

## **Anlagenverzeichnis**

Anlage 1: Berechnung des Fernwärmenetzes Oederan

Anlage 2: Programmablaufplan und Quelltext des Tagesgangliniensortierers

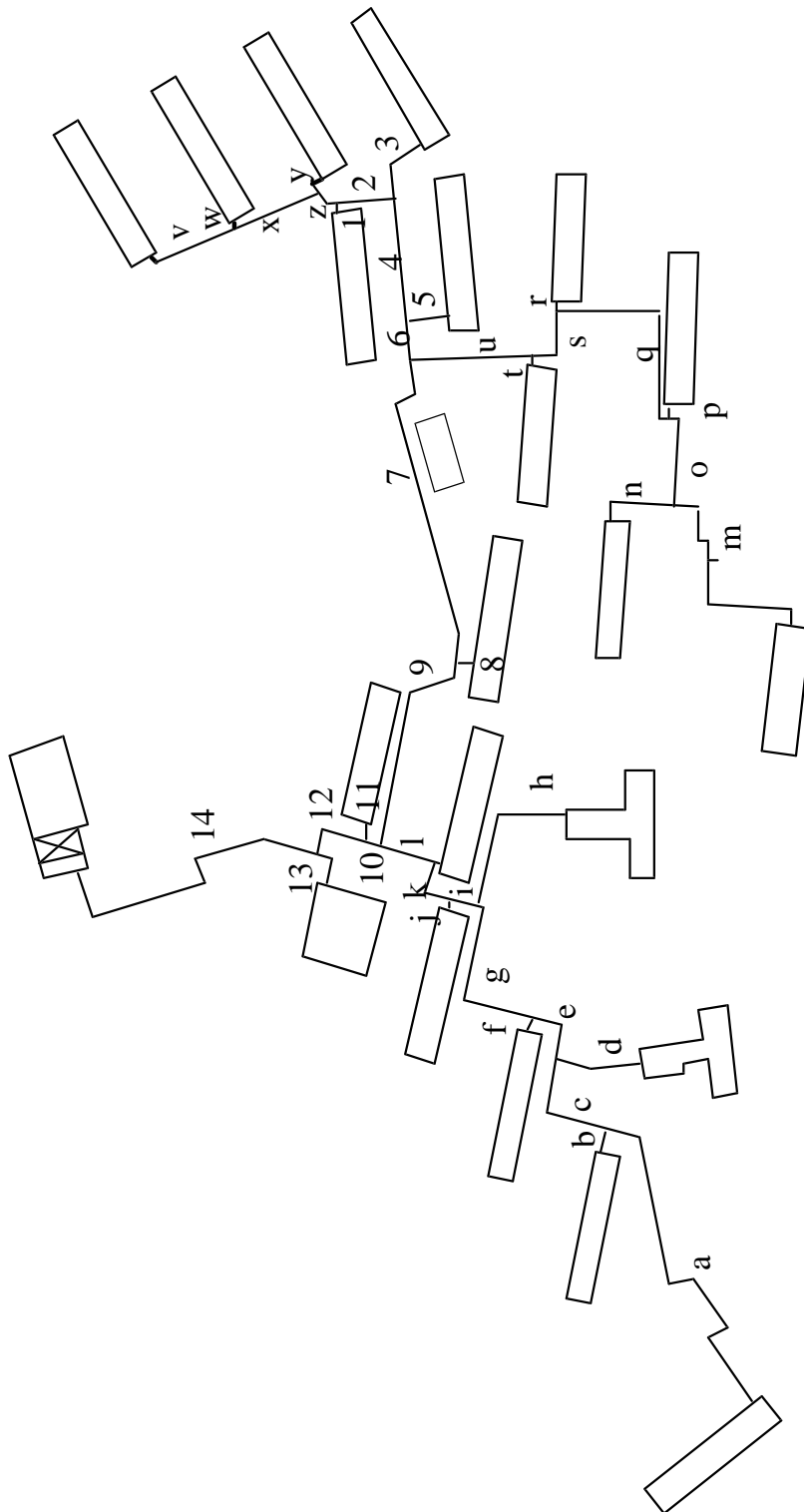
Anlage 3: Numerische Heizkörperberechnung

