



Fakultät
MASCHINENWESEN

Fachgebiet
TECHNISCHE THERMODYNAMIK

**Stoffwertprogramm Bibliothek
für Wasser und Wasserdampf
nach IAPWS-IF97**

**FluidCASIO
LibIF97
für
fx-9750 G II**

Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar
Dr.-Ing. I. Stöcker
Cand.-Ing. (FH) U. Kupferschmidt

Stoffwertprogramme für Wasser und Wasserdampf

nach dem Industrie-Standard IAPWS-IF97

FluidCASIO

LibIF97

für Casio Taschenrechner

fx-9750 G II

Inhalt

0. Lieferumfang
1. Berechnungsprogramme für Wasser und Wasserdampf
2. Gültigkeitsbereich und Struktur der Programm-Bibliothek
3. Nutzung von FluidCASIO für die Berechnung von Wasser und Wasserdampf
 - 3.1. Installation von FluidCASIO
 - 3.2. Beispiel: Berechnung von $h = f(p, t, x)$
 - 3.3. De-Installation
4. Programmdokumentation für Wasser und Wasserdampf
5. Literaturverzeichnis

© Hochschule Zittau/Görlitz - University of Applied Sciences

Fakultät Maschinenwesen

Fachgebiet Technische Thermodynamik

Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar

Dr.-Ing. I. Stöcker

Tel.: 03583-61-1846 oder -1881

Fax: 03583-61-1847

E-Mail: hj.kretzschmar@hs-zigr.de

Internet: www.thermodynamik-zittau.de

0. Lieferumfang

CD "Casio_FX_9750G_II_WATER" mit folgenden Dateien:

Programmdateien:

WATER-97.g1m	XBACKH1.g1m	XBACKH2A.g1m	XBACKH2B.g1m
XBACKH2C.g1m	XBACKS1.g1m	XBACKS2A.g1m	XBACKS2B.g1m
XBACKS2C.g1m	XBCKTEST.g1m	XBKTEST2.g1m	XCOEFRG1.g1m
XCOEFRG4.g1m	XCOFRG2A.g1m	XCOFRG2B.g1m	XETA[VT].g1m
XGAMM11.g1m	XGAMM11A.g1m	XGAMM12.g1m	XGAMM13.g1m
XGAMM1P1.g1m	XGAMM1P2.g1m	XGAMM1P3.g1m	XGAMM1P4.g1m
XGAMM1T1.g1m	XGAMM1T2.g1m	XGAMM1T3.g1m	XGAMM21.g1m
XGAMM22.g1m	XGAMM23.g1m	XGAMM24.g1m	XGAMM2P1.g1m
XGAMM2P2.g1m	XGAMM2P3.g1m	XGAMM2T1.g1m	XGAMM2T2.g1m
XGAMM2T3.g1m	XGAMM2T4.g1m	XLAM[VT].g1m	XPS[T].g1m
XREGION1.g1m	XREGION2.g1m	XREGTEST.g1m	XRG1TPH.g1m
XRG1TPS.g1m	XRG2ATPH.g1m	XRG2ATPS.g1m	XRG2BTPH.g1m
XRG2BTPS.g1m	XRG2CTPH.g1m	XRG2CTPS.g1m	XRGERROR.g1m
XTS[P].g1m	XWETPHS.g1m		

Programmdokumentation

FluidCASIO_FX_9750G_II_Doku.pdf

Die CD steht unter

www.thermodynamik-formelsammlung.de

oder

www.thermodynamik-zittau.de

darunter "Lehre"

darunter "Downloads für Studierende"

zum Download bereit.

Diese Version des Programms FluidCasio kann auf folgendem Casio Taschenrechner verwendet werden:

- fx-9750G II

Die Dokumentation bezieht sich exemplarisch auf das Modell fx-9750 G II.

1. Berechnungsprogramme für Wasser und Wasserdampf

Funktionale Abhängigkeit	Funktionsname in FluidCASIO	Stoffwert bzw. Funktion	Maßeinheit Funktionswert
$p_s = f(t)$	$p_s(t)$	Dampfdruck aus Temperatur	MPa
$t_s = f(p)$	$t_s(p)$	Siedetemperatur aus Druck	°C
$v = f(p, t, x)$	$v(p, t, x)$	Spezifisches Volumen	m ³ /kg
$h = f(p, t, x)$	$h(p, t, x)$	Spezifische Enthalpie	kJ/kg
$s = f(p, t, x)$	$s(p, t, x)$	Spezifische Entropie	kJ/(kg K)
$t = f(p, h)$	$t(p, h)$	Temperatur aus Druck und Enthalpie	°C
$t = f(p, s)$	$t(p, s)$	Temperatur aus Druck und spezifischer Entropie	°C
$x = f(p, h)$	$x(p, h)$	Dampfanteil aus Druck und spezifischer Enthalpie	kg/kg
$x = f(p, s)$	$x(p, s)$	Dampfanteil aus Druck und spezifischer Entropie	kg/kg
$\eta = f(p, t, x)$	$\eta(p, t, x)$	Dynamische Zähigkeit	Pa s = kg/(m s)
$\lambda = f(p, t, x)$	$\lambda(p, t, x)$	Wärmeleitfähigkeit	W/(m K)
$c_p = f(p, t, x)$	$c_p(p, t, x)$	Spezifische isobare Wärmekapazität	kJ/(kg K)

Maßeinheiten: t in °C
 p in MPa
 x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Gültigkeitsbereich: Bereiche 1 und 2 der IF97 einschl. Nassdampf (vgl. Bild 1)

Flüssigkeitsbereich: $p = p_s(t)$... 100 MPa für 0 °C ... 350 °C

Dampfbereich: 0,000611 MPa ... $p = p_s(t)$ für 0 °C ... 350 °C

0,000611 MPa ... $p_{23}(t) = p(s = 5.2 \text{ kJ/(kg K)})$ für 350 °C ... 590 °C

0,000611 MPa ... 100 MPa für 590 °C ... 800 °C

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung von Nassdampf

Das Nassdampfgebiet wird von FluidCASIO automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzten Dampf) liegt, ist für x der Wert - 1 einzugeben.

Im Falle, dass Nassdampf vorliegt, hat x Werte zwischen 0 und 1 (den Wert $x = 0$ bei siedender Flüssigkeit, den Wert $x = 1$ bei Satttdampf). Die Umkehrfunktionen liefern in diesem Fall den entsprechenden Wert für x zwischen 0 und 1 als Ergebnis.

