

Wip 6: Ideen angele



Bundesamt für Energie  
Office fédéral de l'énergie  
Ufficio federale dell'energia  
Swiss Federal Office of Energy

Bereich  
Umgebungswärme, WKK

# Mit neuer Velo-, Luft- und Energietechnik ins 3. Jahrtausend

## Untersuchungen an einem Wohn- und Geschäftshaus

ausgearbeitet durch  
**Peter Hubacher, dipl. Ing. HTL**  
**Hubacher Engineering**  
**Tannenbergstrasse 2, 9032 Engelburg**

im Auftrag des  
**Bundesamtes für Energie**

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
0. Zusammenfassung	2
1. Ausgangslage/Konzept	4
1.1 Gesamtkonzept	4
1.2 Anlagenkonzept	5
2. Ziel der Arbeit	7
3. Messkonzept	8
4. Hauptergebnisse	9
4.1 Messwerte Energie	9
4.2 Wärmebedarf der Anlage	11
4.3 Heizbetrieb der WP1 und WP2	12
4.4 BWW Bereitung mit WP3	13
4.5 Sommerbetrieb/Kühlung	14
4.6 Auslastungsgrad	15
4.7 Minergiestandard/Energiekennzahl	16
5. Erkenntnisse aus dem Betrieb	17
5.1 Einsparung von Primärenergie gegenüber konventioneller Ölheizung	17
5.2 Jahresarbeitszahl für Gesamtanlage	17
5.3 Erkenntnisse für ähnliche Anlagen	18
6. Synergien/Vergleich Wärmenutzung und Velo	19
7. Anhang	21

## Zusammenfassung

Da im Gebäude, das nach Minergie-Richtlinien erbaut wurde, Wohnungen und ein Gewerbebetrieb, ein Velostudio, vereint sind, kam die Idee nach Gemeinsamkeiten und Synergien zu suchen zwischen Haustechnik und Velofahren.

Die im Rahmen von P+D – Projekten durch das BFE unterstützte messtechnische Untersuchung und Auswertung der Wärmeerzeugung und des Energieverbrauchs wurde über rund 1 1/2 Jahre (Jahr 2000 und Jan. – Mai 2001) durchgeführt.

Das Anlagekonzept besteht aus 3 Wärmepumpen, die als Wärmequelle Aussenluft benutzen. Die beiden grösseren WP erzeugen die Energie für die Raumheizung und die dritte WP wird ausschliesslich für die BWW-Bereitung eingesetzt. Für die Energiezwischenlagerung sind sowohl bei der Raumheizung wie auch bei der BWW-Erzeugung je 2 Speicher à 900 lt Inhalt eingebaut. Das hydraulische Konzept ist einfach und bietet regeltechnisch keine Probleme.

Mit der vorliegenden Wärmeerzeugungsanlage kann gegenüber einer konventionellen Oelheizung ein Energiepotential von 65'000 [kWh/a] eingespart werden. Für das Gebäude werden dabei ca 71'000 [kWh/a] für Raumheizung und ca 20'000 [kWh/a] für BWW-Bereitung benötigt.

Bei der dritten WP wurde ein zusätzlicher Wäremtauscher (Verdampfer) für die Energieaufnahme aus dem Heizungswasser zwecks Sommerkühlung mit „Gratissenergie“ eingebaut. Dies hat sich bestens bewährt und zu einer Komfortsteigerung im Hochsommer in den bewohnten Räumen geführt. Die dafür eingesetzte Kühlenergie (vom 18.7. bis 1.9. 2001) von insgesamt 6393 [kWh] (mittlere tägliche Energie 107 kWh/d) hat zu einer Reduktion der max. Raumtemperatur um ca. 3 [K] geführt.

Die prognostizierte Energiekennzahl wird nicht ganz erreicht. Trotzdem konnte nach einer Neueinregulierung und nochmaliger Messphase (Jan bis Mai 2001) festgestellt werden, dass der Minergie-Standard mit einem Wert  $E = 44.4 \text{ [kWh/m}^2 \text{ a]}$  erreicht.

Die Wärmepumpen erreichen die prognostizierten Jahresarbeitszahlen von  $JAZ = 2,8$  nicht ganz. Speziell die WP 1 arbeitet mit  $JAZ = 1,90$  bedeutend tiefer als erwartet. WP 2 mit  $JAZ = 2,62$  und WP 3 mit  $JAZ = 2,77$  sind im voraus erwarteten Bereich.

Der Anlagewirkungsgrad für die Wärmeerzeugung von insgesamt  $\eta=2.23$  ist zwar gut verglichen mit einer konventionellen Wärmeerzeugung aber bezüglich der Prognose etwas zu tief.

Der Auslastungsgrad und damit die Dimensionierung der Heizleistung entspricht den Planungsvorgaben. Bis  $-6 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$  können die beiden WP 1+2 den Wärmebedarf alleine decken, darunter müssten die beiden Elektroregister in Speicher 1+2 mit betrieben werden.

Als Erkenntnisse für ähnliche Anlagen kann bestätigt werden, dass auch ein grösseres Gebäude mit Doppelnutzung (Gewerbe und Wohnräume) mit minimalem Energieaufwand betrieben werden kann. Es ist möglich bei einem derartigen Gebäude den Minergie-Standart einzuhalten.

Um dies zu erreichen sind jedoch eine gute ins Detail gehende Planung und Koordination (Bsp. Luftleitung im Betondecke) sowie eine exakte Bauleitung und -ausführung von grundlegender Voraussetzung. Ebenso ist der Einsatz von Wärme pumpen und kontrollierter Wohnungslüftung mit sehr guter Wärmerückgewinnung (WRG) notwendig, um den Primärenergie-Einsatz so klein wie möglich zu halten. Die untersuchte Anlage ist nebst der WP 1, die eine ungenügende JAZ hat, gut und ohne wesentliche Mängel. Einzig die Abtauung sollte bei höheren Außentemperaturen ausser Funktion gesetzt werden und die Regelung der Anlage-Heiztemperaturen könnte bei höheren Außentemperaturen noch gesenkt werden. Diese Mängel werden vom Hersteller und Anlagelieferanten nochmals geprüft und allenfalls verbessert.

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

## 1. Ausgangslage/Konzept

### 1.1 Gesamtkonzept

Das Gebäude, ein Wohn- und Geschäftshaus, wurde aus eigenem Interesse der Bauherrschaft mit hohen Anforderungen bezüglich Raumplanung und Umgebung, Umwelt (insbesondere Energieverbrauch, Klima und Luftqualität, Lärmschutz), sowie Sozialverträglichkeit (Wohnungen für Einzelpersonen, Familien, Alterswohnungen und grosser Allgemeinbereich) gebaut.

Es war von Anfang an geplant, das Gebäude nach Minergie-Richtlinien zu erstellen. Die Bauherrschaft nahm deswegen teilweise hohe Mehrinvestitionen in Kauf, wie z. Bsp. für die Haustechnik.

Das Velo-Studio im Erd- und Untergeschoss des Gebäudes integriert sich gut im Gesamtkonzept. Der im seinerzeitigen Gesuch gewählte Projekttitel „Mit neuer Velo-, Luft- und Energietechnik ins 3. Jahrtausend“, soll die Synergie zwischen Velostudio und speziell Luftreinhaltung andeuten. Das Velo als umweltfreundliches Verkehrs- und Freizeitgerät und das umweltfreundliche Gebäude samt Haustechnik sind beides Modelle, die für eine CO<sub>2</sub>-Reduktion (Massnahme gegen die Klimaerwärmung) sehr gut dastehen. Die Bauherrschaft hat das Ziel diese beiden Bereiche, die im Gebäude zusammentreffen gemeinsam zu zeigen.

Die Außenwände bestehen aus 15 cm BS/12 cm Isolation/12,5 cm BS, (k-Wert 0,27 W/m<sup>2</sup>K), Fenster (k-Wert 1.0-1.1 W/m<sup>2</sup>K) mit zweifach Verglasung, Decken aus Beton (mit tw. eingelegten Luftkanälen für die kontrollierte Be- und Entlüftung), Steildächer in Holzkonstruktion (k-Wert 0.3 W/m<sup>2</sup>K), oberste Decke 24cm Beton/14cm Isolation/4cm Kies, Gartenplatten (k-Wert 0.3 W/m<sup>2</sup>K).



Bild 1 Gebäudeansicht

## 1.2 Anlagenkonzept

Das Gebäude ist mit einem kontrollierten Wohnungs-Lüftungssystem in Kombination mit Luftheizung ausgerüstet. Es wurde speziell darauf geachtet, dass die konventionelle Bausweise und deren Abläufe weitmöglichst beibehalten werden konnten.

Das gesamte Lüftungssystem, für jede Wohnungseinheit separat und autonom, besteht je aus gut integrierbarem Schrankgeräten mit Wärmetauscher für die WRG Wirkungsgrad 80% aus der verbrauchten Raumluft. Die Zuluft, aus Aussenluft und Rückluft gemischt, wird filtriert und über ein im Unterlagsboden verlegtes Luftleitsystem zu den Ausblasstellen in die Räume geführt. Die Rückluft wird in den Räumen über entsprechende Oeffnungen (meistens in der Decke integriert) abgesaugt und zum Schrankgerät zurückgeführt. Der Anteil Fortluft wird von dort direkt ins Freie ausgeblasen. Die Aussenluft-, Rückluft- sowie teilweise die Fortluftkanäle sind in die Betondecke eingelegt, wobei die Fortluft über Dach ausgestossen wird. Die planerische Anforderung bestand in der kreuzungsfreien Führung der Luftrohre unter Berücksichtigung der statischen Vorgaben.

Dies war keine leichte, aber lösbarer Aufgabe, die vom Planer und Statiker gemeinsam durchgeführt wurden. Die thermische Energie für die Raumheizung und die Brauchwarmwasserbereitung (BWW) wird mit 3 Luft/Wasser-Wärme-pumpen erzeugt.

Die benötigte Heizenergie wird im 2 Schichtspeicher (je 900 lt Inhalt) zwischen gelagert und über ein hydraulisches Leitungssystem zu den Wohnungslüftungsgeräten geführt, wo die Energie über einen Wärmetauscher an die Zuluft übergeben wird. Die Regulierung der Energieströme erfolgt über eine einfache Massenstromvariation.

Die dritte Wärmepumpe ist ausschliesslich für die Erzeugung des Brauchwarmwassers vorgesehen. Sie hat einen zusätzlichen Wasser-Verdampfer, über den im Sommer die bei der BWW-Produktion anfallende Kälteenergie an das Heizsystem abgegeben werden kann. Damit kann im Hochsommer mit den Wohnungslüftungsaggregaten etwas gekühlt und der Komfort kostenlos gesteigert werden.

Die BWW-Bereitung erfolgt über ein neuartiges Aufbereitungssystem. Dabei wird die benötigte Wärmeenergie auf der Heizungsseite gelagert und an das BWW direkt verbrauchsabhängig über Wärmetauscher weitergegeben.

Das Prinzipschema ist im Anhang A1 und enthält weitere Details, wie Umwälzpumpen-Positionen, etc.



Bild 2 Speicheranlage, total 4 Speicher mit je 900 Liter Inhalt



Bild 3 BWW-Bereitungseinheit „Akvamatik“, bestehend aus 3 Wärmetauschern

## 2. Ziel der Arbeit

Die Grundidee, für das attraktive Gebäude mit Gewerbebetrieb und Wohnungen Alternativenergie einzusetzen und das Gebäude nach Minergiestandard auszuführen, basierte auf dem Gedanken etwas für den Umweltschutz zu tun und andererseits zu zeigen, dass auch ein derartiges Gebäude mit Minergiestandard erstellt werden kann. Speziell wurde darauf geachtet, dass das Bauvolumen durch die Komponenten der Alternativenergie, speziell auch das kontrollierte Wohnungslüftungssystem, nicht vergrößert werden musste.

Die Verwirklichung des Gesamtsystems hatte die nachstehenden Projektziele beinhaltet.

- Wohn- und Geschäftshaus mit Minergiestandard ausführen (Exempel), nur mit Wärmepumpen als Wärmeerzeuger,
- Gesamtes Gebäude mit kontrolliertem Wohnungslüftungssystem erstellen, um die Vorteile einer grossen Flexibilität des Heizsystems hinsichtlich passiver Energienutzung (Sonnen-, Maschinen- und Personenwärme) zu haben,
- Neuartiges Brauchwarmwassersystem (BWW), das die Wassererwärmung direkt bedarfsabhängig und ohne Gefahr von Legionellenbildung bewerkstelligt,
- Integration von Sommerkühlung in den Räumen ohne zusätzlichen Energieaufwand zwecks Komfortsteigerung, da die Kälteenergie „gratis“ anfällt bei der BWW-Bereitung,
- Optimale Voraussetzungen bezüglich Raumklima, da das gesamte Gebäude mit sauberer und filtrierter Luft mittels mechanischem Lüftungssystem kontrolliert erfolgt, wobei der Energieinhalt der verbrauchten Luft zurückgewonnen wird (Wärmerückgewinnungseinheiten (WRG) in allen Lüftungsgeräten mit hohem Wirkungsgrad (ca. 85 %)).

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war der Nachweis (Größenordnung) der Energieeinsparung, auf der Basis einer definierten Vergleichsanlage sowie die Kostengegenüberstellung mit der Vergleichsanlage. Zusätzlich sollen auch die betrieblichen Erfahrungen hinsichtlich Lärmemission, Störanfälligkeit, Unterhalt und Bedienung untersucht werden. Aus den Erkenntnissen sind Empfehlungen für weitere Anlagen und allenfalls für die Effizienzsteigerung der vorliegenden Anlage zu formulieren.

Messziele, resp. Fragen die beantwortet werden sollen:

- A) Welche Primärenergiemenge kann jährlich mit der Anlage eingespart werden?
- B) Stimmt die beim vorliegenden Gebäude prognostizierte E-Kennzahl?
- C) Wie sind die Anteile der Energieproduktion, für
  - Heizenergie,
  - Energie für Brauchwarmwasserbereitung und
  - Kühlenergieanteil für Sommer-Raumkühlung?
- D) Mit welchen Jahresarbeitszahlen (JAZ) arbeiten die 3 Wärmepumpen?

- E) Mit welcher Jahresarbeitszahl arbeitet die Gesamtanlage für die Energieproduktion?
- F) Welche Erkenntnisse sind für weitere ähnliche Anlagen zu berücksichtigen?
- G) Ist es möglich Synergien zwischen dem bei diesem Objekt aufgestellten Vergleich – umweltfreundliche Wärmenutzungsanlage gegenüber der Fortbewegung mittels Velofahren (Reisen und Sport) – festzustellen?

### 3. Messkonzept

Der Messstellenplan umfasst 14 analoge Messstellen (13 Temperatur- und 1 rel. Feuchtemessung) und 25 digitale Messtellen (11 Energie- und 14 Betriebs-Zustandsmessungen). Messstellenplan und -liste sind im Anhang A2 und A3 zu finden.

Art der Messung:

Die Messung wird über eine zentrale Rechnereinheit durchgeführt. Die Daten werden regelmässig (bspw. pro Minute) über einen Scanner abgefragt und als Mittelwerte über 10 Minuten abgespeichert.

Das Messkonzept zielt auf die Bestätigung der energetischen Prognosen und auf den Nachweis der funktionellen Belange ab.



Bild 4 Messeinrichtung, bestehend aus PC, Scanner und Messaggregaten

Die Messung wurde über ein ganzes Jahr fortgeführt, damit alle Betriebsphasen (auch der Sommer) erfasst werden und mittels der Jahresenergiebilanzen auch die JAZ und die Energiekennzahl effektiv berechnet werden können.

