



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

---

Pilot- und Demonstration  
Umgebungswärme, Kälte

# **Erfolgskontrolle der L/W- Wärmepumpe mit Schotterkoffer im MFH**

**Projekt Nr. 28663**

ausgearbeitet durch  
**Adrian Thüler**  
**Elektra Birseck**  
**Weidenstrasse 27, 4142 Münchenstein**

im Auftrag des  
**Bundesamtes für Energie**

---

August 2001

Schlussbericht

## **Zusammenfassung**

Eine Luft/Wasser-Wärmepumpe versorgt ein kleineres MFH in der Region Basel mit Wärme für die Raumheizung und die Vorwärmung des Brauchwassers. Die Aussenluft (= Wärmequelle) strömt via Lichtschächte durch einen Schotterkoffer zum Verdampfer der Wärmepumpe.

Am betrachteten Beispiel hat sich gezeigt, dass ein Schotterkoffer gut dafür geeignet ist, Schwankungen der Außentemperatur sowohl nach oben als auch nach unten zu dämpfen. Dadurch kann in manchen Fällen ein kleinerer Wärmepumpen-Typ eingesetzt werden. Dies führt im Mittel zu längeren Betriebszeiten pro Einschaltbefehl und wirkt sich günstig aus auf die Lebensdauer der Wärmepumpe.

Im Rahmen des Projektes wurden ermittelt: Die Arbeitszahl der Wärmepumpenanlage, das Verhalten der Wärmequellentemperatur und die Anteile der WP für die Raumheizung und Brauchwarmwasser.

Die Messungen erfolgten zwischen Januar 1999 und Juni 2000. In diesem Zeitraum erreichte die Wärmepumpe eine Arbeitszahl von 2.31.

## **Inhaltsverzeichnis**

	Seite
1. Einleitung .....	3
2. Anlagenbeschreibung .....	4
3. Messkonzept .....	7
4. Betriebserfahrungen .....	8
5. Auswertung der Messungen .....	8
6. Mehrinvestitionen und Wirtschaftlichkeit .....	16
7. Schlussfolgerungen .....	21
8. Anhang .....	22

Der Förderbeitrag des BFE, Bern ermöglichte die Instrumentierung der Anlage und die Aufbereitung der erhaltenen Messdaten in Form dieses Berichts.

Der Förderbeitrag sei an dieser Stelle bestens verdankt.

Dank sei auch gerichtet an die Bauherrschaft, welche etwas Unkonventionelles gewagt und die messtechnische Untersuchung der Liegenschaft vorgeschlagen hat.

## 1. Einleitung

Ein Baukonsortium unter der Federführung von Herrn P. Issler (Architekt) erstellte 1997 an der Breitestrasse 79 in Muttenz ein Mehrfamilienhaus mit 4 Wohnungen. Die Energiebezugsfläche EBF beträgt 750 m<sup>2</sup>.

Eine Luft/Wasser-Wärmepumpe versorgt die Liegenschaft umweltfreundlich mit Wärme für die Raumheizung und dient zur Vorwärmung des Brauchwassers. Die Besonderheit dieser Anlage liegt darin, dass die Aussenluft über einen unter der Bodenplatte des Gebäudes liegenden Schotterkoffer der Wärmepumpe zugeführt wird. Der Schotterkoffer hat die Funktion eines Wärmespeichers. Es wird erwartet, dass damit die Schwankungen der Aussentemperatur gedämpft werden.



Bild 1.1: Ansicht der Liegenschaft

In diesem Bericht wird die Anlage energetisch beurteilt und das Verhalten der Wärmequellentemperatur aufgezeigt.

Die Messphase für diesen Bericht dauerte von Januar 1999 bis Juni 2000.

## 2. Anlagenbeschreibung

### 2.1 Baukörper

Das Gebäude steht vollflächig auf folgendem Fundament:

- Betonplatte als Kellerboden
- 12 cm Schaumglas (Isolation Keller gegen Erdreich)
- 50 cm Schotterkoffer (Hartschotter, gebrochen, Körnung 40/63 mm)
- Erdreich

Sechs Stück Lichtschächte mit einem horizontalen Querschnitt „Schotterbeet“ von total 7.5 m<sup>2</sup> sind über den Gebäudeumfang verteilt. Über die Lichtschächte und den Schotterkoffer saugt der Ventilator der Wärmepumpe die Außenluft an.

