



# TILMedia Suite 3

**TLK-Thermo GmbH**

In Kooperation mit dem

**Institut für Thermodynamik**

**Technische Universität Braunschweig**



# TIL Media Stoffdaten optimiert für stabile und sehr schnelle dynamische Simulationen

- Berechnungsmethoden zur Darstellung von thermophysikalischen Stoffeigenschaften von:



Inkompressible Flüssigkeiten



Ideale Gase



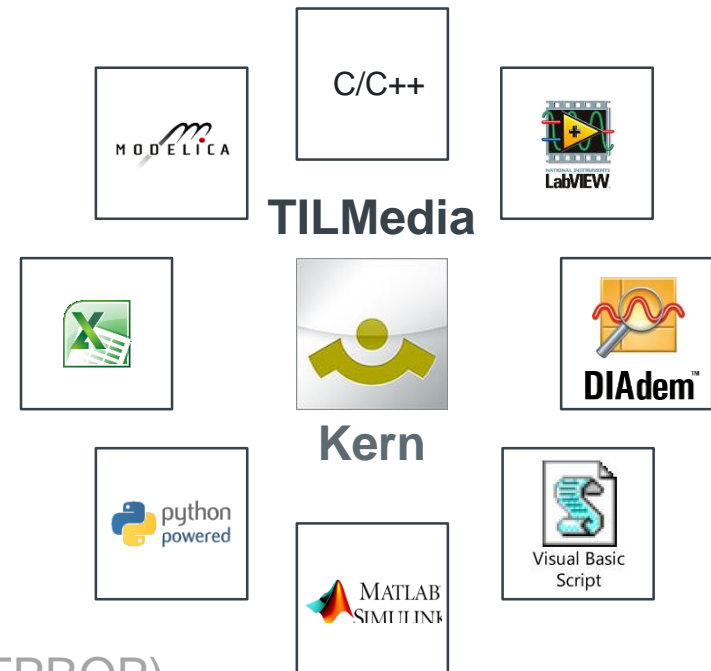
Reale Fluide (mit Zweiphasengebiet)

- Gemische

- Optimierte mathematische Gleichungen mit sehr schnellen Berechnungsmethoden und hoher Genauigkeit

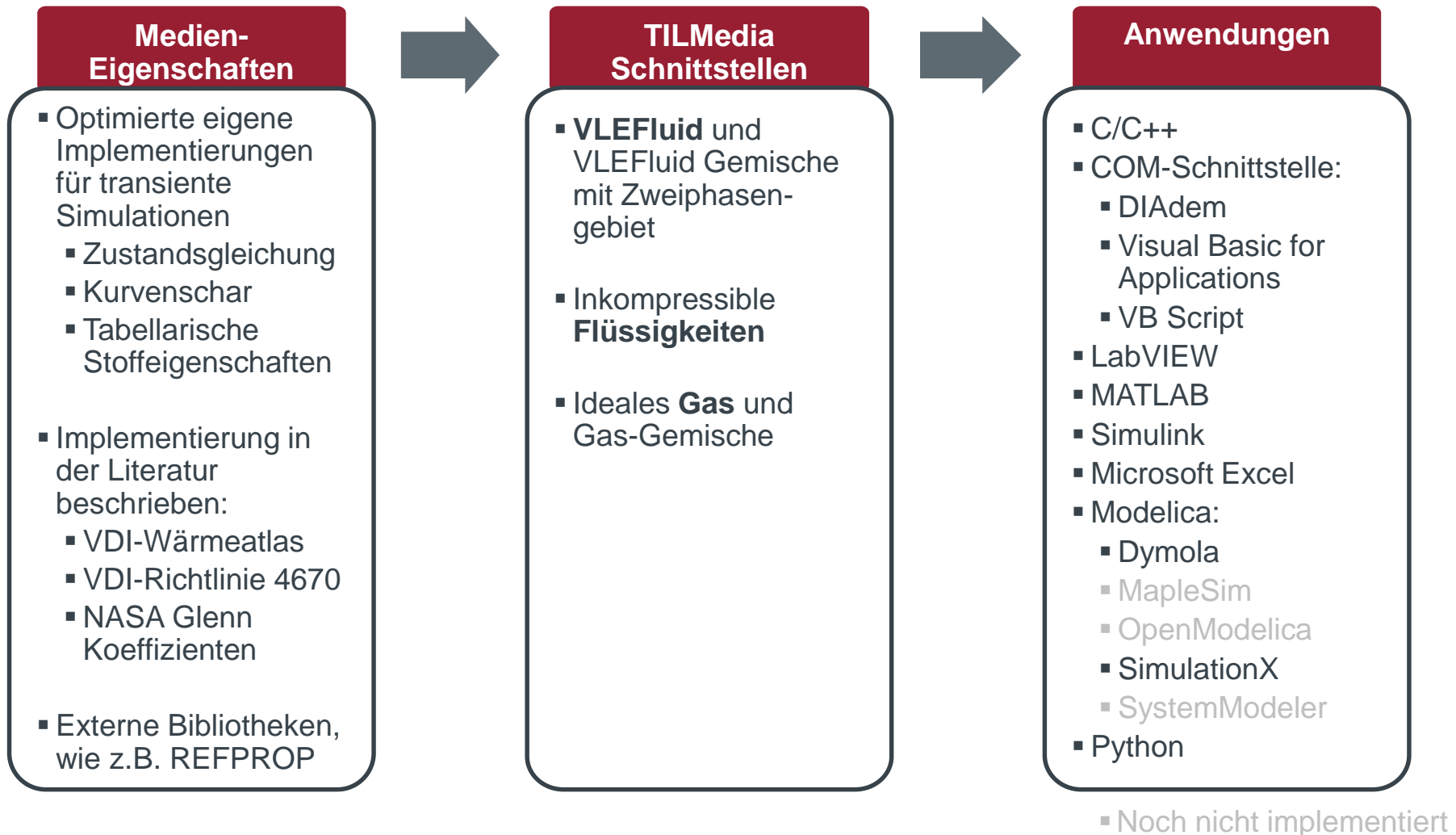
- Hunderte von Stoffen verfügbar (ebenfalls aus externen Quellen, wie z.B. REFPROP)