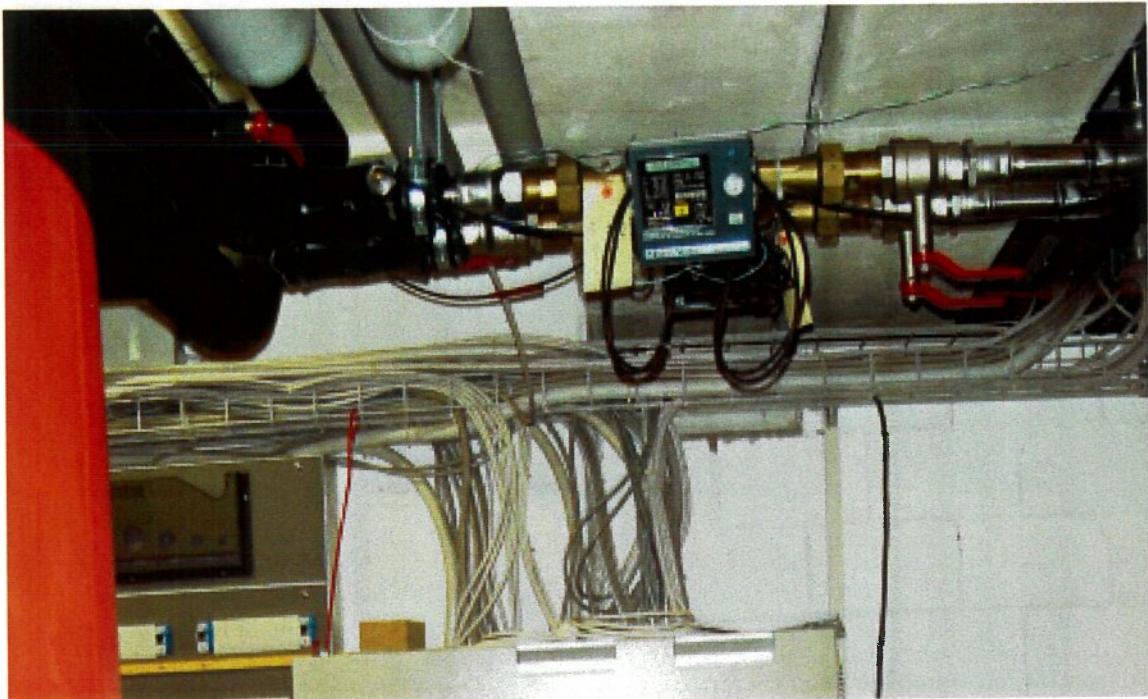


Bild 5 – Wärmezähler Anlagekreislauf, je für Wärme- und Kühlenergie

#### 4. Hauptergebnisse

##### 4.1 Messwerte Energie

Die aufgezeichneten Messwerte sind während des Kalenderjahres 2000 erfasst worden. Die neu erstellte Haustechnikanlage musste im Verlauf des ersten Betriebsjahres einige Male nachreguliert werden. Die Erkenntnisse aus den Messungen wurden mit den Beteiligten (Bauherrschaft und Anlagelieferant) besprochen und anschliessend direkt umgesetzt. Insbesondere waren die Elektroeinsätze in den Speichern zu viel gelaufen, was zu erheblichem Energiekonsum führte, welcher in der Nachmessphase wegfällt.

Da sich bei der Anlage aufgrund der erfassten Messdaten betriebliche Probleme gezeigt haben, wurde mit dem Bundesamt für Energie (BFE) eine zusätzliche Nachmessphase bis Ende Heizsaison (Mai 2001) vereinbart. In dieser Zeitperiode wurde die gesamte Anlage weiter beobachtet und die gesamte Messeinrichtung weiter betrieben. Dadurch ist es möglich über mindestens fünf Monate (Januar bis Mai) das Verhalten sowie die Energieströme zu vergleichen. Damit man ein ganzes Betriebsjahr in die Betrachtung einschliessen kann, wurden die Werte rechnerisch hochgerechnet. Im Zusammenhang mit dem Heizbetrieb wurden die Heizgradtage von Wädenswil und für die BWW-Bereitung die effektive Anzahl Tage zu Hilfe genommen. Die Tabelle mit den Berechnungen ist im Anhang A4 zu finden.

Erste Messphase Januar – Dezember 2000:

Monat	WZ WP1	WZ WP2	WZ WP3	Kälte WP3	WZ Anlage	Kälte Anlage	WZ BWW	EZ WP1	EZ WP2	EZ WP3	EZ Anlage
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Jan. 00	9'550	11'154	1'133	30	20'429	8	1'323	4'718	4'836	459	12303
Feb. 00	5'590	8'868	1'093	29	14'146	0	1'145	3'445	3'665	433	9204
Mrz. 00	6'165	4'877	1'068	41	10'654	0	1'112	2'826	2'003	392	6891
Apr. 00	3'586	1'600	886	27	4'878	1	925	1'475	656	306	4146
Mai. 00	73	1	780	1	24	0	739	232	0	240	1644
Jun. 00	0	0	674	0	0	0	614	0	0	198	1572
Jul. 00	14	21	579	67	2	1'586	620	1'321	737	179	3729
Aug. 00	37	66	811	119	40	4'034	783	1'978	15	231	3771
Sep. 00	164	193	560	15	217	294	554	254	76	171	1575
Okt. 00	2'240	2'617	957	48	4'467	2	961	1'144	1'067	321	4101
Nov. 00	5'103	5'698	1'130	50	10'293	2	1'111	2'360	2'364	415	6804
Dez. 00	6'139	6'686	1'208	45	12'343	1	1'177	2'706	2'702	477	7377

Zweite Messphase Januar – Mai 2001:

Monat	WZ WP1	WZ WP2	WZ WP3	Kälte WP3	WZ Anlage	Kälte Anlage	WZ BWW	EZ WP1	EZ WP2	EZ WP3	EZ Anlage
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Jan. 01	5245	11140	1355	46	15735	3	1328	2383	4405	578	8991
Feb. 01	2343	9820	1664	27	11705	2	1141	1168	3798	622	6522
Mrz. 01	367	9606	1829	34	9578	21	1267	327	3515	636	5481
Apr. 01	153	8954	1648	32	8712	22	1119	233	3346	581	5121
Mai. 01	0	627	1315	14	438	12	894	151	233	402	1629

Für die Jahresenergiebilanzen sind die Messwerte Januar – Mai 2001 sowie die Messwerte der Vorjahresperiode beigezogen worden. Die entsprechende Tabelle mit den Mess- und Berechnungswerten ist im Anhang A4 zu finden.

Vergleich zwischen den Handablesungen und den digital erfassten Messwerten:

Jahr	WZ WP1	WZ WP2	WZ WP3	Kälte WP3	WZ Anlage	Kälte Anlage	WZ BWW	EZ WP1	EZ WP2	EZ WP3	EZ Anlage
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
2000											
Hand	38661	41781	10879	472	77493	5928	11064	22459	18121	3822	63117
EDV	38590	40309	10399	154	76033	5746	10665	21805	17638	3769	78324
Diff. %	-0.2	-3.5	-4.4	-67.4	-1.9	-3.1	-3.6	-2.9	-2.7	-1.4	24.1
2001											
Hand	8108	40147	7811		46168		5749	4262	15297	2819	27744
EDV	8221	38887	7576		45086		5605	4324	14980	2765	24759
Diff. %	1.4	-3.1	-3.0		-2.3		-2.5	1.5	-2.1	-1.9	-10.8

Die Differenzen sind allgemein sehr klein. Damit kann die durchgeführte Messung auch in der Genauigkeit bestätigt werden. Die grösseren Abweichungen bei den Elektrowerten Gesamtanlage sind auf Probleme mit diesem Elektrozählern zurück zu führen.

## 4.2 Wärmebedarf der Anlage

### Jahresenergieverbrauch:

Die Energiemenge wurde direkt bei den beiden Verbrauchern Heizkreislauf und Brauchwarmwasserverbereitung gemessen.

Die beiden Werte betragen für das Jahr 2000

Heizungsanlage	76'033	kWh/a	73%
Warmwasserverbrauch	28'070	kWh/a	27%
Total	104'103	kWh/a	100%

Für das Jahr 2001 sind die Werte hochgerechnet:

(Tabelle Monatswerte im Anhang A4)

Heizungsanlage	71'400	kWh/a	79%
Warmwasserverbrauch	19'100	kWh/a	21%
Total	90'500	kWh/a	100%

Die beheizte Energiebezugsfläche EBF beträgt 2'325m<sup>2</sup>, wenn man das Untergeschoss zu einem Drittel einbezieht. Die Berechnungen sind im Anhang A5 enthalten.

Die spezifischen Verbrauchswerte betragen somit

für das Jahr 2000 44.8 kWh/ m<sup>2</sup>a und

für das Jahr 2001 (Verbrauch hochgerechnet) 38.9 kWh/ m<sup>2</sup>a.

Die voraus prognostizierte Energiemenge, die für BWW und Raumheizung betrug rund 80'000 kWh/a.

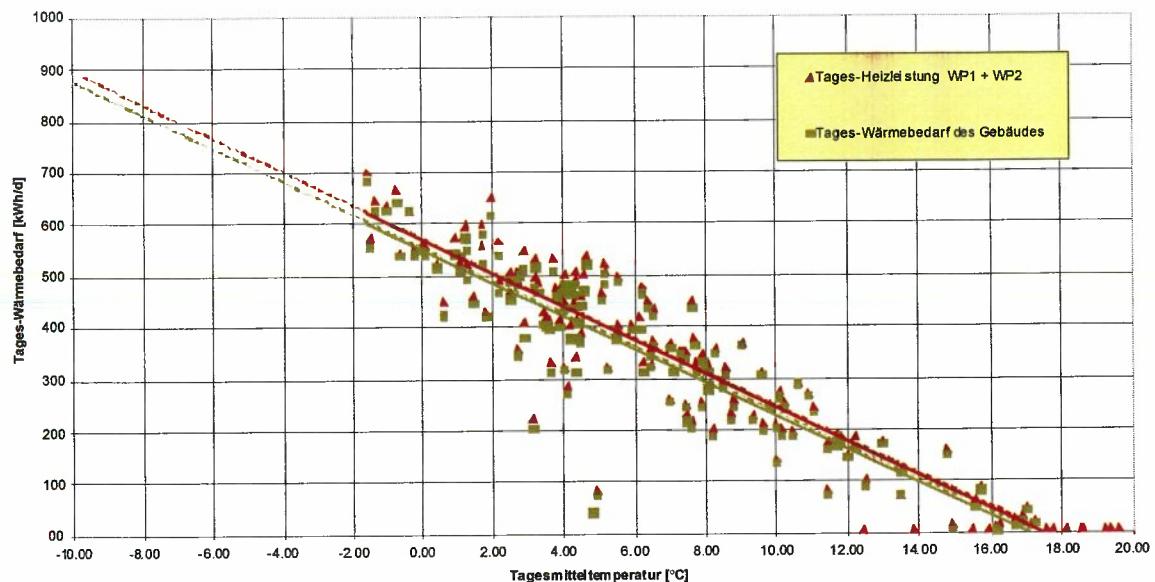
### Tagesenergiebedarf/Heizleistung

Der Tagesenergiebedarf geht aus den nachstehenden Grafiken hervor und beträgt für das Jahr 2000 ca. 930 [kWh/d] und hochgerechnet über die Heizgratage (HTG) für das Jahr 2001 voraussichtlich 880 [kWh/d].

Der Heizenergie-Verbrauch ist in der gemessenen Vergleichsperiode (Monate Januar bis Mai) trotz praktisch gleichen HGT um ca. 6% niedriger. Der Grund dafür ist sicherlich bei der Bauaustrocknung zu suchen, kann sich aber auch durch das Benutzerverhalten verändern.

Beim BWW-Verbrauch ist im zweiten Betriebsjahr bei praktisch gleicher Belegung ein tieferer Energieverbrauch festzustellen. Dies ist in erster Linie auf die Veränderung der BWW-Bereitung zurück zu führen (Elektroheizregister wurden ausgeschaltet).

Tages-Wärmebedarf versus Tagesmitteltemperatur vom 1/1/01 - 29/5/01



Geht man beim Tagesverbrauch von einem Mittelwert von 900 [kWh/d] aus, beträgt die benötigte Heizleistung unter der Berücksichtigung von 1 Stunde Sperrzeit und ca. 2 Stunden (10% der Betriebszeit WP) Betriebsverlust durch die Abtauung, bei einer Nettobetriebszeit von 21[h/d] rund 43.0 [kW].

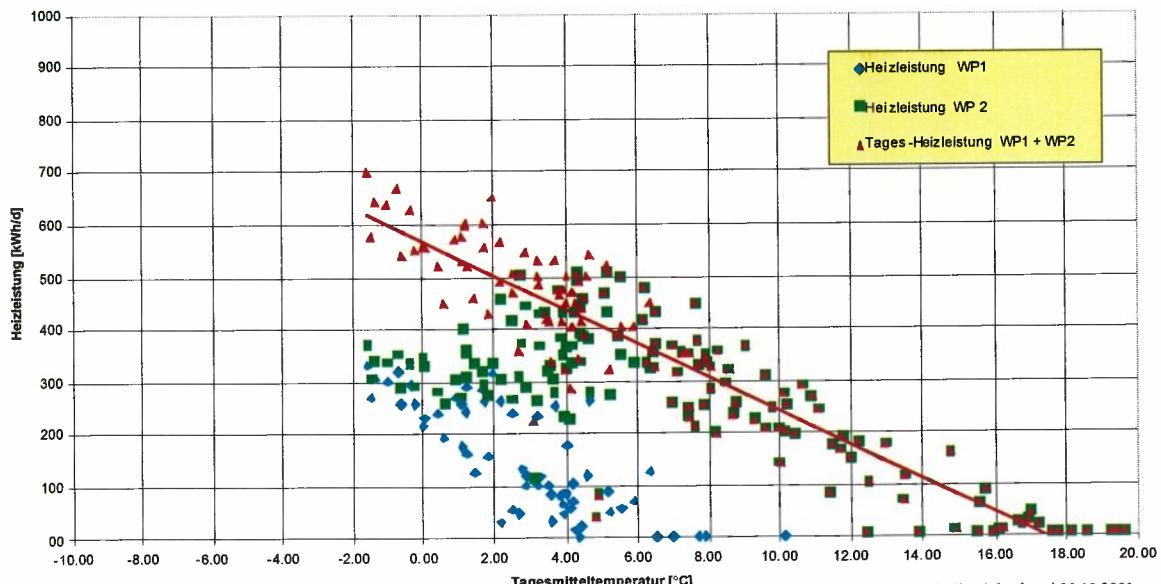
#### 4.3 Heizbetrieb WP1 und WP2

Die beiden Wärmepumpen 1 und 2 werden ausschliesslich für die Produktion der Heizwärme eingesetzt. Beide Geräte haben dieselbe Leistung, nutzen als Wärmequelle die Außenluft und werden mit dem Kältemittel R407C betrieben.

