

Forschungsprogramm
Umgebungs- und Abwärme,
Wärme-Kraft-Kopplung (UAW)



Einsatz der Pinch-Methode in der Haustechnik

Anhang

ausgearbeitet durch
Urs Hofstetter
Helbling AG
Hohlstrasse 610, Postfach, 8048 Zürich
uho@helbling.ch

im Auftrag des
Bundesamtes für Energie

Inhaltsverzeichnis

TEIL 1: FORSCHUNGSPROJEKT: PINCH IN DER HAUSTECHNIK.....	1
1 ZIELSETZUNG UND ABGRENZUNG	1
<i>1.1 Zielsetzung</i>	<i>1</i>
<i>1.2 Abgrenzung</i>	<i>1</i>
2 PROJEKTABLAUF.....	1
3 PROJEKTANPASSUNGEN	2
TEIL 2 ERGÄNZUNGEN ZUM BERICHT	3
I PROZESSANFORDERUNGEN DER EINZELZUSTÄNDE (KAPITEL 5.1.4).....	3
II VERBUND- UND GESAMTKOSTENKURVEN (KAPITEL 5.2.1)	7
III WÄRMETAUSCHERNETZWERKE (KAPITEL 5.2.3)	12
IV GESAMTVERBUNDKURVEN (KAPITEL 5.4.3)	23
V SIMULATIONSPROGRAMM DOE-2 (GEKÜRZTE VERSION)	28
VI WÄRMETAUSCHERLEISTUNGEN DER PROZESS- UND INFRASTRUKTURSTRÖME	37

Teil 1: Forschungsprojekt: Pinch in der Haustechnik

1 Zielsetzung und Abgrenzung

1.1 Zielsetzung

Folgende Ziele sollen erreicht werden:

- Bestimmung der Anwendbarkeit und des Nutzens der Pinch-Methode in der Haustechnik anhand eines konkreten haustechnischen Objekts z.B. eines Laborgebäudes, Kenntnis des minimalen Energieverbrauchs und Umsetzung der entsprechenden optimalen Anlagenverschaltung
- Vorliegen einer Übersicht, Vorgehen, Anwendung und Hilfsmittel der Pinch-Methode in der Haustechnik
- Einbringen des typischen systemspezifischen und ganzheitlichen Denkens der Pinch-Methode in die komplexe Haustechnik

1.2 Abgrenzung

Es wird von einem komplexeren Haustechnikobjekt (Hotel, Verwaltungsbau, Schule, Spital, Einkaufszentrum oder Hallenbad) ausgegangen. Das heisst, das Objekt verfügt über Lüftung und Klimaanlage und weist verschiedene interne Lasten, die einen Wärme- und/ oder Kälteverbrauch verursachen. Für Ein- und Mehrfamilienhäuser sowie einfache Läden oder kleinere Schulen macht die Anwendung der Pinch-Methode, da weder Lüftung noch Kältegeräte vorhanden sind, wenig Sinn.

Ferner bildet das Projekt eine Schnittstelle mit der bereits gut bekannten Gebäudesimulation, d.h. es beschäftigt sich mehr mit neuen Strukturen von Anlagenschaltungen statt Simulation von bekannten Schaltungen. Aus diesem Grund unterscheidet es sich auch vom Energie 2000 Ressort Spitäler.

2 Projektablauf

Der Projektablauf war wie folgt vorgesehen:

Etappe 1:

1. Erarbeiten einer Methodik des Vorgehens mit der Pinch-Methode in haustechnischen Projekten i.e. Einbau des Zeitaspekts in die Pinch-Methode z.B. mit dem Zeitschnittverfahren (Batch), Definition des Begriffes „Prozess“ in der Haustechnik und Anpassung des in der Industrie bekannten Zwiebelschalenmodells
2. Evaluation eines geeigneten Studienobjekts

Etappe 2:

1. Definition d.h. auch Hinterfragung der thermischen Prozessanforderungen im ganzen Objekt Analyse der Energie-Ist-Situation beim Studienobjekt
2. Aufbau der Verbundkurven zur Festlegung der Energiezielsetzungen bzw. des minimalen Energieverbrauchs
3. Definition von neuen oder Bestätigung von bestehenden Anlagenverschaltungen in der komplexen Haustechnik durch Anwendung der Pinch-Methode
4. Durchführung von Gebäudesimulationsrechnungen zur Überprüfung der oben gefundenen Anlagenverschaltung
5. Ausarbeitung von Realisierungsmassnahmen für das gewählte Objekt
6. Entwurf der optimalen Energieversorgung am Objekt mit Wärme, Kälte und Strom

Etappe 3:

1. Verallgemeinerung der Erkenntnisse beim Fallbeispiel auf typische Anlagenkonstellationen
2. Übersicht über den Einsatz und Grenzen der Pinch-Methode in der komplexen Haustechnik
3. Wegleitung über die Anwendung der Pinch-Methode in der komplexen Haustechnik
4. Technischer Bericht in Form eines Handbuchs

3 Projektanpassungen

Während des Projektablaufs mussten die folgenden Änderungen und Anpassungen an die ursprünglichen Vorgaben resp. Annahmen vorgenommen werden:

- Die Erstellung einer möglichst systematischen Wegleitung, mit der anhand eines Fallbeispiels die einzelnen Schritte nachvollzogen und vom Leser entsprechend auf ein anderes zu analysierendes Haustechnikobjekt angewandt werden kann, stand im Vordergrund. Beispiele hierfür sind die Checkliste (Bericht, Kap. 3), die es erlaubt ein Haustechnikobjekt auf die Notwendigkeit einer Pinch-Analyse zu prüfen und das übersichtliche Vorgehenskonzept (Bericht, Kap. 4.2)
- Zu Etappe 1, Punkt 1: Man ist von der Annahme ausgegangen, dass aufgrund der Superposition der Gangkurven der Einzelverbraucher gewisse zeitliche Regelmässigkeiten erkennbar seien und eine Einteilung in gemittelte 'Time-Slices' (Zeitperioden mit annähernd konstanten Verhältnissen, vgl. Abb. 3.1) möglich wäre.

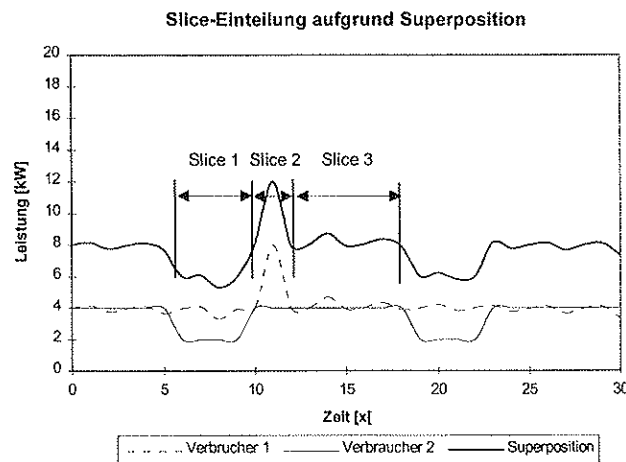


Abbildung 3.1 Einteilung mittels Time-Slices

Es konnte keine derartige Einteilung vorgenommen werden, da die Grössen, die den Wärm- und Kälteverbrauch beeinflussen (Aussentemperatur, Nutzungsgrad Gebäude und Anlagen, Wassertemperatur, usw.) untereinander keine genügende Regelmässigkeit aufweisen. Statt dessen wurden acht signifikante Einzelzustände (Bericht, Kap. 5.1.4) betrachtet. Zur Verifizierung der dadurch erhaltenen Schaltung 'Prozess Wärmetauscher' wurden zwei Durchschnittszustände des Haustechnikobjekts bei mittleren Aussentemperaturen von 14°C und 7°C und bei 60% des maximalen Verbrauchs beigezogen.

Es war ebenfalls vorgesehen, das PinchLENI-Batch-Programm für die Berechnung der optimalen Pinch Temperatur einzusetzen. Da aber von diesem Programm erst eine 'Beta-Version' verfügbar ist und sich diese unter gewissen Umständen nicht stabil verhält und wie schon erwähnt keine Slice-Einteilung, sondern eine Einteilung in signifikante Betriebszuständen vorgenommen wurde, wurde auf das 'kontinuierliche PinchLENI' zurückgegriffen. Das Netzwerk-Design der einzelnen Wärmetauscher wurde daher jeweils unabhängig voneinander im sogenannten '**Separate Design**' durchgeführt. Im Vergleich zum 'Repipe Design', 'Resequene Design' und 'Conventional Design' [Krummenacher (1995)] wird bei der Berechnung der optimalen Pinch Temperatur beim 'Separate Design' die Wiederverwendungsmöglichkeit der Wärmetauscher während den einzelnen Betriebszuständen nicht mitberücksichtigt. Die Pinch-Temperatur wird tendenziell kleiner, die benötigte Wärmetauscherfläche resp. die Investitionskosten bei dieser Design-Methode etwas grösser.

- Zu Etappe 1, Punkt 2: Als Studienobjekt erwies sich das Projekt für die Erweiterung und Sanierung eines Forschungslaborkomplexes im Paul Scherrer Institut (PSI) in Würenlingen als am geeignetsten, da dieses Objekt im Pflichtenheft hinsichtlich der verschiedenen Wärme- und Kälteverbraucher ausführlich dokumentiert wird. Zudem ist das PSI aufgrund seiner Spezialeinrichtungen ausreichend komplex.

Teil 2 Ergänzungen zum Bericht

I Prozessanforderungen der Einzelzustände (Kapitel 5.1.4)

Januar: Tag	Tanf	Tend	m*	cp	p	alpha	Q
	[°C]	[°C]	[kg/s]	[kJ/(kgK)]	[bar]	[W/m²K]	[kW]
Zuluft	-3	20	23.1	1	1	300	531.3 Cold Stream
Abluft	20	?	23.1	1	1	300	? ?
Konvektoren	34.9	35	191.65471	4.182	1	10000000	80.15 Cold Stream
Laborapparate	26	16	2.3912004	4.182	1	2000	100 Hot Stream
Umluftgeräte			0				0 Hot Stream
Warmwasser	11	60	0.075	4.182	1	2000	15.4 Cold Stream

Januar: Nacht	Tanf	Tend	m*	cp	p	alpha	Q
	[°C]	[°C]	[kg/s]	[kJ/(kgK)]	[bar]	[W/m²K]	[kW]
Zuluft	-11	18	3.3	1	1	300	95.7 Cold Stream
Abluft	18	?	3.3	1	1	300	? ?
Konvektoren	34.9	35	95.887135	4.182	1	10000000	40.1 Cold Stream
Laborapparate	26	16	0.4782401	4.182	1	2000	20 Hot Stream
Umluftgeräte			0				0 Hot Stream
Warmwasser	11	60	0.075	4.182	1	2000	15.4 Cold Stream

April: Tag	Tanf	Tend	m*	cp	p	alpha	Q
	[°C]	[°C]	[kg/s]	[kJ/(kgK)]	[bar]	[W/m²K]	[kW]
Zuluft	26	22	23.1	1	1	300	92.4 Hot Stream
Abluft	18	?	23.1	1	1	300	? ?
Konvektoren	29.9	30	27.498804	4.182	1	10000000	11.50 Cold Stream
Laborapparate	26	16	2.3912004	4.182	1	2000	100 Hot Stream
Umluftgeräte			0				0 Hot Stream
Warmwasser	14	60	0.075	4.182	1	2000	14.4 Cold Stream

April: Nacht	Tanf	Tend	m*	cp	p	alpha	Q
	[°C]	[°C]	[kg/s]	[kJ/(kgK)]	[bar]	[W/m²K]	[kW]
Zuluft	0	18	3.3	1	1	300	59.4 Cold Stream
Abluft	18	?	3.3	1	1	300	? ?
Konvektoren	29.9	30	13.868962	4.182	1	10000000	5.8 Cold Stream
Laborapparate	26	16	0.4782401	4.182	1	2000	20 Hot Stream
Umluftgeräte			0				0 Hot Stream
Warmwasser	14	60	0.075	4.182	1	2000	14.4 Cold Stream

Juli: Tag	Tanf	Tend	m*	cp	p	alpha	Q
	[°C]	[°C]	[kg/s]	[kJ/(kgK)]	[bar]	[W/m²K]	[kW]
Zuluft	30	24	23.1	1	1	300	138.6 Hot Stream
Abluft	20	?	23.1	1	1	300	?
Konvektoren	0	0	0	4.182	1	10000000	0.0
Laborapparate	26	16	2.3912004	4.182	1	2000	100 Hot Stream
Umluftgeräte	25	23	50	1	1	300	100 Hot Stream
Warmwasser	16	60	0.075	4.182	1	2000	13.8 Cold Stream

Juli: Nacht	Tanf	Tend	m*	cp	p	alpha	Q
	[°C]	[°C]	[kg/s]	[kJ/(kgK)]	[bar]	[W/m²K]	[kW]
Zuluft	14	18	3.3	1	1	300	13.2 Cold Stream
Abluft	18	?	3.3	1	1	300	?
Konvektoren	0	0	0	4.182	1	10000000	0.0
Laborapparate	26	16	0.4782401	4.182	1	2000	20 Hot Stream
Umluftgeräte	19	17	10.5	1	1	300	21 Hot Stream
Warmwasser	16	60	0.075	4.182	1	2000	13.8 Cold Stream

Okt: Tag	Tanf	Tend	m*	cp	p	alpha	Q
	[°C]	[°C]	[kg/s]	[kJ/(kgK)]	[bar]	[W/m²K]	[kW]
Zuluft	26	22	23.1	1	1	300	92.4 Cold Stream
Abluft	18	?	23.1	1	1	300	?
Konvektoren	29.9	30	3.1085605	4.182	1	10000000	1.3 Cold Stream
Laborapparate	26	16	2.3912004	4.182	1	2000	100 Hot Stream
Umluftgeräte			0				0 Hot Stream
Warmwasser	15	60	0.075	4.182	1	2000	14.1 Cold Stream

Okt: Nacht	Tanf	Tend	m*	cp	p	alpha	Q
	[°C]	[°C]	[kg/s]	[kJ/(kgK)]	[bar]	[W/m²K]	[kW]
Zuluft	0	18	3.3	1	1	300	59.4 Cold Stream
Abluft	18	?	3.3	1	1	300	?
Konvektoren	29.9	30	1.5542802	4.182	1	10000000	0.7 Cold Stream
Laborapparate	26	16	0.4782401	4.182	1	2000	20 Hot Stream
Umluftgeräte			0				0 Hot Stream
Warmwasser	15	60	0.075	4.182	1	2000	14.1 Cold Stream

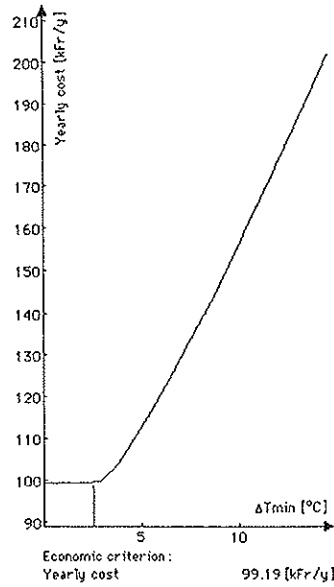
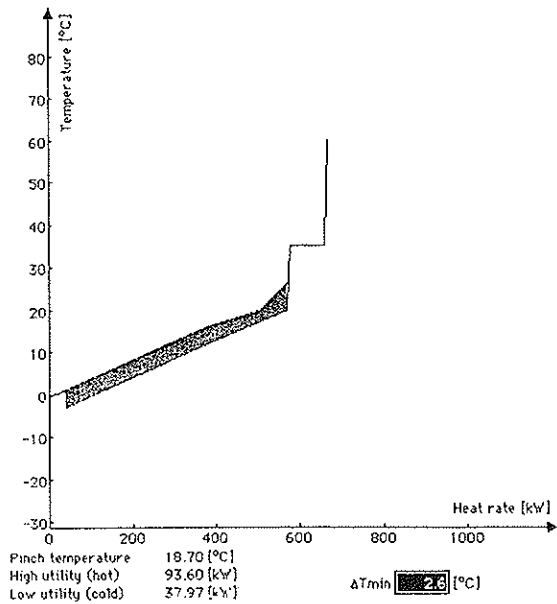
Durchschnittswert Tag:							
60% V*, 14°C Aussentemp.	Tanf [°C]	Tend [°C]	m* [kg/s]	cp [kJ/(kgK)]	p [bar]	alpha [W/m²K]	Q [kW]
Zuluft	14	20	13.86	1	1	300	128.205
Abluft	18	?	13.86	1	1	300	?
Konvektoren	29.9	30	33.339311	4.182	1	10000000	13.9
Laborapparate	26	16	1.4347202	4.182	1	2000	60
Umluftgeräte	25	23	30	1	1	300	60
Warmwasser	14	60	0.045	4.182	1	2000	8.65674