Anlage 4: Adsorptionskältemaschine

Anlage 5: Kosten größerer Sorptionssysteme

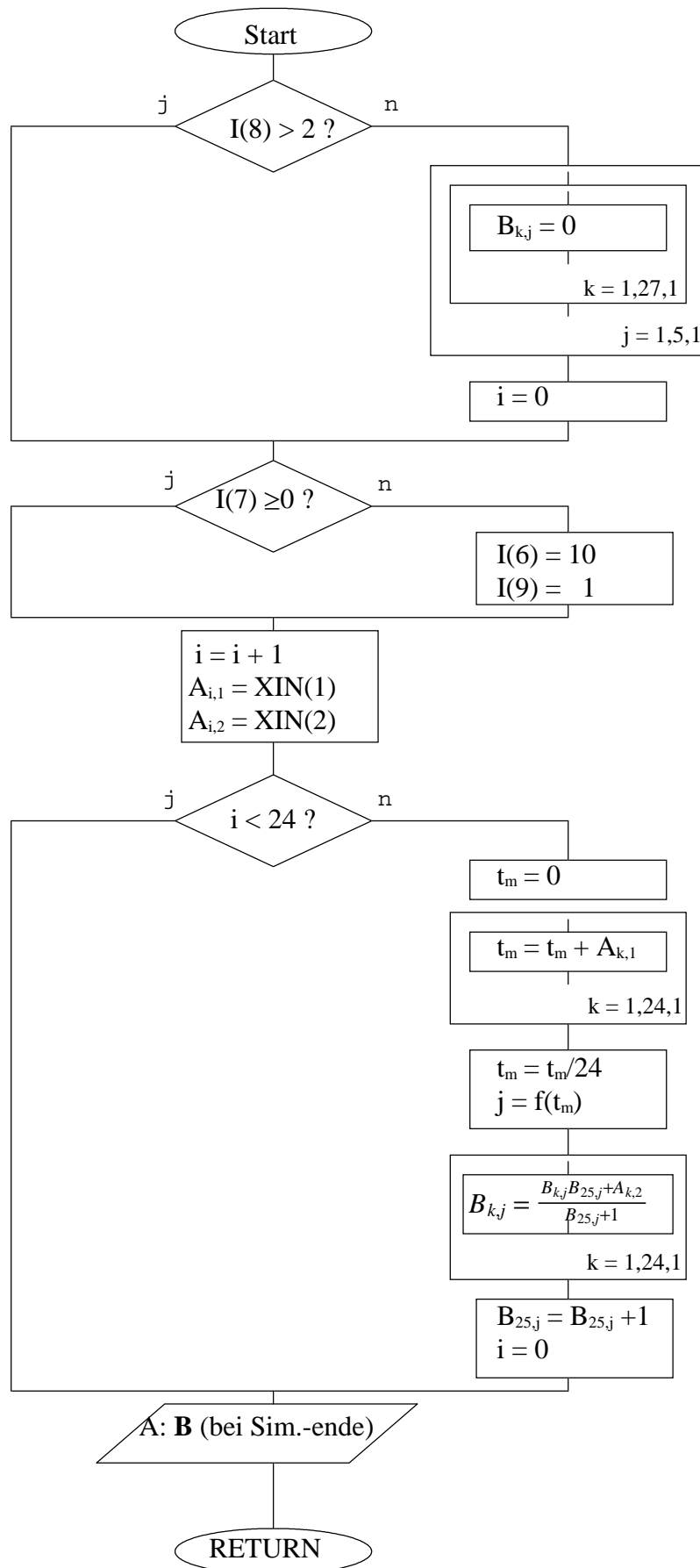
### Anlage 1: Berechnung des Fernwärmenetzes Oederan

- Netz vollständig ausgebaut
- Nennweiten entsprechend den angenommenen (zu hohen) Wärmebedarfswerten



Abschnitt	Länge in m	Leistung in kW	Nennweite in mm	Preis in TDM	Verlust in W/m
a	120	200	40	66	2.435
b	8	200	40	4	162
c	40	400	50	24	863
d	32	100	25	15	588
e	22	500	65	14	517
f	4	200	40	2	81
g	56	700	65	37	1.316
h	56	100	25	27	1.028
i	9	800	80	6	229
j	3	200	40	2	61
k	19	1.000	80	14	483
l	20	1.200	80	14	509
m	85	200	40	47	1.725
n	28	200	40	15	568
o	34	400	50	20	734
p	4	200	40	2	81
q	87	600	65	57	2.045
r	3	200	40	2	61
s	25	800	80	18	636
t	3	200	40	2	61
u	43	1.000	80	31	1.093
v	32	200	40	18	649
w	2	200	40	1	41
x	32	400	50	19	690
y	6	200	40	3	122
z	7	600	65	5	165
1	4	200	40	2	81
2	20	800	80	14	509
3	25	200	40	14	507
4	44	1.000	80	32	1.119
5	15	200	40	8	304
6	14	1.200	80	10	356
7	116	2.200	125	106	3.620
8	6	200	40	3	122
9	78	2.400	125	71	2.434
10	5	3.600	200	6	204
11	5	200	40	3	101
12	25	3.800	200	31	1.021
13	15	160	32	8	289
14	112	3.960	200	138	4.573
	1.264	3.960	80 (Mittelwert)	910	