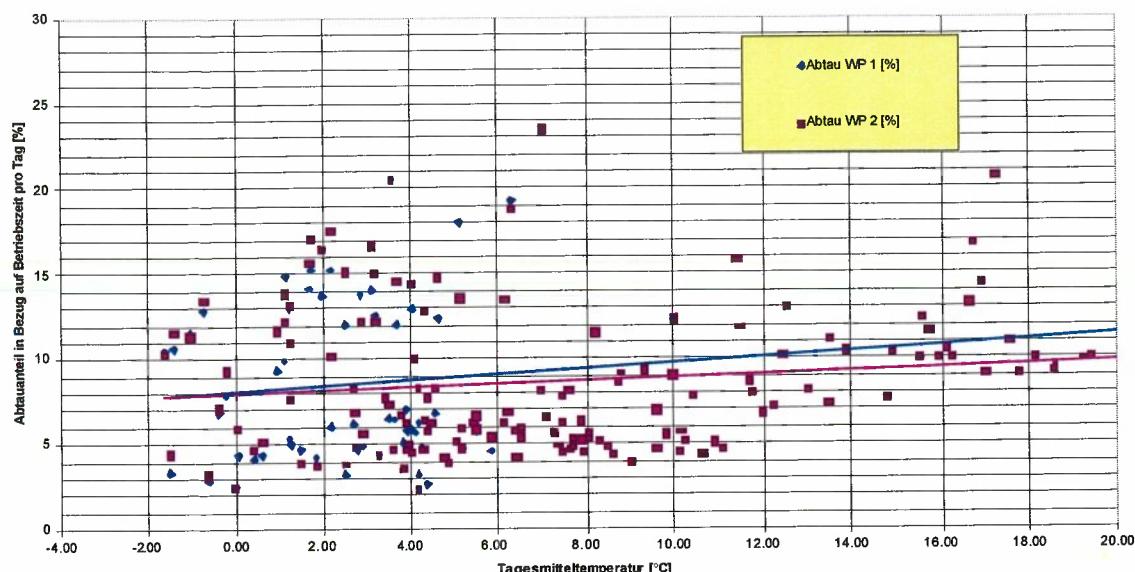
Die beiden Geräte laufen nicht gleich gut. Die WP1 hat eine bedeutend tiefere Arbeitszahl  $JAZ = 1.90$ . Hingegen arbeitet die WP2 mit einer  $JAZ = 2.62$  recht gut. Die entsprechenden Diagramme sind im Anhang A6, A7 und A8 zu finden.

Die WP 2 wird in der Messperiode 2001 für die Grundlast und die WP 1 für die Spitzenlast eingesetzt. Dies ist im nachstehenden Diagramm klar ersichtlich.

Heizleistung versus Tagesmitteltemperatur vom 1/1/01 - 29/5/01



Abtauung versus Tagesmitteltemperatur vom 1/1/01 - 29/5/01

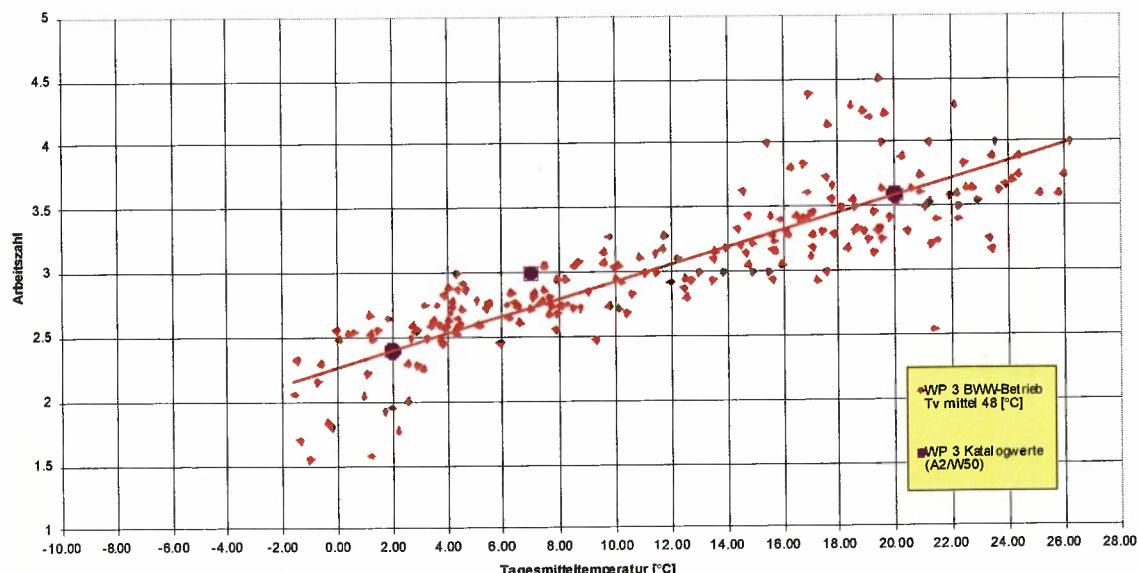


Die Abtauzeit wurde ebenfalls messtechnisch erfasst und liegt bei beiden Maschinen im Bereich von ca. 8-9% der Betriebszeit. Es ist jedoch nicht günstig, dass die Abtauung auch bei höheren Außentemperaturen ebenfalls einschaltet. Dies wurde mit der Lieferfirma diskutiert und sollte noch geändert werden, denn über Außentemperaturen von ca. 6°C gibt es im Normalbetrieb keine Vereisung der Verdampfer mehr. Das Problem kann auf einfache Weise mit einem Thermostaten gelöst werden.

#### 4.4 BWW-Bereitung mit WP3

Für die BWW-Bereitung ist eine eigene Wärmepumpe mit einer Nennleistung bei A2/W50 von  $Q_h=10$  [kW]. Als Kältemittel ist R407C eingefüllt.

BWW-Bereitung mit WP 3 versus Tagesmitteltemperatur vom 1/1/01 - 14/8/01



Diese Wärmepumpe arbeitet mit  $J_{AZ}=2.77$  sehr gut. Die Katalogwerte (im Diagramm ersichtlich) liegen sehr schön im Bereich der Messwerte.

Diese Wärmepumpe hat einen 2. Verdampfer über den die Rückkühlung für das Gebäude möglich ist. Diese Möglichkeit ist eine positive Begleiterscheinung das Gebäude im Sommer mit kostenfreier Kälteenergie zu versorgen.

Die Energie für die Warmwasserbereitung wird ab der Wärmepumpe in zwei Akkumulatoren mit je 900 Liter Wasserinhalt gefördert. Von dort wird das warme Speicherwasser über ein neuartiges Warmwasseraufbereitungssystem (Akvamatik Warmwasser Umformer), das hydraulisch vom Speicherladesystem getrennt ist, geleitet. Der zweite Akkumulator könnte während der Nacht im Niedertarif in der oberen Hälfte mit dem eingebauten Elektroregister (5 kW Leistung) auf 80 °C nachgeheizt werden. Dadurch wäre es möglich die BWW-Temperatur noch anzuheben. Während der beobachteten Betriebsphase hat sich gezeigt, dass diese Nachwärmung viel zusätzliche Elektroenergie benötigt und es aus Komfortgründen nicht notwendig ist, höhere BWW-Temperaturen zu fahren. Die beiden Akkumulatoren sind auch gut geeignet für den Anschluss an eine Solaranlage.

Der grosse Vorteil dieses neuartigen Systems ist:

- absolut legionellenfreies Warmwasser, da immer nur das direkt benötigte Warmwasser erwärmt wird,
- die Kalkablagerung wird stark vermindert und
- eine Legionellenschaltung üblicher Art ist hier nicht notwendig und damit ist die Verbrühungsgefahr eliminiert.

#### 4.5 Sommerbetrieb/Kühlung

Die Wärmepumpe 3 für die BWW-Bereitung ist mit einem zusätzlichen Verdampfer für die Kühlung des Heizungswassers ausgerüstet. Damit kann im Hochsommer direkt über eine hydraulische Einbindung das Heizungssystem als Wärmequelle für die BWW-Bereitung benutzt werden. Die Kühlenergie wird in den beiden Heizungsspeichern (Speicher 1 und 2) zwischengelagert. Das Heizverteilnetz, an dem die Wohnungslüftungsgeräte angeschlossen sind, kann nun im Sommer für den Transport der Kühlenergie zu den Wohnungen verwendet werden. Der Verlauf der produzierten Kühlenergie in Abhängigkeit der mittleren Tagstemperatur ist in einem Diagramm im Anhang ersichtlich.

Die produzierte Kühlenergie während der Sommermonate (18.7. – 1.9. 2001) beträgt insgesamt 6393 [kWh]. Dies ergibt eine durchschnittliche tägliche Kühlenergiemenge von 107 [kWh/d]. Damit konnte nach Aussagen der Bewohner eine deutliche Komfortsteigerung erreicht werden, die fast ohne zusätzliche Betriebskosten erreicht wird. Es ist in einem Miniergebäude, das während der Heizsaison eine optimale passive Sonnenenergie-Nutzung ermöglichen soll, im Hochsommer trotz Beschattungseinsatz immer auch ein Problem, dass innerhalb des Gebäudes zu hohe Raumtemperaturen auftreten. Dieses Problem konnte beim vorliegenden Gebäude mit der Nutzung der anfallenden Kühlenergie reduziert werden. Die max. Raumtemperaturen waren dadurch um ca. 3 [K] tiefer.

## 4.6 Auslastungsgrad

Da der Wärmebedarf durch zwei gleich grosse Wärmepumpen erzeugt wird, ist der Auslastungsgrad nicht direkt proportional zur Betriebszeitbetrachtung. Er kann mit der nachstehenden mathematischen Formel berechnet werden:

Auslastungsgrad für 2 Maschinen

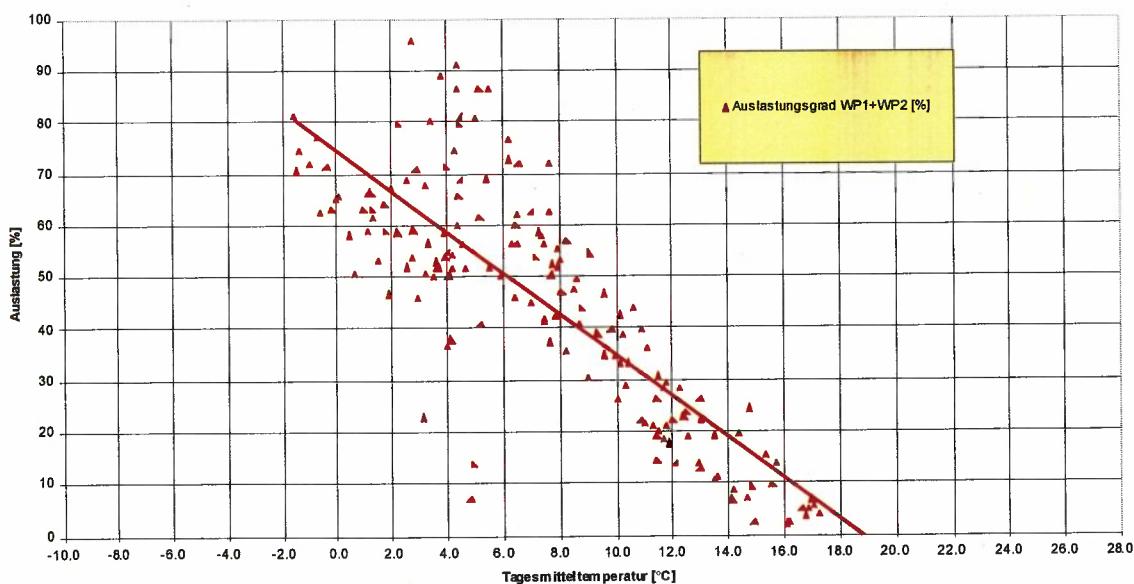
$$\bar{x} = \frac{t_1^2 + t_2^2}{t_0(t_1 + t_2)}$$

wobei  $t_1$  = Betriebszeit WP1  
 $t_2$  = Betriebszeit WP2  
 $t_0$  = betrachtete Zeitperiode

Die beiden Wärmepumpen mit je einer Leistung von  $Q_h = 24.0$  [kW] bei A2W35 sind richtig dimensioniert. Dies geht auch aus den Ausführungen am Schluss des Kap. 4.2 Seite 11 hervor. Ebenso ist dies aus den beiden nachstehenden Diagrammen ersichtlich.

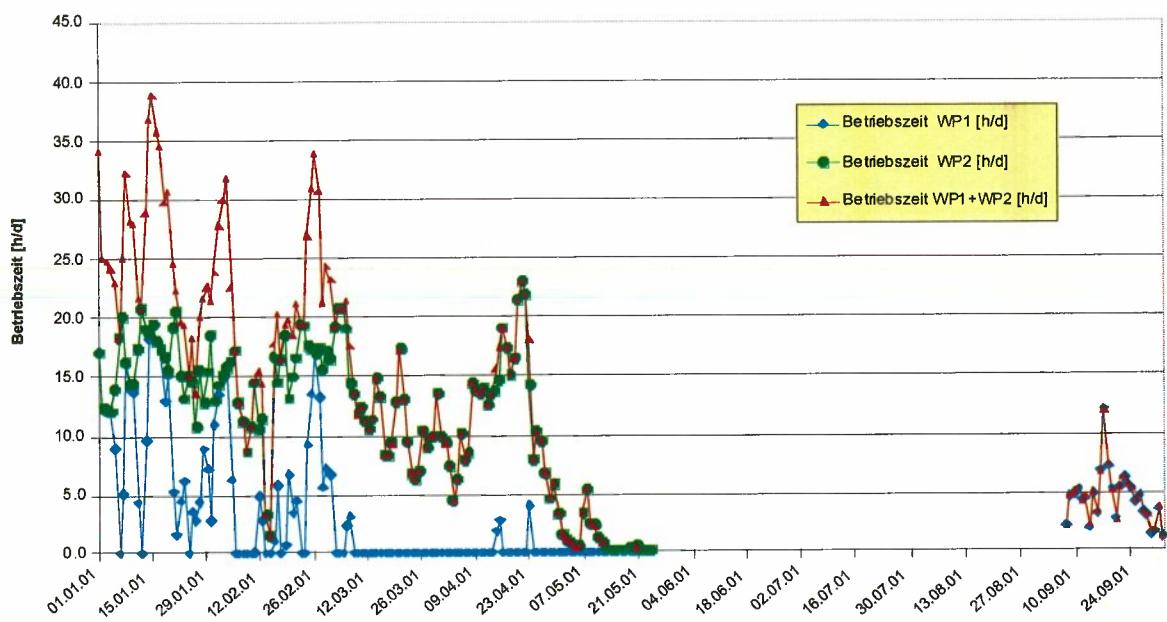
Es ist grundsätzlich richtig, dass die Dimensionierung eher knapp gewählt wird, da sonst die Anzahl Anläufe ansteigt und die Geräte zudem höhere Investitionskosten bedingen. Die Laufzeitklassenverteilung ist für beide Messperioden (Jahr 2000 und Jan-Mai 2001) im Anhang A9 vorzufinden. Dabei ist ersichtlich, dass die Prioritäten zwischen WP1 und WP2 im Jahr 2001 gewechselt wurde.

Auslastungsgrad WP1 und WP2 vom 1/1/01 - 29/5/01



Für die selten und meistens nur kurzfristig auftretenden Außentemperaturen unter  $-5$  [ $^{\circ}$ C] ist in den Speichern 1 und 2 je ein Elektroheizregister mit je  $7$  [kW] Leistung eingebaut. Es ist zu beachten, dass im Diagramm der Auslastungsgrad über der Tagesmitteltemperatur aufgetragen ist. Die Tatsache, dass Tagesmitteltemperaturen unter  $-6$  [ $^{\circ}$ C] über mehrere Tage auftreten, ist sehr gering. Es ist deshalb richtig, dass die Wärmepumpen nicht grösser dimensioniert wurden.

#### Betriebszeit im Kalenderverlauf



Aus dieser Darstellung über der Kalenderzeit ist sehr schön ersichtlich, dass mit der WP2 die Spitzenlast erzeugt wird und die WP1 nur, wenn die Leistung dieser nicht mehr reicht zugeschaltet wird.

#### 4.7 Minergiestandard/Energiekennzahl

Der Grenzwert für Minergie-Standard beträgt für Wärmeenergie bei Wohnbauten 45 [kWh/m<sup>2</sup>a] resp. 160 [MJ/m<sup>2</sup>a]. Dabei ist zu beachten, dass die zugeführte Elektroenergie für die Wärmeerzeugung doppelt in die Berechnung eingesetzt werden muss.

Die relevanten Werte sind für das Jahr 2000 gemessen sowie für das Jahr 2001 aufgrund der Messwerte in der Periode 1.1. bis 29.5.2001 hochgerechnet worden. Das Vorgehen für die Hochrechnung ist einerseits in der Tabelle „Monatswerte gemäss Ablesedaten“ (Anhang A4) und auch auf den Berechnungsblättern „Energieaufwand 2000, 2001 und 2001 optimal“ (Anhang A10, A11 und A12) zu finden. Der Jahresbedarf für die Raumheizung wurde mit den Heizgradtagen von der vergleichbar gelegenen Meteo-Messstation Wädenswil und der Bedarf für BWW-Bereitung mit der Tagesanzahl hochgerechnet.