Im Fall Nassdampf genügt es, entweder den gegebenen Wert für t und $p = - 1$ oder den gegebenen Wert für p und $t = - 1$ sowie einen Wert für x zwischen 0 und 1 einzugeben. Wird bei Nassdampf sowohl p als auch t eingegeben, geht das Programm davon aus, dass die beiden Parameter zusammen passen, d. h. die Dampfdruckkurve repräsentieren. Ist dies nicht der Fall, erfolgt eine Fehlermeldung.

Nassdampfgebiet: Temperaturbereich von $t = 0 \text{ °C}$ bis 350 °C

Druckbereich von $p = 0,000611 \text{ MPa}$ bis $p_s(t = 350 \text{ °C}) = 16,5292 \text{ MPa}$

Hinweis:

Erscheint eine Fehlermeldung, deutet dies darauf hin, dass die Eingabewerte einen Zustandspunkt außerhalb der Bereiche 1 oder 2 der Industrie-Formulation IAPWS-IF97 (vgl. Bild 1) repräsentieren. Genauere Angaben zu jeder Funktion und deren Gültigkeitsbereich sind in Abschnitt 4 aufgeführt.

2. Gültigkeitsbereich und Struktur der Programm-Bibliothek

Die Internationale Organisation für die Eigenschaften von Wasser und Wasserdampf IAPWS hat im September 1997 die Industrie-Formulation IAPWS-IF97 für die thermodynamischen Eigenschaften von Wasser und Wasserdampf als international verbindlich erklärt. Das heißt, in Abnahme- und Garantierechnungen von Anlagen mit dem Arbeitsfluid Wasser oder Wasserdampf muss dieser Standard weltweit verwendet werden.

Bild 1 zeigt den Gültigkeitsbereich des Gleichungssatzes der Industrie-Formulation mit dem vollständigen Namen

"IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam",

abgekürzt

"IAPWS Industrial Formulation 1997".

Der Gültigkeitsbereich der IAPWS-IF97 erstreckt sich von 0 °C bis 800 °C bei Drücken von 0,000611 MPa bis 100 MPa, und bis 2000 °C bei Drücken bis 50 MPa.

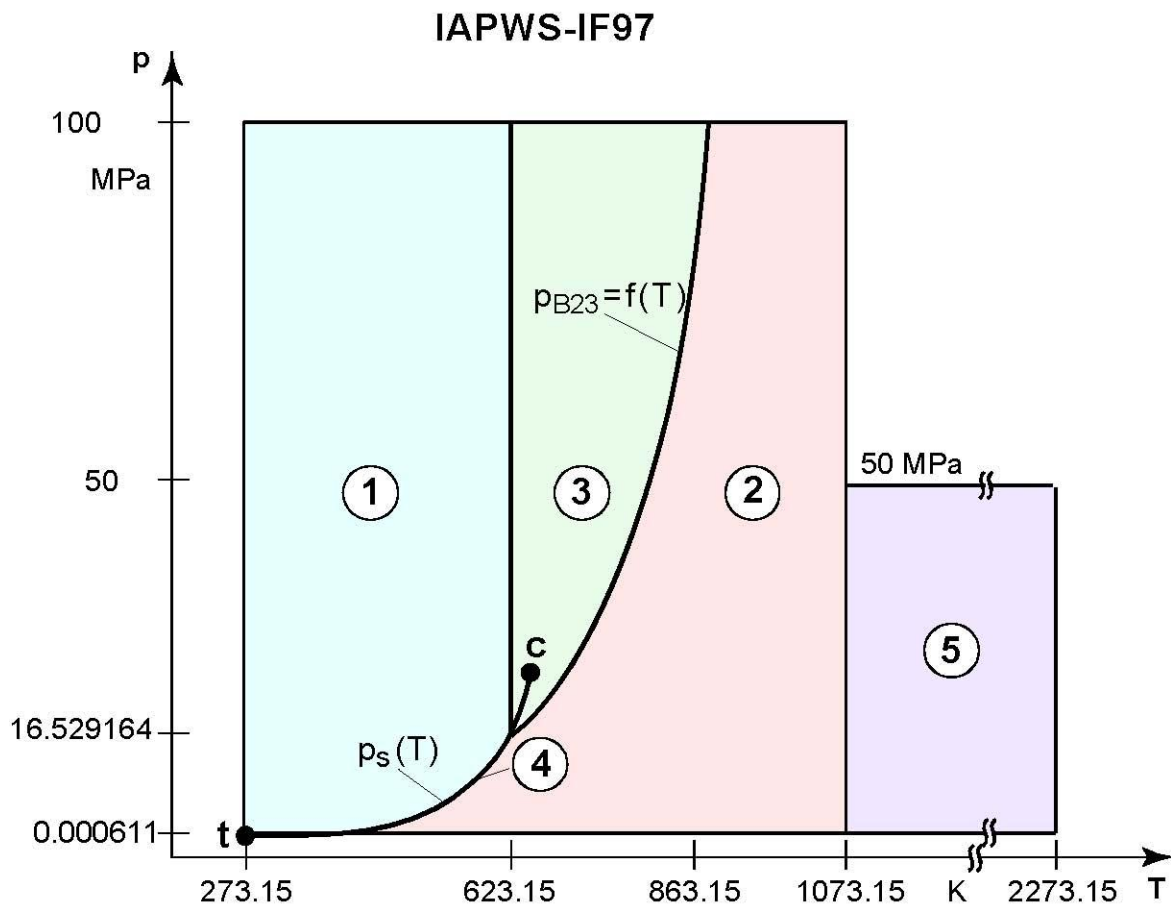


Bild 1 Gesamter Gültigkeitsbereich und Berechnungsbereiche der IF97

Der gesamte Gültigkeitsbereich ist in die Berechnungsbereiche 1 bis 5 unterteilt, in denen die jeweiligen Zustandsgleichungen gelten (vgl. Bild 1). Diese sind im offiziellen Release der IAPWS [1] über die IAPWS-IF97 sowie in [2] und [3] detailliert beschrieben.

Das Programm FluidCASIO für fx 9750 G II beinhaltet die Bereiche 1 und 2 sowie das Nassdampfgebiet bis 350 °C bzw. 16,529164 MPa (vgl. Bild 1).

Die Verzweigung zu den Berechnungsgleichungen der Bereiche 1 und 2 erfolgt intern anhand der gegebenen Größen.

3. Nutzung von FluidCASIO für die Berechnung von Wasser und Wasserdampf

3.1. Installation von FluidCASIO

Das Programm FluidCASIO wird mit Hilfe eines Link-Programms und dem dazugehörigen Link-Kabel auf den Taschenrechner kopiert.