## Anlage 2: Programmablaufplan und Quelltext des Tagesgangliniensortierers



```

C      Erstellung von Tagesganglinien laut Temperatureinteilung
SUBROUTINE TYPE61(TIME,XIN,OUT,T,DTDT,PAR,INFO)
Real A(24,2),B(27,5),t,tm,zw
Integer i,j,k,gr,fi
Character*40 d,e,f,g,h,l,m,n,o,p,q
Dimension XIN(10),OUT(20),PAR(10),INFO(10)
d='Tagesganglinien gemäß Temperaturmodell'
e='Zeit'
f='sehr kalt'
g='kalt'
h='kühl'
l='mild'
m='warm'
n=' Summe'
o='Winter'
p='Sommer'
q='Häufigkeiten der Typtage'
C      Erster Aufruf der Simulation
IF (INFO(8).GT.2) GOTO 300
DO 200 j=1,5,1
    DO 100 k=1,27,1
        B(k,j)=0
100    CONTINUE
200    CONTINUE
    i=0
300    CONTINUE
    zw=TIME-INT(TIME)
    IF (zw.GT.0.01) GOTO 900
C      Erster Aufruf im Zeitschritt
IF(INFO(7).GE.0) GOTO 400
INFO(6)=2
INFO(9)=1
CALL TYPECK(1,INFO,2,4,0)
gr=PAR(3)
fi=PAR(4)
400    Continue
C      Übernahme der Inputs in die Vormatrix
    i=i+1
    A(i,1)=XIN(1)
    A(i,2)=XIN(2)
C      Ende eines Tages?
IF (i.LT.24) GOTO 700
    tm=0
C      Bestimmung der Tagesdurchschnittstemperatur
DO 500 k=1,24,1
    tm=tm+A(k,1)
500    CONTINUE
    tm=tm/24
C      Zuordnung zu einer Tagesgruppe
    j=MIN(MAX((INT((tm+22.5)/7.5)),1),5)
C      Berechnung der Hauptmatrix
DO 600 k=1,24,1
    B(k,j)=(B(k,j)*B(25,j)+A(k,2))/(B(25,j)+1)
600    Continue
    B(25,j)=B(25,j)+1
C      Feststellung der Jahreszeit
IF (TIME.LT.2160) THEN
    B(26,j)=B(26,j)+1
ELSE
IF(TIME.LT.6756)THEN
    B(27,j)=B(27,j)+1

```

```
        ELSE
          B(26,j)=B(26,j)+1
        ENDIF
      ENDIF
      i=0
700  Continue
      IF (TIME.NE.gr) GOTO 900
      Open (fi)
      Write(fi,'(3X,A40,/)')d
      Write(fi,'(2X,A6,A16,4A11)')e,f,g,h,l,m
      Do 800 k=1,24,1
      Write(fi,'(I6,1P5E11.3)')k,B(k,1),B(k,2),B(k,3),B(k,4),B(k,5)
800  Continue
      Write(fi,'(/,4X,A40,/)')q
      Write(fi,'(A6,1P5E11.3)')o,B(26,1),B(26,2),B(26,3),B(26,4),B(26,5)
      Write(fi,'(A6,1P5E11.3)')p,B(27,1),B(27,2),B(27,3),B(27,4),B(27,5)
      Write(fi,'(A6,1P5E11.3)')n,B(25,1),B(25,2),B(25,3),B(25,4),B(25,5)
      Close(fi)
900  Continue
      OUT(1)=TIME
      OUT(2)=INFO(8)
      End
```

### Anlage 3: Numerische Heizkörperberechnung

In welchem Maße die Heizenergie solar bereitgestellt werden kann, ist nicht nur von der Güte und Auslegung der Kollektoren und Speicher, sondern in ganz entscheidendem Maße vom Heiznetz abhängig. Den Haupteinfluß stellt die Größe der Heizkörper dar. Je größer die Heizfläche, desto kleiner können Vor- und Rücklaufemperatur gewählt werden. Daraus ergeben sich hohe Kollektorwirkungsgrade und eine gute Speicherausnutzung. Eine Vergrößerung der Heizflächen ist jedoch mit Kosten verbunden. Zudem sind hinsichtlich des Platzes Grenzen gesetzt.

Die Berechnung der Heizflächen muß während der Simulation erfolgen. Da sie nicht unproblematisch ist, soll sie hier näher vorgestellt werden. Beim einfachsten Verfahren wird die aktuell benötigte Heizleistung vom Gebäude-Unterprogramm (TYPE 56) errechnet. Gemäß einer üblichen Regelung wird dann die Vorlaufemperatur als Funktion der Außentemperatur ermittelt. Anschließend ist die Rücklaufemperatur der Heizflächen zu bestimmen. Übliche Heizflächen werden durch folgende Gleichungen charakterisiert:

$$\vartheta_m = \frac{t_v - t_r}{\ln \frac{t_v - t_i}{t_r - t_i}} \quad ; \quad \dot{Q}_{heiz} = \dot{Q}_{nenn} \left( \frac{\vartheta_m}{60 \text{ K}} \right)^n$$