Da das Betriebsjahr 2000 für die Beurteilung nicht direkt verwendet werden kann, wurde gemäss Zusatzvereinbarung mit dem BFE die Nachmessperiode (Jan. – Mai 2001) durchgeführt. Diese neueren Zahlenwerte, die den optimierten Betrieb darstellen, sind für eine Beurteilung relevanter. Die Hochrechnung dieser Werte für 2001 wurde mit der nötigen Vorsicht vorgenommen.

Die Energiebezugsfläche beträgt 2325 m<sup>2</sup> und wurde neu berechnet, da vor allem im Untergeschoss der Ausstellungsraum im beheizten Sektor liegt und ursprünglich nicht einbezogen war. Die Berechnung ist im Anhang beiliegend.

Die Energiekennzahlen betragen aufgrund der vorstehend erwähnten Fakten:

Energiekennzahl für das Jahr 2000	55.3 [kWh/m <sup>2</sup> a]
Energiekennzahl für das Jahr 2001	46.0 [kWh/m <sup>2</sup> a]
Energiekennzahl für das Jahr 2001 optimal	44.4 [kWh/m <sup>2</sup> a]

Sofern das Gebäude weiterhin mit den optimierten Bedingungen (vor allem ohne Elektroregisterzuschaltung bei der BWW-Bereitung) betrieben wird, können die Bedingungen für den Minergiestandard erfüllt werden.

## 5. Erkenntnisse aus dem Betrieb

### 5.1 Einsparung von Primärenergie gegenüber konventioneller Oelheizung

Die benötigte Energiemenge für die Bereitstellung von BWW und für die Raumheizung beträgt im Jahre 2001 (hochgerechnet) rund 90'000 [kWh/a]. Die Aufstellung ist in Kap. 4.2 auf Seite 10 sowie in den Tabellen auf Seite 9 zu finden.

Geht man von einer konventionellen Oelheizungsanlage aus, die mit einem Jahreswirkungsgrad von  $\eta = 0.85$ , werden für die Bereitstellung ca. 106'000 [kWh/a] benötigt. Die Bilanz sieht dann folgendermassen aus:

Produktion mit Oelheizung	106'000 [kWh/a]	100.0 %
Produktion mit Wärmepumpen	40'500 [kWh/a]	38.2 %
Einsparung zugunsten der Umwelt	65'500 [kWh/a]	61.8 %

### 5.2 Jahresarbeitszahl für Gesamtanlage

Die gesamte Wärmeerzeugungsanlage, die mit drei Wärmepumpen arbeitet, hat hochgerechnet für das Jahr 2001 einen Wirkungsgrad von  $\eta_{Anlage1} = 2.24$ , berücksichtigt man zusätzlich die Verluste, die durch Wärmeabstrahlung, etc. entstehen (nicht nutzbare Wärme), ergibt sich eine Nettoeffizienz der Gesamtanlage von  $\eta_{Anlage2} = 1.99$

Die einzelnen Energiemengen sind in der nachstehenden Tabelle ersichtlich und können im Energieflussschema, das im Anhang A15 beiliegt, ebenfalls nachvollzogen werden.

	MWh/a	MWh/a	%	MWh/a	%
Aufwand kostenpflichtig					
WP1 (Spitzenlast)	6.6		16		
WP2 (Grundlast)	23.6		58		
WP3 (BWW-Bereitung)	6.1		15		
Umwälzpumpen	2.0		5		
Elektroregister (Speicher)	2.2		5		
Energieaufwand total		40.5	100		
Verluste		5.1	13	45.6	100
Ertrag (Wärmenutzung)					
Raumheizung	71.4				
BWW-Bereitung	19.1				
Energieertrag total		90.5	224	90.5	199

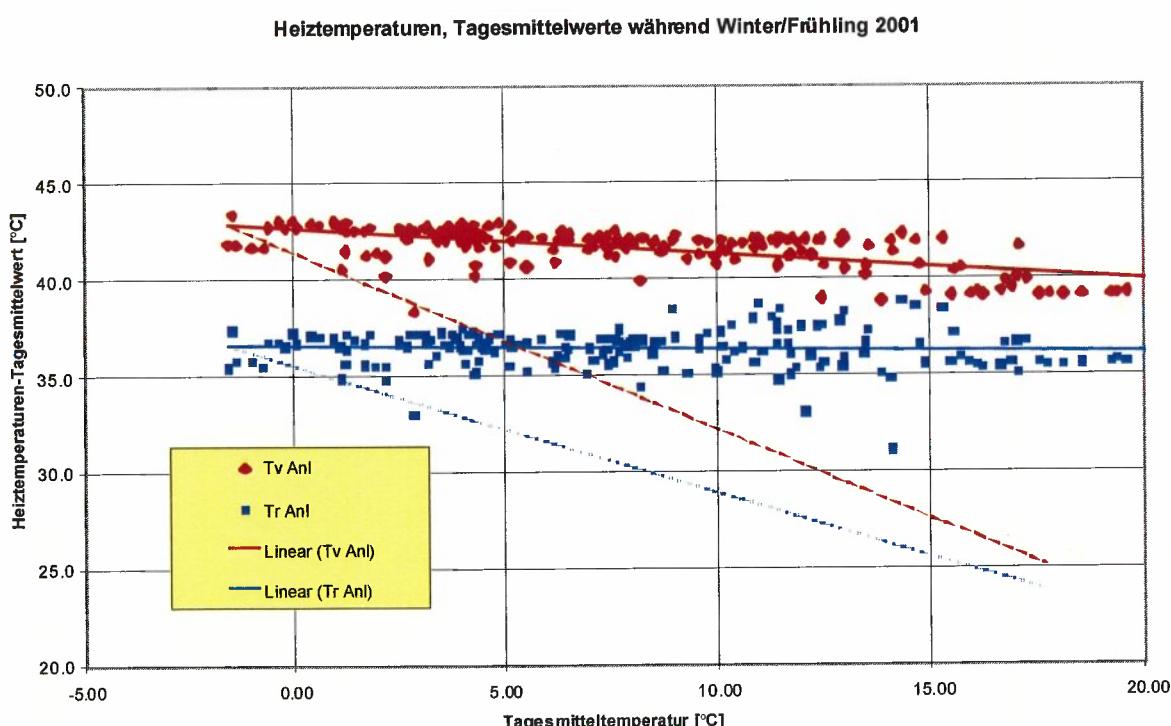
### 5.3 Erkenntnisse für ähnliche Anlagen

Die messtechnische Untersuchung dieses nach neuesten Erkenntnissen erstellten Gebäudes, das sich sowohl optisch, wie auch energetisch, sehen lässt, hat sich sicher gelohnt. Es wird damit bestätigt, dass auch ein grösseres Gebäude sogar mit Doppelnutzung von Gewerbe- und Wohnräumen mit minimalem Energieaufwand betrieben werden kann.

Dass das Gebäude noch knapp den Minergiestandard erreicht ist erfreulich und entspricht den im Voraus gestellten Prognosen. Es hat sich während der Bauphase gezeigt, dass eine gute Planung, auch von Details wie eingelegte Luftleitungen in den Betondecken, sowie eine exakte Bauleitung und –ausführung von grundlegender Voraussetzung für ein derartiges Vorhaben sind. Zudem muss ein Gebäude mit minimalem Energieverbrauch ebenfalls mit kontrollierter Wohnungslüftung ausgerüstet werden, wobei die Energie der verbrauchten Raumluft mit einer WRG zurückgewonnen werden muss.

Die Wärmeerzeugungsanlage ist überschaubar und nicht sehr komplex, was ebenfalls von grosser Wichtigkeit ist. Der Anlagebetreiber sollte seine Anlage nach einiger Zeit so gut kennen, dass er den Betrieb samt optimalen Randbedingungen selber überblicken und bei Abweichungen von wichtigen Parametern sofort reagieren kann.

Die vorliegende Anlage hat auch noch kleine Mängel, die vom Anlagehersteller nach Rücksprache noch behoben werden.



Die eingestellten **Heiztemperaturen**, in der nachstehenden Grafik ersichtlich, werden bei höheren Außentemperaturen bedeutend zu hoch gefahren. Dieser Nachteil ist theoretisch leicht zu korrigieren, da dies auf dem Heizungsregler direkt eingestellt werden kann.

Es ist jedoch denkbar und möglich, dass die überhöhten Heiztemperaturen in den Wohnungen mit grossem Fensteranteil bei diesem System mit Luftheizung aus physiologischen Gründen höher gefahren werden müssen.

Das **Abtauverfahren**, das luftseitig über die Druckdifferenz zwischen Verdampfer-Eintritt und –Austritt eingeleitet wird und während der Abtauung (Prozessumkehrsystem) sowohl mit einer Druckbegrenzung im Verdampfer wie auch mit Zeitbegrenzung betrieben wird, muss noch optimiert werden. Da der Verdampfer sehr hoch ist (mehrere Rohrreihen) setzt sich in der Übergangszeit im unteren Bereich während der Stillstandszeit durch herunterlaufendes Wasser Eismatch an, der sofort beim Wiederanlaufen der Maschine Teilbereiche des Verdampfers zu macht. Man hat deshalb die Abtauung so eingestellt, dass bei jeder Ausschaltung der Wärmepumpen ein Abtauvorgang eingeleitet wird, der die noch vorhandenen Eisreste abschmilzt. Während des Abtauvorgangs stehen die Ventilatoren. Am Ende dieser Abtauung (beim Ausschalten der WP) wird der Ventilator kurz laufen gelassen, um die restlichen Wassertropfen auszublasen.

Nun geschieht dies in allen Temperaturbereichen, d.h. auch bei höheren Außentemperaturen, wo die Abtauung nicht mehr benötigt wird (siehe Grafik Seite 12). Dies kann mit einem zusätzlichen Begrenzungsthermostat verhindert werden.

## 6. Synergien/Vergleich „Wärmenutzung und Velofahren“

Die beiden Bereiche Bau und Verkehr haben beim ersten Gedanken wenig Gemeinsamkeiten. Beim tieferen Betrachten findet man trotzdem eine Tangente, die in der heutigen Zeit von zunehmender Bedeutung ist. Es ist dies einerseits der Energieaufwand für Gebäudeheizung und BWW-Bereitung sowie andererseits der Energieeinsatz für den Verkehr, welcher uns im Rahmen unserer Mobilität sehr wichtig ist. In beiden Bereichen werden grosse Anstrengungen unternommen, um den Energieaufwand zu senken. Dies ist nicht nur aus oekonomischen Gründen wichtig, sondern auch zunehmend notwendig aus Gründen des Umweltschutzes.

Beim Gebäude (Baubereich) wird die angestrebte Reduktion durch bessere Bautechnik (Isolation, Gebäudeoptimierung, etc) und durch Einsatz besserer Wärmeerzeugungsgeräte speziell auch Alternativsysteme (Wärmepumpen, Solar, etc.) erreicht. Hier sind in den letzten Jahren, nicht zuletzt aufgrund von Aktivitäten und Massnahmen der öffentlichen Hand, grosse Fortschritte erzielt worden. Als gutes Beispiel kann das dem Bericht zugrunde liegende Gebäude erwähnt werden.

Beim Verkehr sind die Verhältnisse eher schwieriger. Trotzdem gibt es Ansatzpunkte die positiv in der „Verkehrslandschaft“ liegen. Das Angebot des öffentlichen Verkehrs, der energieoptimaler transportiert, wird laufend besser. Aber auch das Velo wird technisch immer besser und seit Jahren und wieder vermehrt als Transportmittel eingesetzt.

Das Velo ist wieder salonfähig und wird von allen Bevölkerungsschichten eingesetzt. Im Alltag verwendet man es für Kurzstrecken, insbesondere für den Weg zur Arbeit und Schule wie auch zur sportlichen Ertüchtigung. Es gibt aber auch neue Trends die Ferien und Velofahren verbinden. Veloferien sind interessant und begehrte. Man hat eine Reisegeschwindigkeit die für das Aufnehmen der Umgebung angenehm ist und ist trotzdem in der Lage akzeptable Distanzen zurück zu legen. Das Velo stellt eine Komponente dar, die in den Bereich „Erlebniswelt“ hervorragend passt. Eine Velotour die heute von jung und alt unternommen wird, bringt viel Erlebnisse, optimale Erholung und Awechslung und kann den eigenen Bedürfnissen gut angepasst werden. Die Energiebilanz einer solchen Reise ist verglichen mit Auto- oder Flugreise ein x-faches günstiger.

Nicht zu vergessen sind die Auswirkungen eines optimalen Energieeinsatzes auf die Luftreinhaltung. Auch aus dieser Sicht sind beide Breiche – Wärmeerzeugung mit Alternativenergie und Velofahren – aussergewöhnlich positiv einzustufen.

Engelburg, 27.10.2001/Hb

## Anhang

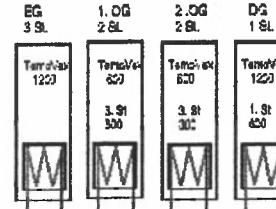
- A1 Prinzipschema der Wärmerzeugung
- A2 Messstellenplan
- A3 Messstellenliste
- A4 Monatswerte (gemäss Ablesedaten WZ), Hochrechnung für 2001
- A5 Berechnung Energiebezugsfläche EBF
- A6 Betriebsdiagramm AZ für WP1 (Jahr 2000 und 2001)
- A7 Betriebsdiagramm AZ für WP2 (Jahr 2000 und 2001)
- A8 Betriebsdiagramm AZ für WP3 (Jahr 2000 und 2001)
- A9 Laufzeit-Klassenverteilung für 2000 und 2001
- A10 Berechnung Energieaufwand 2000
- A11 Berechnung Energieaufwand 2001
- A12 Berechnung Energieaufwand 2001 optimal
- A13 Energieflussschema 2000
- A14 Energieflussschema Jan. bis Mai 2001
- A15 Energieflussschema 2001 hochgerechnet

Velo-Studio Knobel

## Prinzip Schema Soltherm Wärmepumpensysteme Klimahitzung Warmwassersysteme



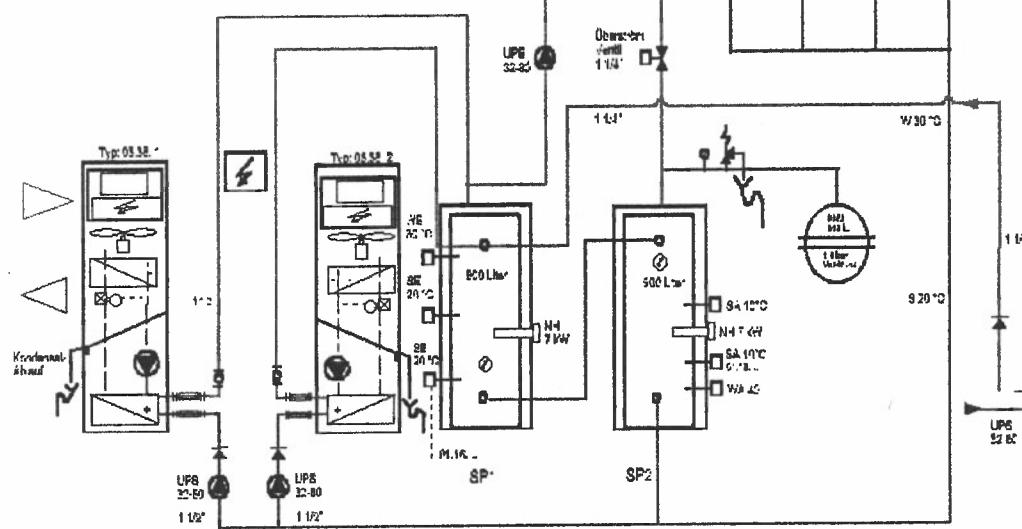
Klima-Luftheizung  
Komfortkühlung mit  
Wärme- und Kälterückgewinn