Durchschnittswert Nacht:							
60% V*, 14°C Aussentemp.	Tanf [°C]	Tend [°C]	m* [kg/s]	cp [kJ/(kgK)]	p [bar]	alpha [W/m²K]	Q [kW]
Zuluft	7	18	1.98	1	1	300	34.155
Abluft	18	?	1.98	1	1	300	?
Konvektoren	29.9	30	16.669656	4.182	1	10000000	7.0
Laborapparate	26	16	0.286944	4.182	1	2000	12
Umluftgeräte	19	17	6.3	1	1	300	12.6
Warmwasser	14	60	0.045	4.182	1	2000	8.65674

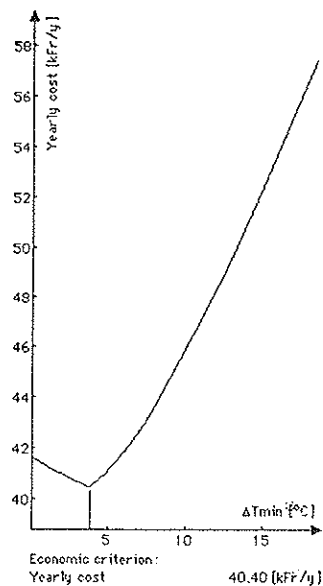
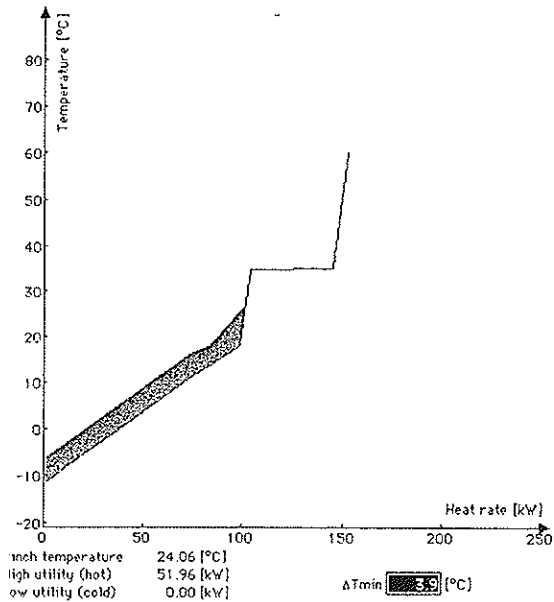
Abluft ist Soft Data (Kap. 5.1.3.1). Die Austrittstemperatur T_{End} ist daher im vorhinein nicht bekannt.

II Verbund- und Gesamtkostenkurven

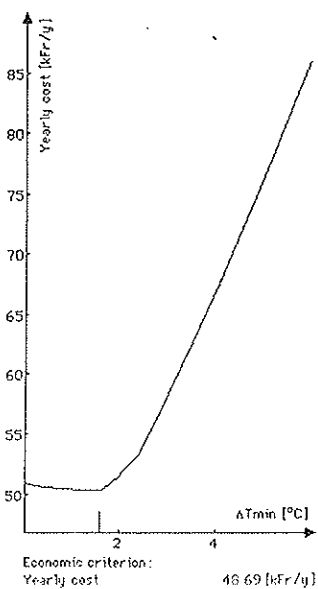
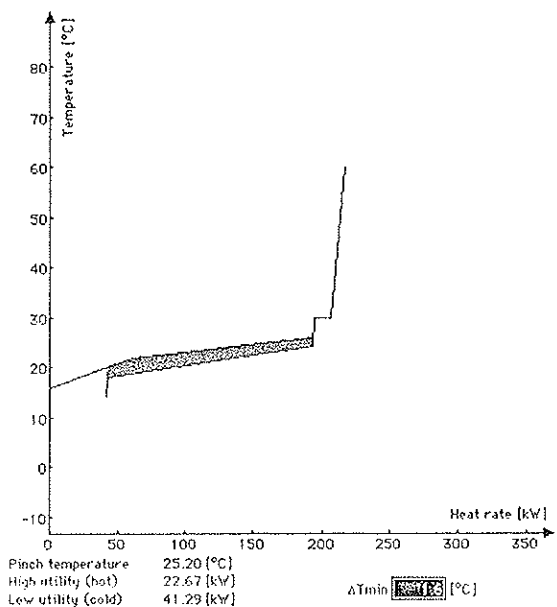
(Kapitel 5.2.1)



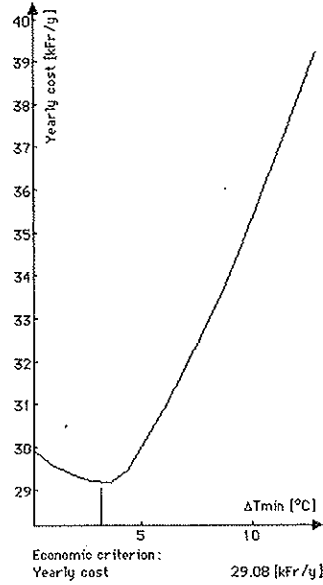
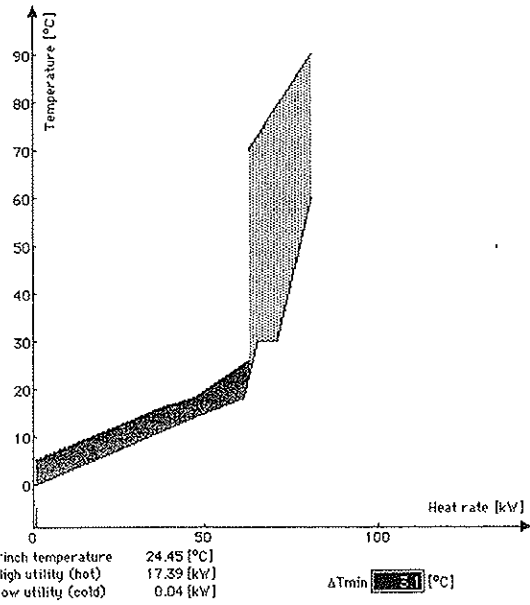
Einzelzustand Janar: Tag



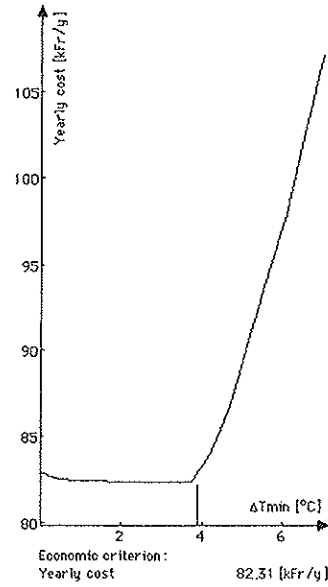
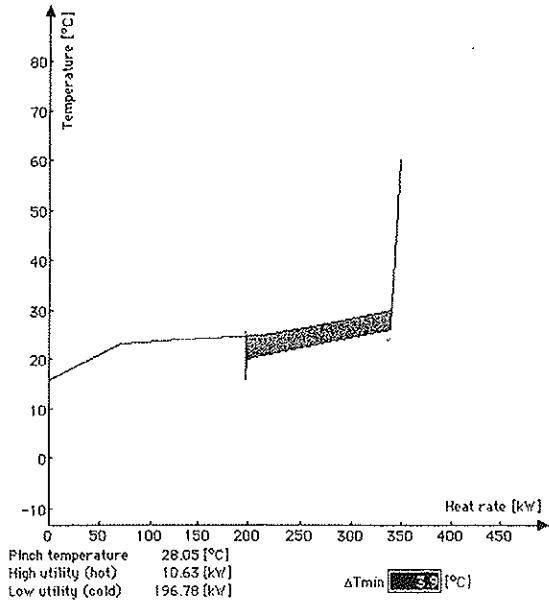
Einzelzustand Janar: Nacht



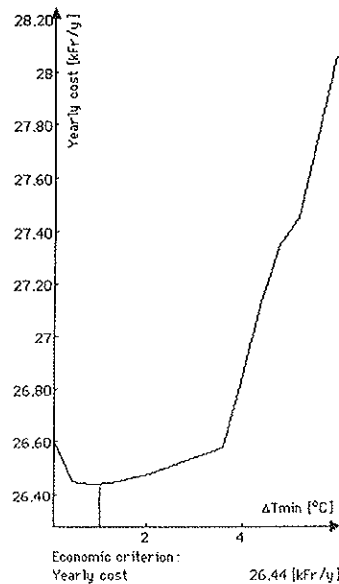
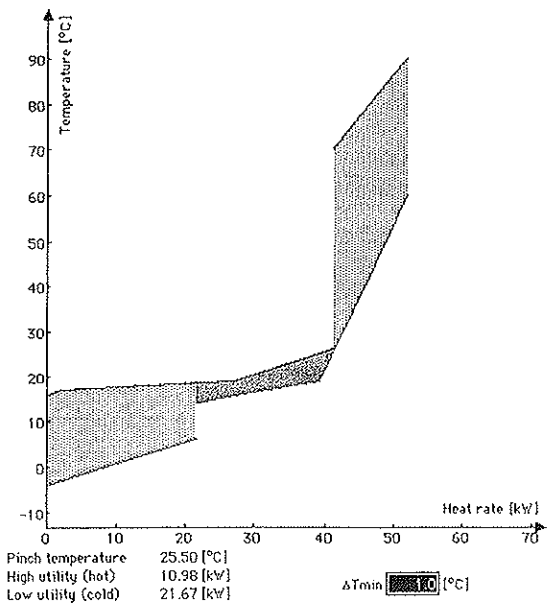
Einzelzustand April: Tag



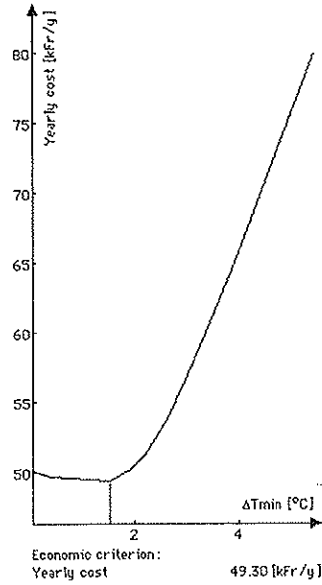
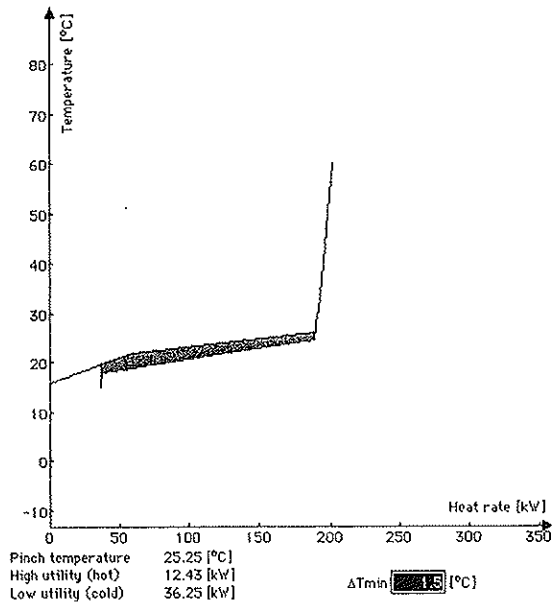
Einzelzustand April: Nacht



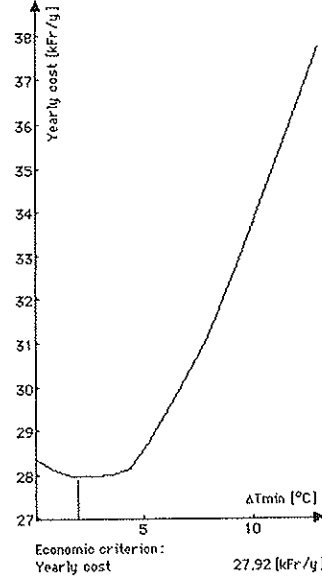
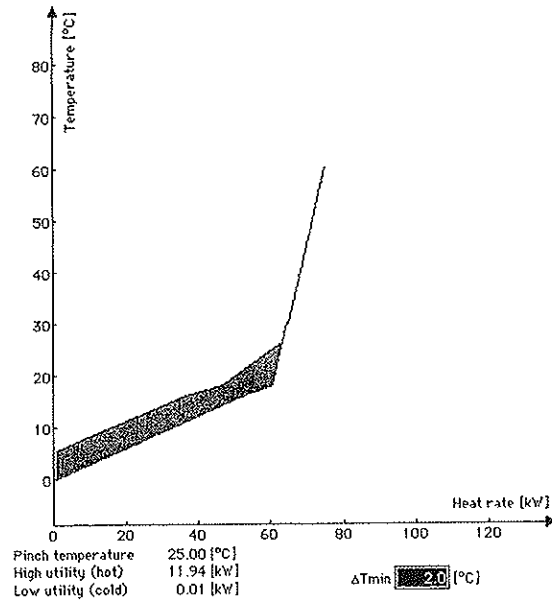
Einzelzustand Juli: Tag



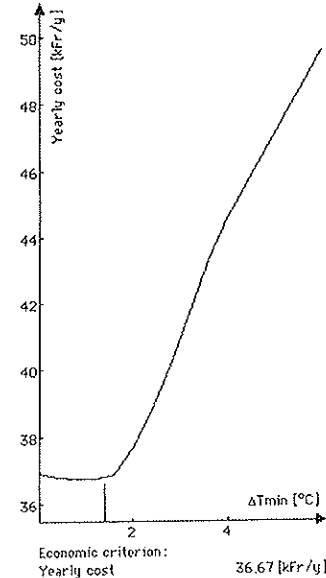
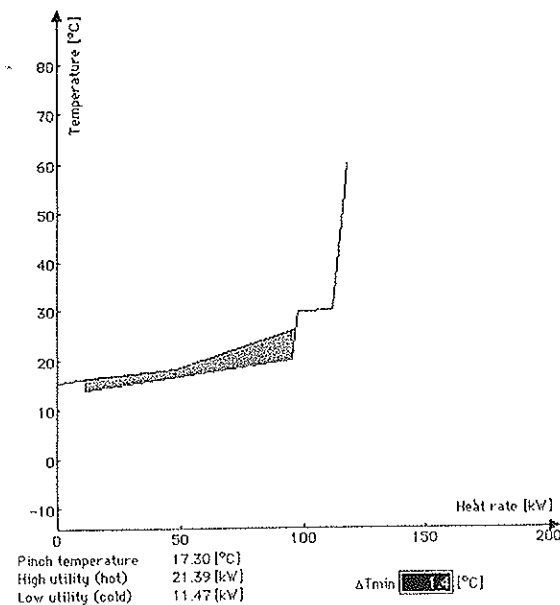
Einzelzustand Juli: Nacht



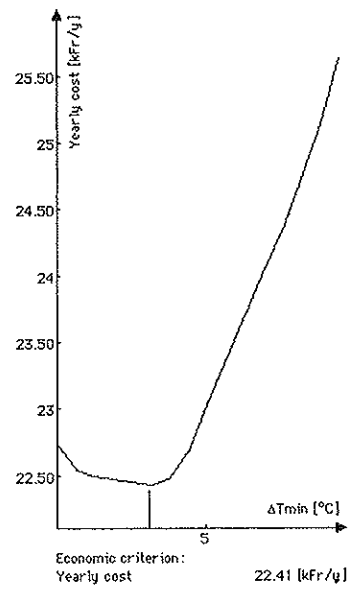
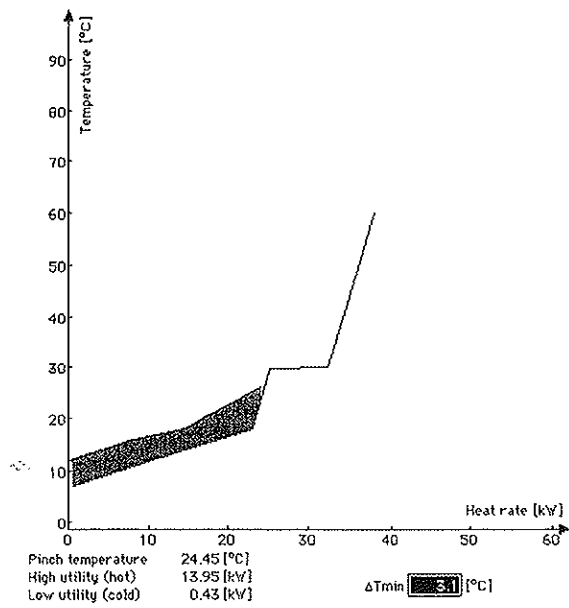
Einzelzustand Oktober: Tag



