

27.04.2010

2.

SAXON SIMULATION MEETING und Mathcad Workshop

Präsentationen
und Vorträge
des 2. Anwendertreffens
am 27. April 2010
an der TU Chemnitz

Herausgeber
Prof. Dr.-Ing. Maik Berger
Professur Montage- und
Handhabungstechnik

Universitätsverlag Chemnitz
ISBN 978-3-941003-12-5



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ

1856-2010
175 Jahre



SAXSIM



SAXON SIMULATION MEETING

Präsentationen und Vorträge des 2. Anwendertreffens und des Mathcad- Workshops am 26. und 27. April 2010 an der Technischen Universität Chemnitz

Mathcad-Workshop

- Dipl.-Ing. Dirk Jordan (PTC)
[Mathcad „Next Generation“ > MathcadPrime](#)
- Prof. Dr.-Ing. Thomas Burkhardt (Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden)
[Berechnung der Erwärmung elektrischer Maschinen mit Mathcad](#)
- Dipl.-Ing. Christian Meißner (SimulationTools)
[Effizientes Lösen ingenieurtechnischer Aufgaben](#)
- Dr.-Ing. Jörg Matthes (Technische Universität Chemnitz)
[Einsatz des Mathcad E-Books „MATHTOOL“ zur Lösung antriebstechnischer Aufgabenstellungen](#)
- Prof. Dr.-Ing. habil. Hans-Joachim Kretzschmar (Hochschule Zittau/Görlitz)
[Mathcad-Bibliotheken für thermodynamische Stoffdaten und das E-Learning System Thermopr@ctice](#)
- Dipl.-Ing. Carsten Hüge (Stiebel Eltron GmbH & Co. KG)
[Mathcad-Berechnung hydraulischer Verluste fluidführender Systeme](#) [Zusatz](#)
- Dipl.-Wirtschaftsmath. Cathleen Seidel (inuTech GmbH)
[Integration externer PDE-Löser in Mathcad](#)
- Dipl.-Ing. Rico Baumgart (Technische Universität Chemnitz)
[Nutzung von Mathcad für aufwendige Simulationsrechnungen](#)

Anwendertreffen

- Dipl.-Ing.(FH) Urs Simmler (PTC)
[Behavioral Modeling \(BMX\) –Zielorientiertes Konstruieren in Pro/E](#)
- Dr.-Ing. Roland Jakel (PTC)
[Berechnung hyperelastischer Werkstoffe mit Pro/MECHANICA](#) [Zusatz](#)
- Dipl.-Ing. Christoph Bruns (INNEO)
[Simulation der Produktqualität mit Hilfe prozessorientierter Toleranzberechnungen](#)
- Dipl.-Ing. Ralf Wähner (ZIS Schweißtechnik GmbH)
[Kinematische Simulation von TCP-festen Handgelenken](#) [Zusatz](#)
- Dipl.-Ing. Stephan Paech (Festo AG & Co. KG)
[Benutzerführung mit Registerkarten in Mathcad -Rechenblättern](#) [Zusatz](#)
- Dipl.-Ing. Andreas Heine (Technische Universität Chemnitz)
[Möglichkeiten und Grenzen des Menschmodells MANIKIN](#)
- Dipl.-Ing. Sven Klett (Elinter AG)
[Wärme und Strömungssimulation während der Produktentwicklung](#)
- Dipl.-Ing. Wolfgang Berg (IAV GmbH)
[Kanalentwicklungsprozess bei der IAV Chemnitz](#)
- Dipl.-Ing. Daniel Denninger (Technische Universität Chemnitz)
[BMX –Funktionalitäten zur Berechnung des Massenausgleichs](#) [Zusatz](#)
- Dr.-Ing. Stefan Reul (PRETECH GmbH)
[Simulation in der Verbindungstechnik – ein Überblick](#)



HOCHSCHULE ZITTAU/GÖRLITZ
University of Applied Sciences

Kretzschmar, H.-J.; Stöcker, I.; Kunick, M.; Jähne, I.:

Fachgebiet Technische Thermodynamik

Fakultät Maschinenwesen

**Mathcad-Bibliotheken für thermodynamische
Stoffdaten und das E-Learning System
Thermopr@ctice**

www.thermodynamik-zittau.de

SAXSIM 2010, Chemnitz, 26. April 2010

Mathcad-Bibliotheken für thermodynamische Stoffdaten und das E-Learning System Thermopr@ctice

