungsdruck  $p_P$  den Öffnungspunkt überschreitet (Öffnungsbedingung:  $p_P > \text{Oeffnungsdruck} \cdot \text{Eingang}$ ). Wird ein nicht entlastetes Ventil eingesetzt (*Entlastet* = 0), wirkt sich auch der Druck am Anschluss  $p_T$  auf den Öffnungspunkt aus (Öffnungsbedingung:  $p_P - p_T > \text{Oeffnungsdruck} \cdot \text{Eingang}$ ).

Das Bauteil VERSTELDBVSTATISCHTHERM ist kein Modell eines Druckbegrenzungsventils gemäß seinem physikalischen Aufbau, sondern bildet lediglich die Kennlinie eines Druckbegrenzungsventils nach. Das heißt, dass mit diesem Modell dynamische Effekte (z. B. Trägheitskräfte), die aufgrund des physikalischen Aufbaus eines Druckbegrenzungsventils auftreten, nicht berücksichtigt werden.

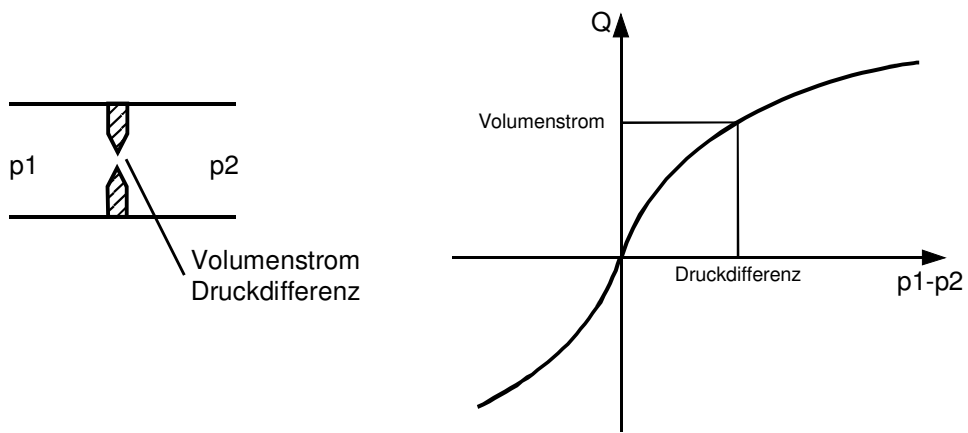
Die Angaben zum Referenzpunkt für die Temperatur und den Druck werden benötigt, um während der Simulation den Blendenbeiwert temperaturabhängig zu korrigieren.

## BlendeTherm



## Symbol

## Skizze



## Anschlüsse und Variablen

| Bezeichnung  | Typ   | Einheit | Beschreibung                                       |
|--------------|-------|---------|----------------------------------------------------|
| p1           | THydr | bar     | Druck auf Seite 1                                  |
| p2           | THydr | bar     | Druck auf Seite 2                                  |
| Volumenstrom | Aus   | l/min   | Volumenstrom durch die Blende (Q)                  |
| Waermestrom1 | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss p1                         |
| Waermestrom2 | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss p2                         |
| E_oel        | Aus   | bar     | Druck- und temperaturabhängiges E-Modul des Fluids |
| Dichte       | Aus   | kg/m3   | Druck- und temperaturabhängige Dichte des Fluids   |

## Parameter

| Bezeichnung  | Wert | Einheit | Beschreibung                                            |
|--------------|------|---------|---------------------------------------------------------|
| Volumenstrom | 30   | l/min   | Volumenstrom durch die Blende bei <i>Druckdifferenz</i> |

| Bezeichnung        | Wert   | Einheit | Beschreibung                        |
|--------------------|--------|---------|-------------------------------------|
| Druckdifferenz     | 5      | bar     | s.o.                                |
| ReferenzTemperatur | 313.15 | K       | Temperatur im Referenzbetriebspunkt |
| ReferenzDruck      | 100    | bar     | Druck im Referenzbetriebspunkt      |

### Bemerkungen

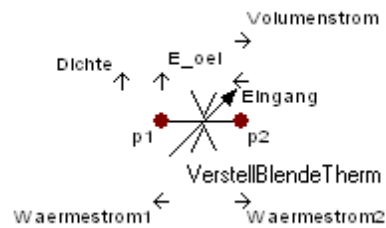
Das Bauteil `BLENDETHERM` ist das Modell eines Strömungswiderstandes mit weitgehend wurzelförmiger Abhängigkeit von der am Bauteil anliegenden Druckdifferenz  $p_1-p_2$  und dem *Volumenstrom*. Es wird über die hydraulischen Kennwerte *Volumenstrom* und *Druckdifferenz* parametrisiert.

Die `BLENDETHERM` eignet sich zur Modellierung einer Blendenöffnung, wenn das Verhältnis ihrer Länge  $l$  zu ihrem Durchmesser  $d$  verhältnismäßig klein ist. (ca.  $\frac{l}{d} < 1,5$ ).

Der *Volumenstrom* ist von der Viskosität der Hydraulikflüssigkeit abhängig.