Einzelzustand Oktober: Nacht

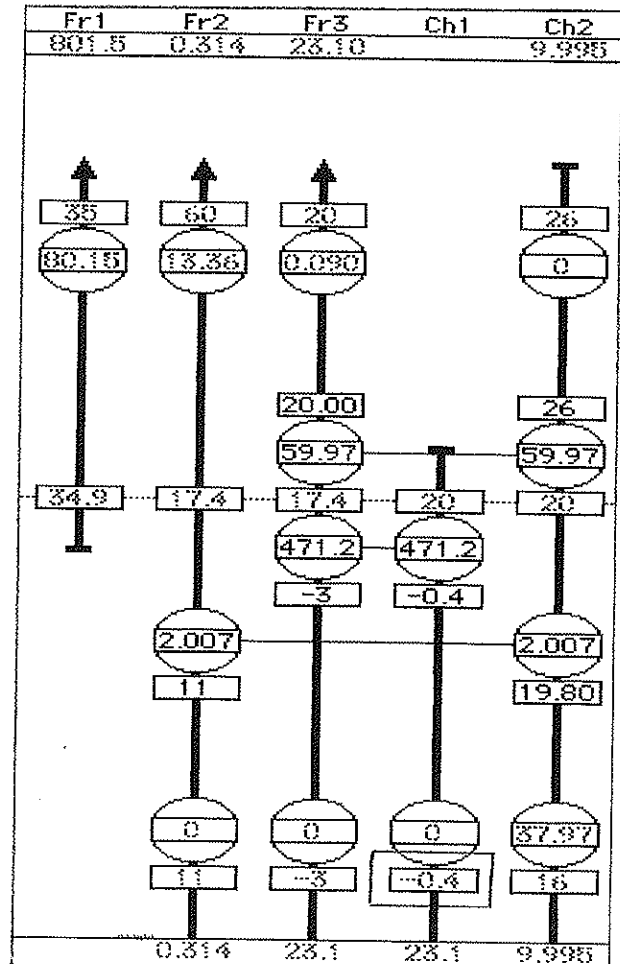
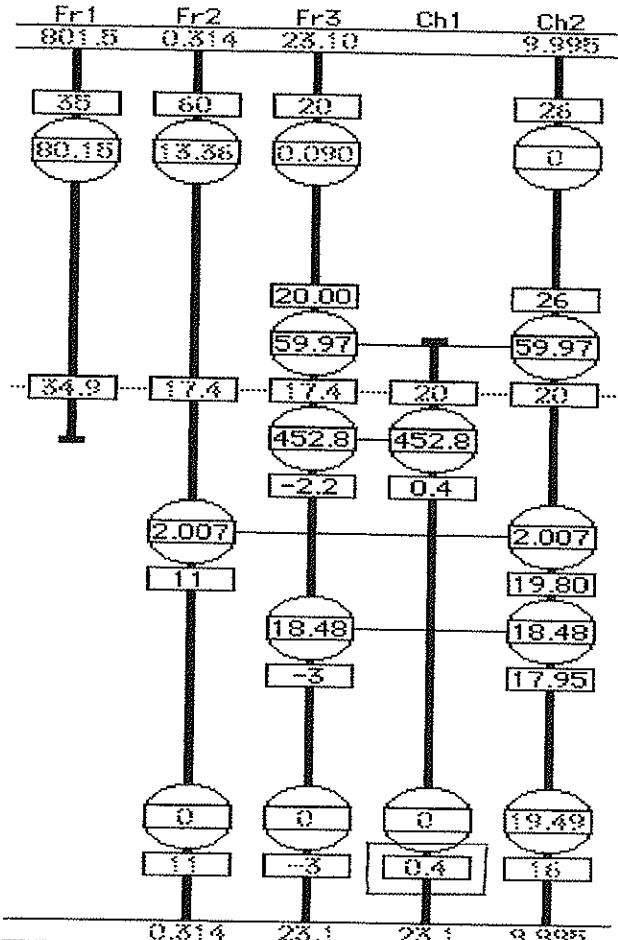
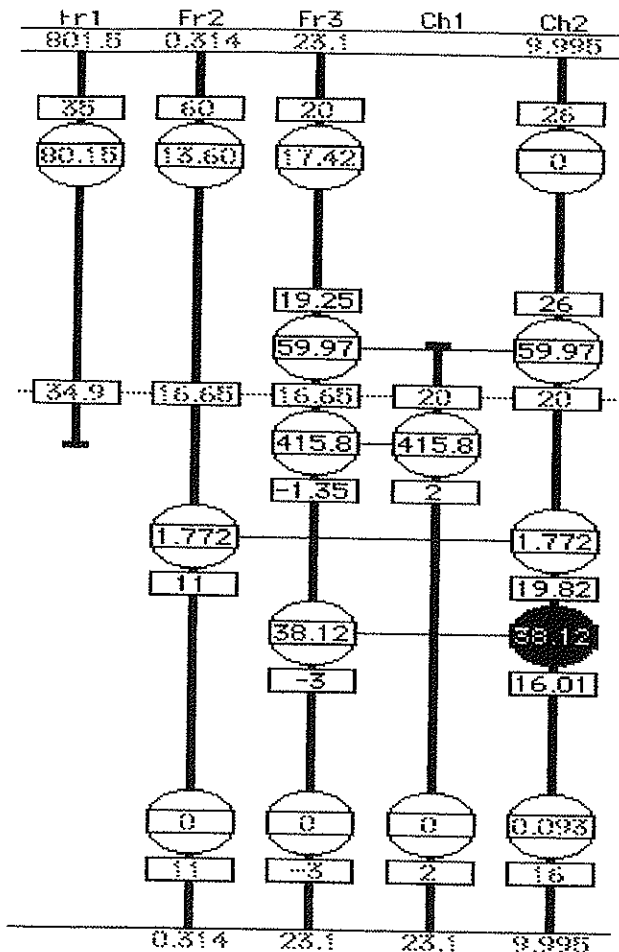


Durchschnittswert Tag



Durchschnittswert Nacht

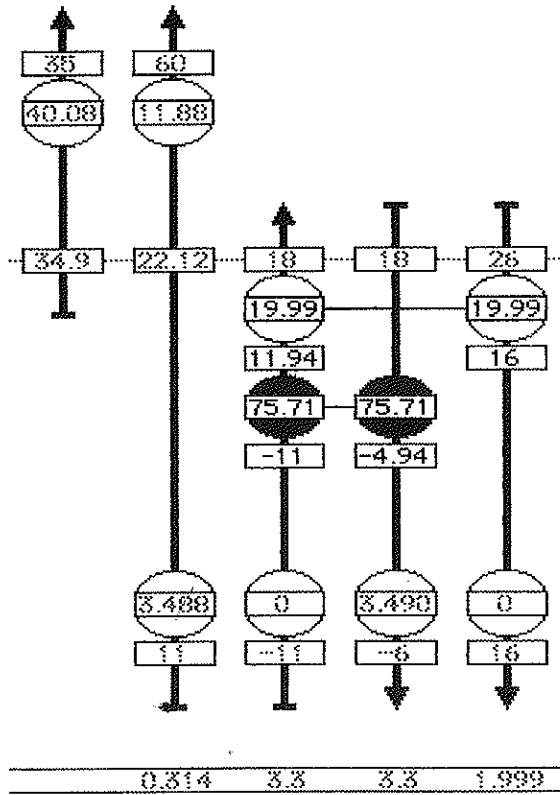
III Wärmetauschernetzwerke (Kapitel 5.2.3)



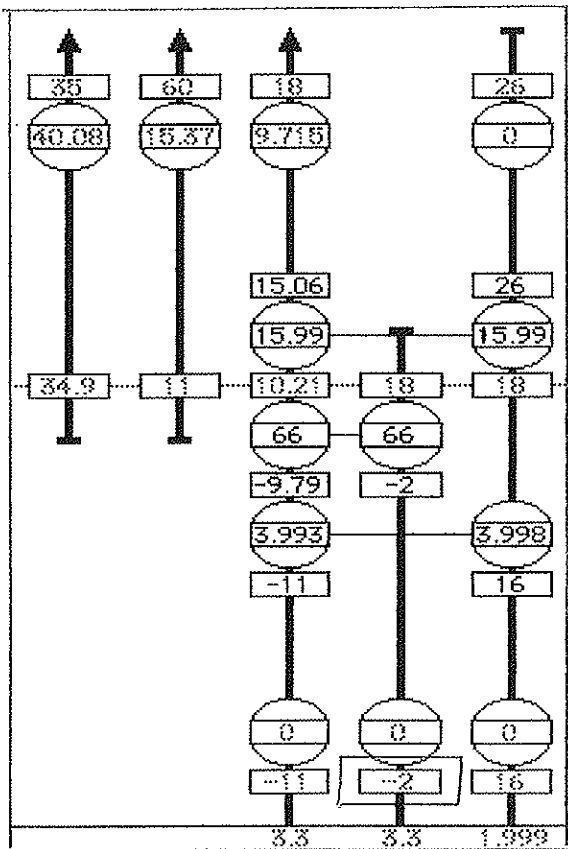
Konvektor
Warmwasser
Zuluft
Abluft
Laborapparate

Januar Tag

Fr1	Fr2	Fr3	Ch1	Ch2
400.8	0.314			



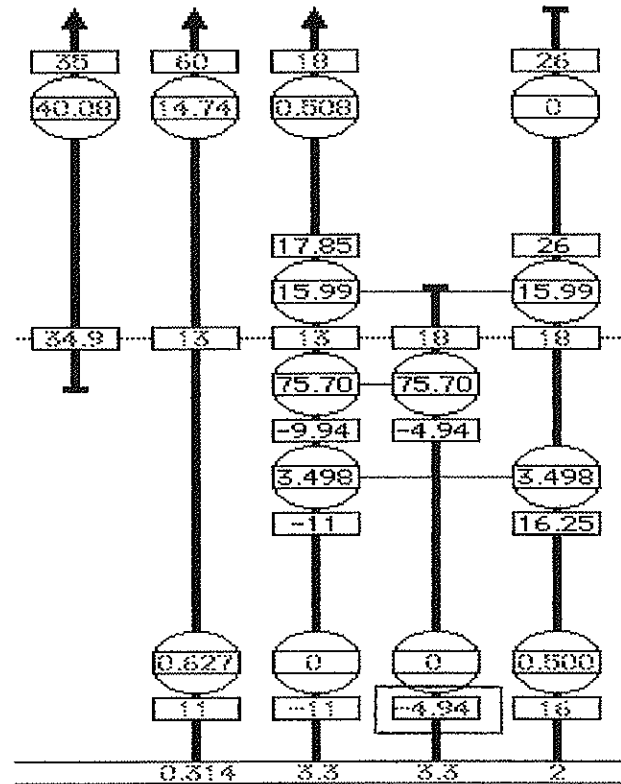
Fr1	Fr2	Fr3	Ch1	Ch2
400.8	0.314	3.3		1.999



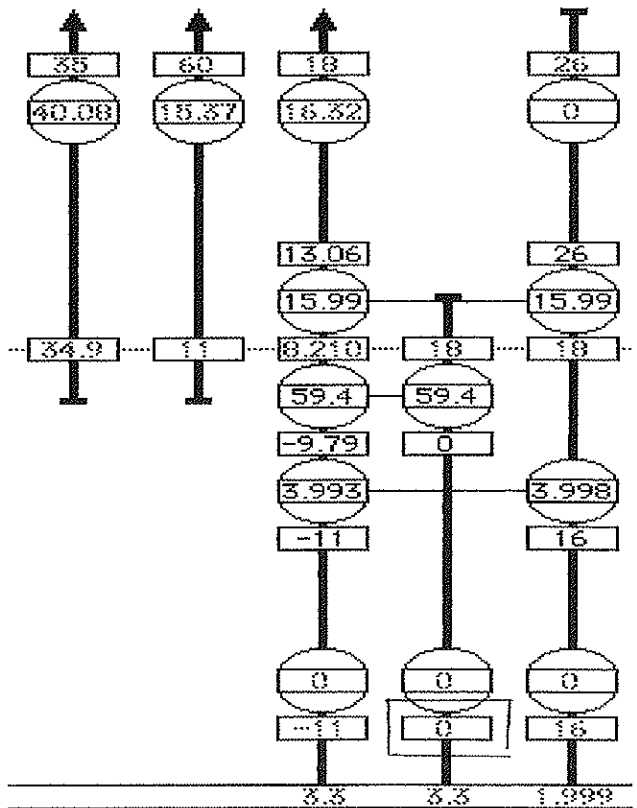
Konvektoren
Warmwasser
Zuluft
Abluft
Laborkupplung