W JTR +3 °C 2. Stufe

6 JTR + 25 °C 2. Stufe

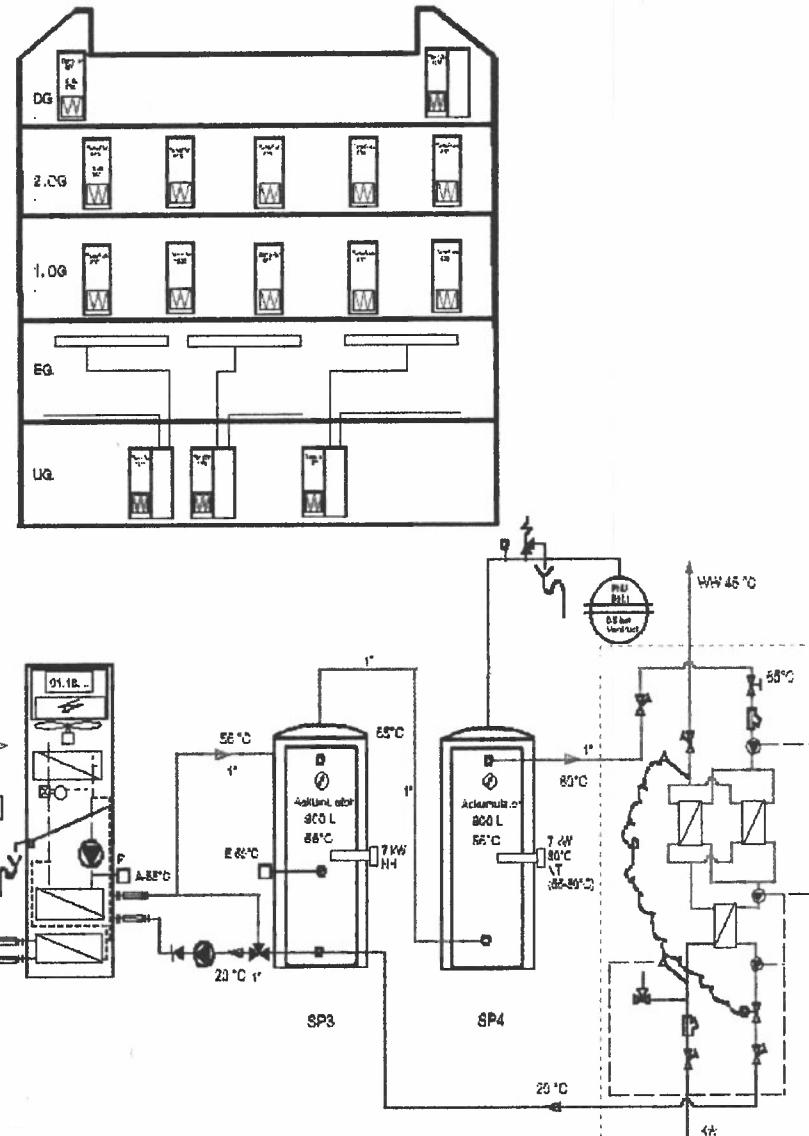
### Aussenfühler



Kredit  
ihm

Heizungs-Wärmepumpen  
Kühlwasser-Kältemaschinen

Winter - Holzspeicher  
Sommer - Kühlspeicher



Warmwasser Wärmepumpe  
Kühlwasser Kältemaschine

### Warmwasser - Holzspülchen

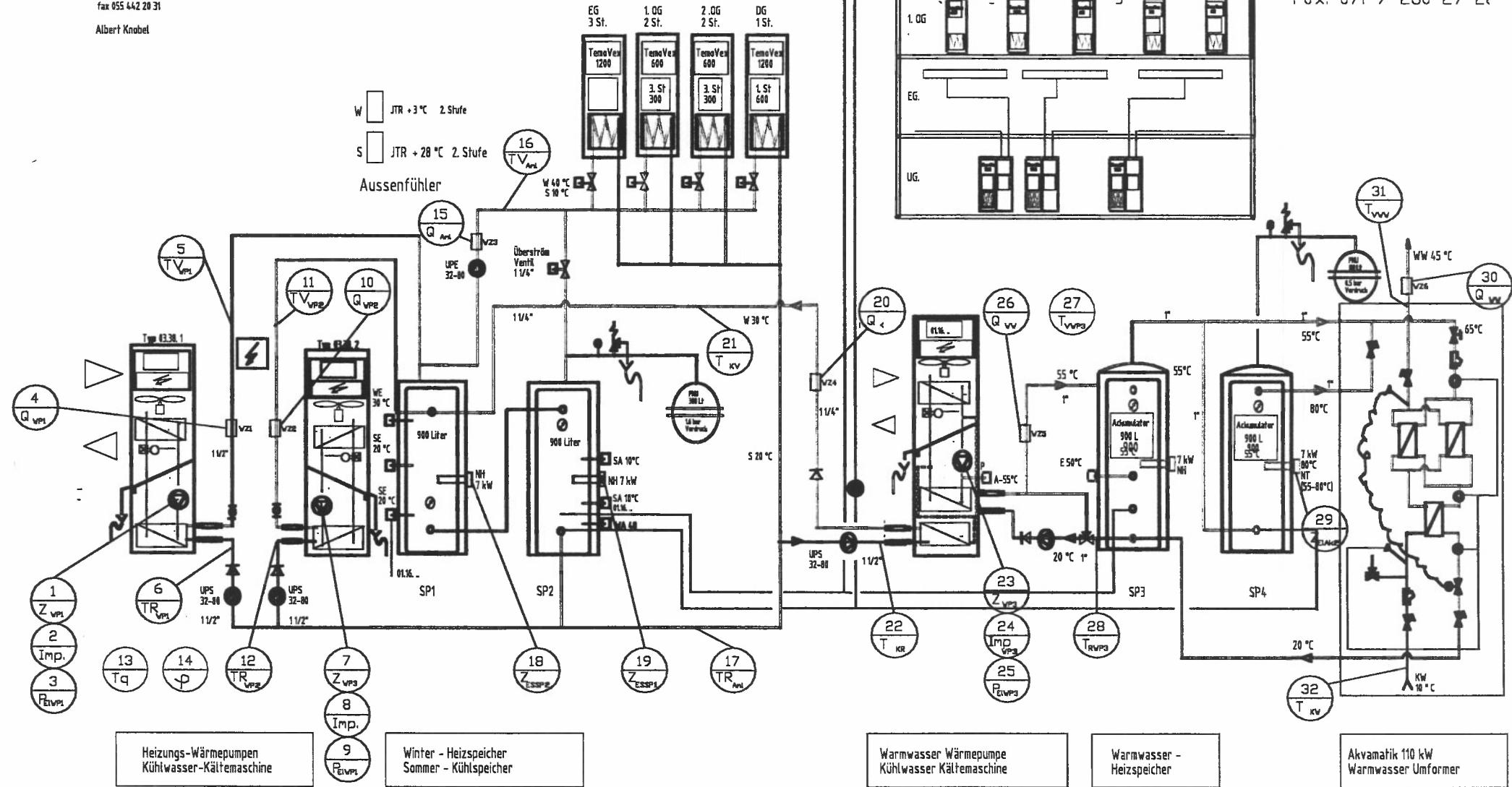
## Akvamatik 110 kW Warmwasser Umformer

## Velo-Studio Knobel

Prinzip Schorn Schülers  
Wärmepeupensysteme Klimaheizung Warmwassersysteme  
churerstrasse 18  
8862 Altendorf

Albert Knobel

Klima-Luftheizung  
Komfortkühlung mit  
Wärme- und Kälterückgewinn



## Messstellenplan

23.11.98 C. Bernal

Hubacher Engineering  
Tannerbergstrasse 2  
9032 Engelburg  
tel. 071 / 260 27 27  
Fax. 071 / 260 27 28

33  
P  
ELAR

Konfigurationstabelle der Messstellen RKONF84 Messprojekt Velo Studio Knobel

Messstellen Nummer gem. RKONF84	Bezeichnung Messstelle	Kanal- nummer	Klemmen- nummer	Funktion	Hilfsmess- stelle	Konstanten			B-Plot B1	B-Plot B2	Band
						A	B	C			
A N A L O G E   S I G N A L E	1 Referenz Null	019		Aref1	0	0	0	0	N	0	0
	2 Vorlauftemp. WP1	000		A1	1	0	0	0	N	0	NJN
	3 Rücklauftemp. WP1	001		A2	1	0	0	0	N	0	NJN
	4 Vorlauftemp. WP2	002		A3	1	0	0	0	N	0	NJN
	5 Rücklauftemp. WP2	003		A4	1	0	0	0	N	0	NJN
	6 Witterungstemp.	004		C1	0	-35	7	0	6	0	1
	7 Relative Feuchte	005		C2	0	0	10	0	7	0	1
	8 Vorlauftemp. Anlage	006		A1	1	0	0	0	2	0	NJN
	9 Rücklauftemp. Anlage	007		A1	1	0	0	0	N	0	NJN
	10 Kältevorlauftemp. WP3	008		A1	1	0	0	0	N	0	NJN
	11 Kälterücklauftemp. WP3	009		A1	1	0	0	0	N	0	NJN
	12 Vorlauftemp. WP3	010		A1	1	0	0	0	N	0	NJN
	13 Rücklauftemp. WP3	011		A1	1	0	0	0	N	0	NJN
	14 BWW-Temp.	012		A1	1	0	0	0	N	0	NJN
	15 Kaltwassertemp.	013		A1	1	0	0	0	N	0	NJN
D I G I T A L E   I N G A N G   2	16 Digitalantwort 1	4		S1	0	0	0	0	N	0	0
	17 Wärmezähler WP1	00		Z1	16	0	0	0	N	0	NJN
	18 Elektrozähler WP1	01	x8	Z1	16	0	0	0	N	0	NJN
	19 Wärmezähler WP2	02		Z1	16	0	0	0	N	0	NJN
	20 Elektrozähler WP2	03	x9	Z1	16	0	0	0	N	0	NJN
	21 Wärmezähler Anlage	04		Z1	16	0	0	0	N	0	NJN
	22 Kältezähler Anlage	05		Z1	16	0	0	0	N	0	NJN
	23 Kältezähler WP3	06		Z1	16	0	0	0	N	0	NJN
	24 Wärmezähler WP3	07		Z1	16	0	0	0	N	0	NJN
	25 Elektrozähler WP3	08	x7	Z1	16	0	0	0	N	0	NJN
	26 Wärmezähler BWW	09		Z1	16	0	0	0	N	0	NJN
	27 Elektroenergie gesamt	10	x2	Z1	16	0	0	0	N	0	0
	28 Betriebszustand WP1	11	x12	Z1	16	0	0	0	3	0	20
	29 Betriebszustand WP2	12	x13	Z1	16	0	0	0	4	30	20
	30 Elektroheizstab Sp. 1	13	x3 w/b	Z1	16	0	0	0	N	0	0
	31 Elektroheizstab Sp. 2	14	x3 tü/vi	Z1	16	0	0	0	N	0	0
	32 Digitalantwort 2	3		S1	0	0	0	0	N	0	0
	33 Betriebszustand WP3	00	x11	Z1	32	0	0	0	5	60	20
	34 Elektroheizstab Sp. 3	01	x4 w/bl.	Z1	32	0	0	0	N	0	0
	35 Abtauung WP1	02	x42	Z1	32	0	0	0	N	0	0
	36 Abtauung WP2	03	x43	Z1	32	0	0	0	N	0	0
	37 Abtauung WP3	04	x41	Z1	32	0	0	0	N	0	0
	38 Elektroheizstab Sp. 4	05		Z1	32	0	0	0	N	0	0
	39 UWP WP1	06	x33	Z1	32	0	0	0	N	0	0
	40 UWP WP2	07	x39	Z1	32	0	0	0	N	0	0
	41 UWP WP3	08	x30	Z1	32	0	0	0	N	0	0
	42 UWP Anlage	09	x36	Z1	32	0	0	0	N	0	0

Monat	WZ WP1	WZ WP2	WZ WP3	Kälte WP3	WZ Anlage	Kälte Anlage	WZ BWW	EZ WP1	EZ WP2	EZ WP3	EZ Anlage HT	EZ Anlage NT	EZ Anlage gesamt	Monatswert	Monatswert
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	HGT*	HT*
Jan. 00	9550	11154	1133	30	20429	8	1323	4718	4836	459	7257	5046	12303	622	31
Feb. 00	5590	8868	1093	29	14148	0	1145	3445	3665	433	5331	3873	9204	469	29
Mrz. 00	6165	4877	1068	41	10654	0	1112	2826	2003	392	3831	3060	6891	434	31
Apr. 00	3586	1600	886	27	4878	1	925	1475	656	306	2217	1929	4146	245	21
Mai. 00	73	1	780	1	24	0	739	232	0	240	807	837	1644	43	5
Jun. 00	0	0	674	0	0	0	614	0	0	198	768	804	1572	0	0
Jul. 00	14	21	579	67	2	1586	620	1321	737	179	2043	1686	3729	28	3
Aug. 00	37	66	811	119	40	4034	783	1978	15	231	2142	1629	3771	0	0
Sep. 00	164	193	560	15	217	294	554	254	76	171	795	780	1575	25	3
Okt. 00	2240	2617	957	48	4467	2	961	1144	1067	321	2133	1968	4101	278	28
Nov. 00	5103	5698	1130	50	10293	2	1111	2360	2364	415	3771	3033	6804	423	30
Dez. 00	6139	6686	1208	45	12343	1	1177	2706	2702	477	4257	3120	7377	499	31
Jahreswerte	38661	41781	10879	472	77493	5928	11064	22459	18121	3822	35352	27765	63117	3066	212
%	100	100			100						100	100			
EDV-Messung	38590	40309	10399	154	76033	5746	10665	21805	17638	3769			78324		
Diff. zu Handablesung	-0.2	-3.5	-4.4	-67.4	-1.9	-3.1	-3.6	-2.9	-2.7	-1.4			24.1		

Monat	WZ WP1	WZ WP2	WZ WP3	Kälte WP3	WZ Anlage	Kälte Anlage	WZ BWW	EZ WP1	EZ WP2	EZ WP3	EZ Anlage HT	EZ Anlage NT	EZ Anlage gesamt	Monatswert	Monatswert
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	HGT*	HT*
Jan. 01	5245	11140	1355	46	15735	3	1328	2383	4405	578	5514	3477	8991	562	31
Feb. 01	2343	9820	1664	27	11705	2	1141	1168	3798	622	3975	2547	6522	457	28
Mrz. 01	367	9606	1829	34	9578	21	1267	327	3515	636	3321	2160	5481	386	29
Apr. 01	153	8954	1648	32	8712	22	1119	233	3346	581	3120	2001	5121	369	27
Mai. 01	0	627	1315	14	438	12	894	151	233	402	1026	603	1629	40	5
Gesamtwerte	8'108	40'147	7'811	153	46'168	60	5'749	4'262	15'297	2'819	16'956	10'788	27'744	1'814	120
%-Abweichung zu 00	32.48	151.50	157.48	119.53	92.08	666.67	109.63	33.57	137.07	154.04	87.21	73.16	81.15	100.06	102.56
gl. Zeit Vorjahr	24'964	26'500	4'960	128	50'131	9	5'244	12'696	11'160	1'830	19'443	14'745	34'188	1'813	117
%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Jahr hochgerechnet	12'533	62'060	16'870		71'367	12'416	6'588	23'646	6'088	36'621	23'300	59'920		0.647	
	32.4	148.5	155.1		92.1	112.2	29.3	130.5	159.3	103.6	83.9	94.9			Anteile prozentual hochgerechnet, da in Vergleichsperiode HGT gleich gross
	Mittelwert 92.73														
EDV-Messung Jan-Mai	8221	38887	7576		45086	5605	4324	14980	2765				24759		Elektro Anlage und BWW
Diff. zu Handablesung	1.4	-3.1	-3.0		-2.3	-2.5	1.5	-2.1	-1.9				-10.8		Über Anzahl Tage (169;365)