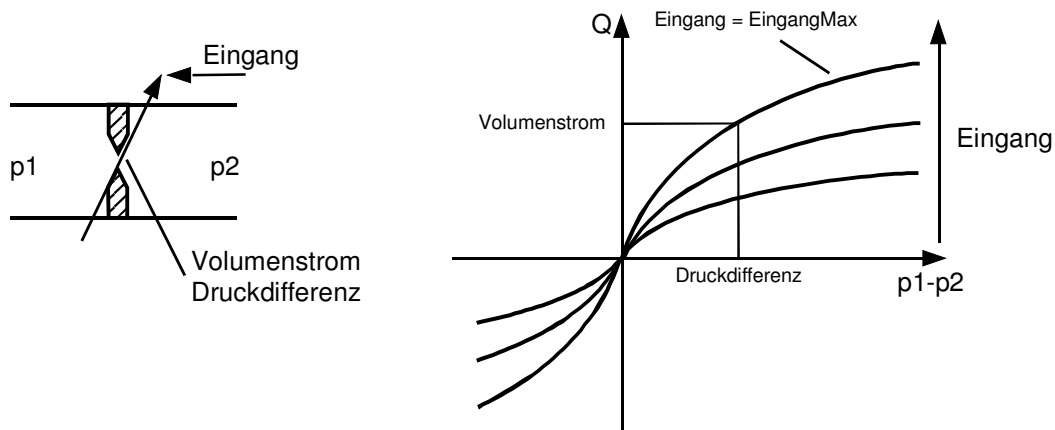
Die Angaben zum Referenzpunkt für die Temperatur und den Druck werden benötigt, um während der Simulation den Blendenbeiwert temperaturabhängig zu korrigieren.

## VerstellBlendeTherm



### Symbol

### Skizze



### Anschlüsse und Variablen

| Bezeichnung  | Typ   | Einheit           | Beschreibung                                       |
|--------------|-------|-------------------|----------------------------------------------------|
| p1           | THydr | bar               | Druck auf Seite 1                                  |
| p2           | THydr | bar               | Druck auf Seite 2                                  |
| Eingang      | Ein   | -                 | Eingangssignal für die Verstellung der Blende      |
| Volumenstrom | Aus   | l/min             | Volumenstrom durch die Blende (Q)                  |
| Waermestrom1 | Aus   | W                 | Wärmestrom im Anschluss p1                         |
| Waermestrom2 | Aus   | W                 | Wärmestrom im Anschluss p2                         |
| E_oel        | Aus   | bar               | Druck- und temperaturabhängiges E-Modul des Fluids |
| Dichte       | Aus   | kg/m <sup>3</sup> | Druck- und temperaturabhängige Dichte des Fluids   |

## Parameter

| Bezeichnung        | Wert   | Einheit | Beschreibung                                            |
|--------------------|--------|---------|---------------------------------------------------------|
| Volumenstrom       | 30     | l/min   | Volumenstrom durch die Blende bei <i>Druckdifferenz</i> |
| Druckdifferenz     | 5      | bar     | s.o.                                                    |
| ReferenzTemperatur | 313.15 | K       | Temperatur im Referenzbetriebspunkt                     |
| ReferenzDruck      | 100    | bar     | Druck im Referenzbetriebspunkt                          |

## Bemerkungen

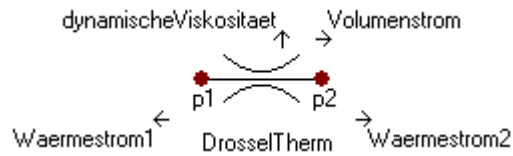
Das Bauteil VerstellBLENDETherm ist das Modell eines Strömungswiderstandes mit weitgehend wurzelförmiger Abhängigkeit von der am Bauteil anliegenden Druckdifferenz  $p_1-p_2$  und dem *Volumenstrom*. Es wird über die hydraulischen Kennwerte *Volumenstrom* und *Druckdifferenz* parametrisiert. Das Verhältnis von *Volumenstrom* zu *Druckdifferenz*  $p_1-p_2$  ist über das Eingangssignal verstellbar.

Die VerstellBLENDETherm eignet sich zur Modellierung einer Blendenöffnung, wenn das Verhältnis ihrer Länge  $l$  zu ihrem Durchmesser  $d$  verhältnismäßig klein ist. (ca.  $\frac{l}{d} < 1,5$ ).

Der *Volumenstrom* ist von der Viskosität der Hydraulikflüssigkeit abhängig.

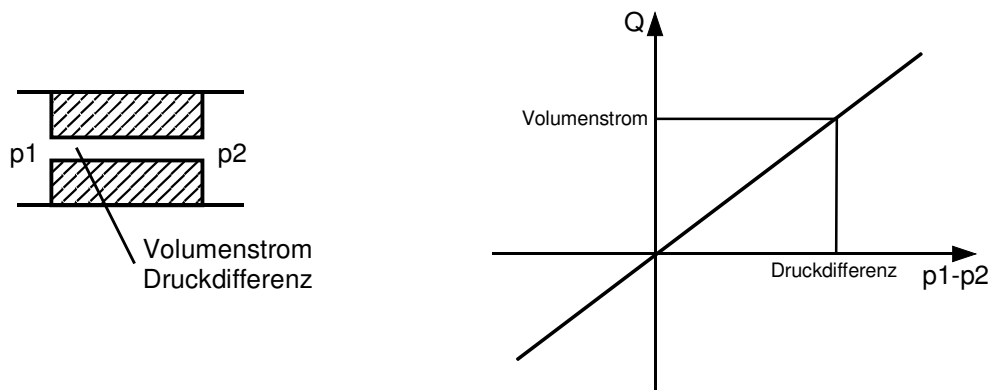
Die Angaben zum Referenzpunkt für die Temperatur und den Druck werden benötigt, um während der Simulation den Blendenbeiwert temperaturabhängig zu korrigieren.