Gliederung

1 E-Learning System Thermopr@ctice

Didaktisches Konzept

Organisation der Lernumgebung über Internet

Nutzung von Mathcad zur Berechnung der Übungsaufgaben

Einsatz in Lehrveranstaltungen

Anwendungshorizont

2 Stoffwert-Bibliotheken für Mathcad

Berechnung von thermodynamischen Stoffdaten für Arbeitsfluide der Energietechnik

Ankopplung von Stoffwert-Bibliotheken an Mathcad

Komfortabler Aufruf der Stoffwert-Funktionen in Mathcad

Nutzung in der Industrie

Programmversionen für Studierende

Teil 1

**E-Learning System Thermopr@ctice
zur Berechnung von
Übungsaufgaben mit Mathcad**

**Interaktives Lernsystem
Thermopr@ctice**

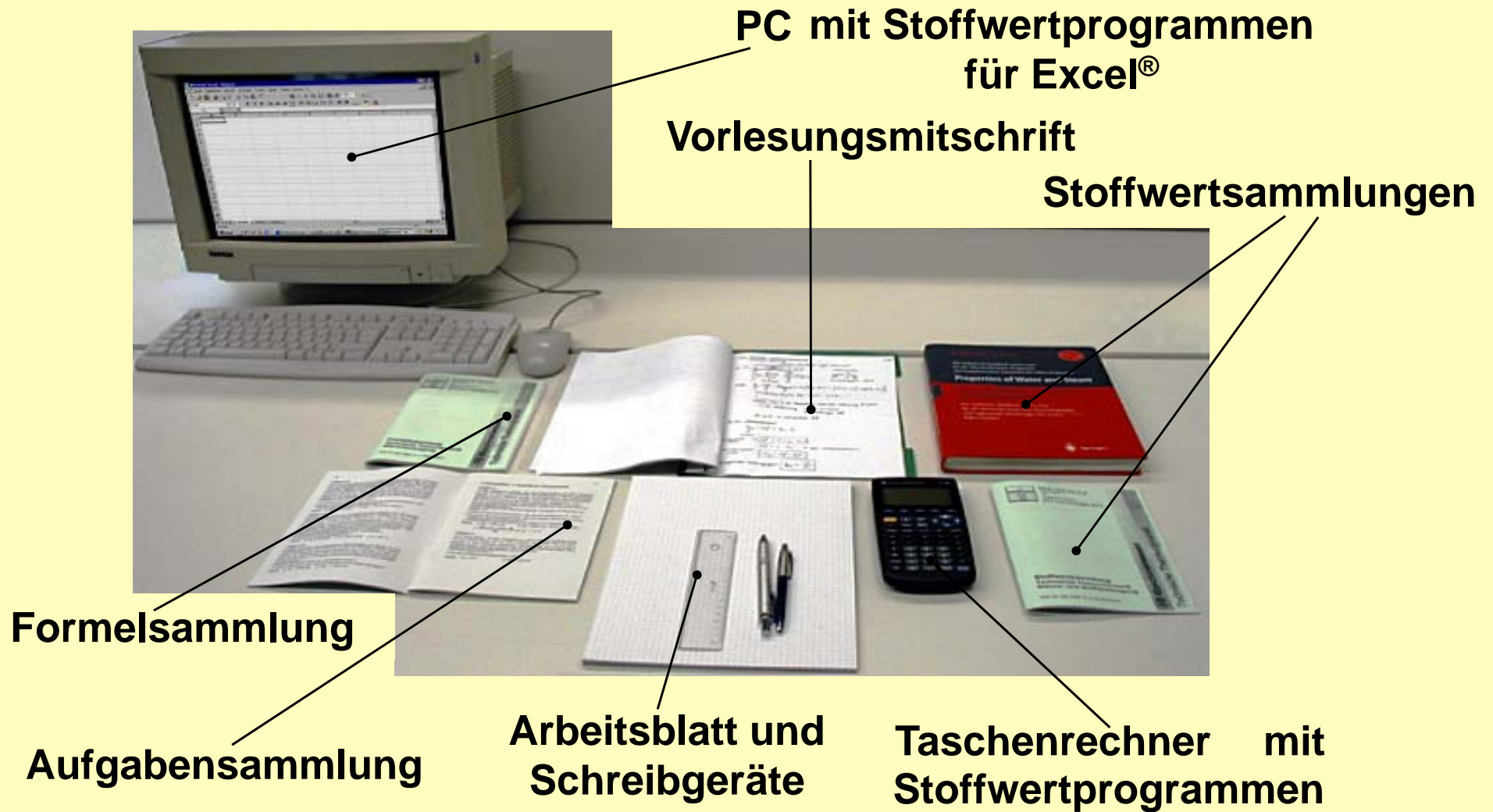


**System zur selbständigen
Berechnung von Übungsaufgaben
mit Computer-Algebrasystem**



**Ergänzung zur Vorlesung
Technische Thermodynamik**

Ausgangssituation



Berechnung der Übungsaufgaben "von Hand" auf Arbeitsblatt

Grundkonzept

Datentransfer über Internet

Arbeitsbildschirm
eines Computer-Algebrasystems



PC

Persönliche
Vorlesungsmitschrift



Server mit
• Aufgabensammlung
• Formelsammlung
• Stoffwertsammlung



Berechnung der Übungsaufgaben "von Hand"
auf Arbeitsblatt

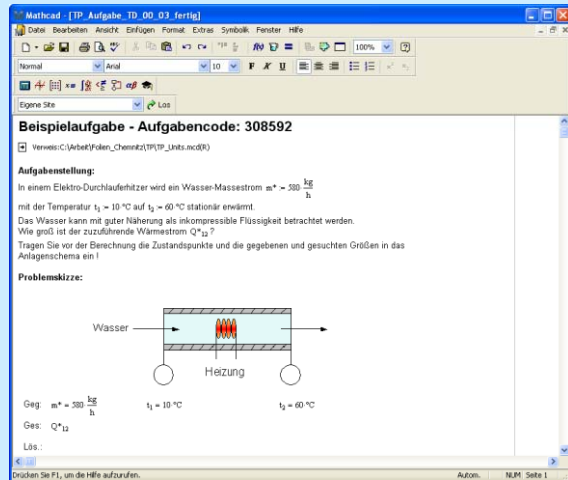
Berechnung von Übungsaufgaben mit
Computer-Algebrasystem

Didaktisches Konzept

Auswahl und Transfer einer **Aufgabe**
aus Aufgabensammlung

Konzept

Arbeitsbildschirm
des
Computer-Algebrasystems



Formeln aus
Formelsammlung

Stoffdaten aus Stoffwertsammlung

Berechnen von **Stoffdaten** mit
Stoffwertprogrammen

Transfer der **Ergebnisse** zum Server
→ interner Vergleich mit Datenbank
→ Rückmeldung, Hinweise bei Fehlern

Organisation der Schnittstellen durch
Thermopr@ctice

Kriterien für die Entscheidung für Mathcad®

- Notation weitestgehend wie handschriftlich

Aufgabe 3.1a
Berechnung der Nutzarbeit

Lösung:
geg.: $F_K = 1,25 \text{ kN}$ ges.: W_{N12}
 $\Delta z = 0,40 \text{ m}$

Lös.: a) FS: $W_{N12} = \int_{z_1}^{z_2} F_K(z) dz$
 $W_{N12} = F_K \cdot \Delta z$
 $W_{N12} = -0,5 \text{ kJ}$
(negativ, da vom System abgegeben)