$\vartheta_m$	mittlere logarithmische Temperaturdifferenz	$t_v$	Vorlaufemperatur
$t_r$	Rücklaufemperatur	$t_i$	Raumtemperatur
$\dot{Q}_{nenn}$	Nennleistung aller Heizflächen	$\dot{Q}_{heiz}$	aktuelle Heizleistung
$n$	Heizkörperexponent		

Aus der zweiten Gleichung kann die mittlere logarithmische Temperaturdifferenz bestimmt werden:

$$\vartheta_m = 60 \text{ K} \left( \frac{\dot{Q}_{heiz}}{\dot{Q}_{nenn}} \right)^{\frac{1}{n}}$$

Da alle anderen Größen bekannt sind, kann die Rücklaufemperatur nun aus der ersten Gleichung ermittelt werden. Es steht die Aufgabe, jenes  $t_r$  zu finden, bei dem folgende Gleichung eine Nullstelle aufweist:

$$F = \vartheta_m - \frac{t_v - t_r}{\ln \frac{t_v - t_i}{t_r - t_i}} = 0$$

Die Gleichung ist nicht exakt auflösbar. Sie muß mittels eines Näherungsverfahrens gelöst werden. Drei Verfahren bieten sich an, zum einen die Trivialiteration mit und ohne Relaxation und zum anderen das Newton-Verfahren. Für alle diese Verfahren wird zunächst ein Anfangswert benötigt. Dieser sollte möglichst dicht an der exakten Lösung liegen. Da die mittlere lineare Temperaturdifferenz zumindest bei hohen Vor- und Rücklaufemperaturen in die mittlere logarithmische Temperaturdifferenz übergeht, kann der Anfangswert aus der entsprechenden Gleichung gewonnen werden:

$$\mathfrak{G}_m \approx \overline{\Delta t} = \frac{t_v + t_r}{2} - t_i \Rightarrow t_{r,1} = 2(\mathfrak{G}_m + t_i) - t_v$$

Die Trivialiteration erfolgt nun, indem die Gleichung für  $F$  nach einem der beiden  $t_r$  umgestellt und  $t_r$  nun schrittweise verbessert wird. Da die gesuchte Größe zweimal vorkommt, existieren dafür auch zwei Möglichkeiten, von denen allerdings nur eine zur Konvergenz führt. Ein entsprechender Versuch zeigte, daß es sich hierbei um die Umstellung nach  $t_r$  im Nenner handelt:

$$t_{r,i+1} = t_i + (t_v - t_i)e^{\frac{t_{r,i} - t_v}{\mathfrak{G}_m}}$$

Erfahrungsgemäß konvergiert dieses Verfahren sehr langsam. Da die Näherung der exakten Lösung einer geometrischen Reihe ähnelt, kann eine Beschleunigung mittels Relaxation erfolgen. Ein entsprechender Schritt kann frühestens nach dem zweiten trivialen Schritt erfolgen:

$$r = \frac{t_{r,3} - t_{r,2}}{t_{r,2} - t_{r,1}} \quad ; \quad t_{r,4} = t_{r,3} + (t_{r,3} - t_{r,2})(r + r^2 + r^3 + \dots + r^\infty)$$

Die zweite Gleichung entspricht einer geometrischen Reihe und besitzt einen Grenzwert:

$$t_{r,4} = t_{r,3} + (t_{r,3} - t_{r,2})r(1 - r)$$

Das Newton-Verfahren basiert auf folgendem Grundprinzip:

$$t_{r,i+1} = t_{r,i} - \frac{F(t_{r,i})}{F'(t_{r,i})}$$

woraus sich eine Gleichung großer Komplexität ergibt:

$$t_{r,i+1} = t_{r,i} - \frac{\frac{t_v - t_{r,i}}{\ln \frac{t_v - t_i}{t_{r,i} - t_i}} - \mathfrak{G}_m}{\frac{t_v - t_{r,i}}{t_{r,i} - t_i} - \ln \frac{t_v - t_i}{t_{r,i} - t_i}} = \frac{\ln^2 \frac{t_v - t_i}{t_{r,i} - t_i}}{\frac{t_v - t_{r,i}}{t_{r,i} - t_i} - \ln \frac{t_v - t_i}{t_{r,i} - t_i}}$$

Zu beachten ist weiterhin, daß der Logarithmandus nicht negativ werden kann, also  $t_{r,i}$  nicht kleiner als die Raumtemperatur sein darf. Dies kann die Gleichung für den Anfangswert jedoch nicht sicherstellen, weshalb zwingend ein Trivialschritt eingeschoben werden muß. Es soll nun bestimmt werden, welches Verfahren bei geringstem Aufwand die größte Genauigkeit liefert. In Tabelle 1 wird der Rechenablauf präzisiert und die Anzahl der Elementaroperationen bestimmt.