## DrosselTherm



## Symbol

## Skizze



## Anschlüsse und Variablen

| Bezeichnung            | Typ   | Einheit           | Beschreibung                              |
|------------------------|-------|-------------------|-------------------------------------------|
| p1                     | THydr | bar               | Druck auf Seite 1                         |
| p2                     | THydr | bar               | Druck auf Seite 2                         |
| Volumenstrom           | Aus   | l/min             | Volumenstrom durch die Drossel (Q)        |
| Waermestrom1           | Aus   | W                 | Wärmestrom im Anschluss 1                 |
| Waermestrom2           | Aus   | W                 | Wärmestrom im Anschluss 2                 |
| Dynamische Viskositaet | Aus   | Ns/m <sup>2</sup> | Druck- und temperaturabhängige Viskosität |

## Parameter

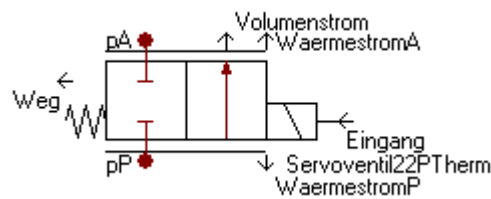
| Bezeichnung        | Wert   | Einheit | Beschreibung                                             |
|--------------------|--------|---------|----------------------------------------------------------|
| Volumenstrom       | 30     | l/min   | Volumenstrom durch die Drossel bei <i>Druckdifferenz</i> |
| Druckdifferenz     | 5      | bar     | s.o.                                                     |
| ReferenzTemperatur | 313.15 | K       | Temperatur im Referenzbetriebspunkt                      |
| ReferenzDruck      | 100    | bar     | Druck im Referenzbetriebspunkt                           |

### **Bemerkungen**

Das Bauteil DROSSELTHERM ist das Modell eines Strömungswiderstandes mit weitgehend linearer Abhängigkeit der am Bauteil anliegenden Druckdifferenz  $p_1-p_2$  vom *Volumenstrom*. Es wird über die hydraulischen Kennwerte *Volumenstrom* bei *Druckdifferenz* parametrisiert. Die dynamische Viskosität kann über den gleichnamigen Anschluss ausgegeben werden.

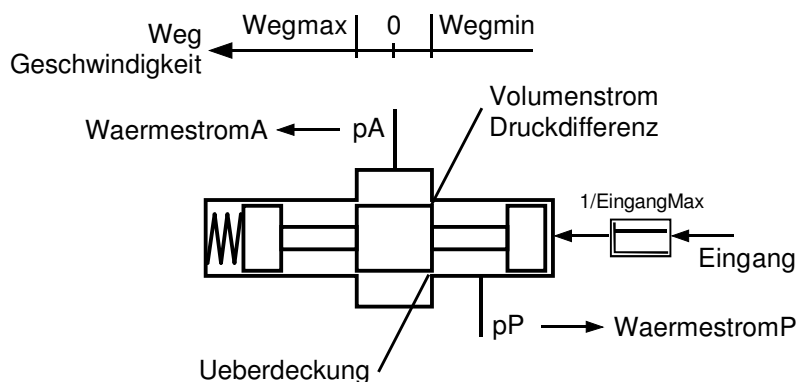
Die Angaben zum Referenzpunkt für die Temperatur und den Druck werden benötigt, um während der Simulation den Drosselleitwert temperaturabhängig zu korrigieren.

## Servoventil22PTerm



## Symbol

## Skizze



## Anschlüsse und Variablen

| Bezeichnung  | Typ   | Einheit | Beschreibung                   |
|--------------|-------|---------|--------------------------------|
| pP           | THydr | bar     | Versorgungsdruck               |
| pA           | THydr | bar     | Arbeitsdruck                   |
| Eingang      | Ein   | -       | Eingangssignal für Schieberweg |
| Weg          | Aus   | mm      | Weg des Schiebers              |
| Volumenstrom | Aus   | l/min   | Volumenstrom                   |
| WaermestromA | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss A      |
| WaermestromP | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss P      |

## Parameter

| Bezeichnung    | Wert | Einheit | Beschreibung                                                                         |
|----------------|------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Volumenstrom   | 30   | l/min   | Volumenstrom bei maximalem Öffnungsquerschnitt und anliegender <i>Druckdifferenz</i> |
| Druckdifferenz | 35   | bar     | s.o.                                                                                 |

| Bezeichnung        | Wert   | Einheit | Beschreibung                                |
|--------------------|--------|---------|---------------------------------------------|
| ReferenzTemperatur | 313.15 | K       | Temperatur im Referenzbetriebspunkt         |
| ReferenzDruck      | 100    | bar     | Druck im Referenzbetriebspunkt              |
| Wegmax             | 1      | mm      | Maximaler Schieberweg in positiver Richtung |
| Wegmin             | 0      | mm      | Maximaler Schieberweg in negativer Richtung |
| Ueberdeckung       | 0      | %       | Relative Überdeckung der Steuerkante        |
| EingangMax         | 1      | -       | Normiergröße für Eingangssignal             |

### Bemerkungen

Das Bauteil SERVOVENTIL22PTHERM ist das Modell eines 2/2-Wege-Proportionalventils, dessen Schieberweg sich proportional zum Eingangssignal verhält. Die Durchflusscharakteristik des Ventils wird über die Parameter *Volumenstrom* und *Druckdifferenz* und die *Ueberdeckung* angegeben.