Aufgabe 3.1a
Berechnung der Nutzarbeit

geg.: $F_K = 1.25 \text{ kN}$ ges.: W_{N12}
 $\Delta z = 0.4 \text{ m}$

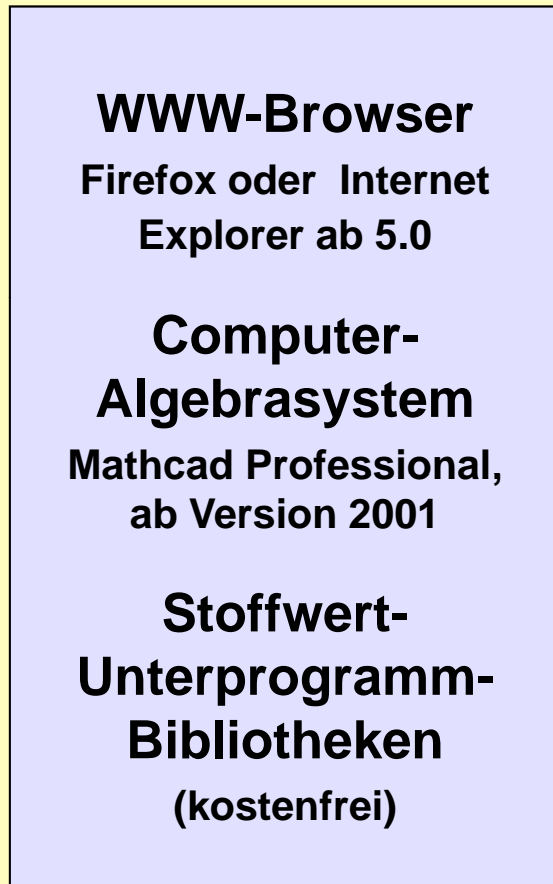
Lös.: a) FS: $W_{N12} := \int_{z_1}^{z_2} F_K(z) dz$ +
 $W_{N12} := F_K \cdot \Delta z$
 $W_{N12} = 0.5 \text{ kJ}$

- Verwendung von Maßeinheiten
- Ankopplungsmöglichkeiten für DLLs

An Hochschule Zittau/Görlitz: Campus-Lizenz Mathcad 14

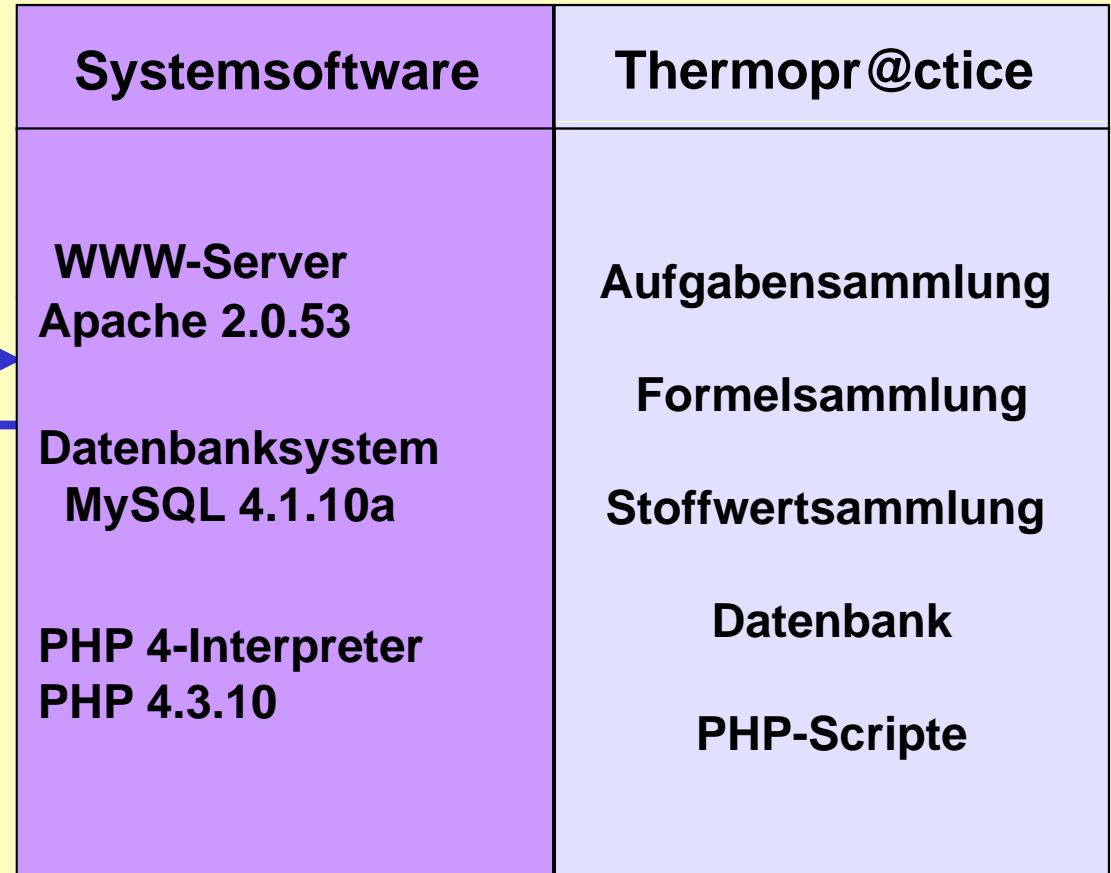
Technische Basis und Systemaufbau

Windows Client (Lernender)



Kommunikation via Internet

"LAMP"-Server



Übungsaufgabe mit Thermopr@ctice

Beispielaufgabe - Aufgabencode: 308592

☞ Verweis: C:\Arbeit\Folien_Chernitz\TP\TP_Units.mcd(R)