- TILMedia Suite verbindet einen Kern mit Stoffeigenschaften mit unterschiedlichen anderen Programmen





# TILMedia als Schnittstelle





# VLEFluide

## Verfügbare thermophysikalische Stoffeigenschaften

Schnittstelle für Fluide mit Zweiphasengebiet

Die folgenden VLEFluid-Eigenschaften werden zur Verfügung gestellt:

- Dichte
- Spezifische Enthalpie
- Druck
- Spezifische Entropie
- Temperatur
- Massenanteil
- Molanteil
- Durchschnittliche Molmasse
- Dampfmassenanteil (Eigenschaft)
- Spezifische isobare/isochores Wärmekapazität
- Isobarer thermischer Expansionskoeffizient
- Isotherme Kompressibilität
- Sättigungs-Stoffeigenschaften, Kritische Stoffeigenschaften & Stoffeigenschaften auf der Siede- und Taulinie
- Schallgeschwindigkeit
- Ableitung der Dichte nach der spezifischen Enthalpie
- Ableitung der Dichte nach dem Druck
- Ableitung der Dichte nach dem Massenanteil
- Isentropenexponent / isentroper Expansionsfaktor
- Molmasse einzelner Komponenten im Gemisch
- Prandtl-Zahl
- Thermische Konduktivität
- Dynamische Viskosität
- Oberflächenspannung

Als eine Funktion aus:

- $p, h, xi$     ▪  $p, s, xi$
- $p, T, xi$     ▪  $d, T, xi$     mit  $xi=1$  für eine einzelne Komponente



# Verfügbare reine VLEFluide Berechnungsansätze für Simulationen mit Zustandsgleichungen

- Schneller als REFPROP
  - Nicht exportierbar
  - Moderater Speicherbedarf
  - Sehr genaue Berechnungen
- 
- |  |  |                       |
|--|--|-----------------------|
| ▪ Ammoniak                               | ▪ O-Xylen  | ▪ R32                 |
| ▪ Argon                                  | ▪ Propan   | ▪ R404A (PPF)         |
| ▪ CO <sub>2</sub> (Span/Wagner und GERG) | ▪ P-Xylen  | ▪ R407C (PPF)         |
| ▪ Ethanol                                | ▪ R1234yf  | ▪ R410A (PPF)         |
| ▪ Ethylbenzen                            | ▪ R125   | ▪ R507A (PPF)         |
| ▪ M-Xylen                                | ▪ R134a (Tillner-Roth/<br>Baehr und Astina/Sato) | ▪ Wasser (IAPWS 1995) |
| ▪ Stickstoff                             | ▪ R143a  |                       |
| ▪ Sauerstoff                             | ▪ R245fa   |                       |



# Verfügbare reine VLEFluide

## Implementierungen mit Kurvenscharen:

- Sehr schnell
- Exportierbar
- Geringer Speicherbedarf
- Gute Genauigkeit der Berechnungsergebnisse
- CO<sub>2</sub>
- R1234yf
- R134a
- R407C
- R410A
- Wasser

## Tabellarische thermophysikalische Stoffeigenschaften\*:

- Sehr schnell
- Exportierbar
- Hoher Speicherbedarf
- Sehr genaue Berechnungen
- Luft (PPF)
- Methan
- R134a
- Tabellarische Stoffeigenschaften aller REFPROP-Fluide auf Anfrage.