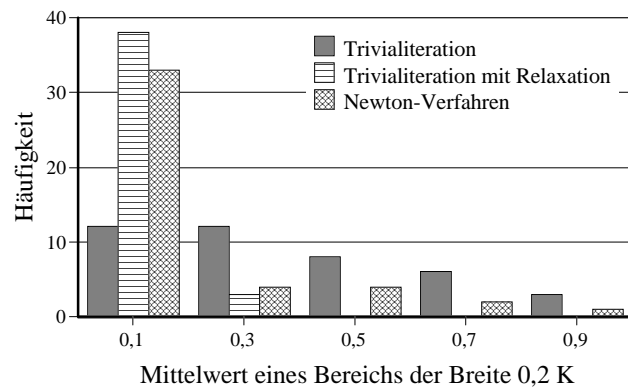
Tabelle 1: Erfassung der Elementaroperationen

Trivialiteration ohne Relaxation	Trivialiteration mit Relaxation	Newtonverfahren
Bestimmung des Anfangswertes (3)		
4 Trivialschritte (4*6)	2 Trivialschritte (2*6)	1 Trivialschritt (6)
	1 Relaxationsschritt (8)	Newtonschritt (22)
	1 Trivialschritt (6)	
27	29	31

Es zeigt sich, daß die Verfahren einen ungefähr identischen Rechenaufwand besitzen. Wesentliches Einsatzkriterium stellt somit die Genauigkeit dar. Die Berechnungen wurden für alle Verfahren bei unterschiedlichen Vor- und Rücklauftemperaturen realisiert. Für das Trivialverfahren mit Relaxation sind die Berechnungsfehler in Tabelle 2 festgehalten.

Tabelle 2: Berechnungsfehler in K

$t_v$	40	50	60	70	80	90
$t_r$						
25	0,06	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05
30	0,04	0,09	0,12	0,14	0,14	0,14
35	0,01	0,06	0,11	0,16	0,18	0,2
40		0,02	0,08	0,14	0,18	0,22
45		0	0,04	0,1	0,16	0,21
50			0,01	0,06	0,12	0,18
55			0	0,03	0,08	0,14
60				0,01	0,05	0,1
65				0	0,02	0,06
70					0,01	0,04



Um leichter einen Überblick über die Ergebnisse dieses und der konkurrierenden Verfahren zu gewinnen, wurde aus den Fehlerfeldern ein Histogramm gemäß Bild bestimmt. Hier wird erkennbar, daß die Fehler der Trivialiteration über den gesamten Bereich bis 1 K relativ einheitlich verteilt sind. Das Newton-Verfahren rechnet in weiten Bereichen sehr genau, liefert jedoch einige recht große Fehler. Lediglich die Trivialiteration mit Relaxation besitzt keine großen Fehler. Der größte Wert beträgt 0,22 K. Dieses Verfahren ist also in diesem Fall bevorzugt einzusetzen.

Da die hohe Genauigkeit nicht immer sinnvoll ist, kann die Berechnung gegebenenfalls nach dem Relaxationsschritt abgebrochen werden. Der maximale Fehler beträgt dann 0,48 K.