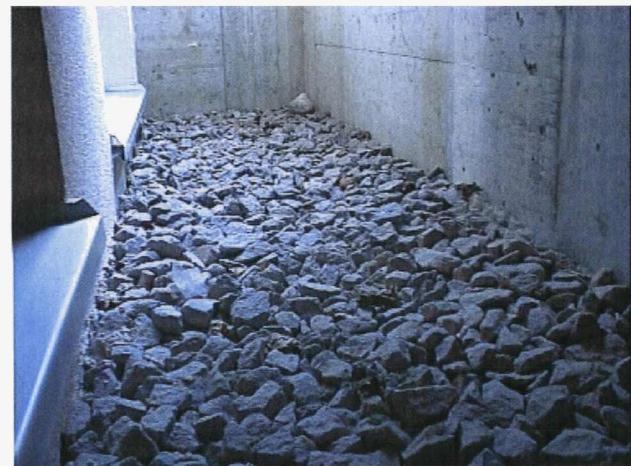


Bild 2.1: Lichtschacht mit Schotterkoffer

Der Wärmeleistungsbedarf des Gebäudes (inkl. Lüftungsverluste) wird mit 19.7 kW angegeben (nach SIA 384/2).

### 2.2 Wärmeversorgung

#### 2.2.1 Wärmeerzeugung Heizung

Die Wärmeerzeugung erfolgt mit einer mono-parallelen Luft/Wasser-Wärmepumpe (WP). Die via Schotterkoffer angesaugte Außenluft wird abgekühlt und ein Teil deren Energieinhaltes mittels elektrisch angetriebenem Verdichter auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben.

Zur Reduktion der Schalthäufigkeit der WP arbeitet diese auf einen technischen Speicher mit 550 Liter Inhalt. Ein Elektro-Heizstab (2.5 kW) im techn. Speicher wird zugeschaltet, wenn die WP die erforderliche Vorlauftemperatur nicht liefern kann (Nachwärmung).

Die WP wird mit elektrischer Energie über den sperrbaren Tarif (EBM TG 7) betrieben. Die Sperrzeiten betragen täglich 1 x 1 und 2 x 2 Stunden.

Daten der WP:

Fabrikat: Grünenwald MT 125  
A2/W45: Heizleistung 22 kW,  
elektr. Aufnahmleistung des  
Verdichters 8.2 kW  
Kältemittel: R22  
Verdichter: Maneurop MT 125 HU 4D  
Kondensa-  
toren: Je 1 Kondensator für Heizung und  
Brauchwarmwasser eingebaut.



Bild 2.2: Wärmepumpe mit Zuluftkanal



Bild 2.3: Technischer Speicher

## 2.2.2 Wärmeerzeugung Brauchwarmwasser

Die Erwärmung des Brauchwassers erfolgt in einem 950 Liter Elektroboiler mit Anschlussstutzen für die Vorwärmung ab WP. Die Vorwärmung erfolgt mittels Vorrangschaltung mit voller WP-Leistung (ohne Zwischenkreis) bei Anforderung ab dem Thermostaten im Boiler ( $T < 40 \dots 45^\circ\text{C}$ ) und Freigabe ab Schaltuhr (Montag bis Freitag: 21.15 Uhr bis Mitternacht, Samstag: 14 Uhr bis Mitternacht und Sonntag: 14 Uhr bis Mitternacht). Auf Wunsch des Anlagenbesitzers erfolgt die Vorwärmung ab WP nur während Niedertarifzeiten. Die Brauchwasser-Vorwärmung wird abgebrochen über den Arbeitspressostaten (Druckschalter) im Kältemittelkreis, jeweils kurz vor Erreichen des Punktes „Hochdruckstörung“.

Damit wird die max. mögliche Boilertemperatur erreicht. Besteht zu diesem Zeitpunkt Wärmeanforderung der Heizung, so wird (ohne Verdichter-Abschaltung) auf Heizbetrieb umgeschaltet. Die Thermostate für die Elektro-Heizregister sind auf 60°C eingestellt.