\* Only available with the Modelica library TIL



# Verfügbare VLEFluide – REFPROP

## REFPROP (208 Medien, reine Fluide und Gemische):

▪ 1-Buten	▪ DEE	▪ Krypton	▪ (R-732)	▪ R-125	▪ R-407E	▪ R-425A	▪ R-509A
▪ Aceton	▪ Decan	▪ (R-784)	▪ Oxylen	▪ R-134a	▪ R-407F	▪ R-426A	▪ R-510A
▪ Amarillo	▪ DMC	▪ Luft	▪ Parawasser-	▪ R-141b	▪ R-408A	▪ R-427A	▪ R-512A
▪ Ammoniak	▪ DME	▪ MDN	▪ stoff (R-702p)	▪ R-142b	▪ R-409A	▪ R-428A	(Lemy 134)
▪ Argon (R-740)	▪ Ebenzen	▪ MD2M	▪ Pentan	▪ R-143a	▪ R-409B	▪ R-429A	▪ R-744
▪ Benzen	▪ Ekofisk	▪ MD3N	▪ (R-601)	▪ R-152a	▪ R-410A	▪ R-430A	▪ R-1216
▪ Butane	▪ Ethan	▪ MD4N	▪ Propan	▪ R-161	▪ R-410B	▪ R-431A	▪ R-1233zd
▪ (R-600)	▪ (R-170)	▪ Methan	▪ (R-290)	▪ R-218	▪ R-411A	▪ R-432A	▪ R-1234yf
▪ C1-CC6	▪ Ethanol	▪ (R-50)	▪ Propylen	▪ R-227ea	▪ R-411B	▪ R-433A	▪ R-1234ze
▪ C2-Butene	▪ Ethylen	▪ Methanol	▪ (R-1270)	▪ R-236ea	▪ R-412A	▪ R-434A	▪ R-C318
▪ C3-CC6	▪ (R-1150)	▪ Methyl Linoleat	▪ Propin	▪ R-236fa	▪ R-413A	▪ R-435A	▪ RE143a
▪ C4-F10	▪ Fluorin	▪ MM	▪ P-Xylen	▪ R-245ca	▪ R-414A	▪ R-436A	(HFE-143m)
▪ (R-3-1-10)	▪ Glfcoast	▪ Methyl Oleat	▪ R-11	▪ R-245fa	▪ R-414B	▪ R-436B	▪ RE245cb2
▪ C5-F12	▪ H2S	▪ Methyl	▪ R-12	▪ R-365mfc	▪ R-415A	▪ R-437A	(HFE-245cb2)
▪ (R-4-1-12)	▪ HCL	▪ Palmitat	▪ R-13	▪ R-401A	▪ R-415B	▪ R-438A	▪ RE245fa2
▪ C11	▪ Helium	▪ Methyl Stearat	▪ R-14	▪ R-401B	▪ R-416A	▪ R-441A	(HFE-245fa2)
▪ C12	▪ (R-704)	▪ M-Xylen	▪ R-21	▪ R-401C	▪ R-417A	▪ R-442A	▪ RE347mcc
▪ C-F3-I	▪ Heptan	▪ N2O (R-744A)	▪ R-22	▪ R-402A	▪ R-418A	▪ (RS-50)	(HFE-7000)
▪ CO	▪ Hexan	▪ Neon (R-720)	▪ R-23	▪ R-402B	▪ R-419A	▪ R-443A	▪ Sauerstoff
▪ COS	▪ HighCO2	▪ Neopentan	▪ R-32	▪ R-403A	▪ R-420A	▪ R-444A (AC5)	▪ SF6
▪ Cyclohexan	▪ HighN2	▪ NF3	▪ R-40	▪ R-403B	▪ R-421A	▪ R-500	▪ SO2 (R-764)
▪ Cyclopropan	▪ (R-702)	▪ Ngsample	▪ R-41	▪ R-404A	▪ R-421B	▪ R-501	▪ Stickstoff
▪ D2	▪ I-Buten	▪ Nonan	▪ R-113	▪ R-405A	▪ R-422A	▪ R-502	(R-728)
▪ D4	▪ I-Hexan	▪ Novvec649	▪ R-114	▪ R-406A	▪ R-422B	▪ R-503	▪ T2-Buten
▪ D5	▪ I-Octan	▪ Novvec7000	▪ R-115	▪ R-407A	▪ R-422C	▪ R-504	▪ Toluen
▪ D6	▪ I-Pentan	▪ Octan	▪ R-116	▪ R-407B	▪ R-422D	▪ R-507A	▪ Wasser
▪ D2O	▪ 601a) (R-	▪ Orthowasser-	▪ R-123	▪ R-407C	▪ R-423A	▪ R-508A	▪ Wasserstoff
	▪ Isobutanol	▪ stoff (R-702)	▪ R-124	▪ R-407D	▪ R-424A	▪ R-508B	▪ Xenon

Tabellarische (Hochgeschwindigkeits-) Stoffeigenschaften können für alle 208 REFPROP-Fluide auf Anfrage erstellt werden.



# VLEFluid Gemische

## Variable Gemisch-Berechnungen:

Fundamentalgleichungen (sehr detailliert und erstellt für transiente Simulationen) :

- Ammoniak und Wasser (Tillner-Roth & Friend)

## Kubische Zustandsgleichungen:

- Argon
- CO<sub>2</sub>
- Ethanol
- Wasserstoff
- Stickstoff
- Sauerstoff
- Wasser
- und viele mehr (VDI-Wärmeatlas)

Alle 208 REFPROP-Fluide miteinander





# Flüssigkeiten

## Verfügbare thermophysikalische Stoffeigenschaften

Schnittstelle für inkompressible Flüssigkeiten

Die folgenden Flüssigkeits-Stoffeigenschaften stehen zur Verfügung:

- Dichte
- Spezifische Enthalpie
- Druck
- Spezifische Entropie
- Temperatur
- Spezifische isobare Wärmekapazität
- Isobarer thermischer Expansionskoeffizient
- Ableitung der Dichte nach der spezifischen Enthalpie
- Prandtl-Zahl
- Thermische Konduktivität
- Dynamische Viskosität