Die benötigte Software erhält man beim Kauf eines Casio-Rechners. Falls dieses Programm nicht im Lieferumfang enthalten ist, steht es unter

<http://www.casio-schulrechner.de/de/files/downloads/FA-124.Ver.2.00.zip>

zum Download bereit. Das erforderliche Link-Kabel kann als Zubehör zum Beispiel bei der Böttcher Datentechnik GmbH

<http://www.boettcher-datentechnik.de/>

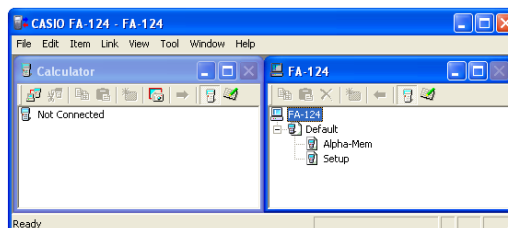
angefordert werden. Bei einigen Taschenrechnermodellen ist ein USB-Kabel zu Verbinden des Rechners mit einem PC im Lieferumfang enthalten.


Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich speziell auf die Software

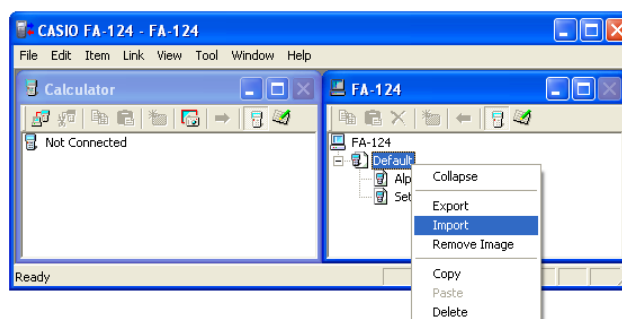
Programm-Link™ FA 124

von CASIO, das bereits auf dem PC installiert sein muss. Bei anderen Link-Programmen sind die Schritte für die Datenübertragung der zugehörigen Anleitung bzw. Online-Hilfe zu entnehmen.

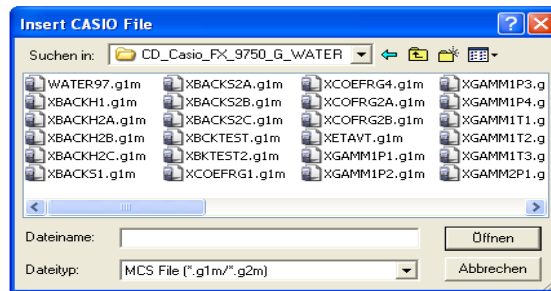
- 1) Legen Sie die CD "Casio_FX_9750G_II_WATER" in das CD-ROM Laufwerk des PCs ein.
- 2) Starten Sie das Programm "CASIO FA 124", indem Sie in der Windows-Taskleiste auf "Start", darin auf "Programme", darin auf "CASIO FA 124" und darin nochmals auf "CASIO FA 124" klicken. Es erscheint die Programmoberfläche des Programms "CASIO FA 124".




- 3) Klicken Sie im rechten Fenster (FA 124) auf das Symbol .
- 4) Rufen Sie mittels Rechtsklick auf "Default" das Kontextmenü auf und klicken Sie auf "Import", um die Software FluidCASIO in das Programm CASIO FA 124 zu laden.

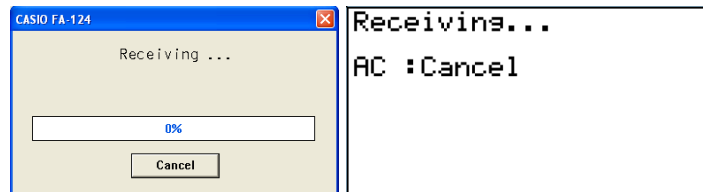


Wählen Sie im jeweiligen Speicherort die Datei "WATER-97.g1m" aus und klicken Sie auf Öffnen. Wiederholen Sie diesen Schritt für alle zu FluidCASIO gehörenden Dateien.

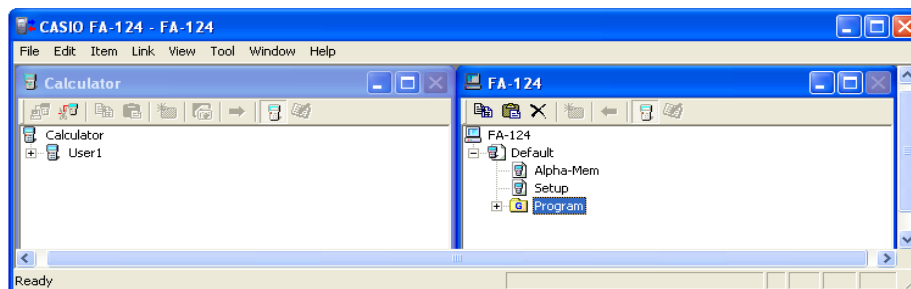



Es sind nun alle erforderlichen Dateien in das Link-Programm geladen.

- 5) Richten Sie den Taschenrechner die für die Verbindung mit einem PC ein. Hinweise dazu entnehmen Sie der Bedienungsanleitung des Rechners.
- 6) Schließen den Taschenrechner mittels des USB-Kabels an den PC an, und klicken Sie im linken Fenster (Calculator) auf das Symbol  um die Verbindung herzustellen. Es erscheint folgendes Fenster.



- 7) Kopieren Sie jetzt den Ordner "Program" im rechten Fenster per Drag and Drop in das linke Fenster (Calculator) in den Ordner User1.



Trennen Sie die Verbindung zwischen Taschenrechner und PC durch klicken auf , schalten Sie den Rechner aus und ziehen Sie das USB-Kabel ab

Das Programm FluidCasio ist jetzt auf Ihrem Taschenrechner installiert und steht zur Verwendung bereit.

Hinweis:

Falls die Dateien nicht kopiert wurden, gibt es folgende Fehlermöglichkeiten:

- Im PC-Linkprogramm sind die falsche serielle Schnittstelle und/oder der falsche Taschenrechner voreingestellt.

Um dies zu überprüfen, klicken Sie in der oberen Menüleiste auf "Link" und darin auf "Communications".

Im sich öffnenden Fenster wählen Sie im Pull-Down Menü USB.

Das entsprechende Taschenrechner Modell kann unter "Tool" und "Model Type" ausgewählt werden.

- Die Stecker sind nicht richtig eingesteckt.
- Es wird ein falsches oder defektes Link-Kabel verwendet.
- Im Link-Menü des Taschenrechners ist der falsche Kabel-Typ eingestellt.