14

Fr1	Fr2	Fr3	Ch1	Ch2
400.8	0.314	3.3		1.999

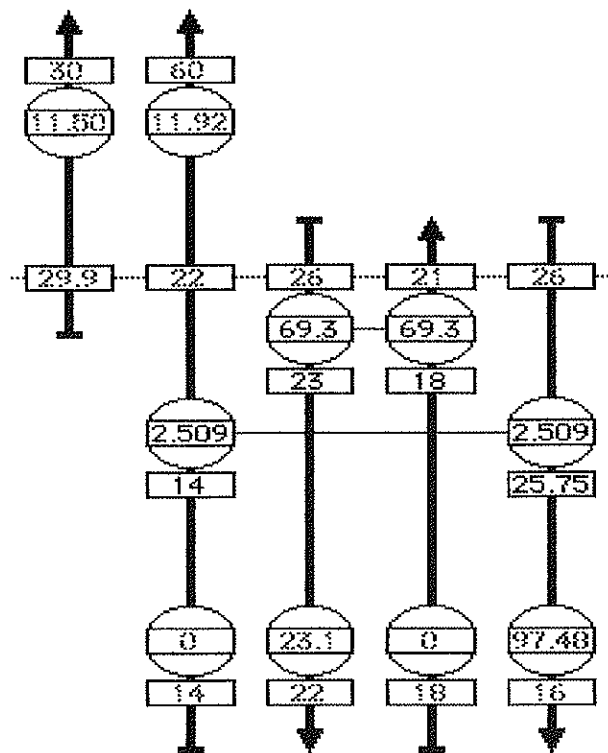


Fr1	Fr2	Fr3	Ch1	Ch2
400.8	0.314	3.3		1.999



Januar: Nacht

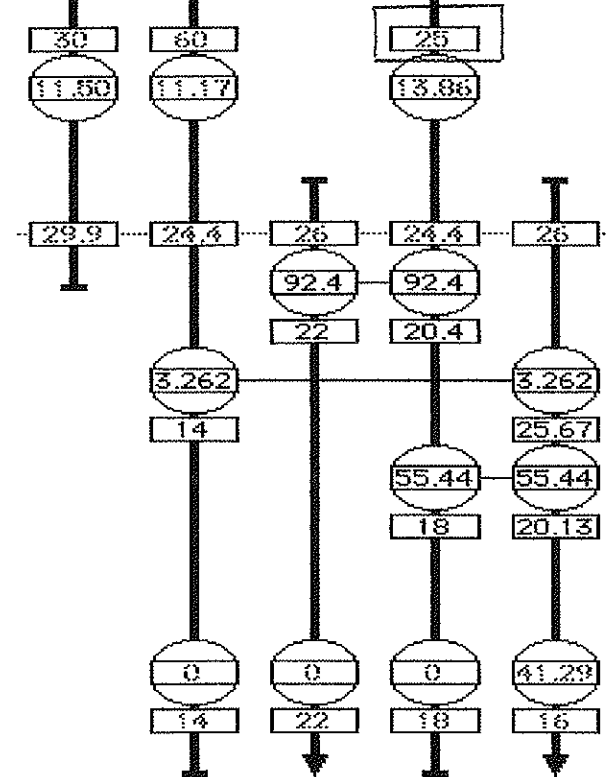
Fr1	Fr2	Ch1	Fr3	Ch2
115.0	0.314			



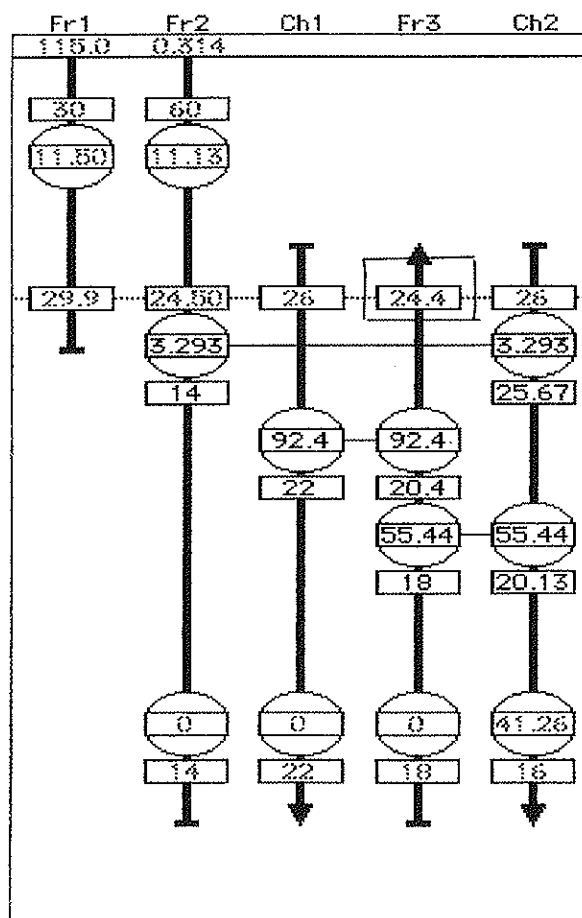
0.314 23.1 23.1 10

15

Fr1	Fr2	Ch1	Fr3	Ch2
115.0	0.314		23.1	



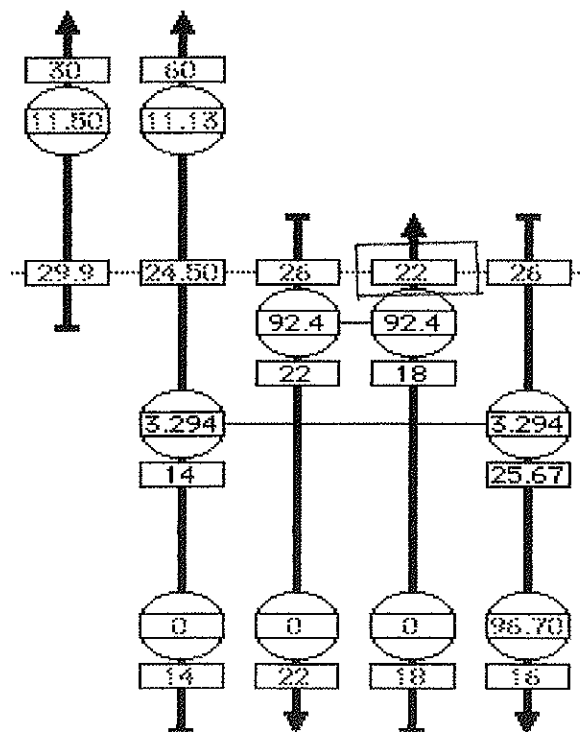
0.314 23.1 23.1 10



0.314 23.1 23.1 10

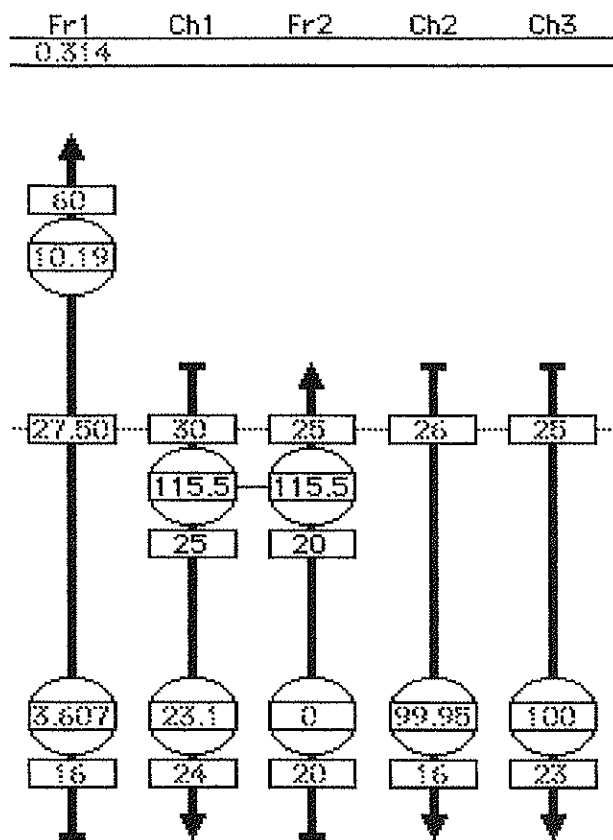
Konvektoren
Warmwasser
Zuluft
Abluft
Laborgeräte

Fr1	Fr2	Ch1	Fr3	Ch2
115.0	0.314			



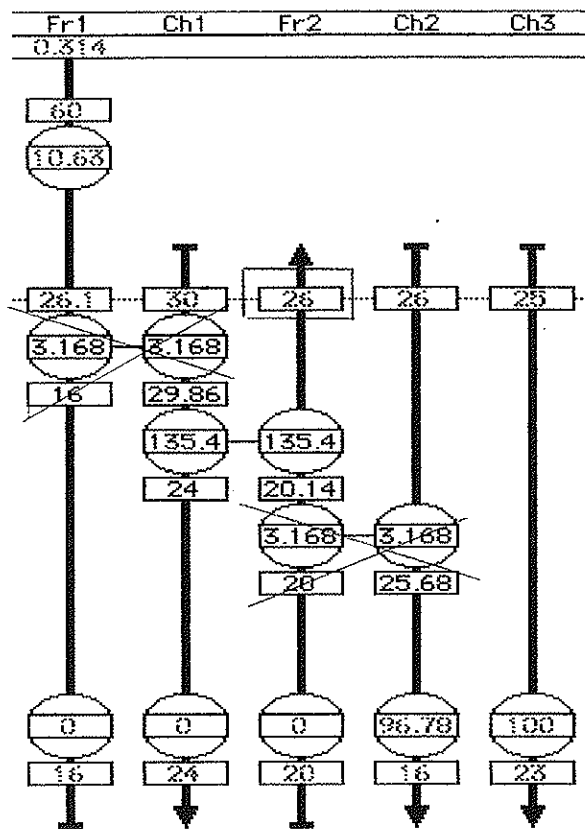
0.314 23.1 23.1 10

April: Tag

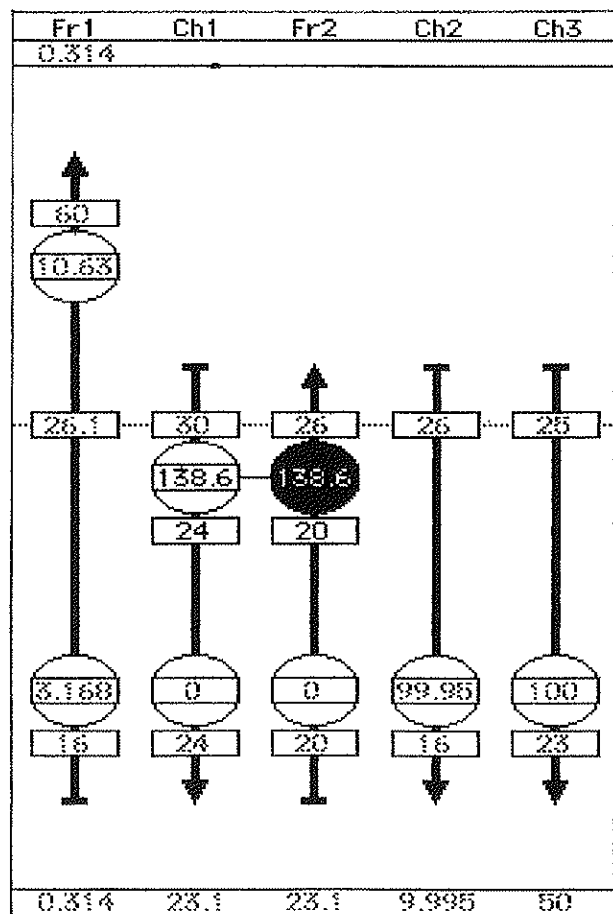


0.314	23.1	23.1	9.995	50
-------	------	------	-------	----

17



0.314	23.1	23.1	9.995	50
-------	------	------	-------	----



0.314	23.1	23.1	9.995	50
-------	------	------	-------	----

Warmwasser

Zuluft

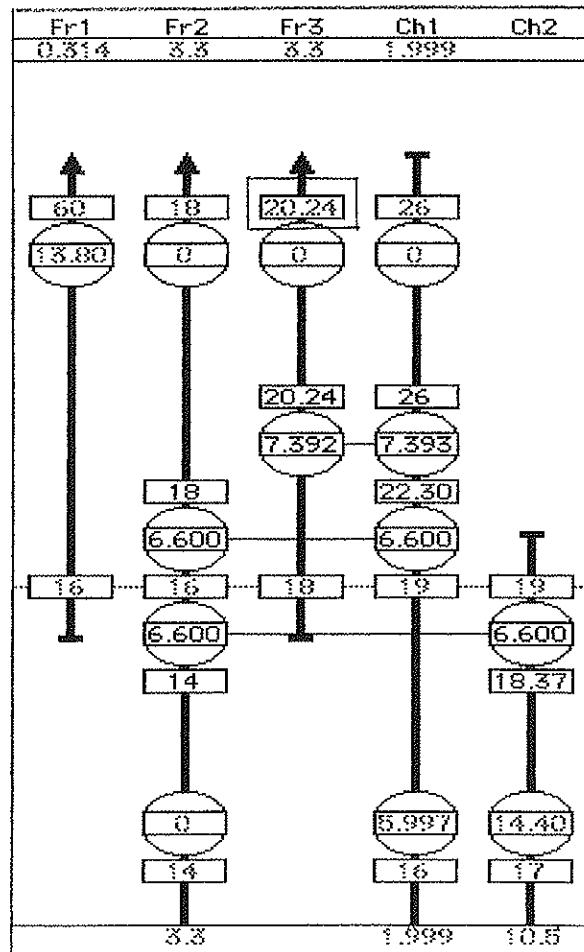
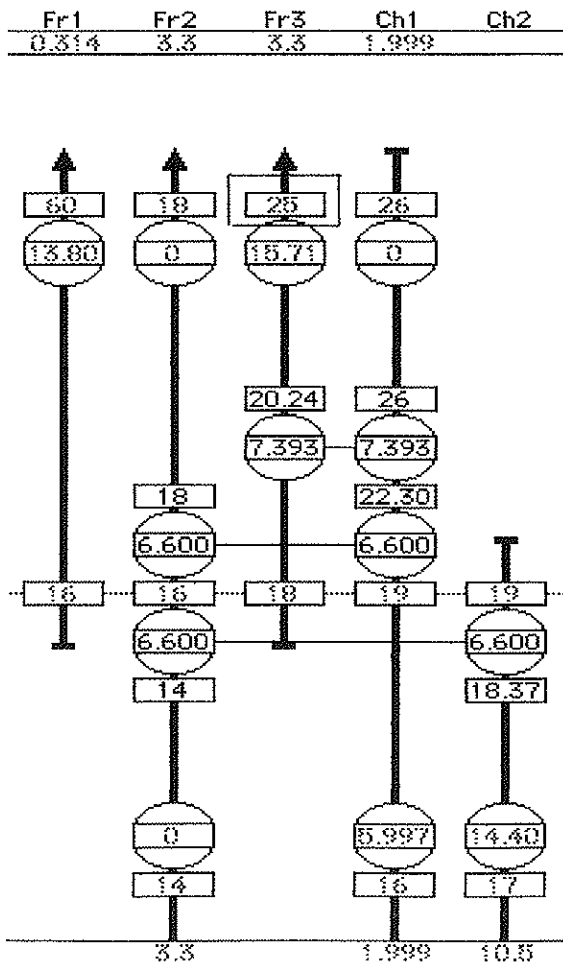
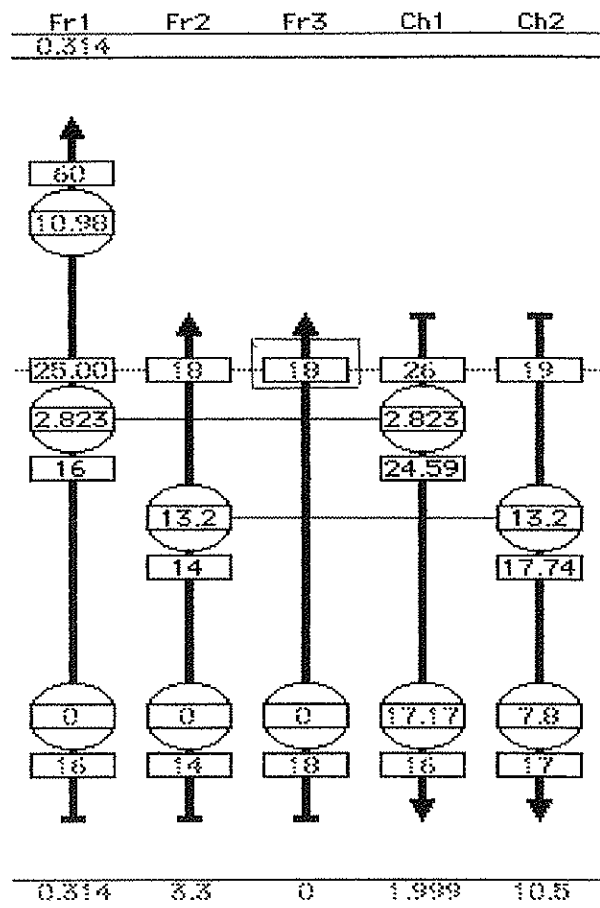
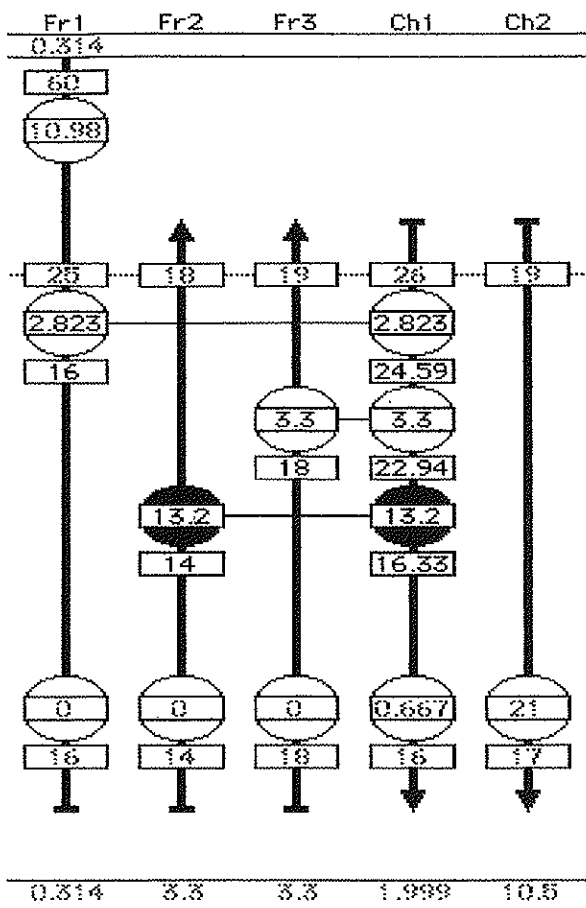
Abluft