#### Anlage 4: Quelltext des TRNSYS-Type "Adsorptionskältemaschine" und Eigenschaften der Maschine

```

C   Adsorptionskältemaschine NAK
C   Mehrdimensionale Interpolation auf Grundlage der Herstellerangaben
C   TU Dresden, ITT, A. Gassel, 0351/4633423, 8.10.94
SUBROUTINE TYPE7(TIME,XIN,OUT,T,DTDT,PAR,INFO)
Real COP(5,10,5),ci,cj,ck,A(2,2,2),l,Q(5,10,5),co,Qkalt,Qheiz
Real Qkuehl,CAPY
Integer i,j,k
Dimension XIN(10),OUT(20),PAR(10),INFO(10)
DATA COP/10*0.0,43,4*0.0,50,46,3*0.0,54,51,48,45,0.0,58,55,53,50,
. 47,60,58,56,54,51,62,60,58,57,54,63,62,60,59,57,64,63,62,60,59,
. 10*0.0,46,4*0.0,52,48,45,2*0.0,56,53,50,47,44,59,57,55,52,49,61,
. 60,58,55,53,63,62,60,58,56,64,63,62,60,58,65,64,63,62,60,
. 10*0.0,56,44,3*0.0,57,51,47,44,0,58,55,53,50,46,61,59,56,54,51,
. 63,61,59,57,55,64,63,61,60,58,65,64,63,61,60,66,65,64,63,61,
. 5*0,50,4*0,59,50,42,0,0,60,54,50,47,0,61,57,56,53,49,63,60,57,56,
. 53,64,62,60,59,56,65,63,62,61,59,66,65,64,62,61,66,65,64,62,62,
. 52,4*0,56,4*0,58,56,52,2*0,61,58,56,52,49,62,60,57,55,53,64,61,
. 59,57,56,65,62,61,60,57,66,63,62,61,58,66,64,63,62,59,66,64,63,
. 62,59/
DATA Q/10*0,49,4*0,64,55,46,2*0,78,69,61,52,0,89,81,73,64,56,99,
. 91,84,75,68,107,100,93,85,78,114,107,101,94,87,119,113,108,101,
. 93,
. 10*0,55,4*0,71,60,51,2*0,84,74,66,57,48,96,87,78,70,62,105,
. 98,89,81,74,113,106,98,91,84,119,113,106,99,92,123,118,112,
. 105,100,
. 5*0,45,4*0,60,50,3*0,76,66,57,47,0,91,82,73,63,53,102,93,85,76,
. 68,111,103,95,87,80,108,111,104,96,90,124,117,111,104,98,128,
. 122,117,111,104,
. 5*0,49,4*0,65,55,41,2*0,81,72,61,50,0,96,88,79,69,58,107,99,92,
. 82,74,117,109,102,93,86,124,117,111,102,97,130,123,118,111,105,
. 132,125,121,115,108,
. 42,4*0,55,4*0,71,62,52,2*0,86,78,68,60,52,98,91,84,75,68,110,
. 104,97,88,81,122,116,109,100,92,131,125,119,110,104,138,134,128,
. 121,114,138,134,128,121,114/
C   Erster Aufruf der Simulation
IF (INFO(7).GE.0) GOTO 100
INFO(6)=9
INFO(9)=0
CALL TYPECK(1,INFO,7,1,0)
100 Continue
l=1
C   Uebernahme der Parameter
CAPY=PAR(1)
C
C   Uebernahme der Inputs
C   Erfassung der K•hlwassertemperatur
IF (XIN(3).GT.32) l=0
i=INT(XIN(3))
ci=XIN(3)-i
IF (i.LT.28) THEN
i=28
ci=0
ENDIF
i=i-27
C   Erfassung der Heizwassertemperatur
IF (XIN(1).LT.55) l=0
j=INT((XIN(1))/5)
cj=(XIN(1))/5-j
IF (j.GT.19) THEN
j=20
cj=0
ENDIF
j=j-10

```

```

C      Erfassung der Kaltwassertemperatur
      IF (XIN(5).LT.10) l=0
      k=INT(XIN(5))
      ck=XIN(5)-k
      IF (k.GT.13) THEN
        k=14
        ck=0
      ENDIF
      k=k-9
C      Interpolation von COP
      A(1,1,1)=COP(i,j,k)
      A(2,1,1)=COP((i+1),j,k)
      A(1,2,1)=COP(i,(j+1),k)
      A(2,2,1)=COP((i+1),(j+1),k)
      A(1,1,2)=COP(i,j,(k+1))
      A(2,1,2)=COP((i+1),j,(k+1))
      A(1,2,2)=COP(i,(j+1),(k+1))
      A(2,2,2)=COP((i+1),(j+1),(k+1))
      IF (A(2,1,1).LT.1) l=0
      A(1,1,1)=A(1,1,1)*(1-ci)+A(2,1,1)*ci
      A(1,2,1)=A(1,2,1)*(1-ci)+A(2,2,1)*ci
      A(1,1,2)=A(1,1,2)*(1-ci)+A(2,1,2)*ci
      A(1,2,2)=A(1,2,2)*(1-ci)+A(2,2,2)*ci
      A(1,1,1)=A(1,1,1)*(1-cj)+A(1,2,1)*cj
      A(1,1,2)=A(1,1,2)*(1-cj)+A(1,2,2)*cj
      A(1,1,1)=A(1,1,1)*(1-ck)+A(1,1,2)*ck
      co=A(1,1,1)*l
C      Interpolation von Q
      A(1,1,1)=Q(i,j,k)
      A(2,1,1)=Q((i+1),j,k)
      A(1,2,1)=Q(i,(j+1),k)
      A(2,2,1)=Q((i+1),(j+1),k)
      A(1,1,2)=Q(i,j,(k+1))
      A(2,1,2)=Q((i+1),j,(k+1))
      A(1,2,2)=Q(i,(j+1),(k+1))
      A(2,2,2)=Q((i+1),(j+1),(k+1))
      A(1,1,1)=A(1,1,1)*(1-ci)+A(2,1,1)*ci
      A(1,2,1)=A(1,2,1)*(1-ci)+A(2,2,1)*ci
      A(1,1,2)=A(1,1,2)*(1-ci)+A(2,1,2)*ci
      A(1,2,2)=A(1,2,2)*(1-ci)+A(2,2,2)*ci
      A(1,1,1)=A(1,1,1)*(1-cj)+A(1,2,1)*cj
      A(1,1,2)=A(1,1,2)*(1-cj)+A(1,2,2)*cj
      A(1,1,1)=A(1,1,1)*(1-ck)+A(1,1,2)*ck
      Qkalt=A(1,1,1)*l*CAPY/100
      IF (Qkalt.GT.XIN(7)) Qkalt=XIN(7)
C      Berechnung der anderen Leistungsgroessen
      Qheiz=Qkalt*100/(co+0.001)
      Qkuehl=Qkalt+Qheiz
C      Ausgabe
      OUT(1)=XIN(1)-Qheiz/(4.19*XIN(2))
      OUT(2)=XIN(2)
      OUT(3)=XIN(3)+Qkuehl/(4.19*XIN(4))
      OUT(4)=XIN(4)
      OUT(5)=XIN(5)-Qkalt/(4.19*XIN(6))
      OUT(6)=XIN(6)
      OUT(7)=Qkalt
      OUT(8)=Qheiz
      OUT(9)=Qkuehl
      Return
      End