Als eine Funktion aus:

- $p, h$
- $p, T$



# Verfügbare Flüssigkeiten

Polynomiale Anpassungen, 1-dimensional, temperaturabhängig:

- Addinol XW15
- Glysantin (30%-60%)
- Öl Aral 0W30
- Öl 15W40
- Propylenglykol (30%-50%)
- SHC\_XMP320 (Syntetisches Getriebeöl)
- Therminol 59
- Therminol 66
- Therminol D12
- Tyfocor 30
- Tyfocor 45
- Tyfocorl 33
- Wasser
- Zitrec M10
- Zitrec M20

Alle flüssigen Medien aus dem VDI-Wärmeatlas



# Gase

## Verfügbare thermophysikalische Stoffeigenschaften

### Schnittstelle für Gase und Gas-Dampf-Gemische

Die folgenden Gas-Stoffeigenschaften stehen zur Verfügung:

- Dichte
- Spezifische Enthalpie
- Druck
- Spezifische Entropie
- Temperatur
- Massenanteil
- Molanteil
- Durchschnittliche Molmasse
- Spezifische isobare/isochores Wärmekapazität
- Isobarer thermischer Expansionskoeffizient
- Isotherme Kompressibilität
- Schallgeschwindigkeit
- Relative Feuchtigkeit
- Ableitung der Dichte nach der spezifischen Enthalpie
- Ableitung der Dichte nach dem Druck
- Ableitung der Dichte nach dem Massenanteil
- Partialdruck einzelner Komponenten
- Massenanteil der gasförmigen kondensierenden Komponente
- Prandtl-Zahl
- Thermische Konduktivität
- Dynamische Viskosität
- Sättigungs-Stoffeigenschaften

Als eine Funktion aus:

- $p, h, x_i$
- $p, T, x_i$
- $p, s, x_i$  mit  $x_i=1$  für eine einzelne Komponente



# Verfügbare reine Gase

Berechnungsansätze, die auf Zustandsgleichung basieren  
(höchst präzise und schnell):

- Trockene Luft
- Abgas
- Diesel Abgas

VDI-Richtlinie 4670:

- Trockene Luft
- Argon
- CO<sub>2</sub>
- Stickstoff
- Neon
- CO
- Sauerstoff
- Wasser
- Schwefeldioxid

Alle 275 Medien aus dem VDI-Wärmeatlas

Alle 2024 Medien in NASA Glenn Coefficients



# Gas-Gemische

Variable Gas-Gemisch-Berechnungen mit unabhängiger Wahl der Bibliothek (Alle reinen Gase können miteinander gemischt werden):

- Berechnungsmethoden, die auf Zustandsgleichungen basieren
- VDI-Richtlinie 4670
- VDI-Wärmeatlas (275 Medien)
- NASA Glenn Coefficients (2024 Medien)



# Feuchte Luft

## Verfügbare thermophysikalische Stoffeigenschaften

Schnittstelle für feuchte Luft (spezialisierte Form eines Gasgemisches)

Die folgenden Stoffeigenschaften feuchter Luft stehen zur Verfügung:

- Dichte
- Spezifische Enthalpie
- Druck
- Spezifische Entropie
- Temperatur
- Molmasse
- Spezifische isobare/isochores Wärmekapazität
- Partialdrücke
- (Sättigungs-) Wassermassenanteil
- (Sättigungs-) Wassergehalt
- (Sättigungs-) Feuchtigkeitsverhältnis
- Relative Feuchtigkeit
- Spezifische Enthalpie 1+x
- Spezifische Enthalpie des reinen Gases
- Spezifische Verdampfungsenthalpie
- Spezifische Sublimationsenthalpie
- Prandtl-Zahl
- Thermische Konduktivität
- Dynamische Viskosität
- Gefrierpunkt
- Schallgeschwindigkeit
- Massenanteil
- Gasförmiger Massenanteil
- Isobarer thermischer Expansionskoeffizient
- Isotherme Kompressibilität
- Ableitung der Dichte nach der spezifischen Enthalpie
- Ableitung der Dichte nach dem Druck
- Ableitung der Dichte nach dem Massenanteil

Als eine Funktion aus:

- $p, h, xi$
- $p, s, xi$
- $p, T, xi$
- $p, T, \text{humRatio}$
- $p, T, \text{phi}$



# Verfügbare feuchte Luft

## Feuchte Luft – TLK und IfT:

- Gas-Dampf-Gemisch
- Wärmekapazität von Wasser ist als konstanter Wert berücksichtigt
- Kondensation und Eisbildung sind mittels konstanter Werte für Verdampfungsenthalpie sowie Fusionsenthalpie umgesetzt
- Transporteigenschaften sind gleich denen von trockener Luft

## VDI-Richtlinie 4670 für feuchte Luft und Verbrennungsgasen:

- Gas-Dampf-Gemisch
- Kondensation und Eisbildung sind mittels temperaturabhängiger Verdampfungsenthalpie sowie Fusionsenthalpie umgesetzt
- Transporteigenschaften sind gleich denen von trockener Luft

# Beispiel in Modelica

Eingabe z.B. des Medium-Namens, der Enthalpie und des Drucks, um alle thermophysikalischen Stoffeigenschaften zu berechnen.