Laborgeräte

Umluftgeräte

20.11.2017

18



Wasserversorgung

Zuluft

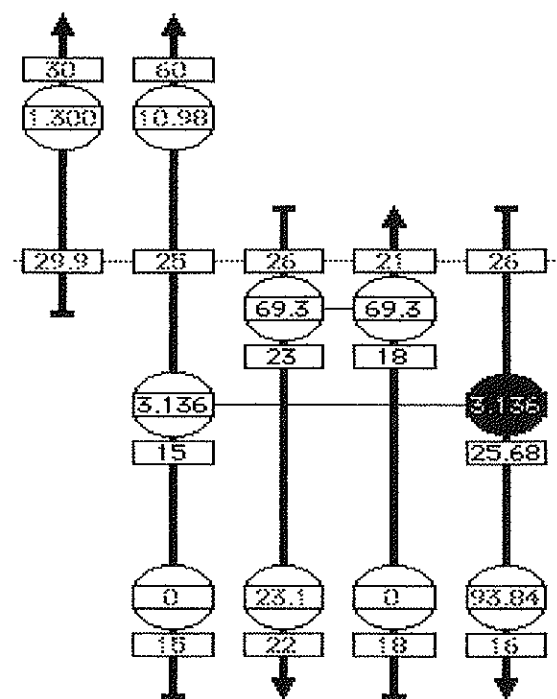
Abluft

Labordrucke

Umluftgewichte

Juli: Nacht

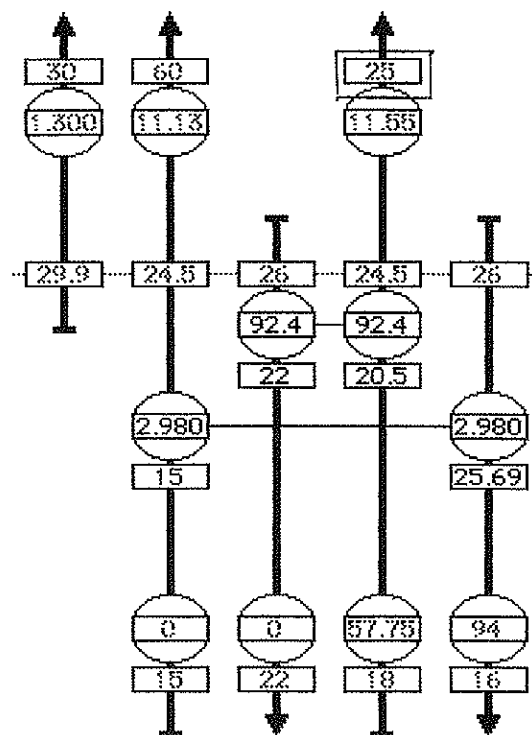
Fr1	Fr2	Ch1	Fr3	Ch2
13.00	0.314			



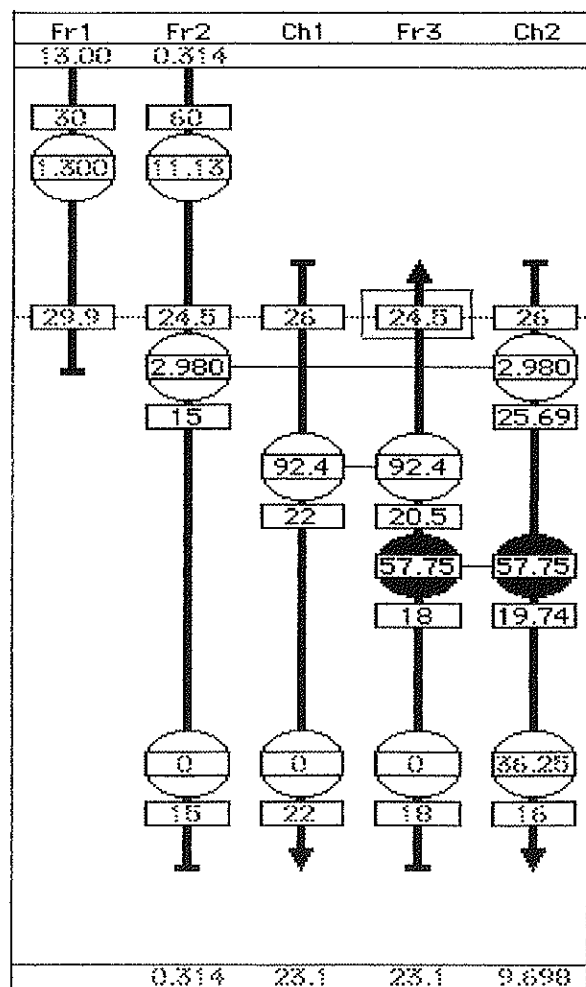
0.314 23.1 23.1 9.698

19

Fr1	Fr2	Ch1	Fr3	Ch2
13.00	0.314		23.1	

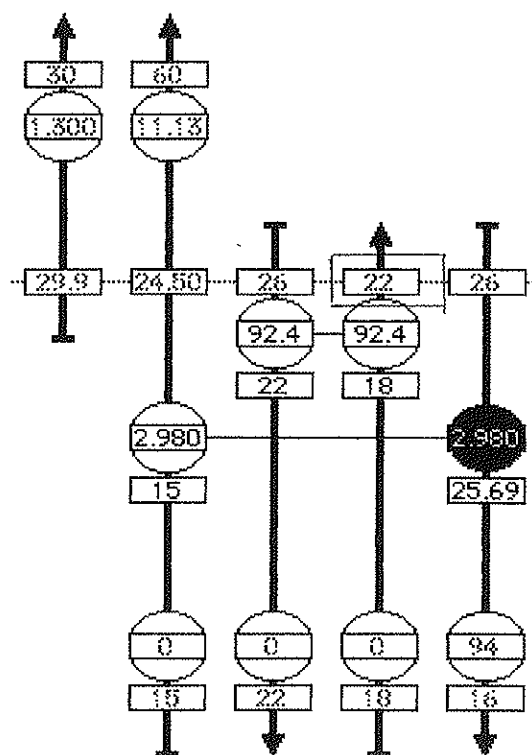


0.314 23.1 23.1 9.698



0.314 23.1 23.1 9.698

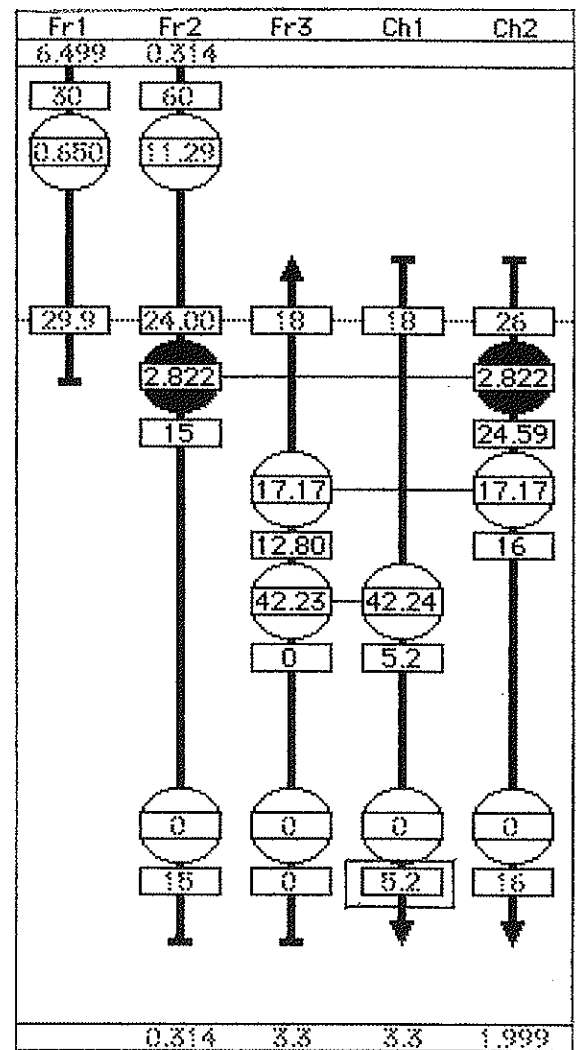
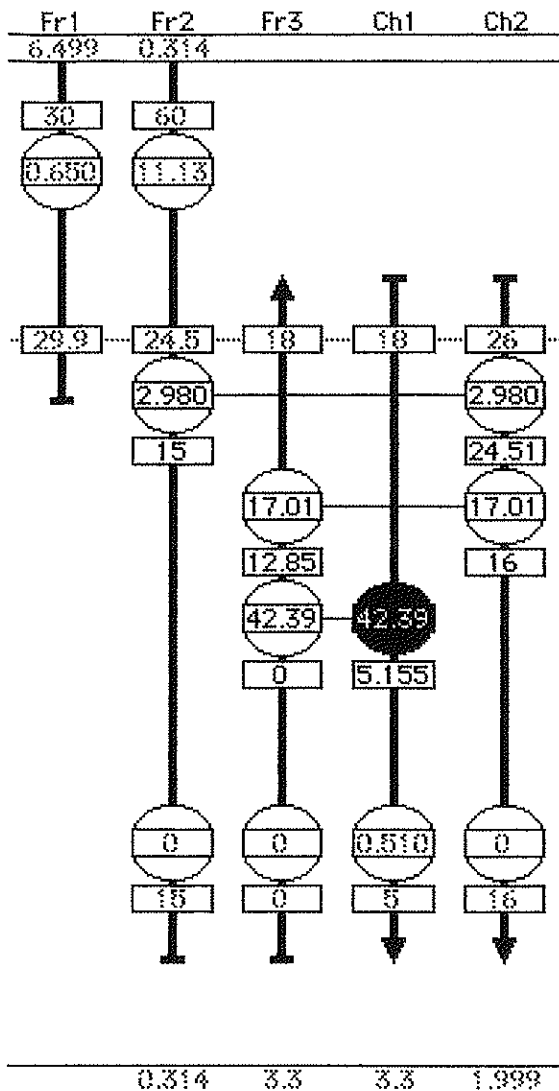
Fr1	Fr2	Ch1	Fr3	Ch2
13.00	0.314			



0.314 23.1 23.1 9.698

Konvektion
Wärmeströmung
Zuluft
Abluft
Laborapparatur

Oktober: Tag



Korrelatoren

Warmwasser

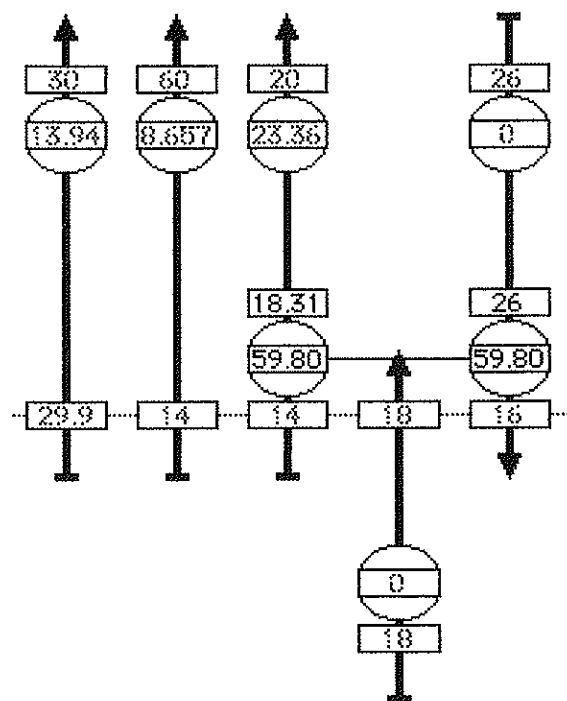
Zukunft

Abwehr

laboraprase

Oktober: Nacht

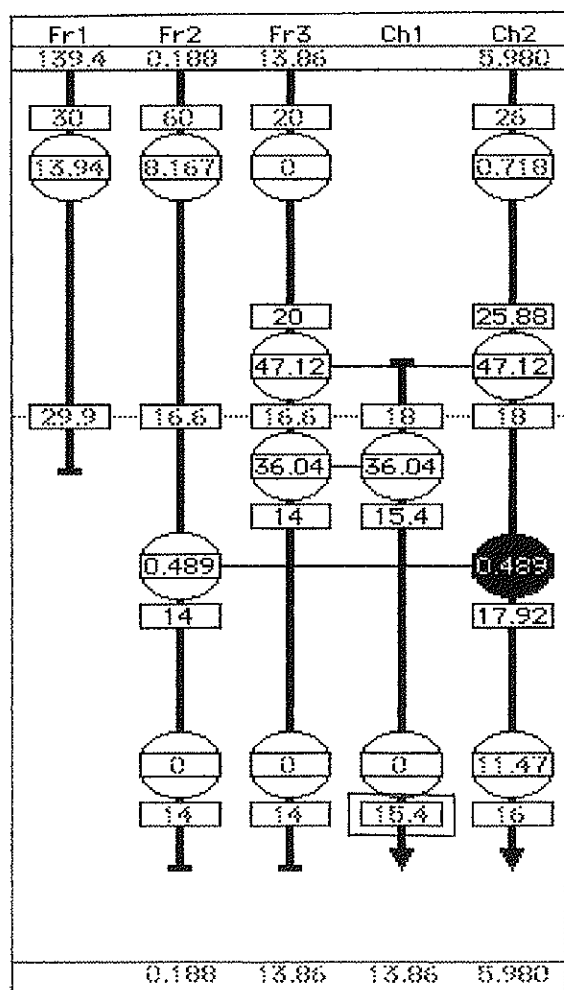
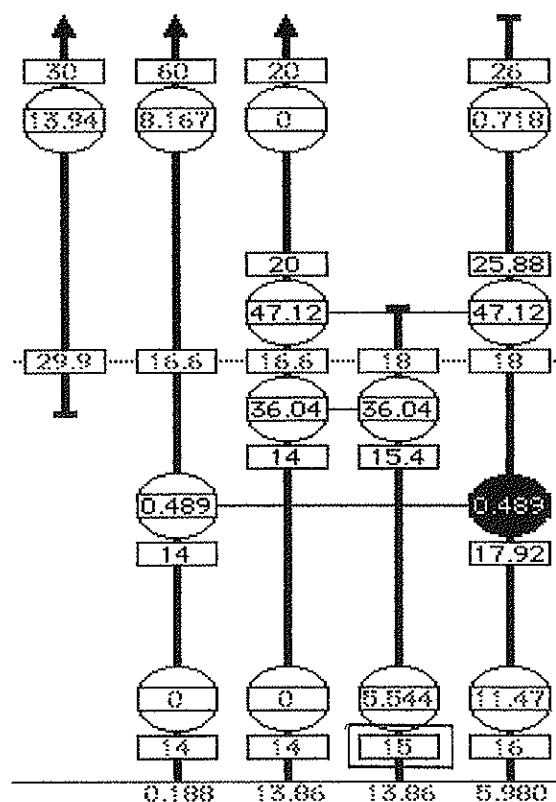
Fr1	Fr2	Fr3	Fr4	Ch1
139.4	0.188	13.86		5.980