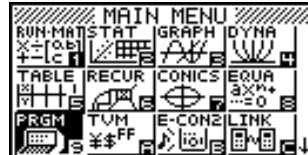
3.2. Beispiel: Berechnung von $h = f(p, t, x)$

Die Beschreibung dieser Beispielberechnung bezieht sich exemplarisch auf den Taschenrechner Casio fx-9750 G II.

Berechnet werden soll die spezifische Enthalpie h aus gegebenem Druck p , gegebener Temperatur t und gegebenem Dampfanteil x für Wasser und Wasserdampf nach der Industrie-Formulation IAPWS-IF97 [1, 2, 3].

Folgende Anweisungen sind nach Einschalten des Casio-Rechners auszuführen:

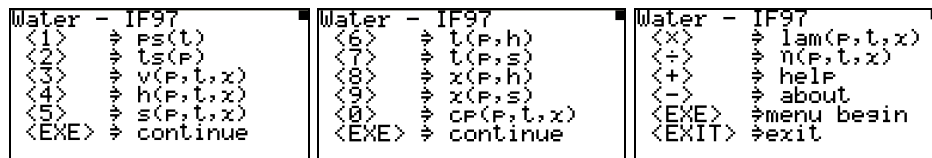
- Durch Drücken der <MENU>- Taste kehren Sie in das Hauptmenü zurück.
- Wählen Sie mit den Cursortasten den Menüpunkt "PRGM" und bestätigen Sie mit <EXE>.



- Starten Sie das Programm, indem Sie mit dem Cursorblock die Programmdatei "WATER-97" auswählen und mit <EXE> bestätigen.

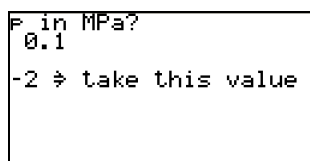


Es erscheint das folgende Hauptmenü von FluidCASIO:



Durch betätigen der <EXE> Taste kann man zwischen diesen drei Fenstern des Hauptmenüs wechseln.

- 1) Drücken Sie im ersten Menüteil die Taste <4>, um die Funktion "h(p,t,x)" auszuwählen. Es erscheint die Eingabeaufforderung für den gegebenen Druck p in MPa:



Beachten Sie dabei den Gültigkeitsbereich:

Flüssigkeitsbereich: $p = p_s(t) \dots 100 \text{ MPa}$ für $0 \text{ }^\circ\text{C} \dots 350 \text{ }^\circ\text{C}$ (Bereich 1 in Bild 1)

Dampfbereich: $0,000611 \text{ MPa} \dots p = p_s(t)$ für $0 \text{ }^\circ\text{C} \dots 350 \text{ }^\circ\text{C}$ (Bereich 2 in Bild 1)
 $0,000611 \text{ MPa} \dots p_{23}(t) \approx p(s = 5,2 \text{ kJ/(kg K)})$ für $350 \text{ }^\circ\text{C} \dots 590 \text{ }^\circ\text{C}$
 $0,000611 \text{ MPa} \dots 100 \text{ MPa}$ für $590 \text{ }^\circ\text{C} \dots 800 \text{ }^\circ\text{C}$

→ z.B.: Geben Sie den Wert 10 ein und bestätigen Sie mit <EXE>.

Hinweis:

Bei der Eingabe von Werten kann der angegebene aktuelle Wert durch Eingabe von -2 übernommen werden.

2) Es erscheint das Eingabefenster für die Temperatur t in °C:

```
t in °C?
100
-2 ⇒ take this value
```

Beachten Sie dabei den Gültigkeitsbereich:

Flüssigkeitsbereich: 0 °C ... 350 °C für $p = p_s(t)$... 100 MPa (Bereich 1 in Bild 1)

Dampfbereich: 0 °C ... 350 °C für 0,000611 MPa ... $p = p_s(t)$ (Bereich 2 in Bild 1)

350 °C ... 590 °C für 0,000611 MPa ... $p_{23}(t) \approx p(s = 5,2 \text{ kJ/kg K})$

590 °C ... 800 °C für 0,000611 MPa ... 100 MPa

→ z.B.: Geben Sie den Wert 400 ein und bestätigen Sie mit <EXE>.

3) Es erscheint das Eingabefenster für den Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf / kg Nassdampf):

```
x in kg/kg?
-1
-2 ⇒ take this value
```

- Da das Nassdampfgebiet vom Programm automatisch behandelt wird, sind die folgenden Festlegungen bei der Wertevorgabe für x zu beachten:
 - Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzter Dampf) liegt, ist der Wert -1 für x einzugeben.
 - Im Falle, dass Nassdampf vorliegt, hat x ein Wert zwischen 0 und 1, der in das Fenster von x einzutragen ist ($x = 0$ bei siedender Flüssigkeit, $x = 1$ bei Sattdampf).
 - Die Berechnung von Nassdampf kann ausgehend von (p, x) oder (t, x) oder (p, t, x) erfolgen, wobei im letzten Fall das Programm davon ausgeht, dass p und t zur Dampfdruckkurve gehören.
 - Deshalb genügt es, entweder
 - den gegebenen Wert für p und -1 für t oder
 - den gegebenen Wert für t und -1 für p
 - sowie in beiden Fällen einen Wert für x zwischen 0 und 1 einzugeben.
- **Gültigkeitsbereich für Nassdampfgebiet:**
 - Temperaturbereich von $t_t = 0$ °C bis 350 °C
 - Druckbereich von $p_t = 0,000611$ MPa bis $p_s(t = 350 \text{ °C}) = 16,5292$ MPa
- Da im Beispiel der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet liegt, ist der Wert -1 für x einzugeben. Da dieser bereits vom Programm angeboten wird, kann er durch die Eingabe von -2 übernommen werden.

→ Geben Sie -2 ein und bestätigen Sie mit <EXE>.

- Während der jetzt erfolgenden Berechnung erscheint die folgende Anzeige:

```
FluidCasio is working
```

- Nach erfolgter Berechnung wird das Ergebnis für h in kJ/kg auf dem Bildschirm wie folgt angezeigt

```
Steam region
h in kJ/kg
3097.375274

<EXE> ↗ main menu
<EXIT> ↗ exit
```

→ Im Beispiel muss der Wert 3097,375274 erscheinen.

Damit ist die Berechnung von $h = f(p,t,x)$ beendet.

Hinweis:

Der berechnete Wert wird in der Variable "Γ" (Gamma) gespeichert. Diese kann anschließend unabhängig von FluidCASIO weiter benutzt werden.

Beachten Sie, dass die Variable "Γ" bei einer erneuten Rechnung mit FluidCASIO mit dem nächsten Ergebnis überschrieben wird.

Jetzt haben Sie die Möglichkeit mit <EXE> in das Hauptmenü zur Berechnung einer weiteren Funktion zurückzukehren oder mit <EXIT> FluidCASIO zu beenden.