Für die Überdeckung der Steuerkante gilt:

*Ueberdeckung* < 0: Ventil in Ruhestellung geöffnet

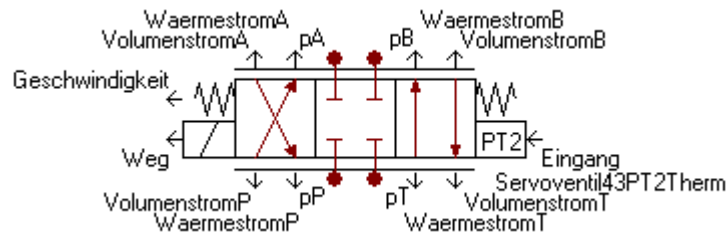
*Ueberdeckung* = 0: Ventil in Ruhestellung gerade geschlossen

*Ueberdeckung* > 0: Ventil in Ruhestellung geschlossen

Das Bauteil SCHALTVENTIL22PTHERM ist kein Modell des physikalischen Aufbaus eines Ventils, sondern bildet lediglich seine charakteristischen Eigenschaften nach. Daher werden physikalische Kennwerte (z. B. Schiebermasse oder Federsteifigkeit) nicht parametrisiert.

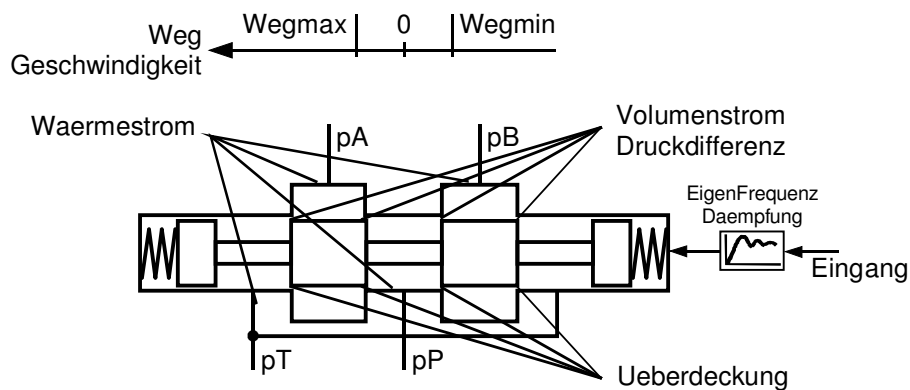
Die Angaben zum Referenzpunkt für die Temperatur und den Druck werden benötigt, um während der Simulation den Blendenbeiwert temperaturabhängig zu korrigieren.

## Servoventil43PT2Therm



## Symbol

## Skizze



## Anschlüsse und Variablen

| Bezeichnung   | Typ   | Einheit | Beschreibung                   |
|---------------|-------|---------|--------------------------------|
| pP            | THydr | bar     | Versorgungsdruck               |
| pT            | THydr | bar     | Tankdruck                      |
| pA            | THydr | bar     | Arbeitsdruck A                 |
| pB            | THydr | bar     | Arbeitsdruck B                 |
| Eingang       | Ein   | -       | Eingangssignal für Schieberweg |
| VolumenstromP | Aus   | l/min   | Volumenstrom im Anschluss P    |
| VolumenstromT | Aus   | l/min   | Volumenstrom im Anschluss T    |
| VolumenstromA | Aus   | l/min   | Volumenstrom im Anschluss A    |
| VolumenstromB | Aus   | l/min   | Volumenstrom im Anschluss B    |
| WärmestromP   | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss P      |
| WärmestromT   | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss T      |
| WärmestromA   | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss A      |

| Bezeichnung     | Typ | Einheit | Beschreibung                  |
|-----------------|-----|---------|-------------------------------|
| WaermestromB    | Aus | W       | Wärmestrom im Anschluss B     |
| Weg             | Aus | mm      | Weg des Schiebers             |
| Geschwindigkeit | Aus | m/s     | Geschwindigkeit des Schiebers |

### Parameter

| Bezeichnung        | Wert   | Einheit | Beschreibung                                                                         |
|--------------------|--------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Volumenstrom       | 30     | l/min   | Volumenstrom bei maximalem Öffnungsquerschnitt und anliegender <i>Druckdifferenz</i> |
| Druckdifferenz     | 35     | bar     | s.o                                                                                  |
| ReferenzTemperatur | 313.15 | K       | Temperatur im Referenzbetriebspunkt                                                  |
| ReferenzDruck      | 100    | bar     | Druck im Referenzbetriebspunkt                                                       |
| Ueberdeckung       | 0      | %       | Relative Überdeckung der Steuerkanten                                                |
| EigenFrequenz      | 50     | Hz      | Parameter für Ansteuercharakteristik                                                 |
| Daempfung          | 0.7    | -       | Parameter für Ansteuercharakteristik                                                 |
| Geschwindigkeitmax | 1E99   | m/s     | Maximale Schiebergeschwindigkeit in positiver Richtung                               |
| Geschwindigkeitmin | -1E99  | m/s     | Maximale Schiebergeschwindigkeit in negativer Richtung                               |
| EingangMax         | 1      | -       | Normiergröße für Eingangssignal                                                      |
| Wegmax             | 1      | mm      | Maximaler Schieberweg in positiver Richtung                                          |
| Wegmin             | -1     | mm      | Maximaler Schieberweg in negativer Richtung                                          |

### Bemerkungen

Das Bauteil **SERVOVENTIL43PT2THERM** ist das Modell eines über ein Signal angesteuerten 4/3-Wege-Proportionalventils, wobei sich der *Weg* des Ventilschiebers proportional zum Eingangssignal mit einer Verzögerung zweiter Ordnung verhält. Die Durchflusscharakteristik des Ventils wird über die Parameter *Volumenstrom* und *Druckdifferenz* und die *Ueberdeckung* angegeben.