0

21

Fr1	Fr2	Fr3	Ch1	Ch2
139.4	0.188	13.86		5.980



Konvektoren

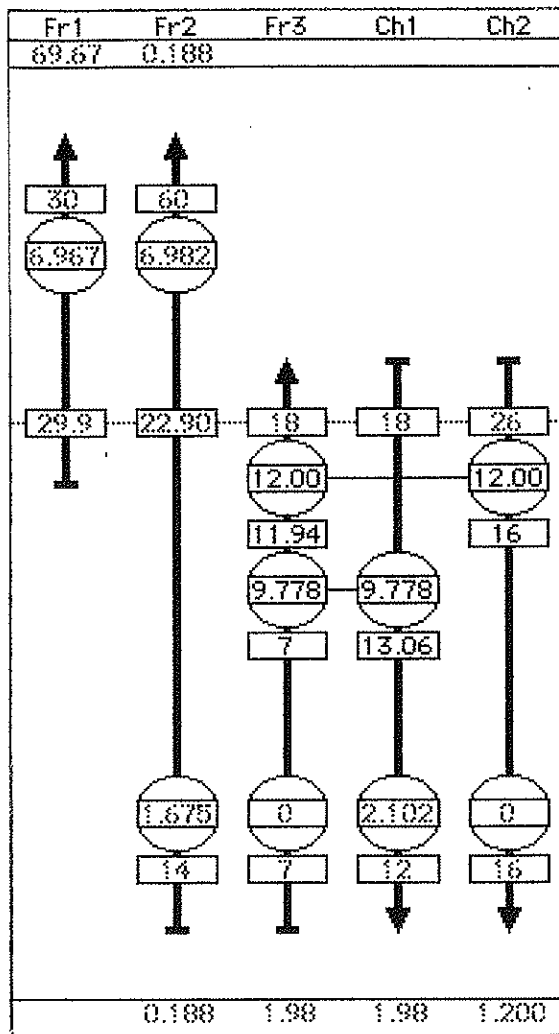
Warmwasser

Zuluft

Abluft

Laborgeräte

Durchschnittswert: Tag



Konvektoren

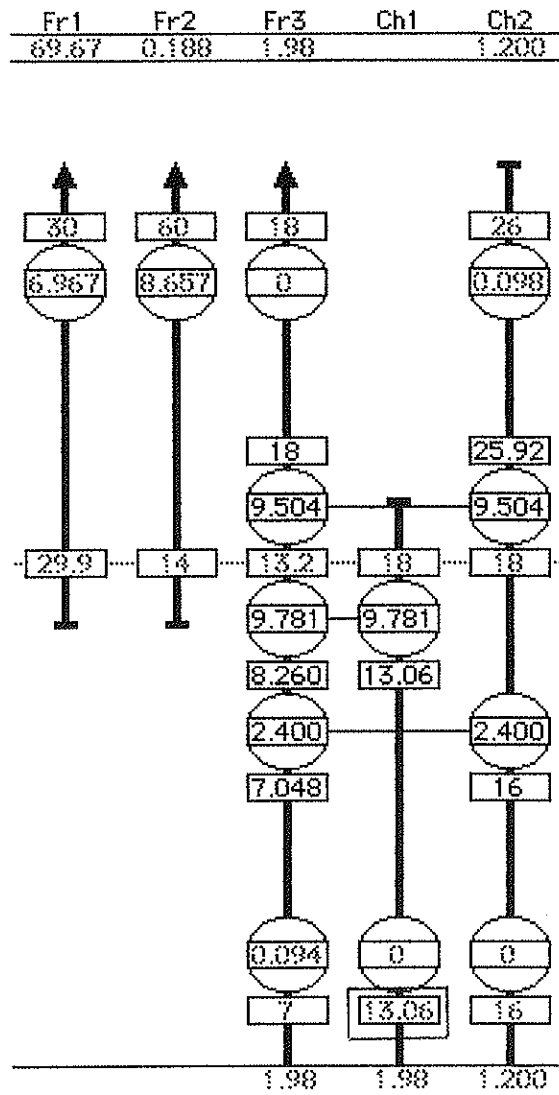
Warmwasser

Zuluft

Abluft

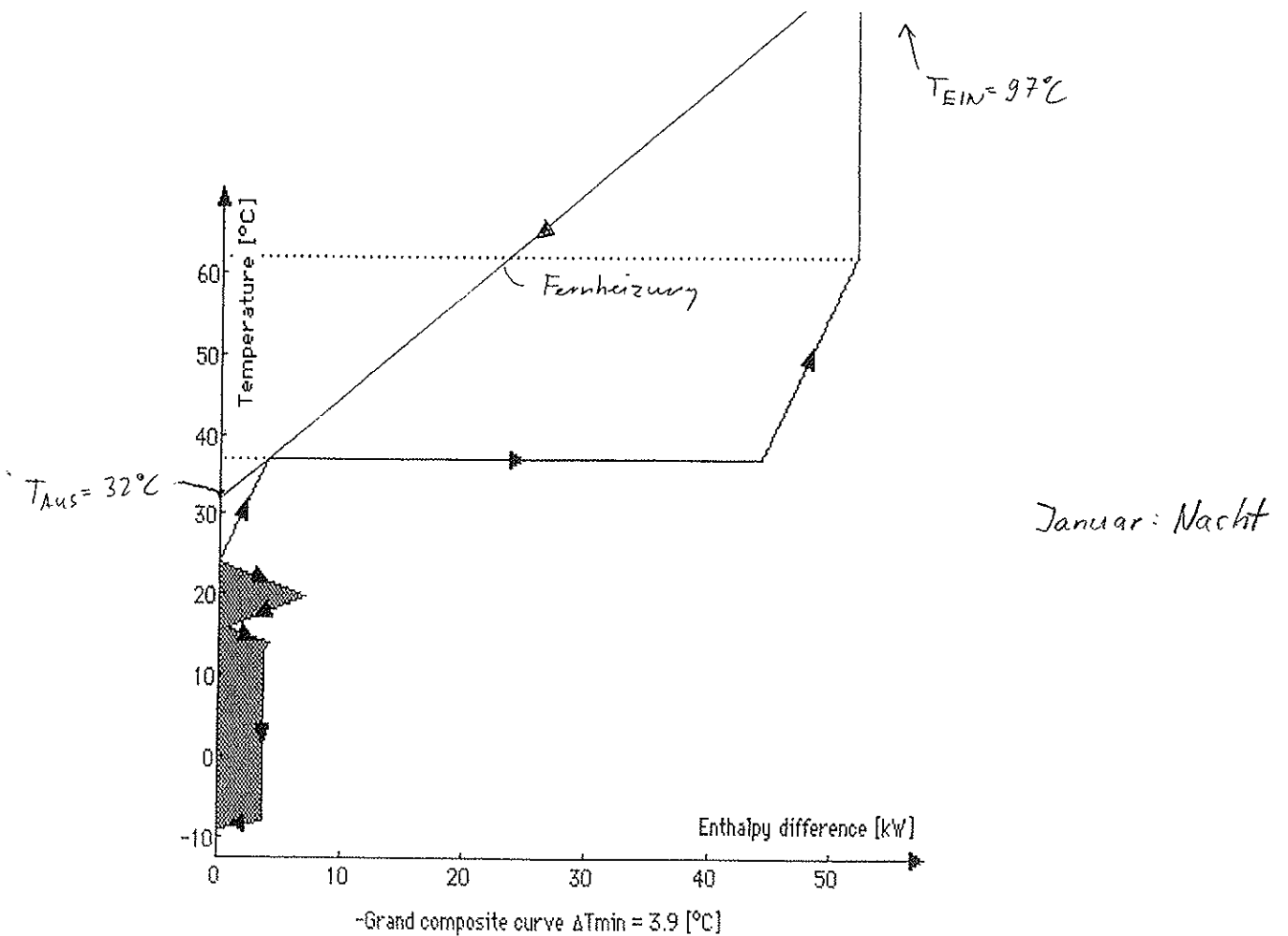
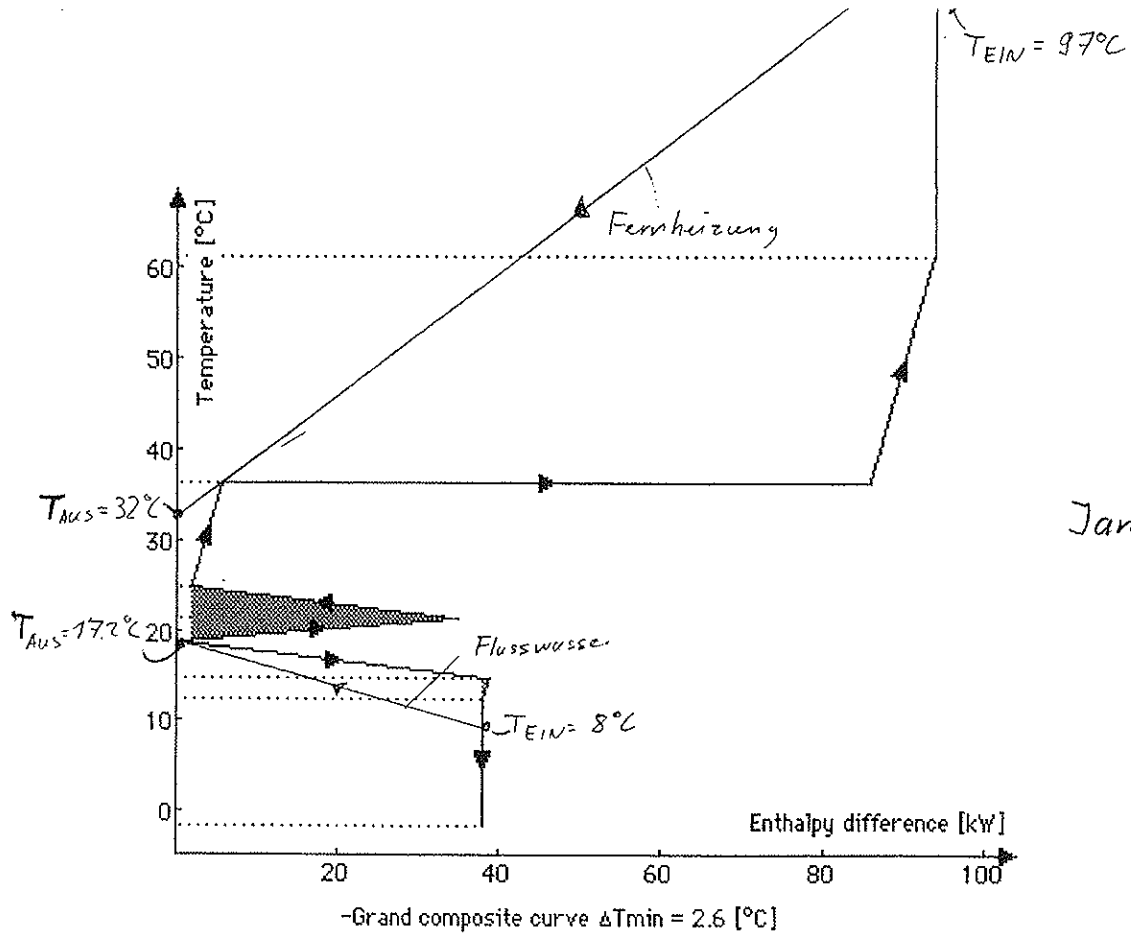
Laborgeräte

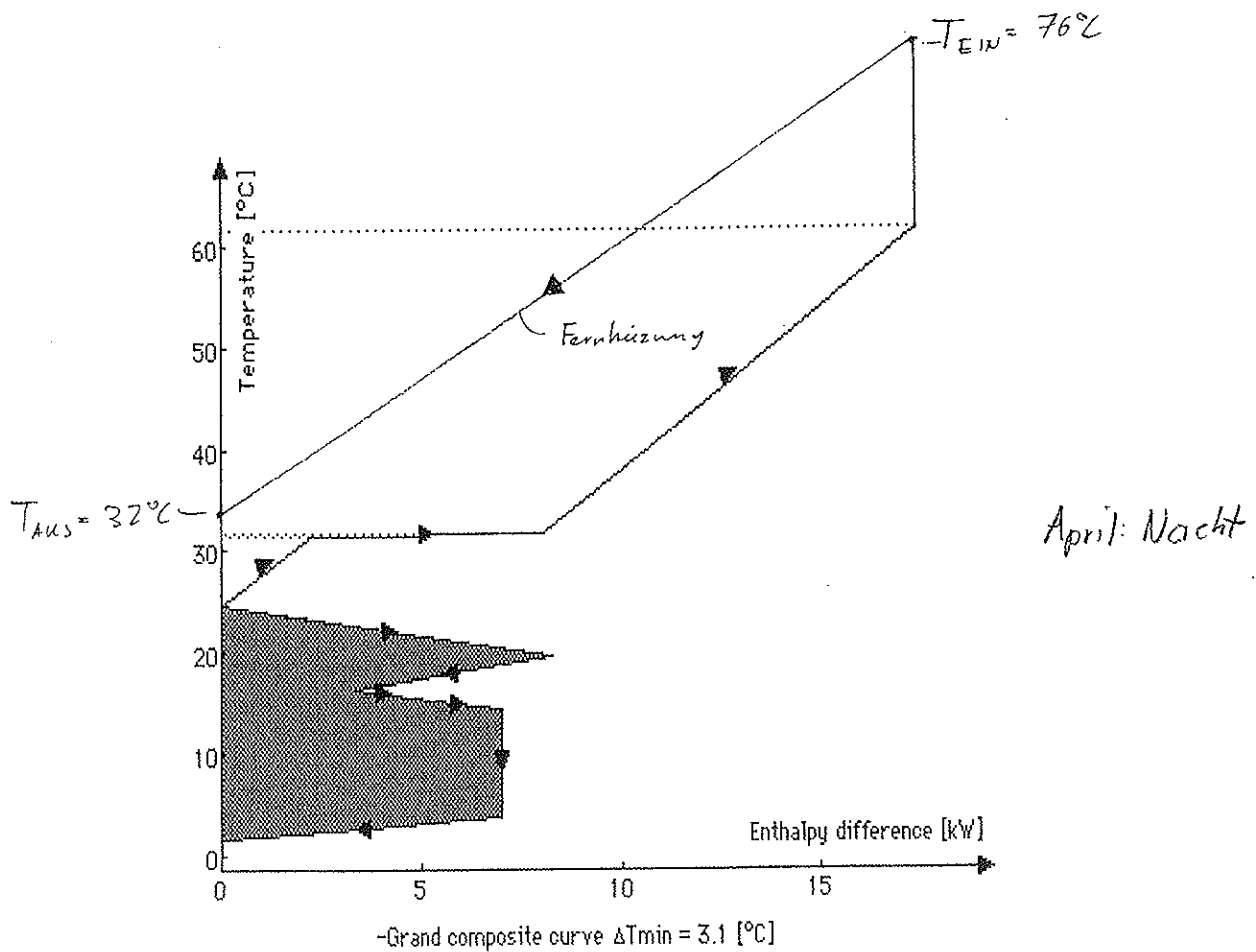
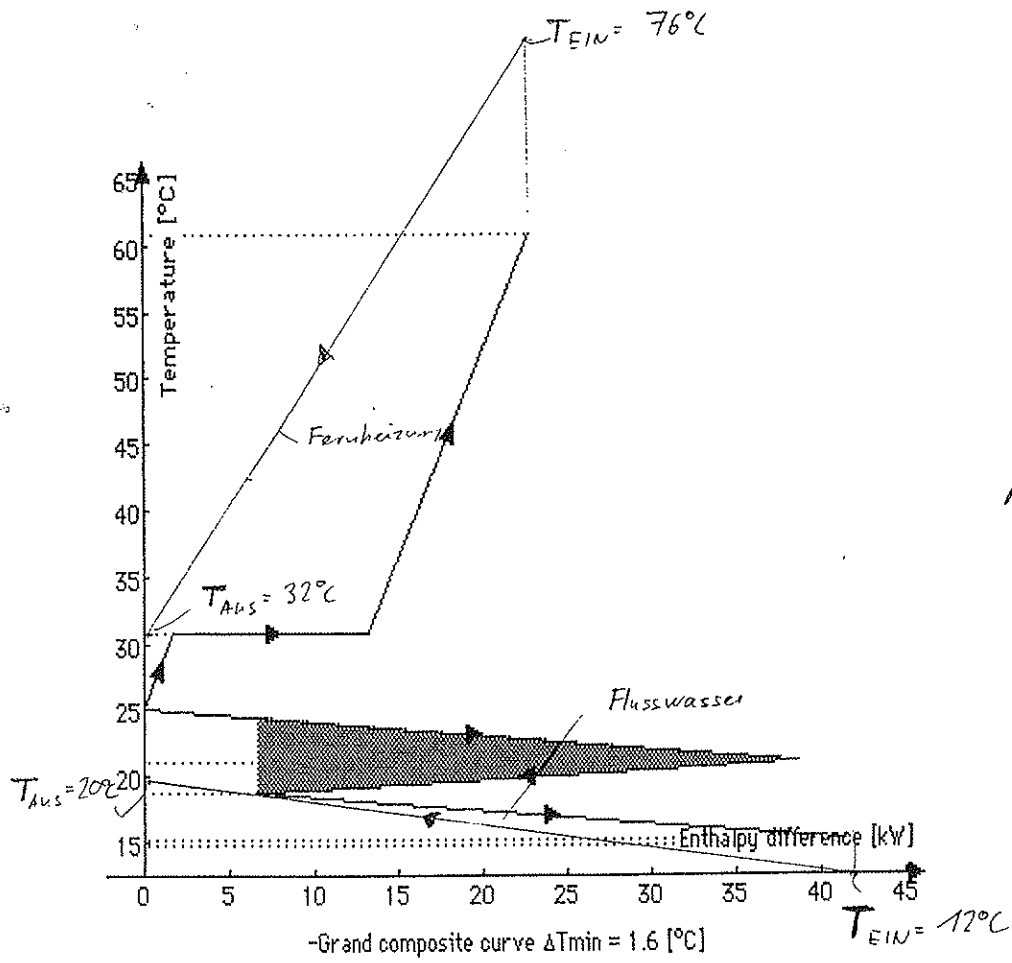
22