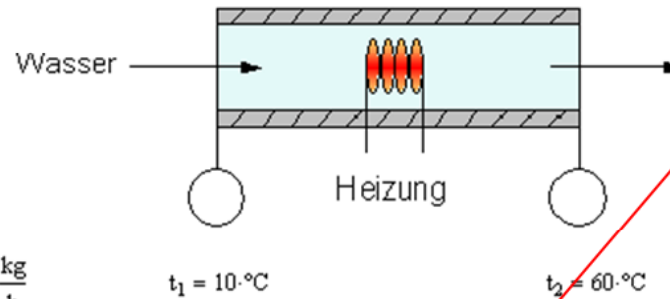
Aufgabenstellung:

In einem Elektro-Durchlauferhitzer wird ein Wasser-Massestrom $m^* := 580 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$ mit der Temperatur $t_1 := 10^\circ\text{C}$ auf $t_2 := 60^\circ\text{C}$ stationär erwärmt.

Das Wasser kann mit guter Näherung als inkompressible Flüssigkeit betrachtet werden. Wie groß ist der zuzuführende Wärmestrom Q^*_{12} ?

Tragen Sie vor der Berechnung die Zustandspunkte und die gegebenen und gesuchten Größen in das Anlagenschema ein!

Problemskizze:



Geg: $m^* = 580 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$

Ges: Q^*_{12}

Lös.:

$$Q^*_{12} + P_{t_{st,12}} := m^* \cdot \left[(h_2 - h_1) + \frac{1}{2} \cdot (c_2^2 - c_1^2) + g \cdot (z_2 - z_1) \right]$$

$$Q^*_{12} := m^* \cdot (h_2 - h_1)$$

$$h_1 = 42.021 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$T_2 := \left(\frac{t_2}{^\circ\text{C}} + 273.15 \right) \cdot \text{K}$$

$$h_2 := h_{pTx_97} \left(-1, \frac{T_2}{\text{K}}, 0 \right) \cdot \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad h_2 = 251.154 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q^*_{12} := m^* \cdot (h_2 - h_1)$$

$$Q^*_{12} = 33.694 \text{ kW}$$

Formelsammlung

Energiebilanz beim offenen System

Instationäre Energiebilanz: $Q^* + W^*_{st} + \sum H^*_{st,zu} - \sum H^*_{st,ab} := \frac{dU}{dt}$

Stationäre Energiebilanz vom Eintritt ① bis Austritt ②

$$Q^*_{12} + P_{t_{st,12}} := \sum H^*_{st,2} - \sum H^*_{st,1}$$

Sonderfall: Ein Eintritt und ein Austritt ($m^* = m^*_1 = m^*_2$) - stationärer Fließprozess

$$Q^*_{12} + P_{t_{st,12}} := m^* \cdot \left[(h_2 - h_1) + \frac{1}{2} \cdot (c_2^2 - c_1^2) + g \cdot (z_2 - z_1) \right]$$

Stoffwertsammlung

Tab. 4 Stoffwerte von Wasserflüssigkeit (inkompressibel)

t	p	c _p	c _{p,if,T,TD}	h	s _T	β = α _p
°C	kg/m ³	kJ/kgK	kJ/kgK	kJ/kg	kJ/kgK	K ⁻¹
0	999.79	4.2199	4.2199	0	0	-0.068073
2	999.89	4.2134	4.1958	8.3916	0.030606	-0.032744
4	999.93	4.2078	4.2032	16.813	0.061101	0.000267
6	999.99	4.2031	4.2039	25.224	0.09134	0.031229
8	999.8	4.1992	4.2033	33.626	0.12133	0.06037
10	999.65	4.1958	4.2021	42.021	0.15109	0.087889
12	999.45	4.193	4.2008	50.41	0.18061	0.11386
14	999.2	4.1905	4.1995	58.794	0.2099	0.13873
16	998.9	4.1884	4.1983	67.173	0.23898	0.16233

Funktion einfügen

Funktionskategorie: **LibAmWa**

Funktionsname: **h_pTx_97**

Spezifische Enthalpie h in kJ/kg aus Druck p in MPa, Temperatur T in K und Dampfanteil x in kg/kg

Buttons: [?] [OK] [Einfügen] [Abbrechen]

Lernsystem Thermopr@ctice

Sprache: Deutsch | English

Lothar: Technische Thermodynamik

Kapitel: 0 Demonstrationenbeispiele / Demonstration Examples

Aufgabe: 03 | Hauptsatz: Stationäres, offenes System - Wasser

Beispielaufgabe

In einem Elektro-Durchlauferhitzer wird ein Wasser-Massestrom $m^* = 600 \text{ kg/h}$ mit der Temperatur $t_1 = 10^\circ\text{C}$ auf $t_2 = 55^\circ\text{C}$ stationär erwärmt. Das Wasser kann mit guter Näherung als inkompressible Flüssigkeit betrachtet werden. Wie groß ist der zuzuführende Wärmestrom Q^*_{12} ? Tragen Sie vor der Berechnung die Zustandspunkte und die gegebenen und gesuchten Größen in das Anlagenschema ein.