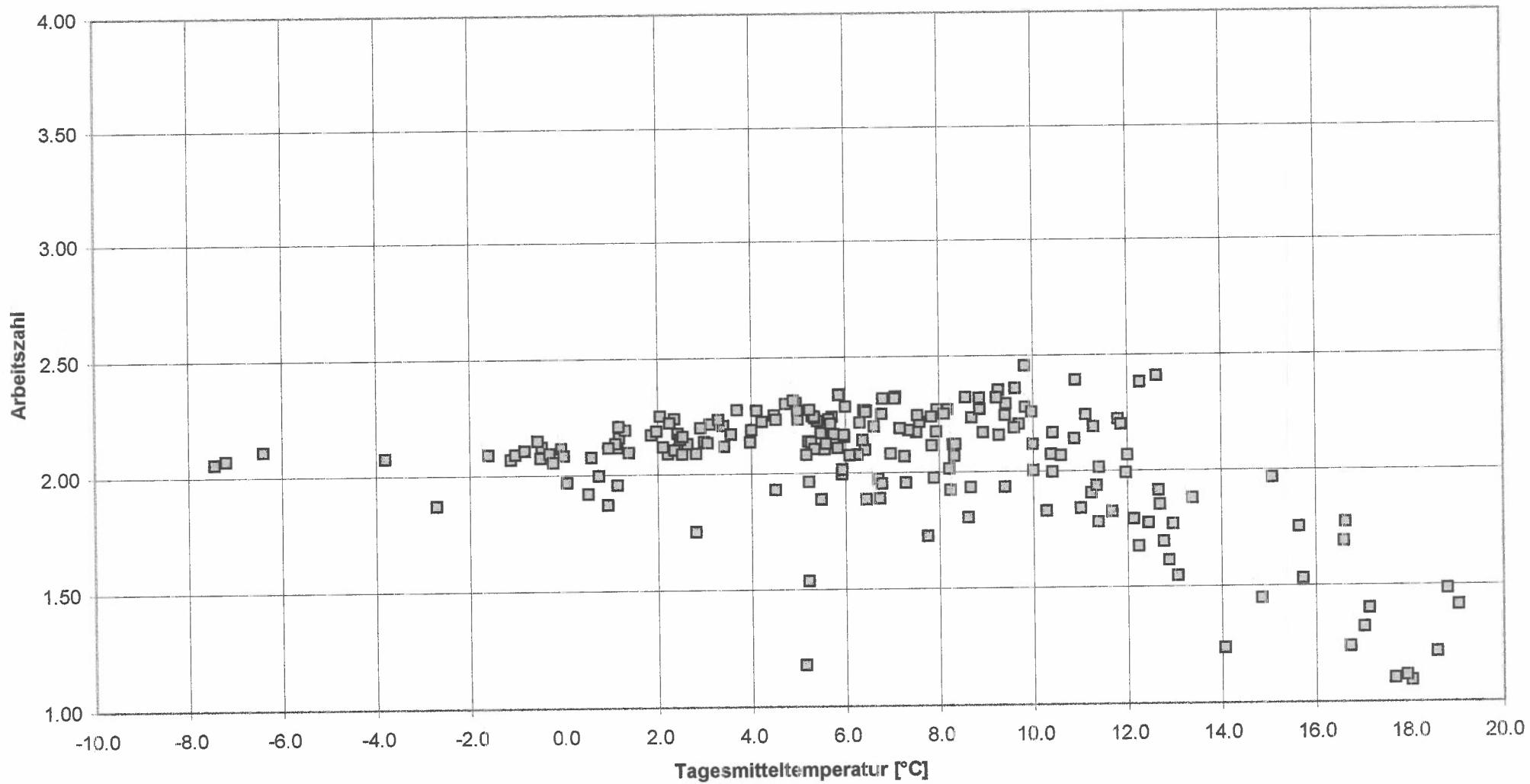
	WP1	WP2	WP3
JAZ 2000	1.72	2.31	2.85
JAZ 2001, hochgerechnet über HGT	1.90	2.62	2.77
AZ gleiche Periode 2000	1.97	2.37	2.71
AZ gleiche Periode 2001	1.90	2.62	2.77

Anmerkung: \* HGT und HT sind von der ähnlich gelegenen Meteorostation Wädenswil

	Raum	Nutzung	Länge	Breite	Einzel-fläche brutto	Gesamt- fläche brutto	Raum- höhe	Korrektur- faktor	EBF
			[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[-]	[m <sup>2</sup> ]
UG	Lager	Veloausstellung	13.5 4.3 5.0	20.5 8.3 3.0	276.8 35.7 15.0	327.4	3.0	0.8 0.67	262.0 175.5
			da indirekt beheizt, 2/3 berücksichtigen						
EG	Laden	Verkauf/Büro/Werkstatt	36.0 13.5 13.5 4.8	12.7 4.0 7.3 3.3	457.2 54.0 98.6 15.8	625.6	3.6	1.2	750.7
	WC/Garderobe		3.7 2.0	4.0 3.3	14.8 6.6	21.4	3.6	0.8*1.2	20.5
	Treppenhaus/Lift		3.1 1.8 1.8	2.7 7.0 2.0	8.4 12.6 3.6	24.6	3.6	0.8	19.7
	Abstellraum	Allgemein	3.2	13.5	43.2	43.2	3.6	0.8*1.2	41.5
1.0G	Wohnungen		30.0 4.5 6.0 6.0 0.6 0.6 4.5	14.5 1.2 1.0 1.0 3.5 3.5 1.5	435.0 5.4 6.0 6.0 2.1 2.1 6.8	-39.4	424.0	2.7	1.0
		Treppenhaus							424.0
	Treppenhaus		4.4 1.8 2.8 9.5	1.2 5.3 3.7 1.5	5.3 9.5 10.4 14.3	39.4	2.7	0.8	31.5
2.0G	Wohnungen Treppenhaus	dito dito				424.0 39.4	2.7 2.7	1.0 0.8	424.0 31.5
DG	Wohnungen		23.6 3.2 2.2 3.0 1.2 5.8 3.3 2.1 4.5	13.0 4.5 5.0 4.5 1.3 3.0 1.0 5.0 3.2	306.8 14.4 11.0 13.5 1.6 17.4 3.3 10.5 14.4	-10.8	382.1	3.0	1.0
		Anteil Treppenhaus							382.1
	Treppenhaus		3.7 5.3	1.4 2.7	10.8 5.2 14.3	30.3	3.0	0.8	24.2
EBF total									2325.2