Drücken Sie <EXIT>, um die Beispielrechnung zu beenden.

3.3. De-Installation

Die folgenden Schritte sind auf dem Casio-Rechner auszuführen:

- 1) Kehren Sie durch Drücken der <MENU>-Taste in das Hauptmenü des Taschenrechners zurück. Wählen Sie im Hauptmenü mit Hilfe der Cursor Tasten "PRGM" aus und bestätigen mit <EXE>. Es erscheinen alle auf dem Casio-Rechner gespeicherten Programme (vgl. folgendes Bild)



- 2) Suchen Sie mit dem Cursor die Datei "WATER-97". Drücken Sie nun die <F4>-Taste, um die Datei zu löschen und bestätigen mit <F1>.



Wiederholen Sie den Löschvorgang für die Dateien:

XBACKH1.g1m	XBACKH2A.g1m	XBACKH2B.g1m	XBACKH2C.g1m
XBACKS1.g1m	XBACKS2A.g1m	XBACKS2B.g1m	XBACKS2C.g1m
XBCKTEST.g1m	XBKTEST2.g1m	XCOEFRG1.g1m	XCOEFRG4.g1m
XCOFRG2A.g1m	XCOFRG2B.g1m	XETA[VT].g1m	XGAMM11.g1m
XGAMM11A.g1m	XGAMM12.g1m	XGAMM13.g1m	XGAMM1P1.g1m
XGAMM1P2.g1m	XGAMM1P3.g1m	XGAMM1P4.g1m	XGAMM1T1.g1m
XGAMM1T2.g1m	XGAMM1T3.g1m	XGAMM21.g1m	XGAMM22.g1m
XGAMM23.g1m	XGAMM24.g1m	XGAMM2P1.g1m	XGAMM2P2.g1m
XGAMM2P3.g1m	XGAMM2T1.g1m	XGAMM2T2.g1m	XGAMM2T3.g1m
XGAMM2T4.g1m	XLAM[VT].g1m	XPS[T].g1m	XREGION1.g1m
XREGION2.g1m	XREGTEST.g1m	XRG1TPH.g1m	XRG1TPS.g1m
XRG2ATPH.g1m	XRG2ATPS.g1m	XRG2BTPH.g1m	XRG2BTPS.g1m
XRG2CTPH.g1m	XRG2CTPS.g1m	XRGERROR.g1m	XTS[P].g1m
XWETPHS.g1m			

- 3) Mit der Taste <MENU> kehren Sie wieder in das Hauptmenü zurück. Damit ist die De-Installation von FluidCASIO abgeschlossen.

4. Programmdokumentation für Wasser und Wasserdampf

Dampfdruck $p_s = f(t)$

Name in FluidCASIO: $p_s(t)$

Eingabewerte

t - Temperatur t in °C

Rückgabewert

$p_s(t)$ - Dampfdruck p_s in MPa

Gültigkeitsbereich

von $t_t = 0$ °C bis $t_c = 373,946$ °C

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Fehlermeldung "Out of Range!" für Eingabewerte:

$t < 0$ °C oder $t > 373,946$ °C

Literatur: [1], [2], [3], [4]

Siedetemperatur $t_s = f(p)$

Name in FluidCASIO: $t_s(p)$

Eingabewerte

p - Druck p in MPa

Rückgabewert

$t_s(p)$ - Siedetemperatur t_s in °C

Gültigkeitsbereich

von $p_t = 0,000611$ MPa bis $p = 22,064$ MPa

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Fehlermeldung "Out of Range!" für Eingabewerte:

$p < 0,000611$ MPa oder $p > 22,064$ MPa

Literatur: [1], [2], [3], [4]

Spezifisches Volumen $v = f(p, t, x)$

Name in FluidCASIO: $v(p, t, x)$

Eingabewerte

p - Druck p in MPa

t - Temperatur t in °C

x - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

$v(p, t, x)$ - spezifisches Volumen v in m³/kg

Gültigkeitsbereich

Flüssigkeitsbereich: $p = p_s(t)$...100 MPa für 0 °C...350 °C (Bereich 1 in Bild 1)

Dampfbereich: 0,000611 MPa... $p = p_s(t)$ für 0 °C...350 °C (Bereich 2 in Bild 1)

0,000611 MPa... $p_{23}(t) \approx p(s = 5,2 \text{ kJ}/(\text{kg K}))$ für 350 °C...590 °C

0,000611 MPa...100 MPa für 590 °C...800 °C

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung von Nassdampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzten Dampf) liegt, ist für x der Wert $x = -1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt im Nassdampfgebiet vorliegt, ist für x ein Wert zwischen 0 und 1 (der Wert $x = 0$ bei siedender Flüssigkeit, der Wert $x = 1$ bei Sattdampf) einzugeben.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei Nassdampf, entweder den gegebenen Wert für t und -1 für p einzugeben oder den gegebenen Wert für p und -1 für t einzugeben, sowie einen Wert für x zwischen 0 und 1 vorzugeben. Wird bei Nassdampf sowohl t als auch p eingegeben, geht das Programm davon aus, dass die beiden Parameter zusammen passen, d. h. die Dampfdruckkurve repräsentieren. Ist dies nicht der Fall, wird als Ergebnis eine Fehlermeldung zurückgegeben.

Nassdampfgebiet: Temperaturbereich von $t_t = 0$ °C bis $t = 350$ °C

Druckbereich von

$p_t = 0,000611$ MPa bis $p_s(t = 350^\circ\text{C}) = 16,5292$ MPa

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Fehlermeldung "Out of Range!" für Eingabewerte:

Einphasengebiet: die eingegebenen Parameter liegen außerhalb des oben
($x = -1$) aufgeführten Gültigkeitsbereiches

Nassdampfgebiet: bei $p = -1$ und $t > 350$ °C oder $t < 0$ °C oder
($0 \leq x \leq 1$) bei $t = -1$ und $p > 16,5292$ MPa oder $p < 0,000611$ MPa oder
bei $p > 16,5292$ MPa oder $p < 0,000611$ MPa
und $t > 350$ °C oder $t < 0$ °C
bei $|t - t_s(p)| > 0,1$ K

Literatur: [1], [2], [3], [4]

Spezifische Enthalpie $h = f(p, t, x)$

Name in FluidCASIO: $h(p, t, x)$

Eingabewerte

p - Druck p in MPa

t - Temperatur t in °C

x - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

$h(p, t, x)$ - spezifische Enthalpie h in kJ/kg

Gültigkeitsbereich

Flüssigkeitsbereich: $p = p_s(t)$...100 MPa für 0 °C...350 °C (Bereich 1 in Bild 1)