Anlagenschema:

Lernsystem Thermopr@ctice

Sprache: Deutsch | English

Lothar: Technische Thermodynamik

Kapitel: 0 Demonstrationenbeispiele / Demonstration Examples

Aufgabe: 03 | Hauptsatz: Stationäres, offenes System - Wasser

Ergebnisse einsenden

Aufgabe TD 0.3

Hauptsatz: Stationäres, offenes System - Wasser

Wärmestrom Q^*_{12} : 33.694 Einheit: kW

Ihre Bemerkungen zu dieser Aufgabe:

Ergebnisse einsenden

< Zurück

Effekte für Studium

- **Selbständiges Abarbeiten von Übungsaufgaben in individuellen Varianten und mit individuellen Werten**
→ **Aktives und selbständiges Lernen**
- **Bearbeitung von Aufgaben über Internet am PC entspricht dem Interesse der Studierenden**
→ **Erhöhung der Attraktivität des Lernens**
- **Bearbeitung in Übungen und zu Hause**
→ **Nutzung des heimischen PCs für Lernzwecke**
- **Kennenlernen eines Computer-Algebrasystems und Nutzung von modernen Hilfsmitteln, wie Stoffwert-Programmbibliotheken**
→ **Heranführung an moderne Arbeitsweisen des Ingenieurs**

Nutzung von Thermopr@ctice in der Lehre

Ablauf des Kurses

- Workshop mit einfachem Beispiel (2 Stunden)
- Installation von Mathcad auf heimischen PC
- Übungen in PC-Pools parallel zu herkömmlichen Übungen
- Berechnung der verbleibenden Aufgaben zu Hause
- Klausuren mit Thermopr@ctice

Einsatz in der Lehre

- Seit Wintersemester 2002/2003
- Gegenwärtig in Lehrveranstaltungen Technische Thermodynamik und Kältetechnik für vier Studiengänge
- In Weiterbildung für Siemens Energy Görlitz

Detaillierte Informationen in:

Fischer, H.; Schwendel, J. (Hrsg.):
E-Learning an sächsischen Hochschulen.
TUDpress (2009), S. 116-131
ISBN 978-3-941298-04-0

Anwendungshorizont

Anwendung für weitere Lehrfächer, in denen die Wissensaneignung durch das Berechnen von Übungsaufgaben erfolgt:

- **Strömungsmechanik**
- **Technische Mechanik**
- **Maschinenelemente**
- **Elektrotechnik**
- **Mathematik**
- **Physik**
- **Investition und Finanzierung**

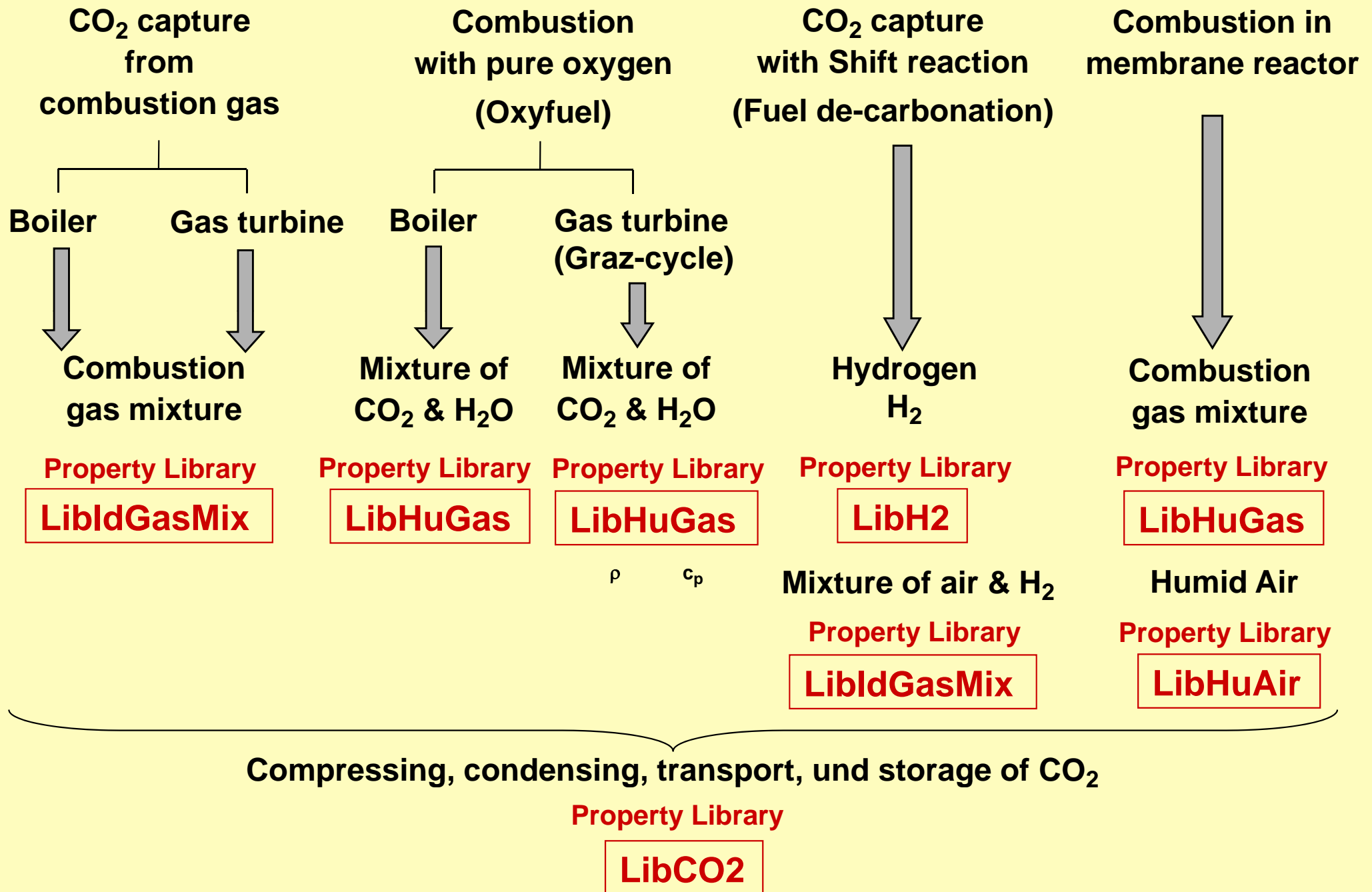
Aufruf des Lernsystems: www.thermopractice.de