General | Advanced | Add modifiers

Component

Name vleFluid1

Comment

Model

Path TILMedia.VLEFluid\_ph

Comment VLE-Fluid model describing super-critical, subcooled, superheated fluid including the vapour liquid equilibrium (p, h and xi as independent variables)

Parameters

vleFluidType	TILMedia.CO2	type record of the VLE fluid or VLE fluid mixture
computeTransportProperties	false	=true, if transport properties are calculated
computeVLEAdditionalProperties	false	Compute detailed vapour liquid equilibrium properties
computeVLETransportProperties	false	Compute detailed vapour liquid equilibrium transport properties
deactivateTwoPhaseRegion	false	Deactivate calculation of two phase region
h	h J/kg	Specific enthalpy
p	p Pa	Pressure
xi	vleFluidType.xi_default 1	Mass Fraction of Component i

Icon: VLE VLEFluid...

Modeling Simulation



# Beispiel in MATLAB

## Anwendungserweiterung

- TILMediaMatlab321x64.dll
- TILMediaMatlab321Win32.dll

## C/C++ Header

- TILMediaHeader4Matlab.h
- portable.h

## Class

- VLEFluid.m
- MoistAir.m
- Liquid.m
- Gas.m

## Function

- loadTILMedia
- checkInputVar
- calcComputeF

```
% TILMedia-functions:
```

```
vle = VLEFluid();
```

```
vle = vle.setVLEFluidType(vle_name,1);
```

```
% Calculation-loop for thermophysical properties:
```

```
for i=1:length(p_vle)
```

```
    vle = vle.setState_phxi(p_vle(i)*ones(length(h_vle),1),h_vle);
```

```
    T_vle = [T_vle,vle.T];
```

```
    s_vle = [s_vle,vle.s];
```

```
end
```

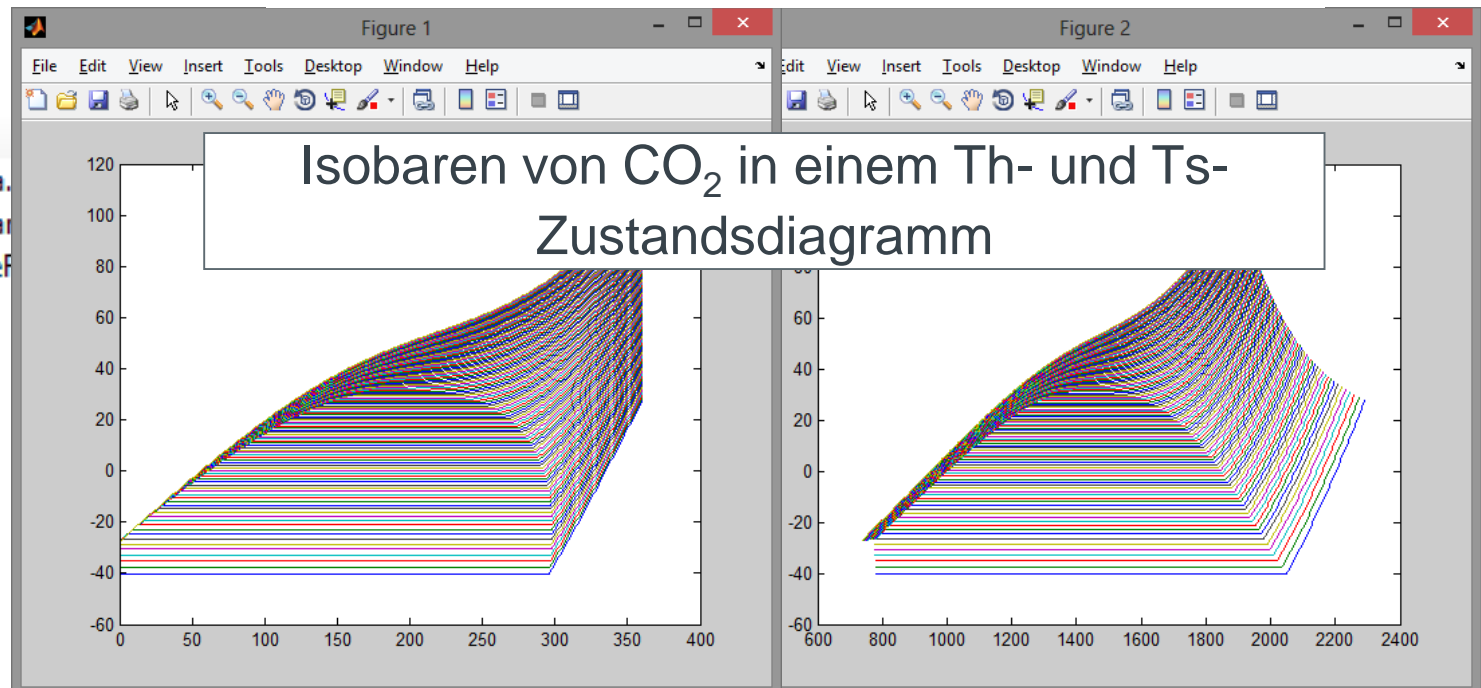
```
% Choise of substance:
```

```
vle_name = 'CO2';
```

```
% Input of enthalpy- and pressure-range:
```

```
h_vle = [140:1:500]*1e3;
```

```
p_vle = [10:1:120]*1e5;
```