Dampfbereich: 0,000611 MPa... $p = p_s(t)$ für 0 °C...350 °C (Bereich 2 in Bild 1)

0,000611 MPa... $p_{23}(t) \approx p(s = 5,2 \text{ kJ/(kg K)})$ für 350 °C...590 °C

0,000611 MPa...100 MPa für 590 °C...800 °C

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung von Nassdampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzten Dampf) liegt, ist für x der Wert $x = -1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt im Nassdampfgebiet vorliegt, ist für x ein Wert zwischen 0 und 1 (der Wert $x = 0$ bei siedender Flüssigkeit, der Wert $x = 1$ bei Satttdampf) einzugeben.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei Nassdampf, entweder den gegebenen Wert für t und -1 für p einzugeben oder den gegebenen Wert für p und -1 für t einzugeben, sowie einen Wert für x zwischen 0 und 1 vorzugeben. Wird bei Nassdampf sowohl t als auch p eingegeben, geht das Programm davon aus, dass die beiden Parameter zusammen passen, d. h. die Dampfdruckkurve repräsentieren. Ist dies nicht der Fall, wird als Ergebnis eine Fehlermeldung zurückgegeben.

Nassdampfgebiet: Temperaturbereich von $t_t = 0$ °C bis $t = 350$ °C

Druckbereich von

$p_t = 0,000611$ MPa bis $p_s(t = 350^\circ\text{C}) = 16,5292$ MPa

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Fehlermeldung "Out of Range!" für Eingabewerte:

Einphasengebiet:
($x = -1$) die eingegebenen Parameter liegen außerhalb des oben aufgeführten Gültigkeitsbereiches

Nassdampfgebiet:
($0 \leq x \leq 1$) bei $p = -1$ und $t > 350$ °C oder $t < 0$ °C oder
bei $t = -1$ und $p > 16,5292$ MPa oder $p < 0,000611$ MPa oder
bei $p > 16,5292$ MPa oder $p < 0,000611$ MPa
und $t > 350$ °C oder $t < 0$ °C
bei $|t - t_s(p)| > 0.1$ K

Literatur: [1], [2], [3], [4]

Spezifische Entropie $s = f(p, t, x)$

Name in FluidCASIO: $s(p, t, x)$

Eingabewerte

p - Druck p in MPa

t - Temperatur t in °C

x - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

$s(p, t, x)$ - spezifische Entropie s in kJ/(kg K)

Gültigkeitsbereich

Flüssigkeitsbereich: $p = p_s(t)$...100 MPa für 0 °C...350 °C (Bereich 1 in Bild 1)

Dampfbereich: 0,000611 MPa... $p = p_s(t)$ für 0 °C...350 °C (Bereich 2 in Bild 1)

0,000611 MPa... $p_{23}(t) \approx p(s = 5,2 \text{ kJ/(kg K)})$ für 350 °C...590 °C

0,000611 MPa...100 MPa für 590 °C...800 °C

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung von Nassdampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzten Dampf) liegt, ist für x der Wert $x = -1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt im Nassdampfgebiet vorliegt, ist für x ein Wert zwischen 0 und 1 (der Wert $x = 0$ bei siedender Flüssigkeit, der Wert $x = 1$ bei Satttdampf) einzugeben.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei Nassdampf, entweder den gegebenen Wert für t und -1 für p einzugeben oder den gegebenen Wert für p und -1 für t einzugeben, sowie einen Wert für x zwischen 0 und 1 vorzugeben. Wird bei Nassdampf sowohl t als auch p eingegeben, geht das Programm davon aus, dass die beiden Parameter zusammen passen, d. h. die Dampfdruckkurve repräsentieren. Ist dies nicht der Fall, wird als Ergebnis eine Fehlermeldung zurückgegeben.

Nassdampfgebiet: Temperaturbereich von $t_t = 0$ °C bis $t = 350$ °C

Druckbereich von

$p_t = 0,000611$ MPa bis $p_s(t = 350^\circ\text{C}) = 16,5292$ MPa

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Fehlermeldung "Out of Range!" für Eingabewerte:

Einphasengebiet:
($x = -1$) die eingegebenen Parameter liegen außerhalb des oben aufgeführten Gültigkeitsbereiches

Nassdampfgebiet:
($0 \leq x \leq 1$) bei $p = -1$ und $t > 350$ °C oder $t < 0$ °C oder
bei $t = -1$ und $p > 16,5292$ MPa oder $p < 0,000611$ MPa oder
bei $p > 16,5292$ MPa oder $p < 0,000611$ MPa
und $t > 350$ °C oder $t < 0$ °C
bei $|t - t_s(p)| > 0.1$ K

Literatur: [1], [2], [3], [4]

Umkehrfunktion: Temperatur $t = f(p, h)$

Name in FluidCASIO: $t(p, h)$

Eingabewerte

p - Druck p in MPa

h - Spezifische Enthalpie h in kJ/kg

Rückgabewert

$t(p, h)$ - Temperatur t in °C

Gültigkeitsbereich

Flüssigkeitsbereich: IAPWS-IF97 Bereich 1 (vgl. Bild 1)

Dampfbereich: IAPWS-IF97 Bereich 2 (vgl. Bild 1)

Nassdampfgebiet: $p = 0,000611 \dots 16,5292$ MPa und $h'(p) < h < h''(p)$

Erläuterung zur Berechnung von Nassdampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Das heißt, ausgehend von den gegebenen Werten für p und h wird innerhalb des Unterprogramms ermittelt, ob der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder Dampf) oder im Nassdampfgebiet liegt. Anschließend erfolgt die Berechnung für das betreffende Zustandsgebiet.

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Fehlermeldung "Out of Range!" für Eingabewerte:

Flüssigkeitsbereich: bei Werten p und h außerhalb Bereich 1 der IAPWS-IF97 (Bild 1)

Dampfbereich: bei Werten p und h außerhalb des Bereiches 2 der IAPWS-IF97 (Bild 1)

Nassdampfgebiet: bei Werten $p > 16,5292$ MPa oder $p < 0,000611$ MPa

Literatur: [1], [2], [3], [4]

Umkehrfunktion: Temperatur $t = f(p,s)$ **Name in FluidCASIO: $t(p,s)$** **Eingabewerte** p - Druck p in MPa s - Spezifische Entropie s in kJ/(kg K)**Rückgabewert** $t(p,s)$ - Temperatur t in °C**Gültigkeitsbereich**

Flüssigkeitsbereich: IAPWS-IF97 Bereich 1 (vgl. Bild 1)

Dampfbereich: IAPWS-IF97 Bereich 2 (vgl. Bild 1)

Nassdampfgebiet: $p = 0,000611 \dots 16,5292$ MPa**Erläuterung zur Berechnung von Nassdampf**

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Das heißt, ausgehend von den gegebenen Werten für p und s wird innerhalb des Unterprogramms ermittelt, ob der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder Dampf) oder im Nassdampfgebiet liegt. Anschließend erfolgt die Berechnung für das betreffende Zustandsgebiet.