Teil 2

Stoffwert-Bibliotheken für Mathcad

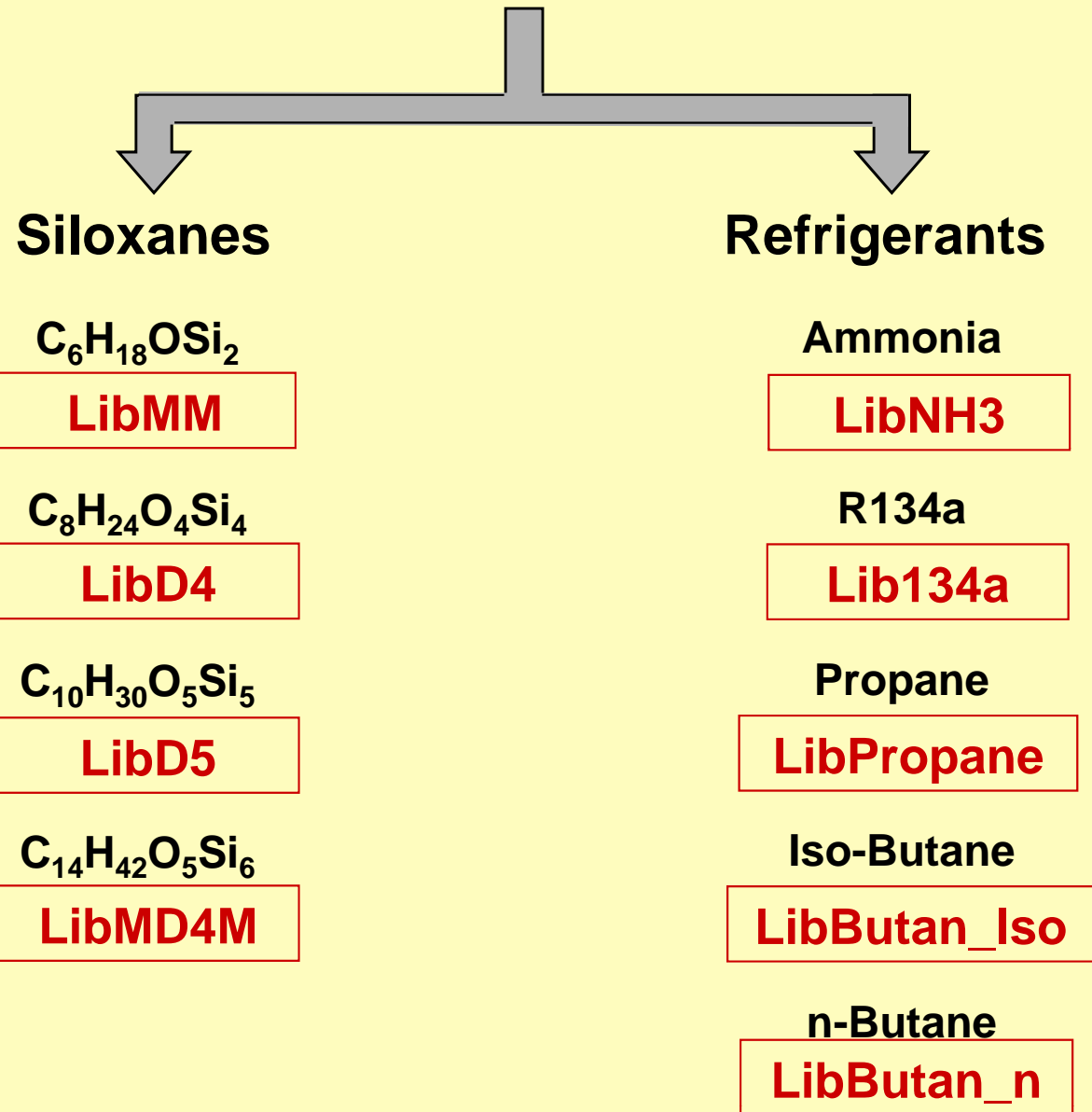
Stoffwert-Bibliotheken für Mathcad

Energy Conversion Processes with CO₂ Capture



Stoffwert-Bibliotheken für Mathcad

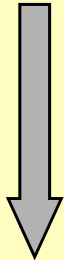
ORC Processes



Stoffwert-Bibliotheken für Mathcad

Energy Storage and Hydrogen Supply

Compressed air storage



Humid Air
at high pressures

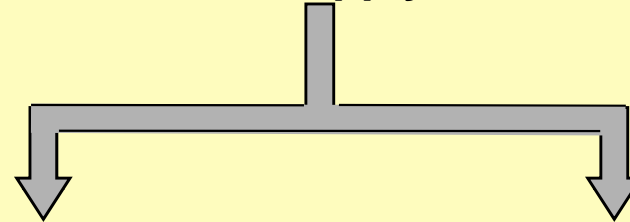
Property Library

LibHuAir

Ideal mixture of the
real fluids dry air
and steam, water or ice

ρ c_p

Hydrogen storage and
supply



Hydrogen
at high pressures

Liquid
hydrogen

Property Library

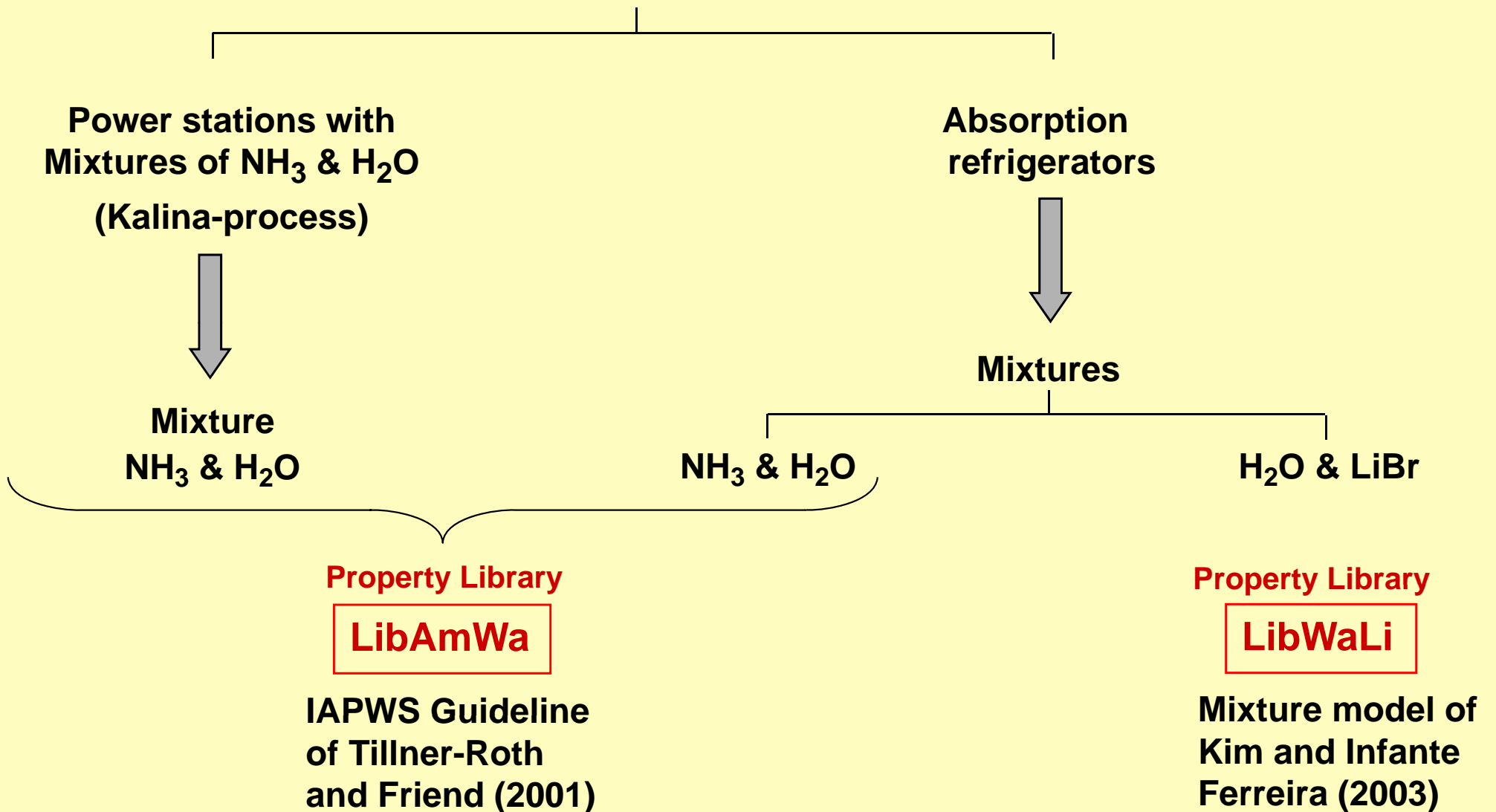
LibH2

Equation of state of
Leachman, Jacobson,
and Lemmon

ρ c_p

Stoffwert-Bibliotheken für Mathcad

Energy Conversion Processes with Working Fluid Mixtures



Übersicht der Stoffwert-Bibliotheken

<p>Water and Steam Library LibIF97 Industrial Formulation IAPWS-IF97</p>	<p>Humid Combustion Gases Library LibHuGas Ideal mixture of real fluids Library LibIDGas Ideal gas mixture (VDI-Guideline 4670)</p>	<p>Humid Air Library LibHuAir Ideal mixture of real fluids Library LibIdAir Ideal gas mixture</p>