```

Abkühlung des Kaltwassers von 14°C auf 9°C

Kälteleistung in %

Kühlwasser- temperatur	Heizwassertemperatur				
	55 °C	65 °C	75 °C	85 °C	95 °C
28 °C	42 %	72 %	98 %	123 %	138 %
30 °C		52 %	84 %	109 %	129 %
32 °C			68 %	92 %	114 %

Kälteverhältnis

Kühlwasser- temperatur	Heizwassertemperatur				
	55 °C	65 °C	75 °C	85 °C	95 °C
28 °C	0,52	0,58	0,62	0,65	0,66
30 °C		0,52	0,57	0,61	0,63
32 °C			0,53	0,57	0,59

Abkühlung des Kaltwassers von 10 °C auf 5 °C

Kälteleistung

Kühlwasser- temperatur	Heizwassertemperatur				
	55 °C	65 °C	75 °C	85 °C	95 °C
28 °C		49 %	78 %	99 %	114 %
30 °C		33 %	61 %	84 %	101 %
32 °C			43 %	68 %	86 %

Kälteverhältnis

Kühlwasser- temperatur	Heizwassertemperatur				
	55 °C	65 °C	75 °C	85 °C	95 °C
28 °C		0,43	0,54	0,6	0,63
30 °C			0,48	0,56	0,6
32 °C				0,51	0,57

## Anlage 5: Kosten größerer Sorptionssysteme

### 1. Vergrößerte deutsche Anlage (350 kW)

Zunächst werden kapital- und betriebsgebundene Kosten bestimmt:

	Investition	kapitalg. Kosten	betriebsg. Kosten
a)			
luftgek. el. Kaltwassers.	180 TDM	18,3 TDM/a	5,0 TDM/a
Montage Kaltwassersatz	40 TDM	4,0 TDM/a	
Kältekreis	120 TDM	10,2 DM/a	2,4 TDM/a
Leittechnik	40 TDM	4,0 TDM/a	1,2 DM/a
Summe	380 TDM	36,5 DM/a	8,6 DM/a
b)			
Adsorptionskältemaschine	320 TDM	22,8 TDM/a	2,0 TDM/a
Kühlturm	60 TDM	6,1 TDM/a	1,0 TDM/a
Montage	100 TDM	8,6 TDM/a	
Heiz-, Kühl- und Kältekreis	200 TDM	17,2 TDM/a	2,0 TDM/a
Speicher	20 TDM	1,7 TDM/a	0,2 TDM/a
Leittechnik	55 TDM	5,6 TDM/a	1,0 TDM/a
Summe	755 TDM	62,0 TDM/a	6,2 TDM/a
c)			
Adsorptionskältemaschine	320 TDM	22,8 TDM/a	2,0 TDM/a
Kühlturm	60 TDM	6,1 TDM/a	1,0 TDM/a
Kollektoren	1200 TDM	100,0 TDM/a	6,0 TDM/a
Montage	260 TDM	22,0 TDM/a	
Heiz-, Kühl- und Kältekreis	200 TDM	17,2 TDM/a	2,0 TDM/a
Speicher	20 TDM	1,7 TDM/a	0,2 TDM/a
Leittechnik	70 TDM	7,1 TDM/a	1,2 TDM/a
Summe	2130 TDM	176,9 TDM/a	11,2 TDM/a

Anschließend werden die verbrauchsgebundenen Kosten bestimmt:

- Für die Kompressionskältemaschine ergibt sich bei einer Leistungszahl von 2,5 ein Strombedarf von 130 MWh/a. Bei einem Strompreis von 160 DM/MWh ergeben sich jährliche Stromkosten von 21000 DM/a.
- Bei einem Kälteverhältnis von 0,64 ergibt sich für die Adsorptionskältemaschine ein Wärmebedarf von 500 MWh/a. Bei einem Sommerarbeitspreis der Fernwärme von 25 DM/MWh liegen die Heizwärmekosten bei 12500 DM/a. Hinzu kommen noch Frischwasserkosten. Geht man von einem Verdunstungskühlungsanteil von 60 % und der Nichtexistenz von Spritzwasserverlusten aus, beträgt der Verbrauch 500 m<sup>3</sup>/a, was bei einem spezifischen Preis von 3 DM/m<sup>3</sup> zu Kosten von 1500 DM/a führt.