Die Überdeckungen sind an allen Steuerkanten gleich und es gilt:

*Ueberdeckung* < 0: Steuerkanten in Ruhestellung geöffnet

*Ueberdeckung* = 0: Steuerkanten in Ruhestellung gerade  
geschlossen

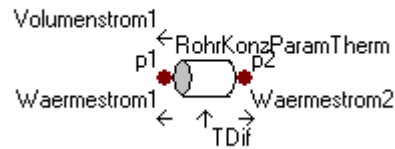
*Ueberdeckung* > 0: Steuerkanten in Ruhestellung geschlossen

Das Bauteil **SERVOVENTIL43PT2THERM** ist kein Modell des physikalischen Aufbaus eines Ventils, sondern bildet lediglich seine charakteristischen Eigenschaften nach. Physikalische Kennwerte (z. B. Schiebermasse oder Federsteifigkeit) werden nicht parametrisiert, da der *Weg* des Ventilschiebers nur vom Signal am *Eingang*, von der *Eigenfrequenz* und der *Daempfung* abhängig ist.

Über die Parameter *Geschwindigkeitmax* und *Geschwindigkeitmin* kann die Geschwindigkeitsbegrenzung der Ventilschieberbewegung eingestellt werden, die durch die Durchflußbegrenzung der Ansteuerung verursacht wird.

Die Angaben zum Referenzpunkt für die Temperatur und den Druck werden benötigt, um während der Simulation den Blendenbeiwert temperaturabhängig zu korrigieren.

## RohrKonzParamTherm



### Symbol

### Skizze



### Anschlüsse und Variablen

| Bezeichnung  | Typ   | Einheit | Beschreibung                                |
|--------------|-------|---------|---------------------------------------------|
| p1           | THydr | bar     | Druck am Rohrende 1                         |
| p2           | THydr | bar     | Druck am Rohrende 2                         |
| Volumenstrom | Aus   | l/min   | Durch das Rohr fließender Volumenstrom      |
| Waermestrom1 | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss 1                   |
| Waermestrom2 | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss 2                   |
| Volumenstrom | V     | l/min   | Rohrvolumenstrom                            |
| TDif         | Ein   | K       | Temperaturdifferenz zur Umgebungstemperatur |

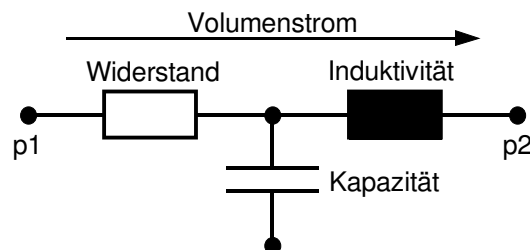
### Parameter

| Bezeichnung           | Wert | Einheit  | Beschreibung                                       |
|-----------------------|------|----------|----------------------------------------------------|
| RohrLaenge            | 1    | m        | Länge des Rohres                                   |
| RohrAussenDurchmesser | 36   | mm       | Aussendurchmesser des Rohres                       |
| RohrInnenDurchmesser  | 32   | mm       | Innendurchmesser des Rohres                        |
| AlphaUebergang        | 75   | W/(m²*K) | linearer Wärmeübergangskoeffizient der Rohrwandung |

| Bezeichnung                 | Wert | Einheit          | Beschreibung                                             |
|-----------------------------|------|------------------|----------------------------------------------------------|
| LambdaDaemmung              | 0    | W/(m*K)          | Konstante der Rohrdämmung (Wärmeleitkoeffizient)         |
| ZusatzDrosselVolumenstrom   | 30   | l/min            | Volumenstrom durch die Drossel bei <i>Druckdifferenz</i> |
| ZusatzDrosselDruckdifferenz | 0    | m                | s.o.                                                     |
| HoehenUnterschied           | 0    | m                | Höhenunterschied zwischen den Rohrenden                  |
| Erdbeschleunigung           | 9.81 | m/s <sup>2</sup> | Erdbeschleunigung                                        |

### Bemerkungen

Das Bauteil ROHRKONZPARAMTHERM ist das Modell einer Rohrleitung, das ein Rohr als hydraulische Induktivität und hydraulischen Widerstand abbildet. Die hydraulische Kapazität des Rohres wird durch die THERMOHYDROKNOTEN an den Rohrenden berücksichtigt, auf die das Flüssigkeitsvolumen des Rohres **automatisch** aufgeteilt wird (vgl. Bild).



Die Reibung im Rohr wird volumenstromabhängig berechnet.

Über den Parameter *HoehenUnterschied* kann ein Höhenunterschied zwischen den Rohrenden berücksichtigt werden. Liegt der Anschluss *p2* höher als *p1*, so ist *HoehenUnterschied* > 0.

Zur Modellierung eines Rohres müssen mehrere Bauteile ROHRKONZPARAMTHERM aneinandergereiht werden. Die Anzahl *n* der Rohrbauteile sollte so gewählt werden, dass die Länge der Rohrabschnitte kleiner als  $\frac{1}{10}$  der Wellenlänge der höchsten noch interessierenden Frequenz *f* ist.

Hat das Rohr, das abgebildet werden soll, die Länge *L*, so müssen

$$n > 10 \cdot \frac{L \cdot f}{c_0}$$

Bauteile ROHRKONZPARAMTHERM aneinandergereiht werden. Die Wellenausbreitungsgeschwindigkeit *c<sub>0</sub>* berechnet sich nach

$$c_0 = \sqrt{\frac{E'_{öl}}{\rho}}$$

mit dem Ersatzkompressionsmodul *E'<sub>öl</sub>* und der Dichte *ρ*.