<p>Seawater Library LibSeaWa</p> <p>Hydrogen Library LibH2</p> <p>Helium Library LibHe</p> <p>Methanol Library LibCH3OH</p> <p>Carbon Dioxide Library LibCO2</p>	<p>Ideal Gas Mixtures Library LibIdGasMix Ideal mixture of ideal fluids</p>	<p>Refrigerants Ammonia Library LibNH3 R134a Library LibR134a Propane Library LibPropan Iso-Butane Library LibButan_Iso n-Butane Library LibButan_n</p>
	<p>ORC Working Fluids Siloxanes MM, D4, D5, MD4M Libraries LibMM, LibD4, LibD5, LibMD4M Formulations of Colonna et al.</p>	
	<p>Mixtures in Absorption Processes Ammonia & Water Library LibAmWa Water & Lithiumbromide Library LibWaLi</p>	

Stoffwert-Funktionen

The following **thermodynamic** and **transport properties** can be calculated:

Thermodynamic Properties

- Saturation pressure p_s
- Saturation temperature T_s
- Density ρ
- Specific volume v
- Enthalpy h
- Internal energy u
- Entropy s
- Exergy e
- Isobaric heat capacity c_p
- Isochoric heat capacity c_v
- Isentropic exponent κ
- Speed of sound w
- Surface tension σ

Thermodynamic Derivatives

- All partial derivatives can be calculated.

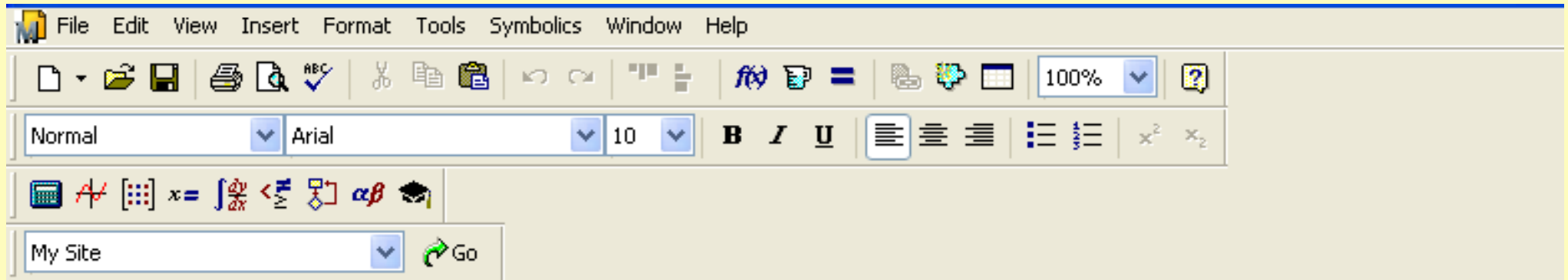
Transport Properties

- Dynamic viscosity η
- Kinematic viscosity ν
- Thermal conductivity λ
- *Prandtl-number* Pr