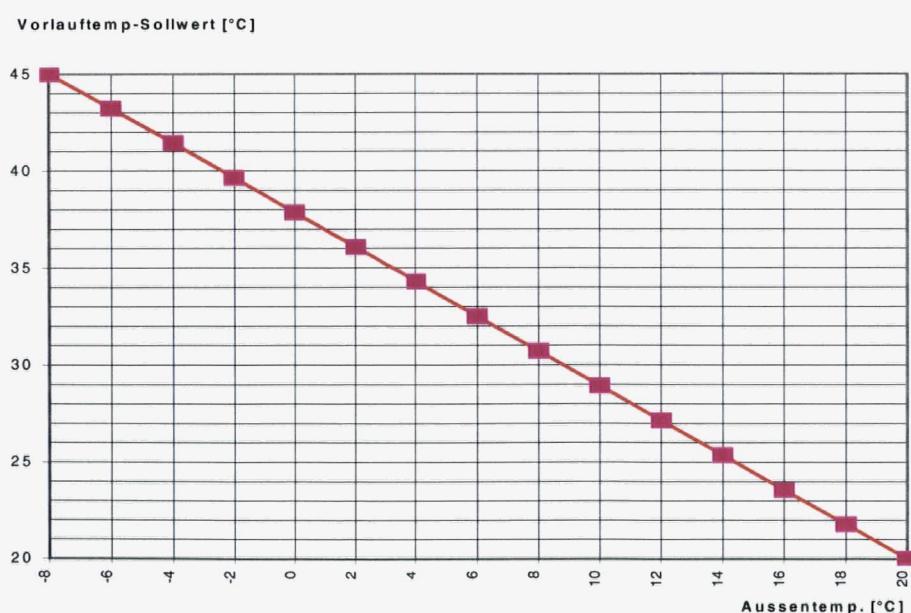
Im Monat März 2000 wurde eine therm. Sonnenkollektoranlage (ca. 10 m<sup>2</sup>) in Betrieb genommen, welche ebenfalls zur Vorwärmung des Brauchwassers dient. Die energetischen Beiträge dieser Anlage sind im Bericht nicht berücksichtigt, da deren Existenz vom Berichtverfasser erst anfangs Juli 2000 realisiert wurde.



Bild 2.4: Elektroboiler mit Anschlussleitungen für Vorwärmung

### 2.2.3 Wärmeverteilung

Die Wärmeverteilung erfolgt teils über Fußbodenheizkreise teils auch über Heizkörper. Die Auslegungstemperaturen betragen für beide Systeme 45/35°C bei -8°C Außentemperatur.



### 3. Messkonzept

#### 3.1 Messgeräte

Zur Ermittlung der interessierenden Größen wurden in die bestehende Anlage folgende zusätzliche Messinstrumente eingebaut.

Wärme:

- 1 Zähler, messend Wärmeproduktion WP → Techn. Speicher,
- 1 Zähler, messend Wärmeproduktion WP → Boiler

Elektrische Energie:

- 1 Zähler, messend Verbrauch des Verdichters
- 1 Zähler, messend Verbrauch des Ventilators
- 1 Zähler, messend Verbrauch der Zusatzheizung des techn. Speichers
- 1 Zähler, messend Verbrauch der Steuerung inkl. Ladepumpen  
für techn. Speicher und Boiler sowie Pumpe für die Wärme-  
verteilung
- 1 Zähler, messend Verbrauch der Pumpe für die  
Wärmeverteilung
- 1 Zähler, messend Verbrauch des Boiler-Elektroheizeinsatzes

Wasser:

- 1 Zähler, messend den Warmwasserverbrauch

Start- und Betriebsstunden-Zähler:

- 1 Zähler für Verdichter
- 1 Zähler für Boiler-Ladepumpe
- 1 Zähler für Ladepumpe zu techn. Speicher

Temperaturen:

- 1 Datenlogger zur Aufzeichnung der Außen- und Wärmequellentemperatur, Messintervall 10 Minuten durchschnittliche Ventilatorleistung.

Monatlich wurden die Zählerstände ab- und der Datenlogger ausgelesen.

#### 3.2 Messorte

Aussentemperatur: Nordseite bei Haustüre unterhalb der Wandleuchte auf ca. 2 m über Boden, ohne direkte Sonnenbestrahlung.

Wärmequellentemperatur: In Zuluftkanal zur WP, ca. 30 cm ab Seitenwand im Luftstrom.

## 4. Betriebserfahrungen

### 4.1 Heizung

Während der Heizperioden 98/99 und 99/2000 deckte die Wärmepumpe jederzeit den erforderlichen Wärmebedarf ab. Die Zusatzheizung im technischen Speicher wurde nie zugeschaltet.

### 4.2 Vorwärmung des Boilers ab WP

In den ersten Monaten der Messreihe war der Anteil „Vorwärmung ab WP“ bescheiden. Der Grund blieb und ist unbekannt. Seit April 99 steuert die WP einen namhaften Teil an der Erwärmung des Brauchwassers bei.