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Fehlermeldung "Out of Range!" für Eingabewerte:

Flüssigkeitsbereich: bei Werten p und s außerhalb Bereich 1 der IAPWS-IF97 (Bild 1)Dampfbereich: bei Werten p und s außerhalb des Bereiches 2 der IAPWS-IF97Nassdampfgebiet: bei Werten $p > 16,5292$ MPa oder $p < 0,000611$ MPa**Literatur:** [1], [2], [3], [4]

Umkehrfunktion: Dampfanteil $x = f(p, h)$

Name in FluidCASIO: $x(p, h)$

Eingabewerte

p - Druck p in MPa

h - Spezifische Enthalpie h in kJ/kg

Rückgabewert

$x(p, h)$ - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Gültigkeitsbereich

Flüssigkeitsbereich: IAPWS-IF97 Bereich 1 (vgl. Bild 1)

Dampfbereich: IAPWS-IF97 Bereich 2 (vgl. Bild 1)

Nassdampfgebiet: $p = 0,000611 \dots 16,5292$ MPa und $h'(p) < h < h''(p)$

Erläuterung zur Berechnung von Nassdampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Das heißt, ausgehend von den gegebenen Werten für p und h wird innerhalb des Unterprogramms ermittelt, ob der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder Dampf) oder im Nassdampfgebiet liegt. Liegt Nassdampf vor, erfolgt die Berechnung des Wertes für x . Liegt der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet, wird für x das Ergebnis $x = -1$ gesetzt.

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis $x(p, h) = -1$ für Eingabewerte:

falls zu berechnender Zustandspunkt im Einphasengebiet liegt:

$p > 16,5292$ MPa oder bei Werten $h < h'(p)$ oder $h > h''(p)$

Fehlermeldung "Out of Range!" für Eingabewerte:

$p < 0,000611$ MPa oder $p > 100$ MPa

Literatur: [1], [2], [3], [4]

Umkehrfunktion: Dampfanteil $x = f(p,s)$

Name in FluidCASIO: $x(p,s)$

Eingabewerte

p - Druck p in MPa

s - Spezifische Entropie s in kJ/kg K

Rückgabewert

$x(p,s)$ - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Gültigkeitsbereich

Flüssigkeitsbereich: IAPWS-IF97 Bereich 1 (vgl. Bild 1)

Dampfbereich: IAPWS-IF97 Bereich 2 (vgl. Bild 1)

Nassdampfgebiet: $p = 0,000611 \dots 16,5292$ MPa und $s'(p) < s < s''(p)$

Erläuterung zur Berechnung von Nassdampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Das heißt, ausgehend von den gegebenen Werten für p und s wird innerhalb des Unterprogramms ermittelt, ob der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder Dampf) oder im Nassdampfgebiet liegt. Liegt Nassdampf vor, erfolgt die Berechnung des Wertes für x . Liegt der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet, wird für x das Ergebnis $x = -1$ gesetzt.

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis $x(p,s) = -1$ für Eingabewerte:

falls zu berechnender Zustandspunkt im Einphasengebiet liegt:

$p > 16,5292$ MPa oder bei Werten $s < s'(p)$ oder $s > s''(p)$

Fehlermeldung "Out of Range!" für Eingabewerte:

$p < 0,000611$ MPa oder $p > 100$ MPa

Literatur: [1], [2], [3], [4]

Dynamische Zähigkeit $\eta = f(p, t, x)$

Name in FluidCASIO: $\eta(p, t, x)$

Eingabewerte

p - Druck p in MPa

t - Temperatur t in °C

x - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

$\eta(p, t, x)$ - dynamische Zähigkeit η in MPa s

Gültigkeitsbereich

Flüssigkeitsbereich: $p = p_s(t) \dots 100$ MPa für 0 °C... 350 °C

Dampfbereich: $0,000611$ MPa... $p = p_s(t)$ für 0 °C... 350 °C

$0,000611$ MPa... $p_{23}(t) \approx p(s = 5,2 \text{ kJ/(kg K)})$ für 350 °C... 590 °C

$0,000611$ MPa... 100 MPa für 590 °C... 800 °C

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung für siedende Flüssigkeit und gesättigten Dampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzten Dampf) liegt, ist für x keine Eingabe zu machen oder der Wert $x = -1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt auf der Siedelinie liegt, ist für x der Wert $x = 0$ und im Fall gesättigten Dampfes (Taulinie) der Wert $x = 1$ einzugeben. Eine Berechnung für Werte von x zwischen 0 und 1 ist nicht möglich.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei siedender Flüssigkeit oder gesättigtem Dampf, entweder den gegebenen Wert für t und -1 für p einzugeben oder den gegebenen Wert für p und -1 für t einzugeben sowie den Wert für x ($x = 0$ oder $x = 1$) vorzugeben. Wird bei sowohl t als auch p eingegeben, geht das Programm davon aus, dass die beiden Parameter zusammen passen, d. h. die Dampfdruckkurve repräsentieren. Ist dies nicht der Fall, wird als Ergebnis eine Fehlermeldung zurückgegeben.

Siede- und Taulinie: Temperaturbereich von $t_t = 0$ °C bis $t = 350$ °C

Druckbereich von

$p_t = 0,000611$ MPa bis $p_s(t = 350 \text{ °C}) = 16,5292$ MPa

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Fehlermeldung "Out of Range!" für Eingabewerte:

Einphasengebiet: die eingegebenen Parameter liegen außerhalb des oben
($x = -1$) aufgeführten Gültigkeitsbereiches

Siede- oder Taulinie: bei Eingabe von $p = -1$ und $t > 350$ °C oder $t < 0$ °C oder
($x = 0$ oder $x = 1$) bei Eingabe von $t = -1$ und $p > 16,5292$ MPa
oder $p < 0,000611$ MPa oder
bei $p > 16,5292$ MPa oder $p < 0,000611$ MPa
und $t > 350$ °C oder $t < 0$ °C
bei $|t - t_s(p)| > 0.1$ K

Literatur: [6], Interne Berechnung von p bzw. v nach: [1], [2], [3], [4]

Wärmeleitfähigkeit $\lambda = f(p, t, x)$

Name in FluidCASIO: lam(p,t,x)