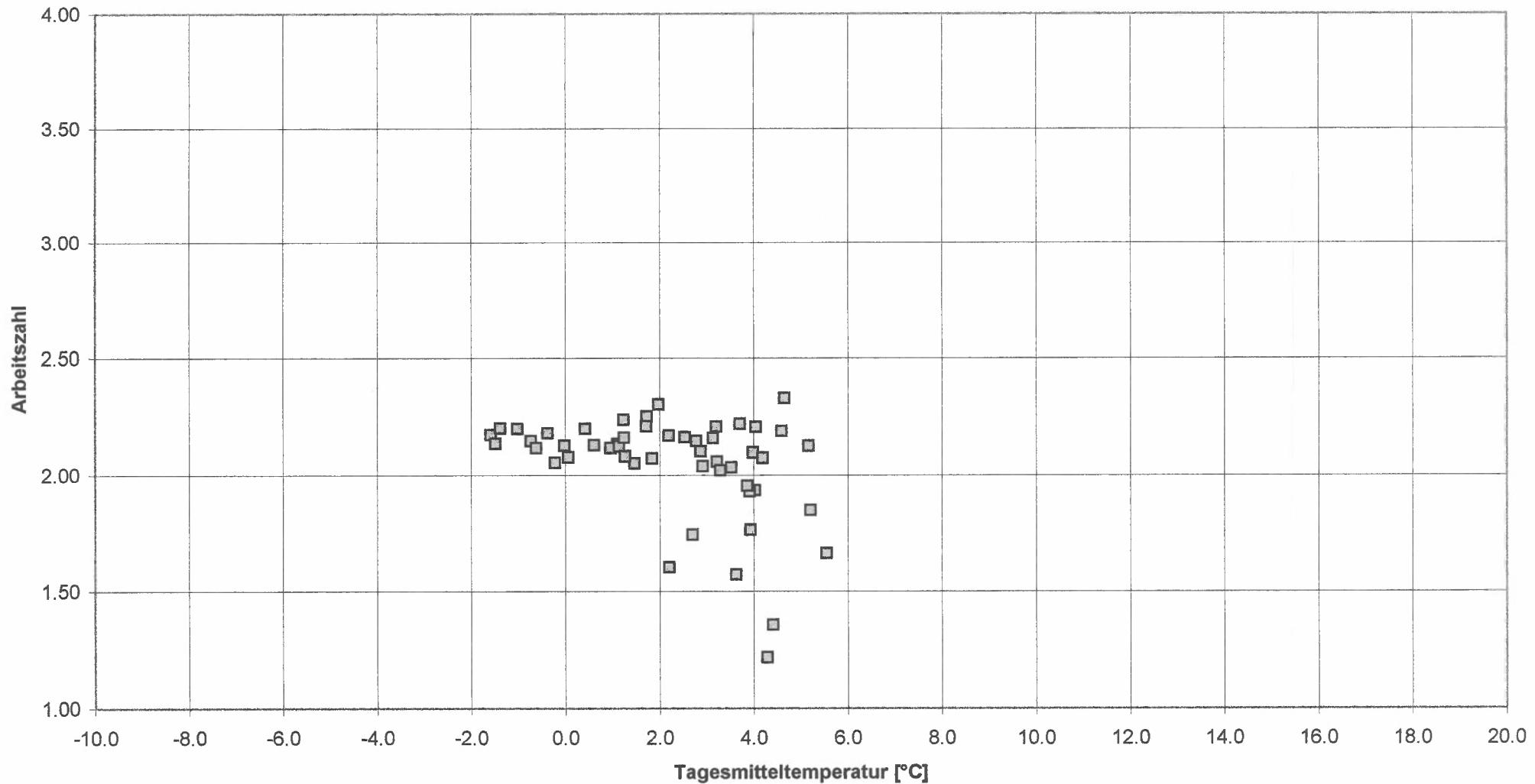
# Wohn- und Geschäftshaus in Altendorf

## Arbeitszahlverlauf WP1 im Jahr 2000



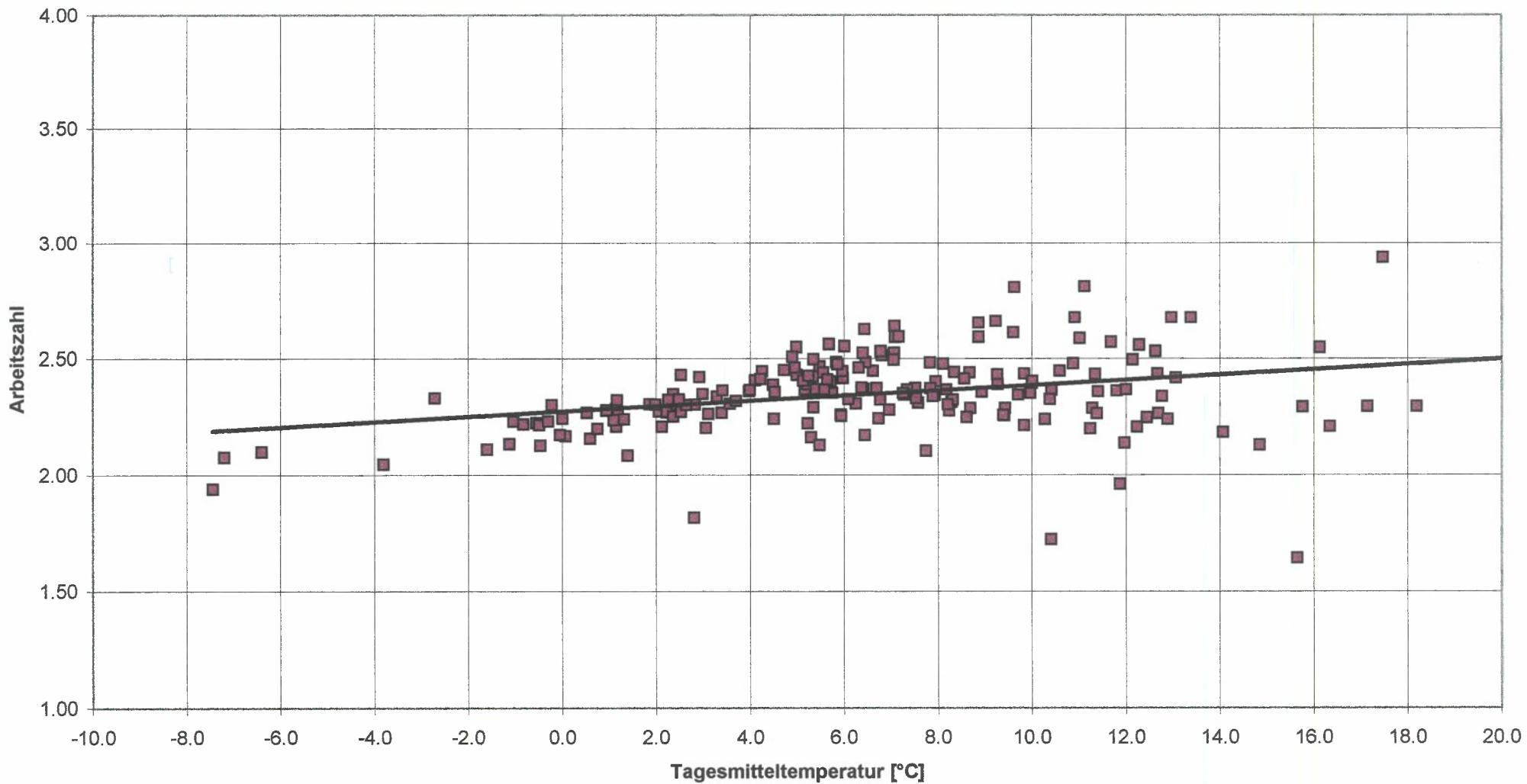
# Wohn- und Geschäftshaus in Altendorf

Arbeitszahlverlauf WP1 vom 1/1/01 - 29/5/01



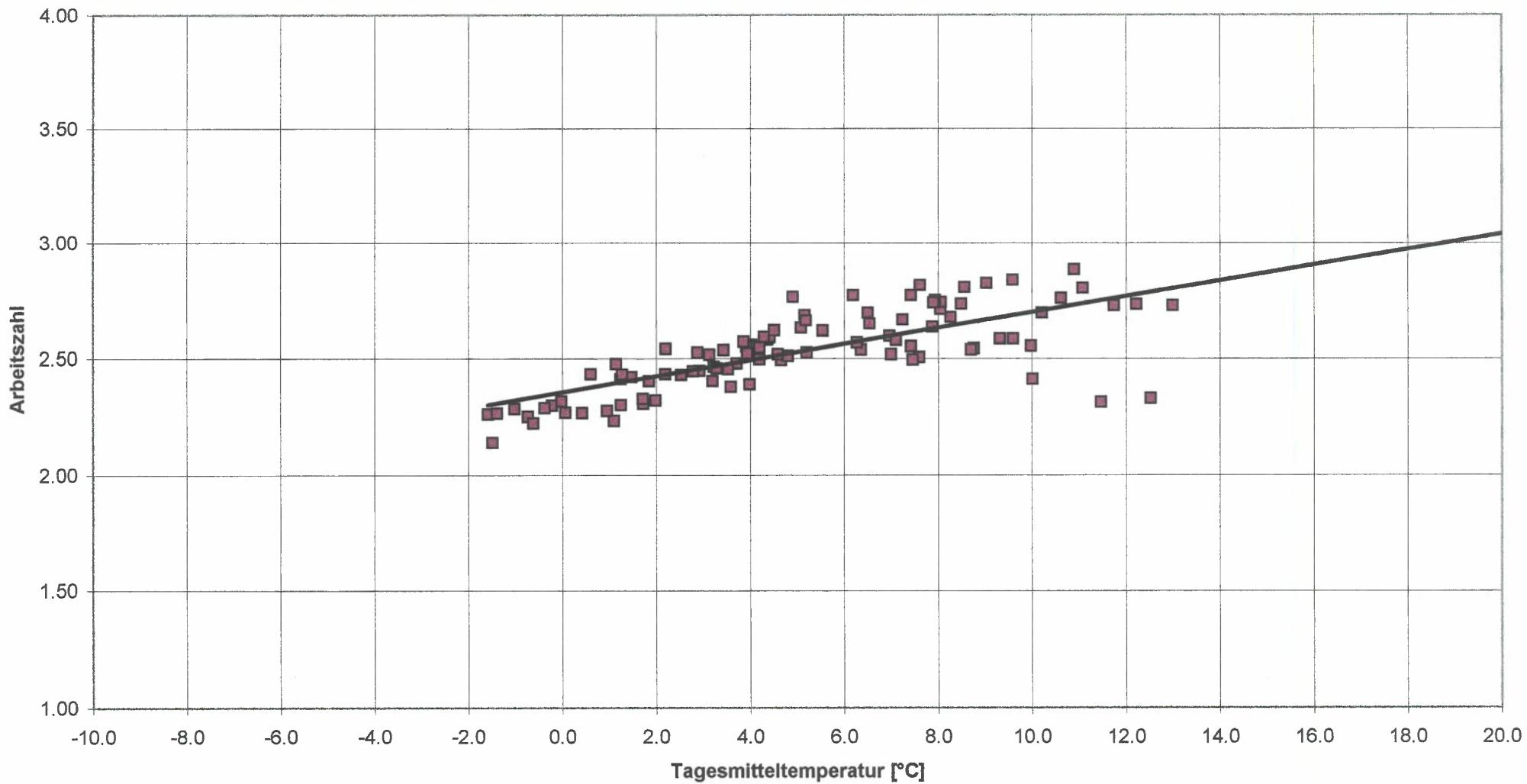
# Wohn- und Geschäftshaus in Altendorf

## Arbeitszahlverlauf WP2 im Jahr 2000



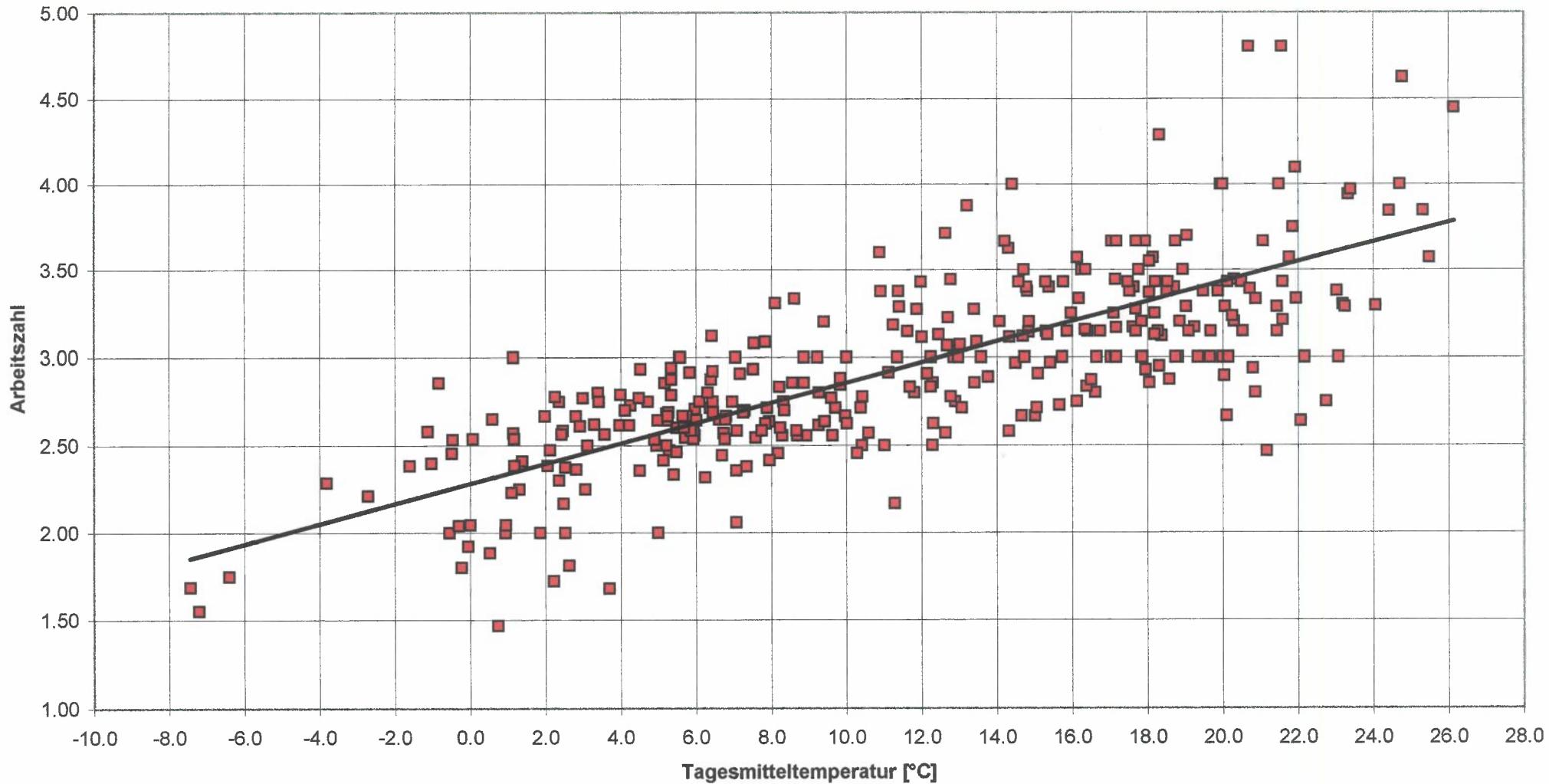
# Wohn- und Geschäftshaus in Altendorf

Arbeitszahlverlauf WP2 vom 1/1/01 - 29/5/01



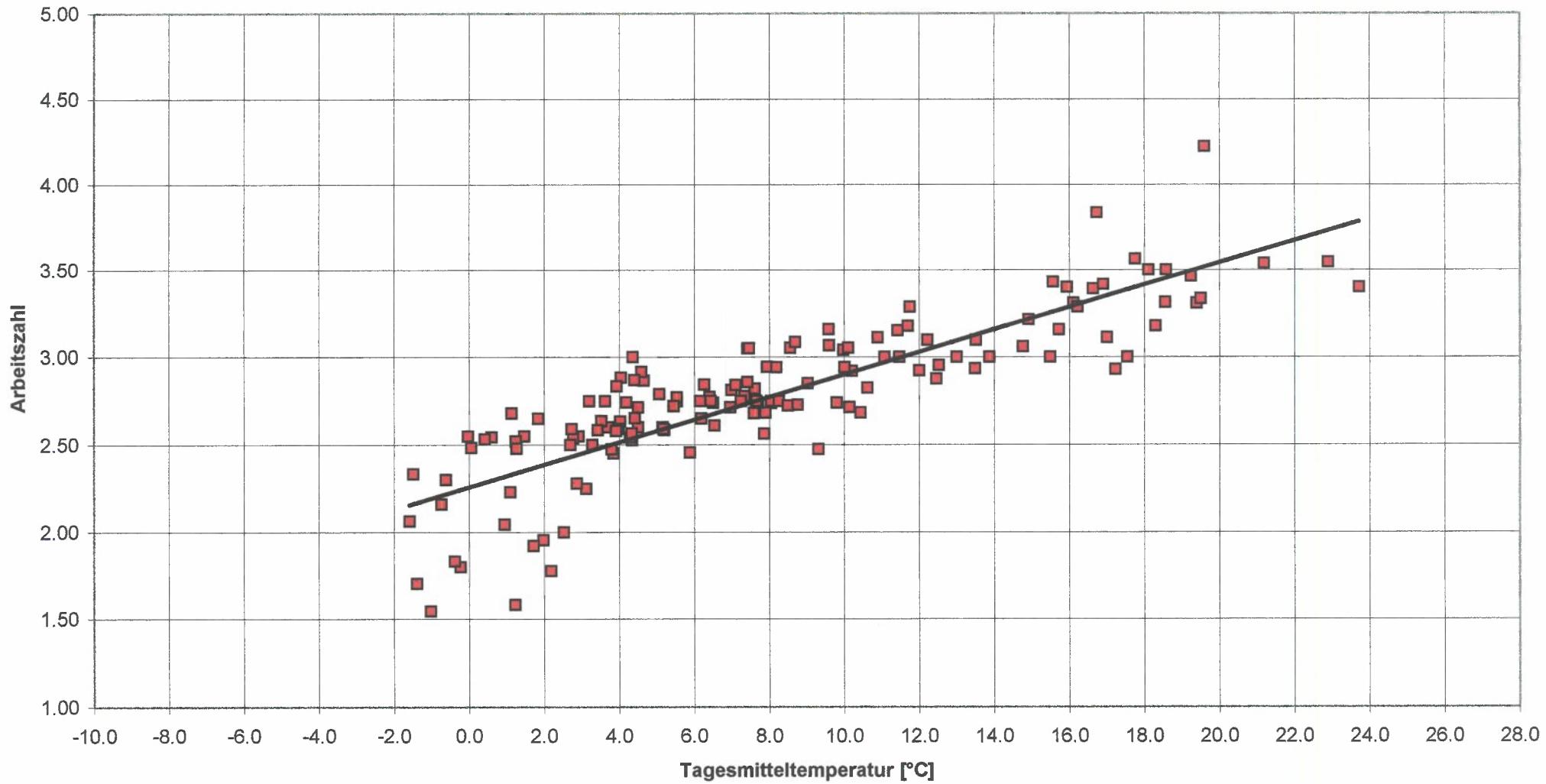
# Wohn- und Geschäftshaus in Altendorf

Arbeitszahlverlauf WP3 im Jahr 2000



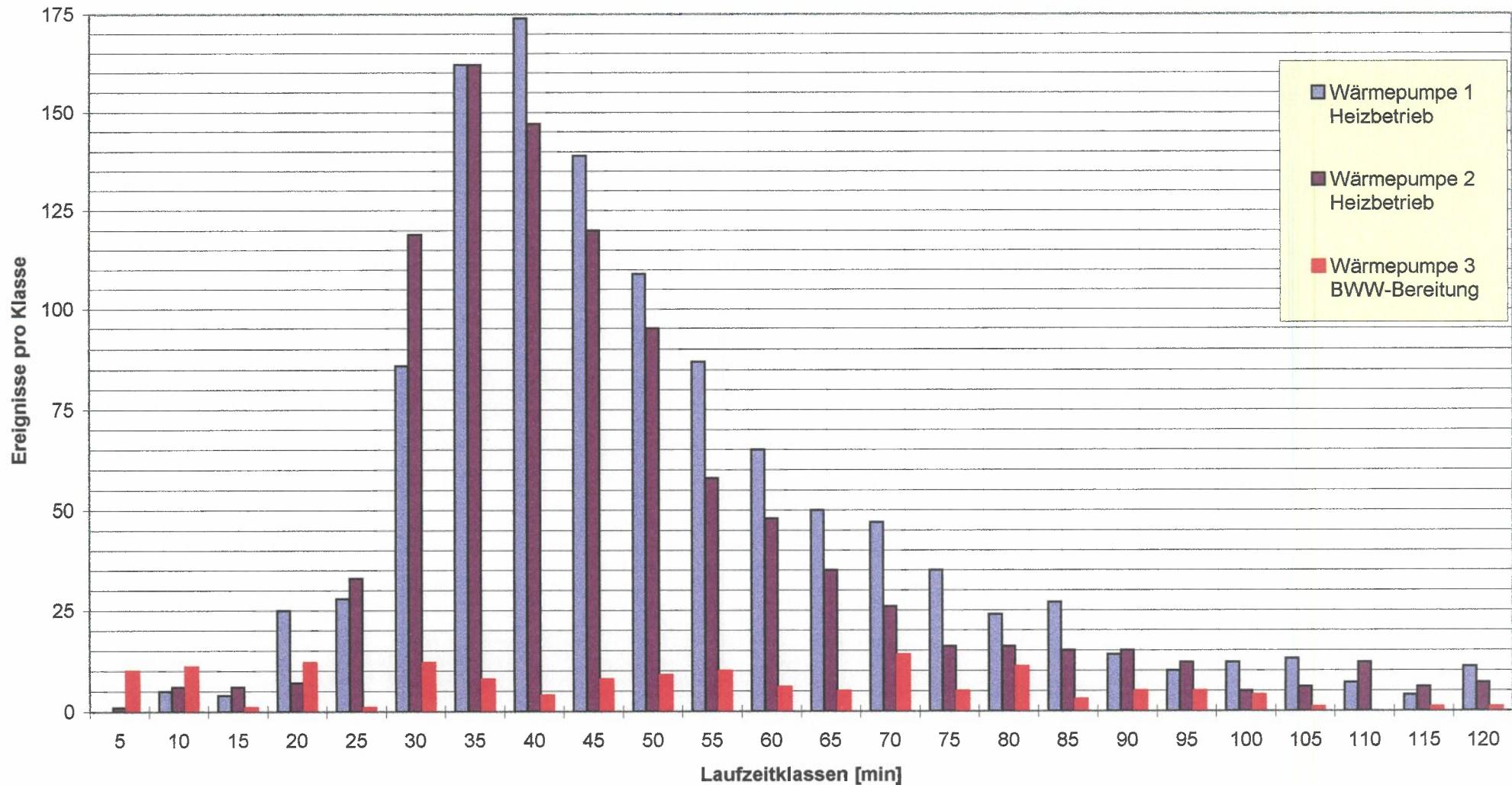
# Wohn- und Geschäftshaus in Altendorf

Arbeitszahlverlauf WP3 vom 1/1/01 - 29/5/01



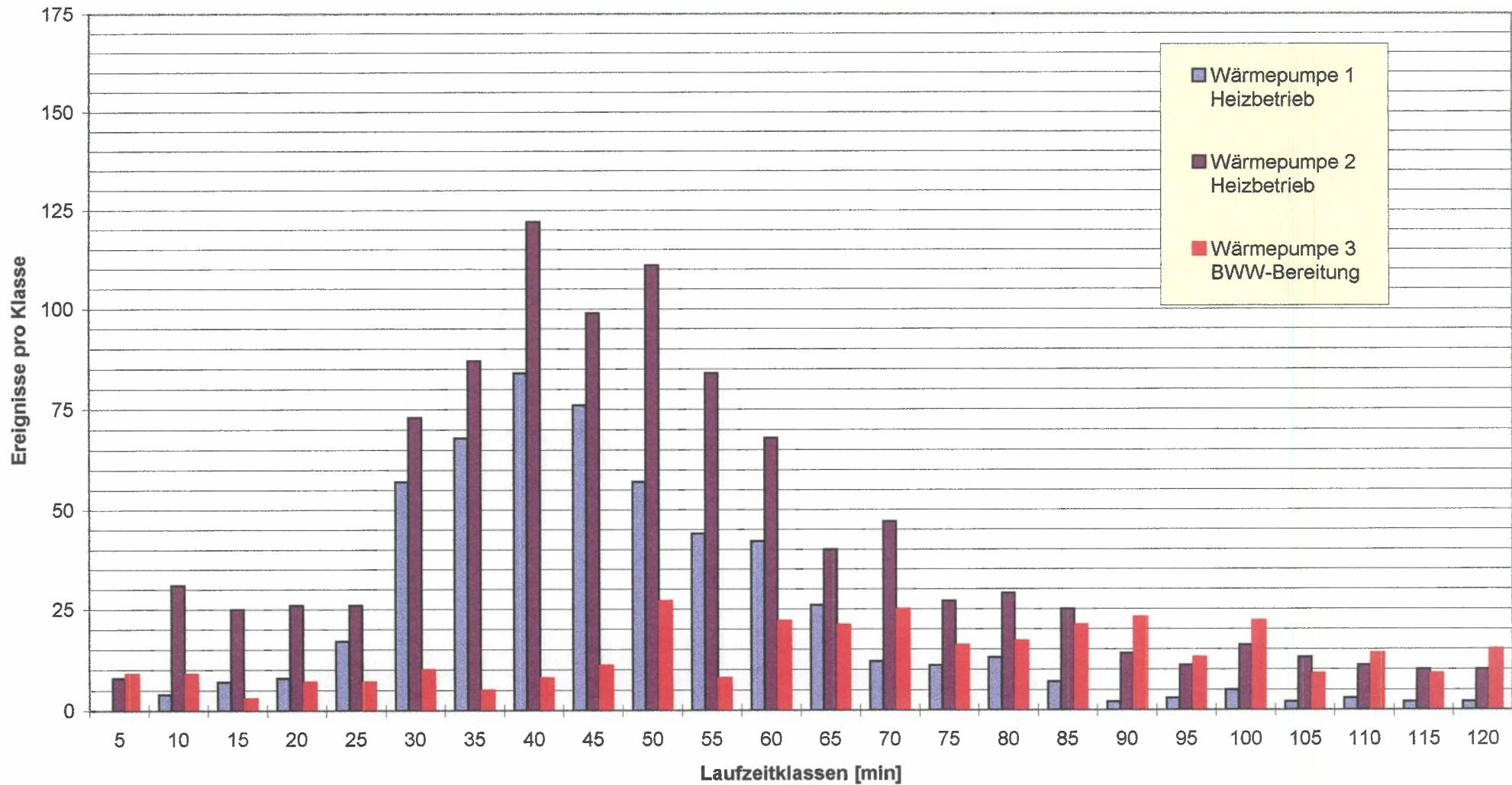
# Wohn- und Geschäftshaus in Altendorf

Laufzeitklassenverteilung vom 4/1/00 - 3/1/01



# Wohn- und Geschäftshaus in Altendorf

## Laufzeitklassenverteilung vom 1/1/01 - 29/5/01



# Wohn- und Geschäftshaus in Altendorf

Energieaufwand 2000

## Elektroheizungen in Speicher

Datum von	bis	EH 1 h	EH 2 h	EH 3 h	EH 4 h	
24.01.00	02.02.00	135	80	47	2710	
Februar	10 Tage	0	0	0	80	
Oktober	7 Tage	0	0	0	56	
total		135	80	47	2846	h/a
El. Leistung		7	7	7	6	
Elektroenergie EH		945	560	329	17076	18910 kWh/a

Umwälzpumpen von	bis	Uwp 1 h	Uwp 2 h	Uwp 3 h	Uwp Anlage h	
04.01.00	03.01.01	2836	2056	929	6877	
	Total	2836	2056	929	6877	
El. Leistung		0.2	0.2	0.2	0.15	
Elektroenergie Uwp.		567.20	411.20	185.80	1031.55	2196 kWh/a

Elektroenergie für WP	WP1	WP2	WP3	
04.01.00 03.01.01	21805	17638	3769	43212 kWh/a

Gesamte Elektroenergie 64318 kWh/a

Für Minergiestandard wird Elektroenergie für HLK doppelt eingesetzt

Elektroenergie für HLK	128635.5	kWh/a
EBF	2325	m <sup>2</sup>
E-Kennzahl HLK inkl. BWW für das Jahr 2000	55.3	kWh/m <sup>2</sup> a

# Wohn- und Geschäftshaus in Altendorf

Energieaufwand 2001

## Elektroheizungen in Speicher

Datum		EH 1	EH 2	EH 3	EH 4	
von	bis	Heizung h	Heizung h	BWW h	BWW h	
01.01.01	29.05.01	0	0	* 139.6	183.6	* WP3 Störung
Restl. 196 Tage		0	0	0	0	18. - 24.1.2001
total		0	0	139.6	183.6	
El. Leistung		7	7	7	7	
Elektroenergie EH		0	0	977.2	1285.2	2262 kWh

Umwälzpumpen		Uwp 1	Uwp 2	Uwp 3	Uwp Anlage	
von	bis	h	h	h	h	
01.01.01	29.05.01	457	1702	732	3527	
2. Teil Heizsaison 2001 *		316	1174			
Restl. 196 Tage ***				849		
2. Teil Heizsaison 2001 **					2704	