- c) Für eine Solaranlage fallen neben den Frischwasserkosten keine nennenswerten verbrauchsgebundenen Kosten an. Es fällt im Gegenteil ein Wärmegewinn außerhalb der Kühlperiode für Heizung und Warmwasserbereitung an. Wird diese Menge von 475 MWh/a mit einem Preis von 50 DM/MWh bewertet, ergeben sich zusätzliche Einnahmen von 23750 DM/a.

## 2. Kleine spanische Anlage (70 kW)

Zunächst werden kapital- und betriebsgebundene Kosten bestimmt:

	Investition	kapitalg. Kosten	betriebsg. Kosten
a)			
luftgek. el. Kaltwassers.	60 TDM	6100 DM/a	2000 DM/a
Montage Kaltwassersatz	15 TDM	1500 DM/a	
Kältekreis	30 TDM	2600 DM/a	600 DM/a
Leittechnik	20 TDM	2000 DM/a	600 DM/a
Summe	140 TDM	13500 DM/a	3400 DM/a
c)			
Adsorptionskältemaschine	150 TDM	10700 DM/a	1000 DM/a
Kühlturm	25 TDM	2500 DM/a	500 DM/a
Kollektoren	300 TDM	25800 DM/a	3000 DM/a
Montage	60 TDM	5200 DM/a	
Koll-, Kühl- und Kältekreis	80 TDM	6900 DM/a	800 DM/a
Speicher	7 TDM	600 DM/a	100 DM/a
Leittechnik	30 TDM	3100 DM/a	600 DM/a
Summe	652 TDM	54800 DM/a	6000 DM/a

Anschließend werden die verbrauchsgebundenen Kosten bestimmt:

- a) Für die Kompressionskältemaschine ergibt sich bei einer Leistungszahl von 2,2 ein Strombedarf von 60 MWh/a. Bei einem Strompreis von 200 DM/MWh ergeben sich jährliche Stromkosten von 12000 DM/a.
- c) Für eine Solaranlage fallen neben den Frischwasserkosten von 600 DM/a keine nennenswerten verbrauchsgebundenen Kosten an. Es fällt im Gegenteil ein Wärmegewinn außerhalb der Kühlperiode für Heizung und Warmwasserbereitung an. Wird diese Menge von 120 MWh/a mit einem Preis von 200 DM/MWh bewertet, ergeben sich zusätzliche Einnahmen von 24000 DM/a.

### 3. vergrößerte spanische Anlage (350 kW)

Zunächst werden kapital- und betriebsgebundene Kosten bestimmt:

	Investition	kapitalg. Kosten	betriebsg. Kosten
a)			
luftgek. el. Kaltwassers.	180 TDM	18,3 TDM/a	5,0 TDM/a
Montage Kaltwassersatz	30 TDM	3,0 TDM/a	
Kältekreis	100 TDM	8,6 TDM/a	2,0 TDM/a
Leittechnik	40 TDM	4,0 TDM/a	1,2 DM/a
Summe	350 TDM	33,9 DM/a	8,2 DM/a
c)			
Adsorptionskältemaschine	320 TDM	22,8 TDM/a	2,0 TDM/a
Kühlturm	60 TDM	6,1 TDM/a	1,0 TDM/a
Kollektoren	1200 TDM	100,0 TDM/a	6,0 TDM/a
Montage	200 TDM	17,2 TDM/a	
Heiz-, Kühl- und Kältekreis	150 TDM	12,9 TDM/a	1,5 TDM/a
Speicher	20 TDM	1,7 TDM/a	0,2 TDM/a
Leittechnik	70 TDM	7,1 TDM/a	1,2 TDM/a
Summe	2020 TDM	167,8 TDM/a	11,9 TDM/a

Anschließend werden die verbrauchsgebundenen Kosten bestimmt:

- a) Für die Kompressionskältemaschine ergibt sich bei einer Leistungszahl von 2,2 ein Strombedarf von 300 MWh/a. Bei einem Strompreis von 160 DM/MWh ergeben sich jährliche Stromkosten von 48000 DM/a.
- c) Für eine Solaranlage fallen neben den Frischwasserkosten von 3000 DM/a keine nennenswerten verbrauchsgebundenen Kosten an. Es gibt sogar einen Wärmegewinn außerhalb der Kühlperiode für Heizung und Warmwasserbereitung. Wird diese Menge von 600 MWh/a mit einem Preis von 160 DM/MWh bewertet, ergeben sich zusätzliche Einnahmen von 12000 DM/a