# Beispiel in Python

## Isobaren von CO<sub>2</sub> im Th- und Ts-Zustandsdiagramm

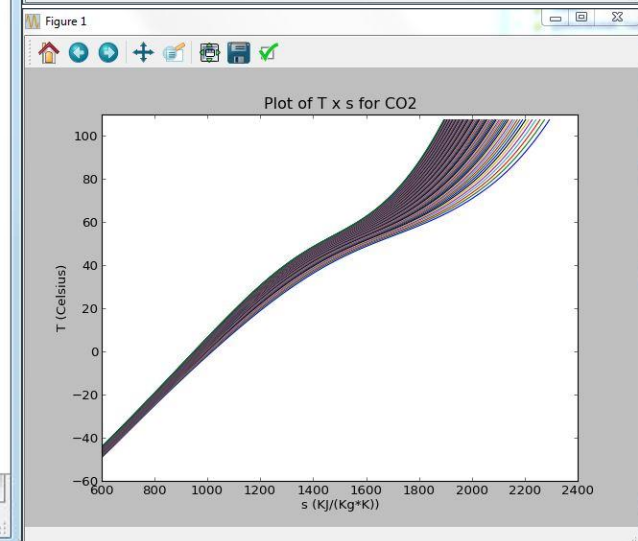
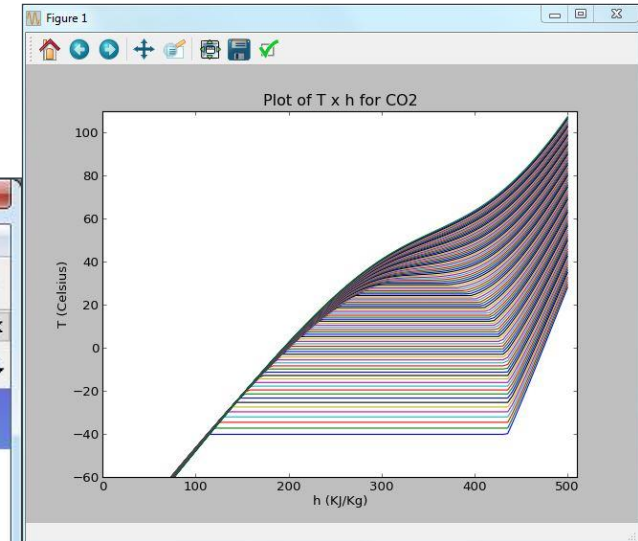
```
Spyder (Python 2.7)
File Edit Search Source Run Interpreters Tools View ?
Editor - F:\TILMedia\Isobar_T_x_h.py
Object inspector
Source Console Object Options

1 #isobar.py
2 import TILMedia
3 import numpy as np
4 import pylab as pl
5
6 nrElem_p = 100
7 nrElem_h = 100
8
9 p = np.linspace(10,120,nrElem_p) # bar
10 h = np.linspace(10,500,nrElem_h) # KJ/Kg
11 T = np.zeros(nrElem_h) # Celsius
12 vle = TILMedia.VLEFluid('Refprop.CO2')
13
14 for i_p in range(nrElem_p):
15     for i_h in range(nrElem_h):
16         vle.setState_phxi(p[i_p]*1e5,h[i_h]*1000)
17         T[i_h] = vle.T - 273.15
18     pl.plot(h,T)