Backward Functions

- $T, v, s (p, h)$
- $T, v, h (p, s)$
- $p, T, v (h, s)$
- $p, T (v, h)$
- $p, T (v, u)$

Nutzung der Stoffwert-Bibliotheken in Mathcad



+

Using Add-On FluidMAT in Mathcad 14

Calculation of Specific Enthalpy for Steam using the Library LibIF97

$p := 10$ bar given pressure

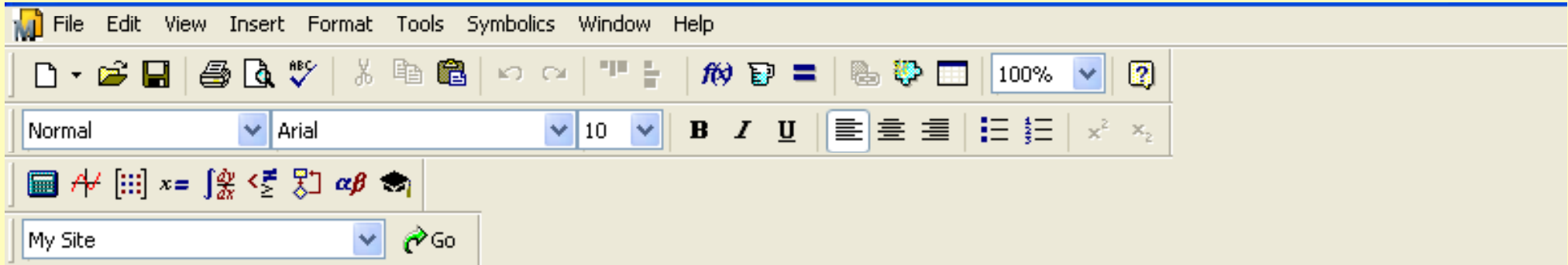
$t := 300$ °C given temperature

$x := -1$ $\frac{\text{kg}}{\text{kg}}$ given vapor fraction (formally $x = -1$ for single-phase region)

$h := h_ptx_97(p, t, x)$ function call for specific enthalpy in FluidMAT

$h = 3051.70$ $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ result for specific enthalpy

Nutzung der Stoffwert-Bibliotheken in Mathcad



Calculation of the Air-Specific Enthalpy for Humid Air using the Library LibHuAir

$$p := 1.01325 \text{ bar}$$

given pressure

$$t := 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

given temperature

$$\text{phi} := 60 \text{ } \%$$

given relative humidity

$$x_w := x_w_{pt\text{Phi_HuAir}}(p, t, \text{phi})$$

function call for humidity ratio in FluidMAT

$$x_w = 8.745 \frac{\text{g}}{\text{kg}(\text{Air})}$$

result for humidity ratio (absolute humidity)

$$h_l := h_l_{ptx_w_HuAir}(p, t, x_w)$$

function call for air-specific enthalpy in FluidMAT

$$h_l = 42.32 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}(\text{Air})}$$

result for air-specific enthalpy

Nutzung der Stoffwert-Bibliotheken in Mathcad

Calculation of Specific Enthalpy for an Ideal Gas Mixture from VDI-Guideline 4670 using the Library LibIDGAS

$p := 1.01325$ bar given pressure
 $t := 500$ °C given temperature
 $mol_mass := 1$ = 0 for given mole fractions; = 1 for given mass fractions

$Comp :=$	$\begin{pmatrix} 0.0028 \\ 0 \\ 0.7251 \\ 0.0236 \\ 0 \\ 0.0868 \\ 0.1617 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	components	$\begin{pmatrix} Ar \\ Ne \\ N2 \\ O2 \\ CO \\ CO2 \\ H2O \\ SO2 \\ Air \\ Air_N2 \end{pmatrix}$
-----------	---	------------	---

$h := h_pt_id(p, t, mol_mass, Comp)$ function call for specific mixture enthalpy in FluidMAT

$h = 1007.09$ $\frac{kJ}{kg}$ result for specific enthalpy of the ideal-gas mixture

Nutzung von FluidMAT in der Industrie

Die folgenden Unternehmen nutzen FluidMAT :

- Alstom Power, Baden (Schweiz)
- Siemens Energy, Nürnberg, Görlitz
- MAN Turbo, Oberhausen
- Vattenfall – Konzernlizenz europaweit
- Energieversorgung Halle
- Nordostschweizerische Kraftwerke (Schweiz)
- DLR, Stuttgart, Hardthausen
- JHK Anlagenbau Bremerhaven
- M&M Turbinentechnik Bielefeld
- Redacom, Nidau (Schweiz)
- TechGroup, Ratingen
- TechSoft, Linz (Österreich)
- TÜV Nord Ensys, Hannover
- UMAG Maschinen und Anlagenbau, Husum
- VER Verfahrensingenieure, Dresden
- Zikesch Armaturentechnik, Essen

Nutzung von FluidMAT durch Studierende

Versionen von FluidMAT für Studierende für:

– Wasser und Wasserdampf	LibIF97
– Ideale Gasgemische	LibIDGAS
– Feuchte Luft	LibFLuft
– Ammoniak	LibNH3
– Kältemittel R134a	LibR134a

Download unter: www.thermodynamik-zittau.de

└─> Lehre

└─> Downloads für Studierende

oder: www.thermodynamik-formelsammlung.de

Downloads im vergangenen Jahr: 588

Downloads gesamt: 1416