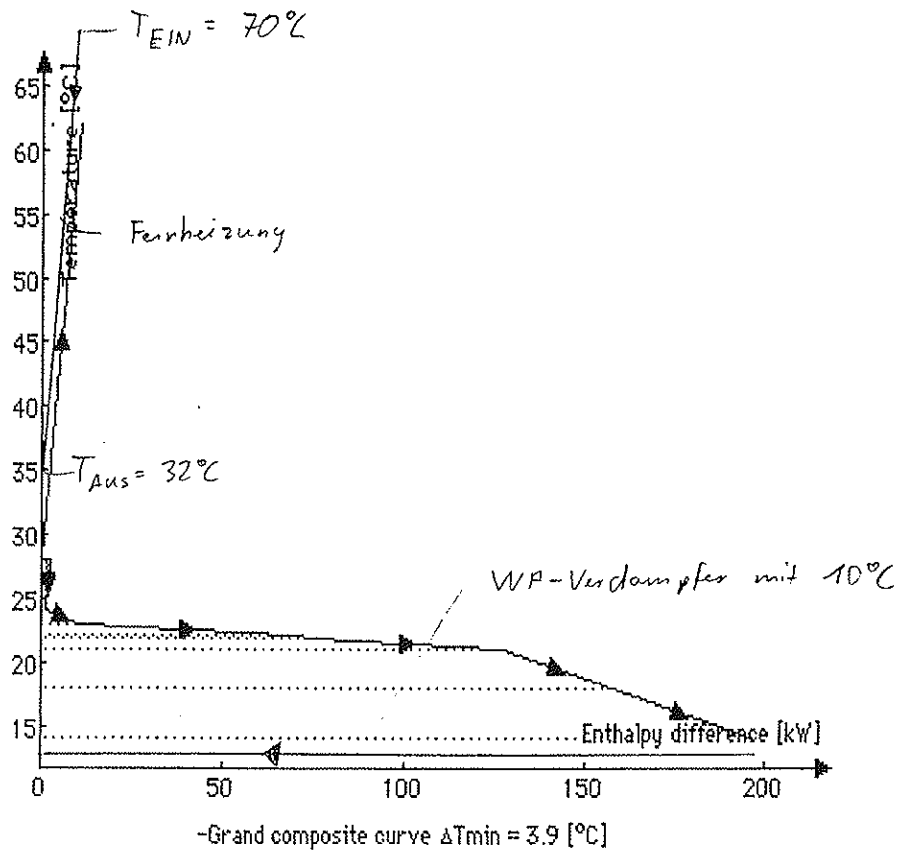


Durchschnittswert: 1.200

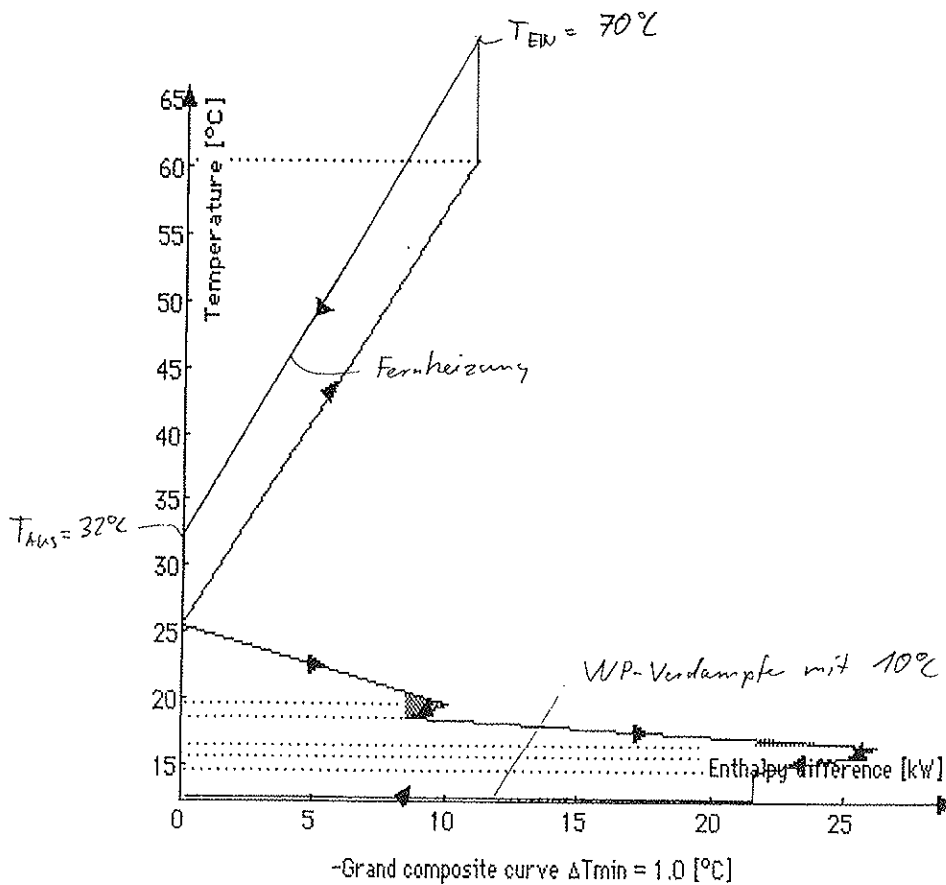
IV Gesamtverbundkurven (Kapitel 5.4.3)





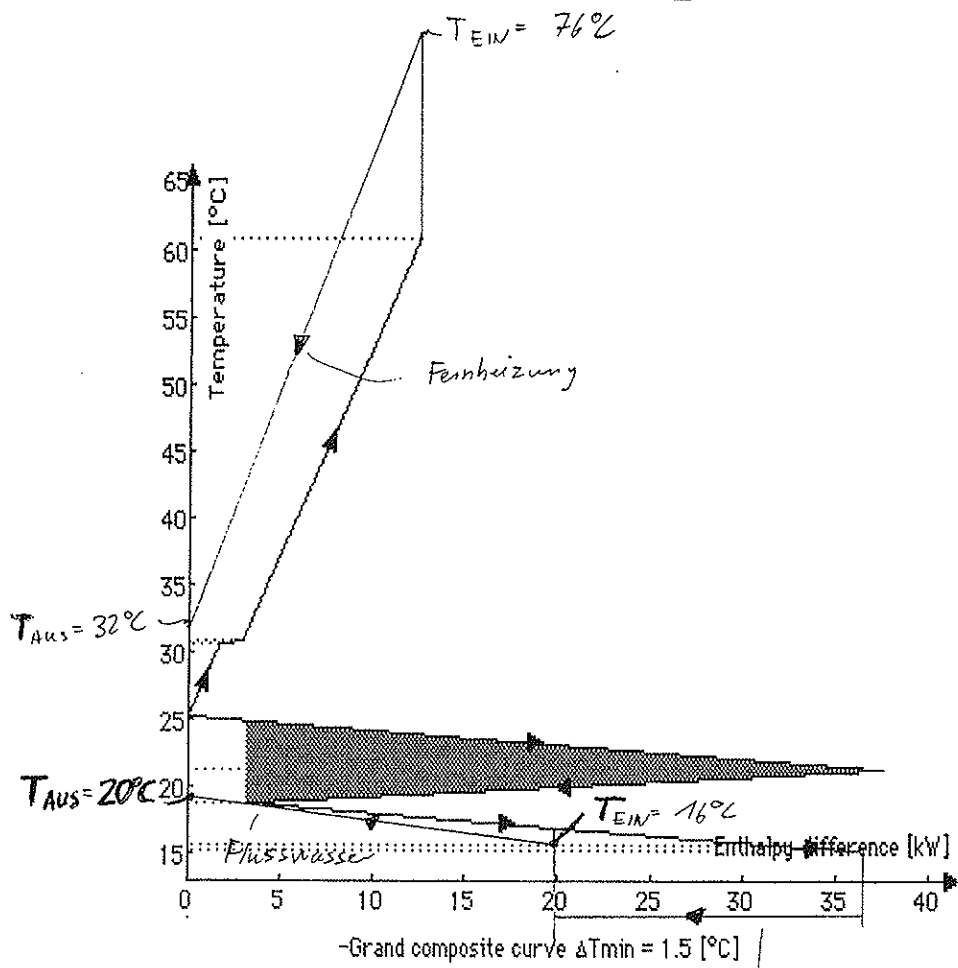


Juli: Tag

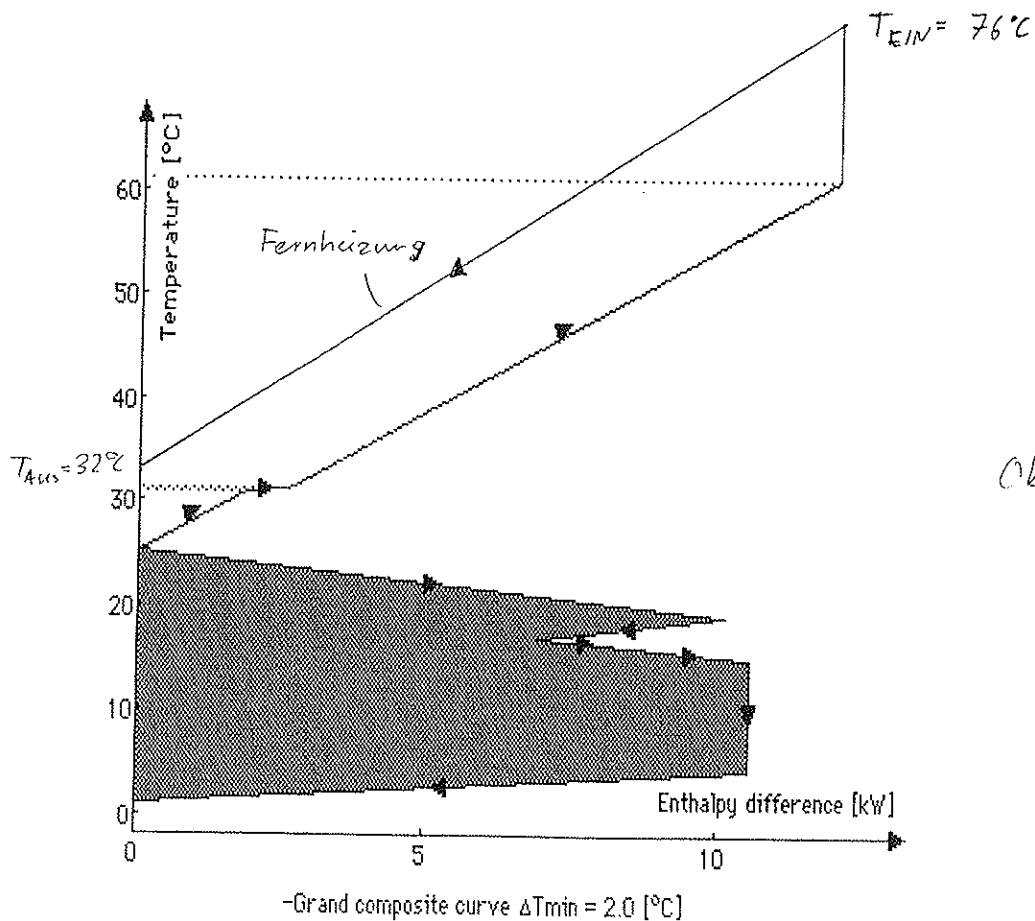


Juli: Nacht

27



Oktober: Tag

WP-Verdampfer mit $T = 70^{\circ}\text{C}$ 

Oktober: Nacht

V Simulationsprogramm DOE-2 (gekürzte Version)

Dynamische Optimierungsrechnung einer lüftungstechnischen Anlage

mit Hilfe des **Simulationsprogramms DOE-2** und des **KONVEKTA-Optimierungsprogramms WRG-4**

**HELBLING
INGENIEURUNTERNEHMUNG AG
HOHLSTRASSE 610
8048 ZÜRICH**

Netto-
gross.

maximal

Anlage : **PSI
Haustechnik**
Ihr Zeichen : **Herr U. Hofstetter**
Datum : **13. November 1998**

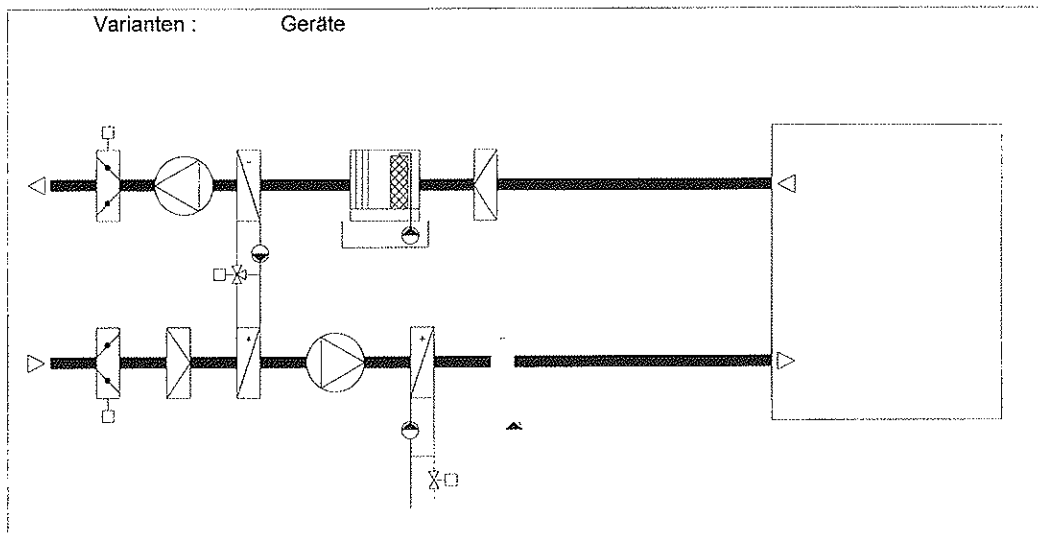
Bemerkung :

Die WRG wurde nach dem maximalen jährlichen
Energierückgewinn optimiert. Sie ist deshalb sehr

Bei der nächsten Berechnung werden wir die

mögliche Anzahl Rohrreihen beschränken.

Referenz-Nummer : **D_981113_014 Pfen**



Kontrolle:

Wir bitten Sie, die Grundlagen der Berechnung zu kontrollieren. Durch die grosse Menge und die gegenseitige Abhängigkeit der Einflussgrössen können spürbare Fehler resultieren, wenn falsche Grössen eingesetzt werden.

Energiemengen und wirtschaftliche Kennzahlen

Lüftungsanlage ohne Kühlung Klimaanlage mit Kühlung

Erwärmung und Transportenergien

alle elektr. Energien 1.0-fach bewertet

Erwärmung der AUL (kWh/a) **865 200 864 500**
elektrischer Energiebedarf (kWh/a) **59 630 61 040**

ZUL und ABL Ventilatoren, Pumpen und Hilfsantriebe

Bruttogewinn WRG (sensibel) (kWh/a) **857 950 857 250**

Bedarf el. Energie durch WRG (kWh/a) **42 250 42 250**

Ventilatoren und Pumpen

Jahres-Nutzungsgrad netto (%) **94.3 94.3**

gemäss SWKJ-Richtlinie 89-1

Jährlicher Energiebedarf (kWh/a) **109 130 110 540**

Wärme und elektrische Energie

Jährliche Energiekosten (sFr/a) **12 516 12 685**

Erwärmung / Transport

Kühlung der ZUL

alle elektr. Energien 1.0-fach bewertet

Kältemasch. und KW-Pumpen (kWh/a) **11 104**

Rückkühler Vent. und Pumpen (kWh/a) **3 443**

Ventilator für KW-Luftkühler (kWh/a) **7 210**

Pumpen FOL-Bef. und WRG (kWh/a) **1 910 2 550**

Jährlicher Energiebedarf (kWh/a) **1 910 24 307**

Jährliche Energiekosten (sFr/a) **229 2 917**

Kühlung

Wirtschaftliche Kennzahlen

Tot. Invest.kosten (Richtwerte) (sFr) **80 000 80 000**

Jährliche Kapitalkosten (sFr/a) **10 515 10 518**

Jährliche Energiekosten (sFr/a) **12 745 15 602**

Jährliche Wartungs- und Unterhaltskosten (sFr/a) **0 0**

Jahreskosten der Anlage (sFr/a) **23 260 26 120**

Bei der Berechnung der Jahreskosten nach der Annuitätenmethode werden die Investitionskosten in jährliche Kapital- und Amortisationskosten umgerechnet und zu den Betriebskosten addiert. Dabei wird der Kapitalzins, die eventuell unterschiedliche Lebensdauer der Anlagenteile sowie allenfalls die jährliche Teuerung der Preise für elektrische Energie und Wärme berücksichtigt.