## 5. Auswertung der Messungen

### 5.1 Monatstemperaturen

Zur Erstellung der Grafik (Seite 11) wurden für jeden Monat folgende Werte aus den aufgezeichneten Daten gewählt:

- Mittlere Außentemperatur (arith. Mittel)
- Minimalwert der Außentemperatur
- Maximalwert der Außentemperatur
- Minimalwert der Wärmequellentemperatur (= Zulufttemperatur vor der Wärmepumpe)

Im betrachteten Zeitfenster zeigen die Messungen, dass sich die minimale Wärmequellentemperatur in einem Temperaturbereich zwischen etwa 3°C und 16°C bewegt, die Außentemperatur dagegen in einem Temperaturbereich zwischen – 12°C und + 32°C. Das Schotterbeet führt also zu einer starken Dämpfung der Temperatur-Extremwerte, was sich positiv auf den Betrieb der Wärmepumpe auswirkt (keine Hochdruckstörungen im Sommer bei BWW-Ladung bzw. keine Niederdruckstörungen im Winter bei tiefen Außentemperaturen).

Die Wärmepumpe bringt keine (nicht benötigte) thermische Spitzenleistung im Sommer, dafür aber eine gute Wärmeleistung bei tieferen Außentemperaturen, wenn beachtlicher Wärmeleistungsbedarf des Gebäudes vorhanden ist.

In den Monatsgraphiken (Seiten 27 bis 44) sind jeweils die Verläufe von Außentemperatur und Wärmepumpen-Zulufttemperatur, sowie deren Monats-Minimalwert angegeben. Die Spitzen im Temperaturverlauf Wärmepumpen-Zuluft kommen bei abgeschalteter Wärmepumpe einerseits von deren Erwärmung im Betrieb und andererseits durch

den Wärmefluss vom Heizungsraum durch die Wand des Zuluftkanals zur Wärmepumpe.

## 5.2 Wärmepumpenanlage

Die Monats-Arbeitszahl der Wärmepumpe erreicht im betrachteten Zeitfenster (Januar 1999 bis Juni 2000) Werte zwischen 1.90 und 2.91 (s. Graphik Seite 12). Die Jahresarbeitszahl für das Jahr 1999 (Jan. bis Dez.) erreicht den Wert von 2.32.

Die Monatsbilanzen „Eingesetzte elektr. Energie und genutzte Umgebungswärme“ sind auf Seite 13 dargestellt.

Energiebilanz von Januar 1999 bis Juni 2000 für die Wärmepumpenanlage:

erzeugte Wärme	61'647 kWh	≈ 100 %
bezogene elektrische Energie	26'654 kWh	≈ 43.2 %
genutzte Umgebungswärme	34'993 kWh	≈ 56.8 %

$$AZ = 61'647 \text{ kWh} / 26'654 \text{ kWh} = 2.31$$

Die von der WP-Anlage von Januar 1999 bis Juni 2000 bezogene Energie verteilt sich wie folgt:

Verdichter	22'777 kWh	≈ 85.5 %
Ventilator	2'012 kWh	≈ 7.5 %
übrige Hilfsbetriebe	1'865 kWh	≈ 7 %
Total	26'654 kWh	≈ 100 %

Durchschnittliche Leistungsaufnahme des Wärmepumpen-Zuluftventilators (berechnet aufgrund dessen Energie- verbrauchs und der Betriebsstunden- zahl des Verdichters)	650 W
---	-------

Im Nicht-Heizbetrieb sind die monatlichen Arbeitszahlen erwartungsgemäss tiefer, da die WP bei Brauchwasserladung stets bis zum Ansprechen des Arbeitspressostaten hochfährt.

Bemerkenswert ist weiter die eher bescheidene Arbeitszahl von Juli 99 bis September 1999, welche mit dem in diesen Monaten um rund 40% geringeren Warmwasserverbrauch einhergeht.

### 5.3 Brauchwarmwasser

Die monatlichen Warmwasser-Verbrauchszahlen sind auf Seite 14, der entsprechende Energiebedarf auf Seite 15 dargestellt.

Von April 1999 bis Juni 2000 wurden für die Erwärmung des Brauchwassers aufgewendet:

Elektro-Heizeinsatz	5'867 kWh	≈ 50.2 %
Wärme ab Wärmepumpe	5'828 kWh	≈ 49.8 %
Total	11'695 kWh	≈ 100 %

Der Minderverbrauch in den Monaten Juli 99 bis November 99 wurde durch Leerstand einer Wohnung bzw. Ferienabwesenheiten verursacht.