19
20 # give plot a title
21 pl.title('Plot of T x h for CO2')
22 # make axis labels
23 pl.xlabel('h (KJ/Kg)')
24 pl.ylabel('T (Celsius)')
25 # set axis limits
26 pl.xlim(0, 510)
27 pl.ylim(-60.0, 110.)
28 # show the plot on the screen

range
Definition : range(stop)
Type : Function of __builtin__ module

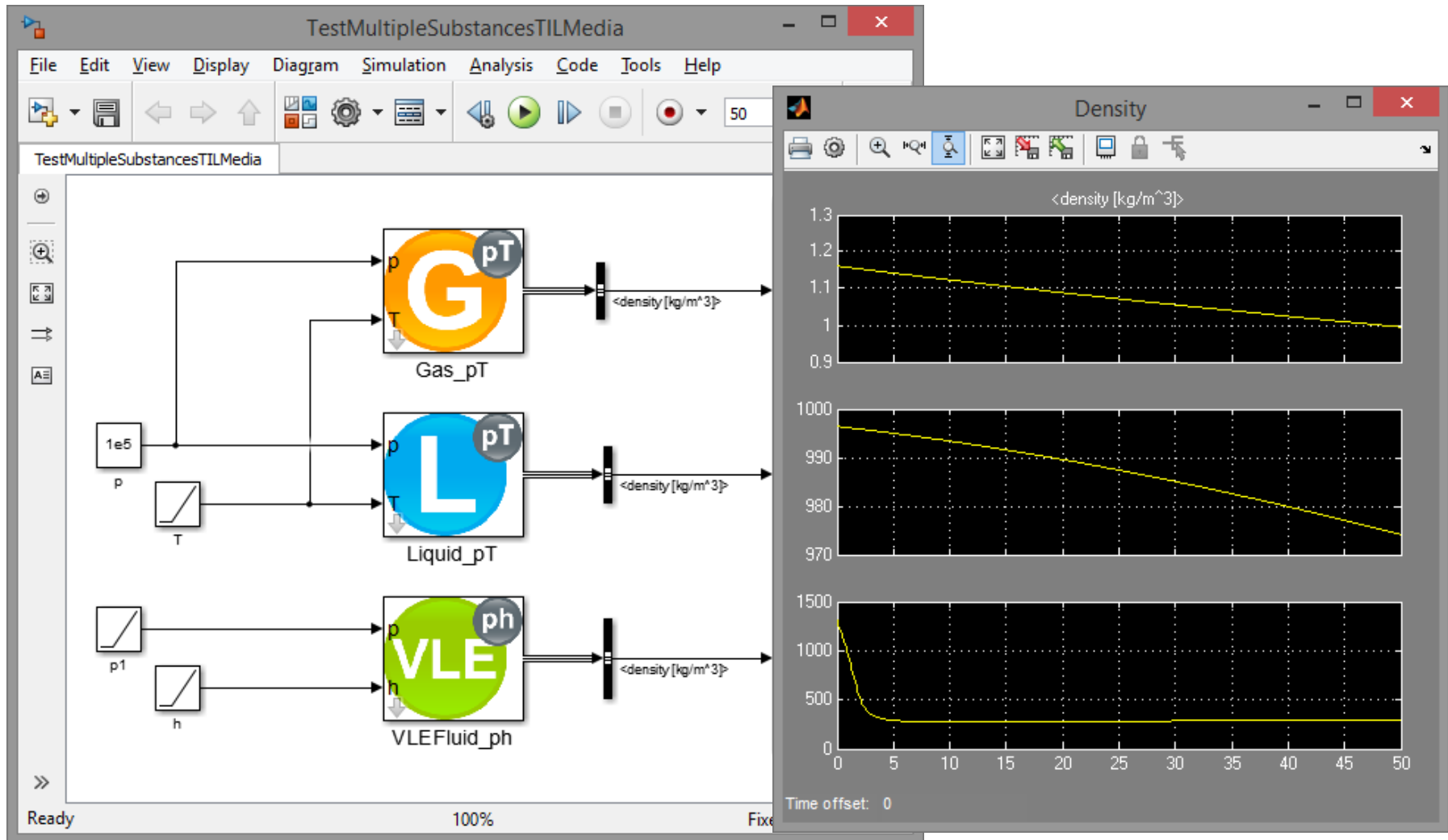
range(stop) -> list of integers
range(start, stop[, step]) -> list of integers

Return a list containing an arithmetic progression of integers. range(i, j) returns [i, i+1, i+2, ..., j-1]; start (i) defaults to 0. When step is given, it specifies the increment (or decrement). For example, range(4) returns [0, 1, 2, 3]. The end point is omitted! These are exactly the valid indices for a list of 4 elements.
```