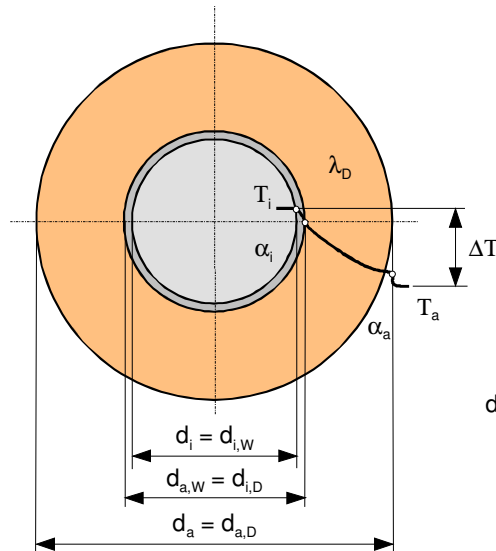
Die Anzahl der aneinandergereihten Bauteile entscheidet über die Genauigkeit des Modells.

Die Berechnung der Konvektion an der Rohrwandung kann wie folgt berechnet werden:

$$\dot{Q}_L = \dot{q}_L \cdot L$$

Der Wärmeübergang der Rohrwandung ergibt sich nach folgendem Zusammenhang:

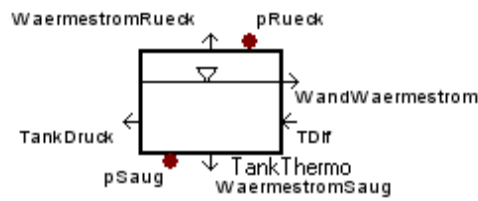
$$\dot{q}_L = \frac{\pi \cdot \Delta T}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_D} \cdot \ln \frac{d_{a,D}}{d_{i,D}} + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_a}}$$



- $\Delta T$  = Temperaturdifferenz zwischen Fluid und Umgebung
- $T_i$  = Fluidtemperatur
- $T_a$  = Umgebungstemperatur
- $\lambda_D$  = Wärmeleitkoeffizient der Dämmung bei Mitteltemperatur  $\vartheta_D$  in  $W/(m \cdot K)$
- $\alpha_i$  = Wärmeübergangskoeffizient auf der Fluidseite in  $W/(m^2 \cdot K)$
- $\alpha_a$  = Wärmeübergangskoeffizient auf der Aussenseite in  $W/(m^2 \cdot K)$
- $d_i$  = Innendurchmesser des Rohrs
- $d_{a,W} = d_{i,D}$  = Aussendurchmesser des Rohrs und Innendurchmesser der Dämmung
- $d_{a,D}$  = Aussendurchmesser der Dämmung

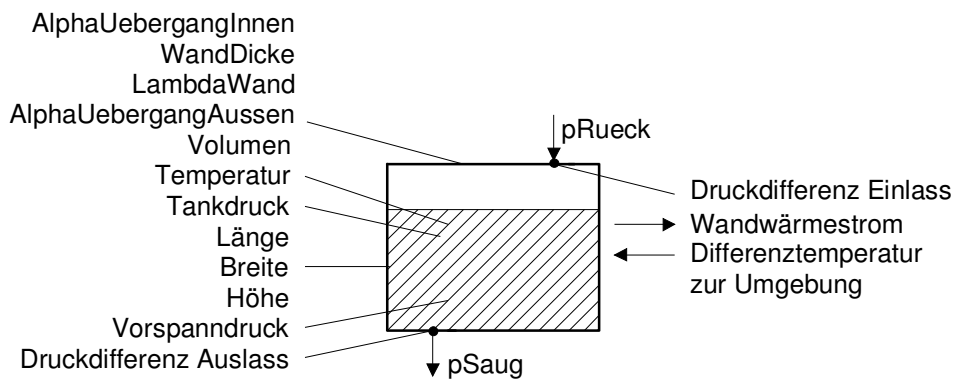
Wärmestrahlung in axialer Richtung durch die Rohrwandung wird nicht berücksichtigt.

## TankThermo



## Symbol

## Skizze



## Anschlüsse und Variablen

| Bezeichnung      | Typ   | Einheit | Beschreibung                                        |
|------------------|-------|---------|-----------------------------------------------------|
| pSaug            | THydr | bar     | Druck am Tankausslass                               |
| pRueck           | THydr | bar     | Druck am Tankeinlass                                |
| WaermestromRueck | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss<br>WaermestromRueck         |
| WaermestromSaug  | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss<br>WaermestromSaug          |
| TankDruck        | Aus   | bar     | Druck im Tank                                       |
| WandWaermestrom  | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss<br>WandWaermestrom          |
| TDif             | Ein   | K       | Temperaturdifferenz zur<br>Umgebungstemperatur      |
| Volumen          | V     | l       | Tankfüllstand                                       |
| Temperatur       | V     | K       | Fluidtemperatur im Tank zu<br>Beginn der Berechnung |

## Parameter

| Bezeichnung          | Wert   | Einheit               | Beschreibung                                                      |
|----------------------|--------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| TankHoehe            | 0.3    | m                     | Höhe des Tanks                                                    |
| TankBreite           | 0.5    | m                     | Breite des Tanks                                                  |
| TankTiefe            | 0.3    | m                     | Tiefe des Tanks                                                   |
| AlphaUebergangInnen  | 75.0   | W/(m <sup>2</sup> *K) | Wärmeübergangskoeffizient der Tankwandung                         |
| WandDicke            | 5.0    | mm                    | Dicke der Tankwandung                                             |
| LambdaWand           | 0.18   | W/(m *K)              | Wärmeleitfähigkeit der Tankwandung                                |
| AlphaUebergangAussen | 75.0   | W/(m <sup>2</sup> *K) | Wärmeübergangskoeffizient der Tankwandung                         |
| VorspannDruck        | 0      | bar                   | statischer Vorspanndruck des Tanks                                |
| Volumenstrom         | 100    | l/min                 | Volumenstrom durch den Tank bei anliegender <i>Druckdifferenz</i> |
| DruckdifferenzEin    | 0.005  | bar                   | <i>Druckdifferenz</i> im Tankeinlass                              |
| DruckdifferenzAus    | 0.01   | bar                   | <i>Druckdifferenz</i> im Tankauslass                              |
| ReferenzTemperatur   | 313.15 | K                     | Temperatur im Referenzbetriebspunkt                               |
| ReferenzDruck        | 100    | bar                   | Druck im Referenzbetriebspunkt                                    |