Dimensionierung der Lüftungstechnischen Anlage

Lüftungsanlage ohne Kühlung Klimaanlage mit Kühlung

Lüftungstechnische Anlage

Nenn AUL-Volumenstrom	(m3/h)	63 970	63 970
Nenn FOL-Volumenstrom	(m3/h)	63 970	63 970
Druckverlust luftseitig ZUL-Anlage	(Pa)	350	440
Druckverlust luftseitig FOL-Anlage	(Pa)	400	400

(Monobloc inkl. Wärmetauscher und Kanalnetz)

Minimaler AUL-Volumenstrom	(m3/h)	8 960	8 960
Minimaler FOL-Volumenstrom	(m3/h)	8 960	8 960

ZUL-Monobloc / Fabrikat : SEVEN-AIR	2x_MKG 44	2x_MKG 44
ABL-Monobloc / Fabrikat : SEVEN-AIR	2x_MKG 44	2x_MKG 44

Jahres-Nutzungsgrad netto der WRG	(%)	94.3	94.3
-----------------------------------	-----	------	------

gemäss SWKI-Richtlinie 89-1

PWW-Lufterhitzer, Wärme-Erzeugung und -Verteilung

AUL-Volumenstrom	(m3/h)	63 970	63 970
Vorwärmung der AUL durch			
die WRG von -11.0 °C auf	(°C)	9.0	9.0
Einfriergrenze WRG	(°C)	-7.9	-7.9

Kälteanlage

Luft Eintrittszustand	(°C/%r.F.)	30.0 / 40	30.0 / 40
Vorkühlung durch WRG	(°C/%r.F.)	25.1 / 53	24.3 / 56
Kühlung mit KM	(°C/%r.F.)	17.7 / 82	

Maximale Verdampfer-Leistung	(kW)	148.4	
Maximale el. Leistung der KM	(kW)	46.9	
Leistungsziffer KM	(-)	3.2	

Kaltwassertemp. Luftkühler	(°C/°C)	8.0 / 22.7	
Temp. Rückkühlerkreislauf	(°C/°C)	50.0 / 40.0	

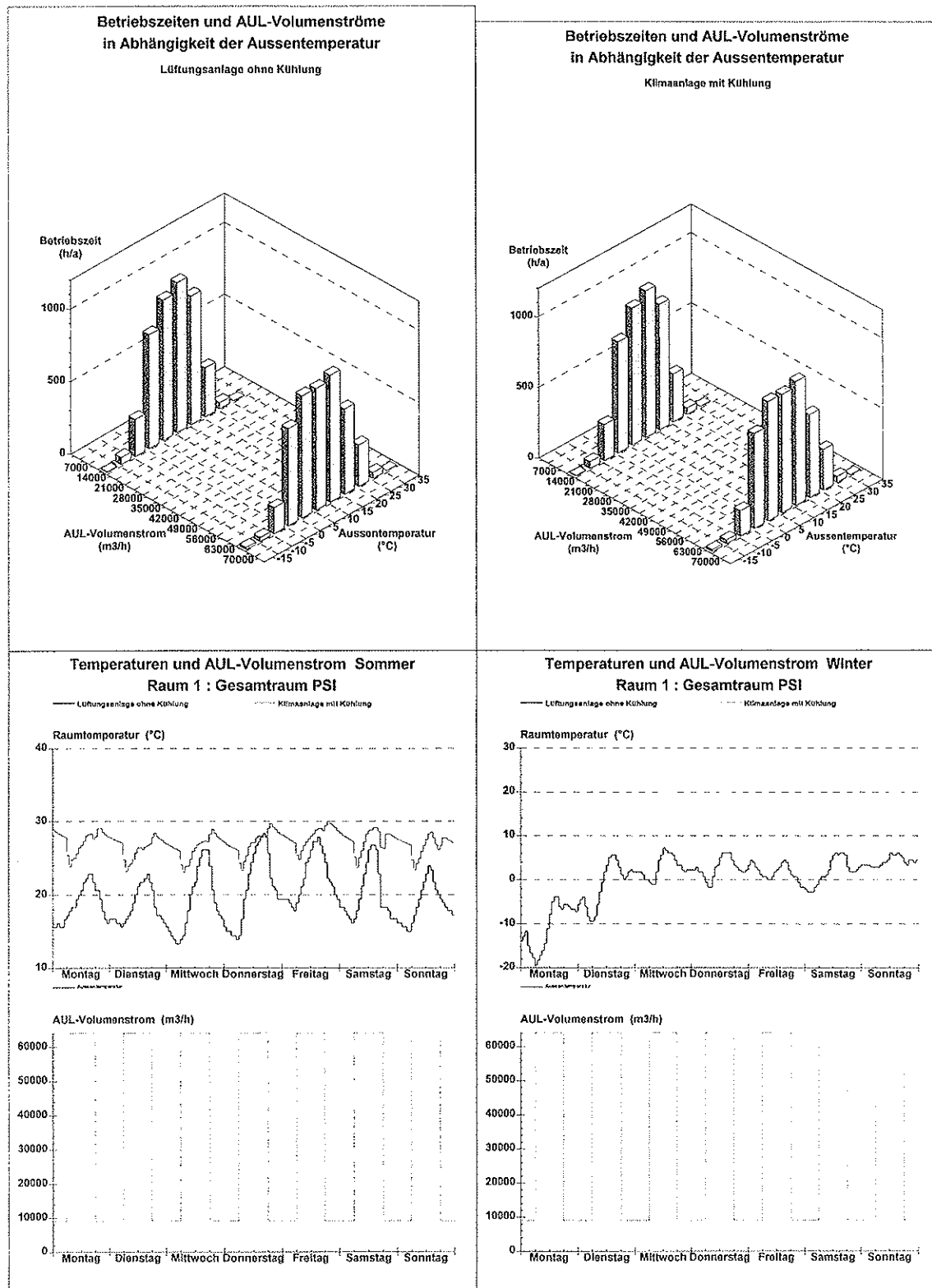
30 Gewichtsprozent Äthylenglykol

Adiabatische FOL-Befeuchtung

Befeuchtungssystem :

Kontaktbefeuchter (95.0%)

Adiab. Kühlung Eintritt	(°C/%r.F.)	55.7 / 8	53.4 / 10
Adiab. Kühlung Austritt	(°C/%r.F.)	26.5 / 89	26.1 / 90
Bei Aussenbedingung	(°C/%r.F.)	29.4 / 33	26.7 / 40



Daten für Raum 1: Gesamttraum PSI

Geometrie

Raumbreite, -tiefe, -höhe

(m)

54.0 / 58.0 / 18.0

Anzahl identischer Räume

(-)

1

Klimadaten (gewünschte Sollwerte)

Minimale Raumtemperatur Winter

(°C)

18.0

Steuerung der Raumtemperatur bei Kühlung

nach Aussentemperatur

Grenzpunkte Aussentemperatur / Sollwerte Raumtemperatur

(°C)

12.0 / 20.0 20.0 / 20.0

Personen

Anzahl Personen im Raum (maximale Belegung)

(-)

0

Sensible Wärmeabgabe je Person (leichte Tätigkeit)

(W)

63

Beleuchtung

Beleuchtungstyp

herabhängende, nicht ventilierte

Fluoreszenzlampen

Leistung Beleuchtung je Bodenfläche

(W/m²)

1

Grenzbeleuchtungsstärke für Tageslichtberechnung

(Lux)

40

Geräte

Leistung / Haubenfaktor / Strahlungsanteil

(W) / (%) / (%)

183000 / 25 / 10

Resultate Lüftungsanlage ohne Kühlung**Klimaanlage mit Kühlung****AUL-Volumenstrom**

maximal benötigt / LW

(m³/h) / (-)

63970 / 1.1

63970 / 1.1

gegebenes Maximum

(m³/h) 63 970

63 970

gegebenes Minimum

(m³/h) 9 140

9 140

höchste Innentemperatur am Mi 22. 7. 20:00

Mi 22. 7. 20:00

höchste Innentemperatur

(°C)

33.0

29.3

Kühllast

Maximale Leistung am

Mi 29. 7. 14:00

Mi 29. 7. 14:00

Personen (kW)

0.0

0.0

Maschinen

(kW)

44.6

44.6

Beleuchtung

(kW)

0.0

0.0

externe Last Fenster

(kW)

110.0

110.0

externe Last Wände und Decken

(kW)

21.8

21.8

Gesamte Kühllast

(kW)

176.4

176.4

Heizlast

Maximale Leistung am

Mo 26. 1. 6:00

Mo 26. 1. 6:00

Wärmegewinne

Personen (kW)

0.0

0.0

Maschinen

(kW)

22.8

22.8

Beleuchtung

(kW)

0.0

0.0

Wärmebedarf

Fenster (kW)

47.0

47.0

Wände und Decken (kW)

47.7

47.7

Gesamte Heizlast

(kW)

71.9

71.9

Grundlagen der Berechnung

Allgemeines

Name der Original-Eingabedatei	PSI-1.TXT
Anlagestandort (DRY-Meteodaten)	ZUERICH
Temperatursollwerte Kühlung auf "Sommer"	September - September
Wertigkeit der Elektrizität gegenüber Wärme für energetische Betrachtungen	(-)
1.0	

Gerätedaten

Ventilatorstufen	(U/min)	1.0
/ 0.14		
Verhältnis AUL-Volumenstrom / FOL-Volumenstrom	(-)	
1.000		
Minimale Raum-Einblasttemperatur	(°C)	
18.0		
Maximale Luftgeschwindigkeit im Monobloc	(m/s)	
2.2		
Gesamtwirkungsgrad ZUL-Ventilator	(%)	
65.0		
Gesamtwirkungsgrad ABL-Ventilator	(%)	
65.0		
Natürliche Lüftung durch Fenster- und Türfugen (Luftwechsel je Raum)	(-)	
0.10		
Gesamtwirkungsgrad Pumpen	(%)	
30.0		
WRG-System:	KVS-WRG	
Stufen der künstlichen Beleuchtung	(-)	
1		
FOL-Befeuchtung: System	Kontaktbefeuchter	
Wirkungsgrad FOL-Befeuchtung	(%)	
95.0		
Dimensionierung Rückkühler: Maximalbedingungen	(°C) / (%)	
31.0 / 33.0		
Steuerung Fensterbeschattung		

Kanaldaten		AUL	Automatik ZUL	ABL
Mittlere Geschwindigkeit	FOL (m/s)	5.0	5.0	5.0
5.0				
Mittlere Länge	(m)	10	50	50
10				
Anzahl Bögen und Verzweigungen	(-)	3	15	15
3				
Druckverlust Ansaugung bzw. Auslass	(Pa)	50	50	50
50				
Kanal isoliert		ja	ja	nein
	nein			

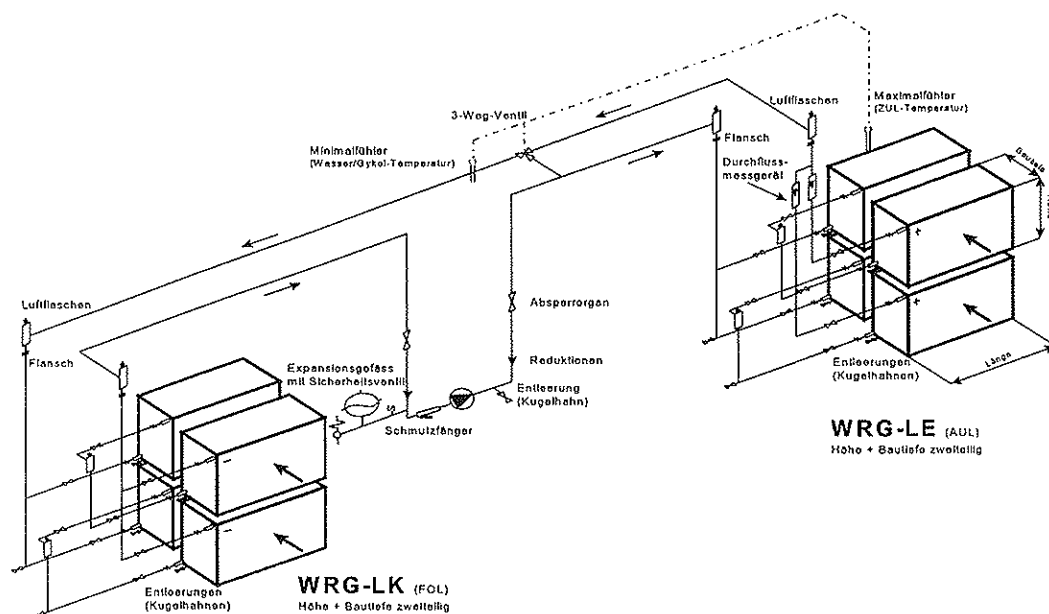
Finanzielle Daten

Energiepreis Wärme	(sFr/kWh)
0.040	
Energiepreis Elektrizität	(sFr/kWh)
0.120	
Jährliche Energiepreissteigerung Wärme	(%/a)
2.0	
Jährliche Energiepreissteigerung Elektrizität	(%/a)
2.0	
Kapital-Zinsfuss	(%)
10.0	
Angenommene Lebensdauer der Lüftungs-/Klimaanlage	(Jahre)
15	
Angenommene Lebensdauer der Kälteanlage inkl. Rückkühlanlage	(Jahre)
15	
Gesamte Investitionskosten gegeben Variante 1 inkl. WRG	(sFr)
80000.	
Gesamte Investitionskosten gegeben Variante 2 inkl. WRG	(sFr)
80000.	
Einsparungen Wärmeerzeugung infolge Installation WRG	(sFr/kW)
0	
(Heizkessel inkl. Brenner, Öltank, Wärmeverteilung, Montage etc.)	
Erstellungskosten für die Kälteerzeugung	(sFr/kW)
0	
(Kältemaschine inkl. Leitungsnetz, Pumpen, Armaturen, Montage etc.)	
Einsparungen Kälteerzeugung	(sFr/kW)
0	
(Kältemaschine inkl. Leitungsnetz, Pumpen, Armaturen, Montage etc.)	

Vorschlag hydraulische Schaltung: System-Variante 1 (Y_981113_027)

- Lüftungsanlage ohne Kühlung
- gesteuert nach Schaltuhr
- ohne Zuluft-Befeuchtung
- WRG im Sommer mit FOL-Befeuchtung

- Anlagen zweistufig
- ohne Nachtauskühlung
- ohne Umluft



Vordimensionierung

Richtwerte, da noch keine Fein-Dimensionierung durchgeführt; detaillierte Nachrechnung ist in der Ausführungsphase notwendig

Gewählte Umwälzpumpe :

Maximaler Wasser/Glykol-Volumenstrom
Pumpe stetig geregelt mit Frequenzumrichter

GRUNDFOS	CR30-40
(lt/h)	22000

Expansionsgefäß:

Gesamtes Anlagevolumen	(lt)	1960
Ausdehnungsvolumen	(lt)	80
(Sicherheitsfaktor 3.0, Ausdehnungskoeffizient 0.0004, Temperaturdifferenz 30°, Sicherheitsaddition 10 Liter)		

Verbindungsleitungen inkl. Dämmung zur Verhinderung der Kondenswasserbildung:

(Annahme für Vordimensionierung)

Gesamte Länge	(m)	20
Anzahl Bogen	(-)	20
Grösse	(-)	NW 50

<u>Schwebekörper-Durchflussmessgeräte</u> (Wasser/Glykol-Skala)	(-)	1
---	-----	---

VI *Wärmetauscherleistungen der Prozess- und Infrastrukturströme*

Durchschnitt: Tag		Hot streams						
T _{min} = 1.4°C, 36.67 kFr/y Q _{tot} =117 kW, A _{tot} = 69 m ²		Zuluft	Abluft	Laborappar.	Umluft	Hot utility	Fernhei	WP-K.
		Q*[kW]	A[m ²]	Q*[kW]	A[m ²]	Q*[kW]	Q*[kW]	Q*[kW]
Cold Streams								
		Zuluft		47				
		Abluft	36.00					
		Raumheizung				13.94	13.94	
		Warmwasser		0.489		8.167	8.167	
		Cold utility		11.47				
		Flusswasser		11.47				
		WP-Verdampfer						

Durchschnitt: Nacht		Hot streams						
T _{min} = 3.1°C, 22.41 kFr/y Q _{tot} =36 kW, A _{tot} = 1746 m ²		Zuluft	Abluft	Laborappar.	Umluft	Hot utility	Fernhei	WP-K.
		Q*[kW]	A[m ²]	Q*[kW]	A[m ²]	Q*[kW]	Q*[kW]	Q*[kW]
Cold Streams								
		Zuluft		12.0				
		Abluft	9.8					
		Raumheizung				7.0	7.0	
		Warmwasser				7.7	7.7	
		Cold utility						
		Flusswasser						
		WP-Verdampfer						