total		773	2876	1581	6232	h/a
El. Leistung		0.2	0.2	0.2	0.15	kW
Elektroenergie Uwp.		154.6	575.2	316.2	934.8	1981 kWh/a

Elektroenergie für WP		WP1	WP2	WP3	
01.01.01	29.05.01	4324	14980	2765	22069 kWh
2. Teil Heizsaison 2001 *		2984	20995		23979
Restl. 196 Tage ***				3207	
total		7308	35975	5972	49255 kWh/a

Gesamte Elektroenergie 53498 kWh

## Bemerkungen:

\* Basis 3066 HGT/a im Jahr 2000, resp. 1. Teil Heizsaison 2001 mit 1814 HGT

\*\* Basis 212 HT/a im Jahr 2000, resp. 1. Teil Heizsaison 2001 mit 120 HT

\*\*\* Hochrechnung über Anzahl Kalendertage

Für Minergiestandard wird Elektroenergie für HLK doppelt eingesetzt

Elektroenergie für HLK	106996	kWh
EBF	2325	m <sup>2</sup>
E-Kennzahl HLK inkl. BWW für das Jahr 2001	46.0	kWh/m <sup>2</sup> a

**Achtung: Werte sind hochgerechnet aufgrund der  
Messdaten 2000 und Jan-Mai 2001**

# Wohn- und Geschäftshaus in Altendorf

Energieaufwand 2001 optimal

## Elektroheizungen in Speicher

Datum		EH 1 Heizung h	EH 2 Heizung h	EH 3 BWW h	EH 4 BWW h	
von	bis					
01.01.01	29.05.01	0	0	0	* 16	
Restl. 196 Tage		0	0	0	* 32	* WP3 Störungen je 2 Tage à 8h
total		0	0	0	48	
El. Leistung		7	7	7	7	
Elektroenergie EH		0	0	0	336	336 kWh

Umwälzpumpen		Uwp 1 h	Uwp 2 h	Uwp 3 h	Uwp Anlage h	
von	bis					
01.01.01	29.05.01	457	1702	732	3527	
2. Teil Heizsaison 2001 *		316	1174			
Restl. 196 Tage ***				849		
2. Teil Heizsaison 2001 **					2704	
total		773	2876	1581	6232	h/a
El. Leistung		0.2	0.2	0.2	0.15	kW
Elektroenergie Uwp.		154.6	575.2	316.2	934.8	1981 kWh/a

Elektroenergie für WP	WP1	WP2	WP3		
von	bis				
01.01.01	29.05.01	4324	14980	2765	22069 kWh
2. Teil Heizsaison 2001 *		2984	20995		23979
Restl. 196 Tage ***				3207	
total		7308	35975	5972	49255 kWh/a

Gesamte Elektroenergie 51572 kWh

## Bemerkungen:

\* Basis 3066 HGT/a im Jahr 2000, resp. 1. Teil Heizsaison 2001 mit 1814 HGT

\*\* Basis 212 HT/a im Jahr 2000, resp. 1. Teil Heizsaison 2001 mit 120 HT

\*\*\* Hochrechnung über Anzahl Kalendertage

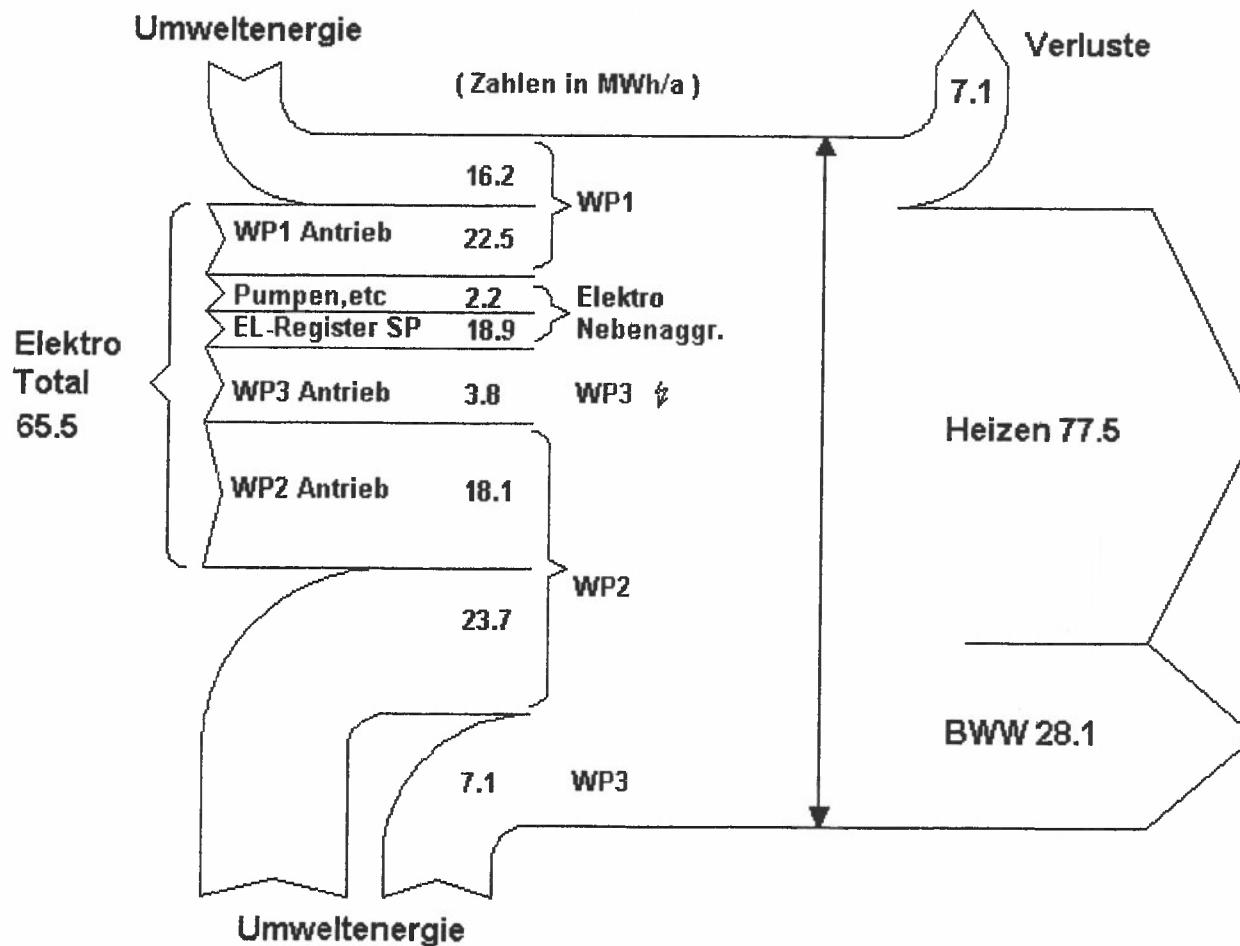
Für Minergiestandard wird Elektroenergie für HLK doppelt eingesetzt

Elektroenergie für HLK	103144	kWh
EBF	2325	m <sup>2</sup>
E-Kennzahl HLK inkl. BWW für das Jahr 2001	44.4	kWh/m <sup>2</sup> a

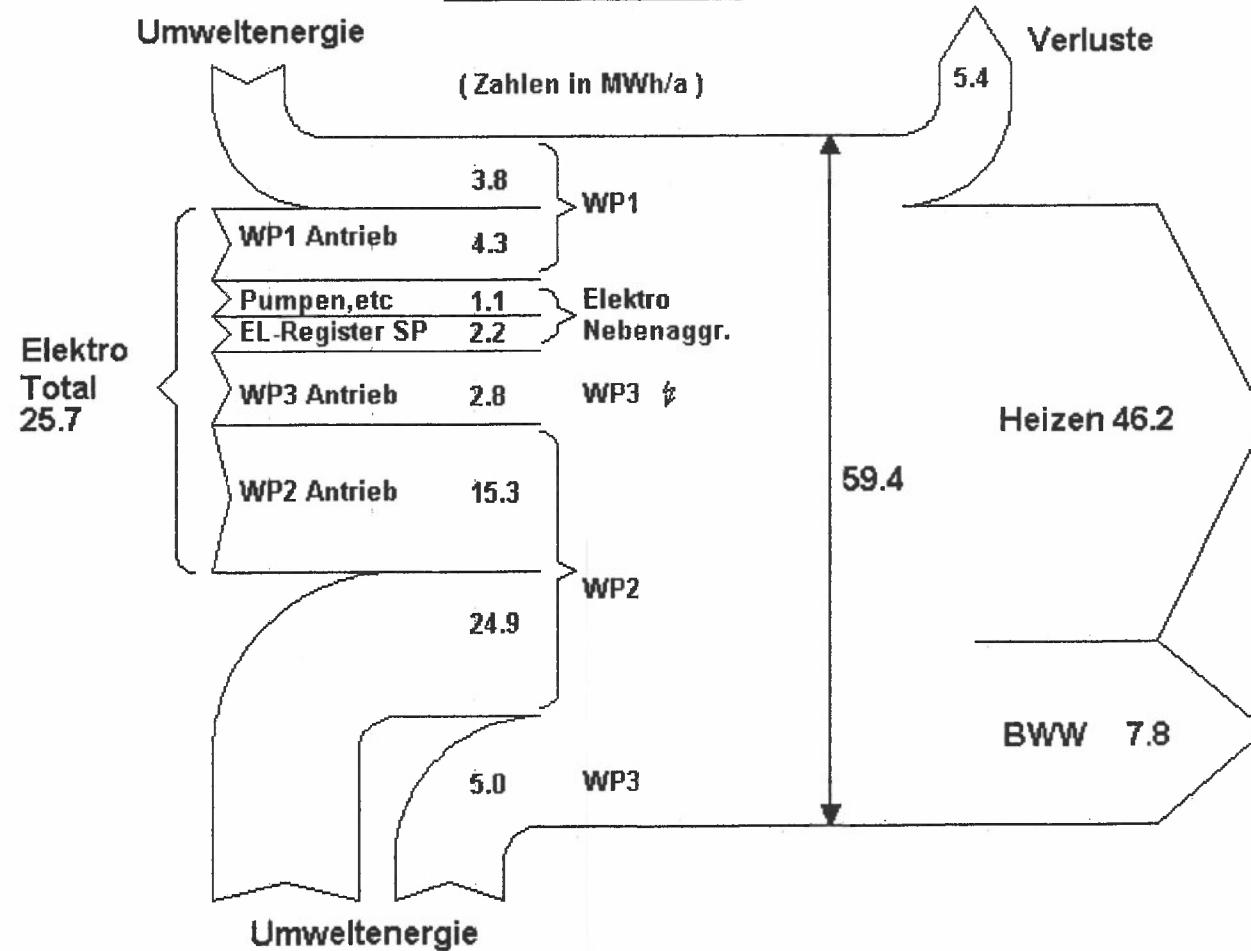
Achtung: Werte sind hochgerechnet aufgrund der  
Messdaten 2000 und Jan-Mai 2001

19.10.01

**2000**



### Januar-Mai 2001



2001