## Bemerkungen

Das Bauteil TANKTHERMO ist das Modell eines quaderförmigen Flüssigkeitsbehälters, dessen Volumen sich aus den Parametern *Tiefe*, *Breite* und *Hoehe* berechnet.

Das Füllvolumen des Tanks wird über die Variable *Volumen* vorgegeben. Das fluidtechnische System wird dabei als „befüllt“ und „entlüftet“ betrachtet. Verschiebevolumen eventuell vorhandener Zylinder müssen bei der Parametrierung berücksichtigt werden.

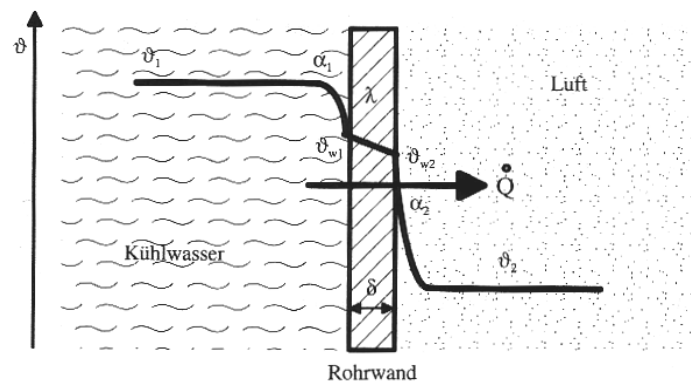
Sollte während der Simulation mehr Fluid aus dem Tank entnommen werden, als dieser laut Parametrierung enthält, so wird die Simulation mit einer Warnmeldung gestoppt.

Die Berechnung des Wärmedurchgangs wird durch die Angabe einer Bauteiloberfläche *A* und der dazugehörigen materialabhängigen Wärmeübergangskoeffizienten  $\alpha_{Innen}$ ,  $\alpha_{Aussen}$ , der Wanddicke  $\delta$  und der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  der Tankwand beschrieben werden.

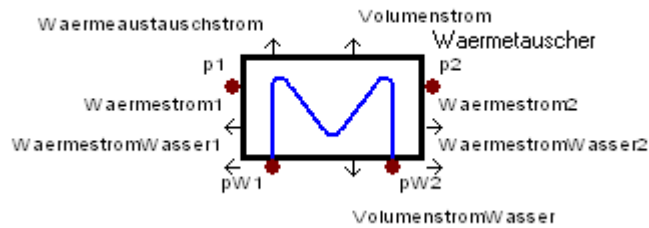
$$\dot{Q}_B = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{Innen}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{Aussen}}} \cdot A \cdot \Delta T$$

Die Bauteiloberfläche des TANKTHERMO wird als Summation aller sechs Flächen berechnet.

Die Angaben zum Referenzpunkt für die Temperatur und den Druck werden benötigt, um während der Simulation den Blendenbeiwert temperaturabhängig zu korrigieren.

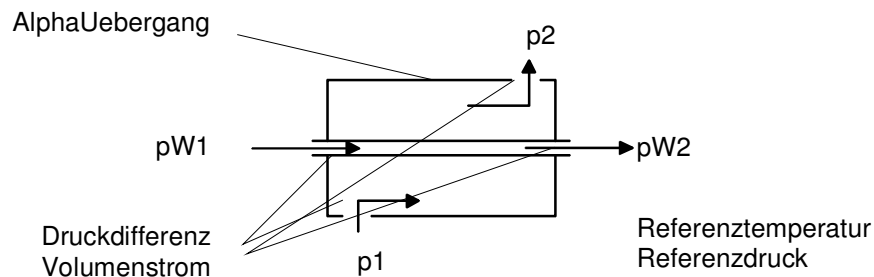


## Wärmetauscher



## Symbol

## Skizze



## Anschlüsse und Variablen

| Bezeichnung         | Typ   | Einheit | Beschreibung                                       |
|---------------------|-------|---------|----------------------------------------------------|
| p1                  | THydr | bar     | Druck am Eingang p1                                |
| p2                  | THydr | bar     | Druck am Eingang p2                                |
| pW1                 | THydr | bar     | Druck am Eingang pW1                               |
| pW2                 | THydr | bar     | Druck am Eingang pW2                               |
| Volumenstrom        | Aus   | l/min   | Fluidvolumenstrom der durch das Bauteil fließt     |
| VolumenstromWasser  | Aus   | l/min   | Wasservolumenstrom der durch das Bauteil fließt    |
| Wärmestrom1         | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss p1                         |
| Wärmestrom2         | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss p2                         |
| WärmestromWasser1   | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss pW11                       |
| WärmestromWasser2   | Aus   | W       | Wärmestrom im Anschluss pW2                        |
| Wärmeaustauschstrom | Aus   | W       | Differenz der Wärmeströme von Fluid und Kühlmedium |