Eingabewerte

p - Druck p in MPa

t - Temperatur t in °C

x - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

$\lambda(p, t, x)$ - Wärmeleitfähigkeit λ in W/(m K)

Gültigkeitsbereich

Flüssigkeitsbereich: $p = p_s(t)$...100 MPa für 0 °C...350 °C

Dampfbereich: 0,000611 MPa... $p = p_s(t)$ für 0 °C...350 °C

0,000611 MPa... $p_{23}(t) \approx p(s = 5,2 \text{ kJ/(kg K)})$ für 350 °C...590 °C

0,000611 MPa...100 MPa für 590 °C...800 °C

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung für siedende Flüssigkeit und gesättigten Dampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzten Dampf) liegt, ist für x keine Eingabe zu machen oder der Wert $x = -1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt auf der Siedelinie liegt, ist für x der Wert $x = 0$ und im Fall gesättigten Dampfes (Taulinie) der Wert $x = 1$ einzugeben. Eine Berechnung für Werte von x zwischen 0 und 1 ist nicht möglich.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei siedender Flüssigkeit oder gesättigtem Dampf, entweder den gegebenen Wert für t und -1 für p einzugeben oder den gegebenen Wert für p und -1 für t einzugeben sowie den Wert für x ($x = 0$ oder $x = 1$) vorzugeben. Wird bei sowohl t als auch p eingegeben, geht das Programm davon aus, dass die beiden Parameter zusammen passen, d. h. die Dampfdruckkurve repräsentieren. Ist dies nicht der Fall, wird als Ergebnis eine Fehlermeldung zurückgegeben.

Siede- und Taulinie: Temperaturbereich von $t_t = 0$ °C bis $t = 350$ °C

Druckbereich von

$p_t = 0,000611$ MPa bis $p_s(t = 350$ °C) = 16,5292 MPa

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Fehlermeldung "Out of Range!" für Eingabewerte:

Einphasengebiet: die eingegebenen Parameter liegen außerhalb des oben
($x = -1$) aufgeführten Gültigkeitsbereiches

Siede- oder Taulinie: bei Eingabe von $p = -1$ und $t > 350$ °C oder $t < 0$ °C oder
($x = 0$ oder $x = 1$) bei Eingabe von $t = -1$ und $p > 16,5292$ MPa
oder $p < 0,000611$ MPa oder
bei $p > 16,5292$ MPa oder $p < 0,000611$ MPa
und $t > 350$ °C oder $t < 0$ °C
bei $|t - t_s(p)| > 0.1$ K

Literatur: [5], Interne Berechnung von p bzw. v nach: [1], [2], [3], [4]

Spezifische isobare Wärmekapazität $c_p = f(p, t, x)$

Name in FluidCASIO: $c_p(p, t, x)$

Eingabewerte

p - Druck p in MPa

t - Temperatur t in °C

x - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

$c_p(p, t, x)$ - spezifische isobare Wärmekapazität c_p in kJ/kg K

Gültigkeitsbereich

Flüssigkeitsbereich: $p = p_s(t) \dots 100$ MPa für 0 °C... 350 °C

Dampfbereich: $0,000611$ MPa... $p = p_s(t)$ für 0 °C... 350 °C

$0,000611$ MPa... $p_{23}(t) \approx p(s = 5,2 \text{ kJ/(kg K)})$ für 350 °C... 590 °C

$0,000611$ MPa... 100 MPa für 590 °C... 800 °C

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung für siedende Flüssigkeit und gesättigten Dampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzten Dampf) liegt, ist für x keine Eingabe zu machen oder der Wert $x = -1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt auf der Siedelinie liegt, ist für x der Wert $x = 0$ und im Fall gesättigten Dampfes (Taulinie) der Wert $x = 1$ einzugeben. Eine Berechnung für Werte von x zwischen 0 und 1 ist nicht möglich.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei siedender Flüssigkeit oder gesättigtem Dampf, entweder den gegebenen Wert für t und -1 für p einzugeben oder den gegebenen Wert für p und -1 für t einzugeben sowie den Wert für x ($x = 0$ oder $x = 1$) vorzugeben. Wird bei sowohl t als auch p eingegeben, geht das Programm davon aus, dass die beiden Parameter zusammen passen, d. h. die Dampfdruckkurve repräsentieren. Ist dies nicht der Fall, wird als Ergebnis eine Fehlermeldung zurückgegeben.

Siede- und Taulinie: Temperaturbereich von $t_t = 0$ °C bis $t = 350$ °C

Druckbereich von

$p_t = 0,000611$ MPa bis $p_s(t = 350 \text{ °C}) = 16,5292$ MPa

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Fehlermeldung "Out of Range!" für Eingabewerte:

Einphasengebiet: die eingegebenen Parameter liegen außerhalb des oben
($x = -1$) aufgeführten Gültigkeitsbereiches

Siede- oder Taulinie: bei Eingabe von $p = -1$ und $t > 350$ °C oder $t < 0$ °C oder
($x = 0$ oder $x = 1$) bei Eingabe von $t = -1$ und $p > 16,5292$ MPa
oder $p < 0,000611$ MPa oder
bei $p > 16,5292$ MPa oder $p < 0,000611$ MPa
und $t > 350$ °C oder $t < 0$ °C
bei $|t - t_s(p)| > 0.1$ K

Literatur: [1], [2], [3], [4]

5. Literaturverzeichnis

- [1] Release on the IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam IAPWS-IF97.
IAPWS, (2007), Available at www.iapws.org
- [2] Wagner, W.; Cooper, J.R.; Dittmann, A.; Kijima, J.; Kretzschmar, H.-J.; Kruse, A.; Mareš, R.; Oguchi, K.; Sato, H.; Stöcker, I.; Šifner, O.; Takaishi, Y.; Tanishita, I.; Trübenbach, J.; Willkommen, Th.:
The IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam.
Journal of Eng. for Gas Turbines and Power 122 (2000) Nr. 1, S. 150-182
- [3] Wagner, W.; Kretzschmar, H.-J.:
International Steam Tables
Springer-Verlag, Berlin (2008)
www.international-steam-tables.com
- [4] Kretzschmar, H.-J.:
Mollier h,s -Diagramm.
Springer-Verlag, Berlin (2008)
www.international-steam-tables.com
- [5] Revised Release on the IAPWS Formulation 1985 for the Thermal Conductivity of Ordinary Water Substance.
IAPWS, (2008), Available at www.iapws.org
- [6] Release on the IAPWS Formulation 2008 for the Viscosity of Ordinary Water Substance.
IAPWS, (2008), Available at www.iapws.org