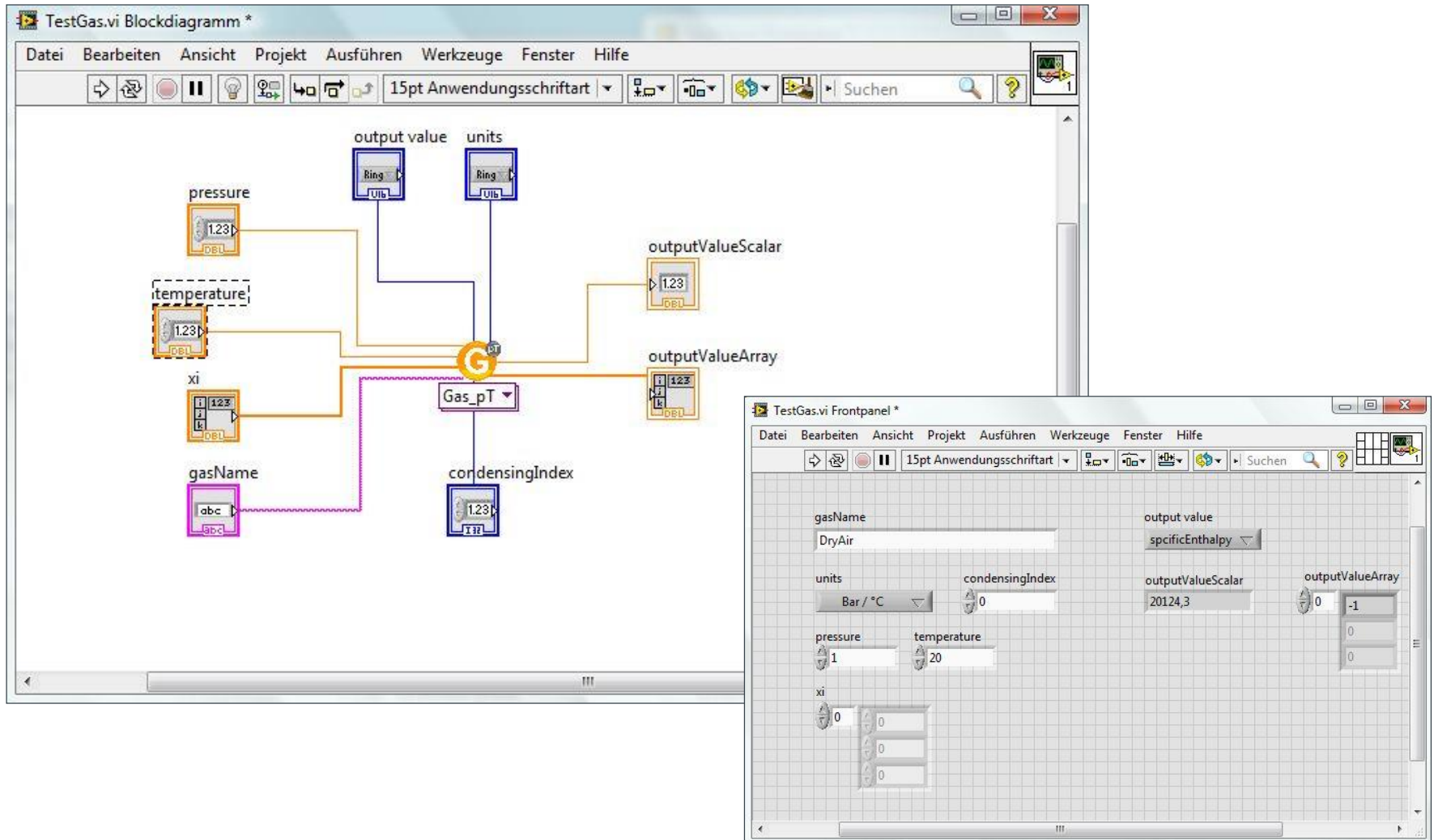


# Beispiel in Simulink





# Beispiel in LabVIEW





# Beispiel in Excel

BEREICHE				
=Liquid_density_T(A3;C5)				
	A	B	C	D
1	Description	Variable	Value	Unit
2	Inputs:			
3	Glystantin_50			
4	Pressure	p	1.01E+05	Pa
5	Temperature	T	300	K
6	Calculation:			
7	Density	rho	=Liquid_density_T(A3;C5)	
8	Entropy	s	-567.3796701	J/(kg K)
9	Enthalpy	h	89323.76775	J/kg
10	Specific isobaric heat capacity	cp		
11	Isobaric thermal expansion coefficient	beta		
12	Dynamic viscosity	eta		
13	Thermal conductivity	lambda		
14	Prandtl number	Pr		

Berechnung der Dichte von Wasser-Glycol 50:50 bei 300 K (und Normaldruck)

Funktionsargumente

Liquid\_density\_T

LiquidName  = "Glystantin\_50"

T  = 300

= 1065.506241

'Density' in [kg/m^3] as a function of T.

**LiquidName** Liquid name.

Formelergbnis = 1065.506241

[Hilfe für diese Funktion](#)

OK Abbrechen



# Beispiel mit Windows COM-Schnittstelle

## Visual Basic for Applications (VBA) und Visual Basic Script (VBS)

```
'creating two variables
Dim obj, msg As String
'creating a liquid-object
Set obj = CreateObject("TILMedia.Liquid")
'set medium to water-glycol-mixture 50:50
Call obj.setLiquidType("Glysantin_50")
'calculating properties with pressure = 1
    bar and temperature = 300 K
Call obj.setState_pTxi(1e5, 300)
'constructing a message:
msg = "The density of Glysantin_50 is "
    + str(obj.d)
msg = msg + " under the conditions
    pressure = " + str(obj.p)
msg = msg + " and temperature = "
    + str(obj.T)
MsgBox msg 'displaying a message
```

## DIAdem

```
'loading a data file with values for pressure
    and temperature
Call DataFileLoad(CurrentScriptPath
    &"Example_pT.TDM", "TDM", "Load")
'creating four variables
Dim obj, array_p, array_T, chnName_d(0)
'creating a vector-liquid-object
Set obj = CreateObject("TILMedia.VectorLiquid")
'set medium to water-glycol-mixture 50:50
Call obj.setLiquidType("Glysantin_50")
'store pressure values of channel to array
array_p = ChnToValue("channelName_p")
'temperature values from channel to array
array_T = ChnToValue("channelName_T") Call
'calculating properties with pressure and
    temperature array in SI units
obj.setState_pTxi(array_p, array_T)
'set new channel name (vector) to "density"
chnName_d(0) = "density"
'saving density values in channel
Call ArrayToChannels(obj.d, chnName_d, true)
```

red colored = DIAdem-specific functions

# Vielen Dank



Wenn Sie noch Fragen haben, zögern  
Sie bitte nicht uns zu kontaktieren unter  
[til@tlk-thermo.de](mailto:til@tlk-thermo.de)



Oder Ihren Ansprechpartner  
**Ingo Frohböse**  
[i.frohboese@tlk-thermo.de](mailto:i.frohboese@tlk-thermo.de)

TLK-Thermo GmbH  
Hans-Sommer-Str. 5  
38106 Braunschweig  
[www.tlk-thermo.de](http://www.tlk-thermo.de)

Tel.: +49/531/390 76 - 0  
Fax: +49/531/390 76 - 29