**Parameter**

| Bezeichnung              | Wert   | Einheit               | Beschreibung                                                                         |
|--------------------------|--------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| VolumenstromFluid1       | 30     | l/min                 | <i>Volumenstrom</i> durch den Kühler bei anliegender <i>DruckdifferenzFluid1</i>     |
| DruckdifferenzFluid1     | 5      | bar                   | s. o.                                                                                |
| ReferenzTemperaturFluid1 | 313.1  | K                     | Temperatur des Fluids 1 im Referenzbetriebspunkt                                     |
| ReferenzDruckFluid1      | 100    | bar                   | Druck des Fluids 1 im Referenzbetriebspunkt                                          |
| VolumenstromFluid2       | 30     | l/min                 | <i>VolumenstromWasser</i> durch den Tank bei anliegender <i>DruckdifferenzFluid2</i> |
| DruckdifferenzFluid2     | 5      | bar                   | s. o.                                                                                |
| ReferenzTemperaturFluid2 | 313.15 | K                     | Temperatur des Fluids 2 im Referenzbetriebspunkt                                     |
| ReferenzDruckFluid2      | 100    | bar                   | Druck des Fluids 2 im Referenzbetriebspunkt                                          |
| Laenge                   | 0.5    | m                     | Länge des Kühlers                                                                    |
| Breite                   | 0.5    | m                     | Breite des Kühlers                                                                   |
| Tiefe                    | 0.5    | m                     | Tiefe des Kühlers                                                                    |
| AlphaUebergang           | 75.0   | W/(m <sup>2</sup> *K) | Wärmeübergangskoeffizient der Kühlerwand                                             |

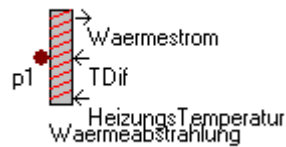
**Bemerkungen**

Das Bauteil WAERMETAUSCHER ist das Modell eines quaderförmigen Wärmetauschers, der von zwei Medien durchflossen wird, zwischen denen ein Wärmeaustausch stattfindet.

Die Berechnung der Konvektion an der Bauteiloberfläche, die als Summation aller sechs Flächen berechnet wird, ist mit der Oberfläche  $A_B$  und des dazugehörigen materialabhängigen Wärmeübergangskoeffizienten  $\alpha_B$  beschrieben.

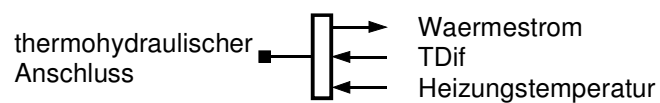
$$\dot{Q}_B = \alpha_B \cdot A_B \cdot \Delta T$$

## Waermeabstrahlung



## Symbol

## Skizze



## Anschlüsse und Variablen

| Bezeichnung         | Typ | Einheit | Beschreibung                                    |
|---------------------|-----|---------|-------------------------------------------------|
| p1                  | Ein | bar     | Druck im Anschluss p1                           |
| Heizungstemperatur  | Ein | K       | Temperaturvorgabe                               |
| Waermestrom         | Aus | W       | Wärmestrom im Anschluss p1                      |
| TDif                | Ein | K       | Temperaturdifferenz der Oberfläche zur Umgebung |
| Temperaturdifferenz | V   | K       |                                                 |

## Parameter

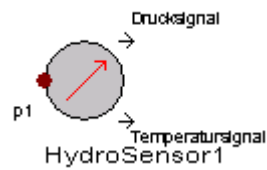
| Bezeichnung              | Wert | Einheit               | Beschreibung                                                                       |
|--------------------------|------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| AlphaUebergang           | 75   | W/(m <sup>2</sup> *K) | Wärmeübergangskoeffizient                                                          |
| Oberflaeche              | 100  | cm <sup>2</sup>       | Abstrahlende Oberfläche                                                            |
| ErwaermungsZeitKonstante | 20   | s                     | Verzögerung, mit der sich eine Fluid erwärmt an der Wandoberfläche bemerkbar macht |
| DifferenzTemperatur      | 0    | k                     | Temperaturdifferenz der Oberfläche zur Umgebung                                    |

## Bemerkungen

Das Bauteil WAERMEABSTRAHLUNG dient zur Vorgabe einer externen Temperaturvorgabe und zum Abgreifen des Wärmestromes in einem thermohydraulischen Knoten. Wird es an einen thermohydraulischen Knoten angeschlossen, können über seine Signaleingänge (*Heizungstemperatur* und *Waermestrom*) eine Temperatur eingespeist und ein Wärmestrom ausgegeben werden.

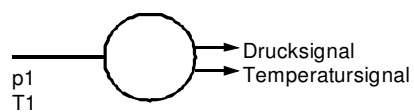
Zusätzlich kann die Temperaturdifferenz des Bauteils zur Umgebungstemperatur intern über den Parameter *Temperaturdifferenz* und/oder extern mit TDif vorgegeben werden.

## Hydrosensor



## Symbol

## Skizze



## Anschlüsse und Variablen

| Bezeichnung      | Typ | Einheit | Beschreibung          |
|------------------|-----|---------|-----------------------|
| p1               | Ein | bar     | Druck im Anschluss p1 |
| Drucksignal      | Aus | bar     | Druckabgriff          |
| Temperatursignal | Aus | K       | Temperaturabgriff     |

## Parameter

| Bezeichnung | Wert | Einheit | Beschreibung |
|-------------|------|---------|--------------|
| -           | -    | -       | -            |

## Bemerkungen

Das Bauteil HYDROSENSOR dient zum Abgriff thermohydraulischer Messgrößen. Wird es an einen thermohydraulischen Knoten angeschlossen, können über seine Signalausgänge (*Drucksignal* und *Temperatursignal*) der Druck und die Temperatur im Knoten angezeigt werden.