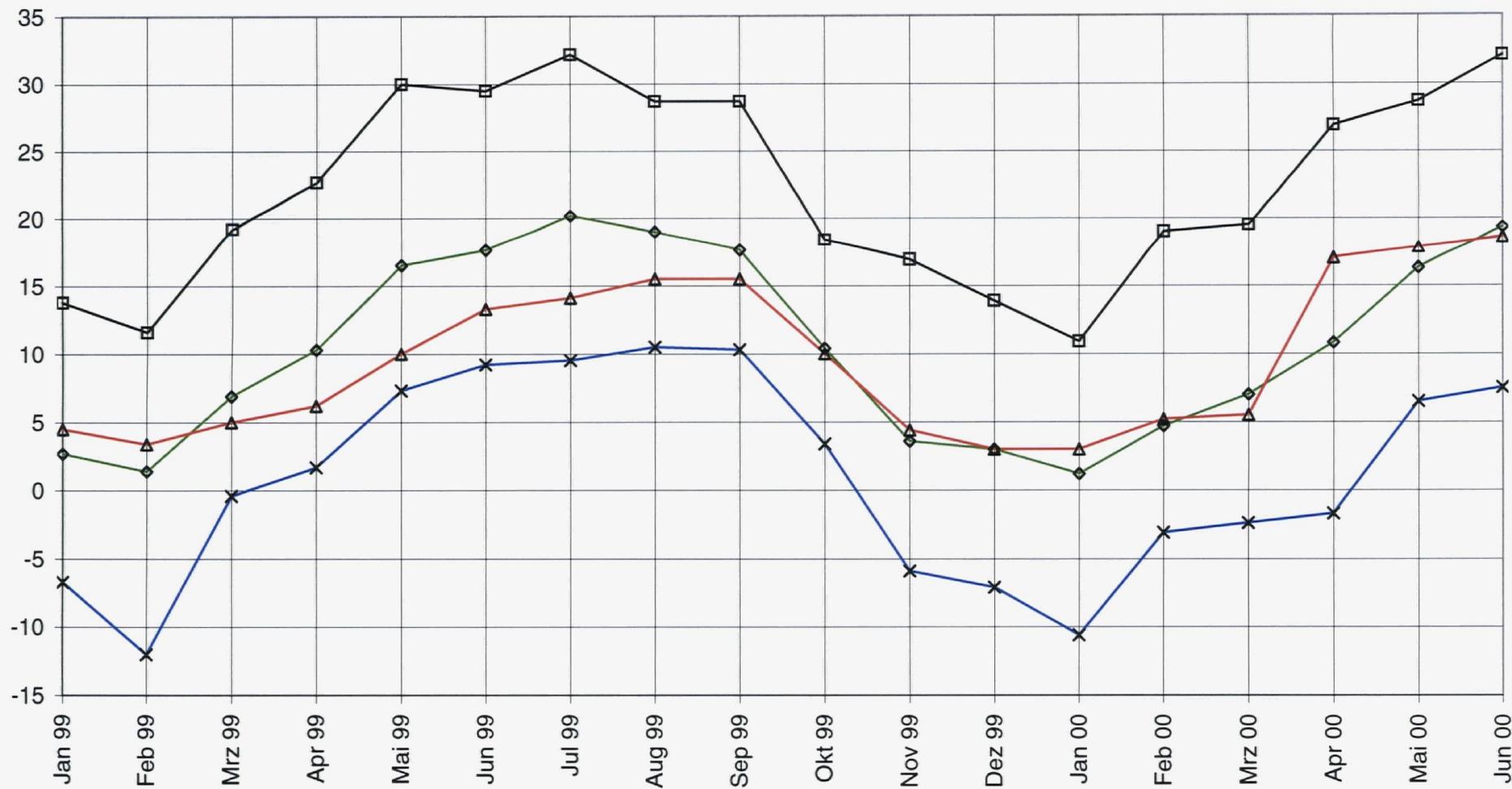
Der Anteil der Wärmepumpe bei der Brauchwasser-Erwärmung könnte noch erhöht werden durch erweiterte Freigabezeiten sowie durch eine Reduktion des Einstellwertes der Boilerthermostaten auf 50°C bis 55°C. Letzteres erfolgte Ende Juni 2001.

Breitestr. 79, Muttenz  
Monats-Temperaturen

[°C]

Seite 11

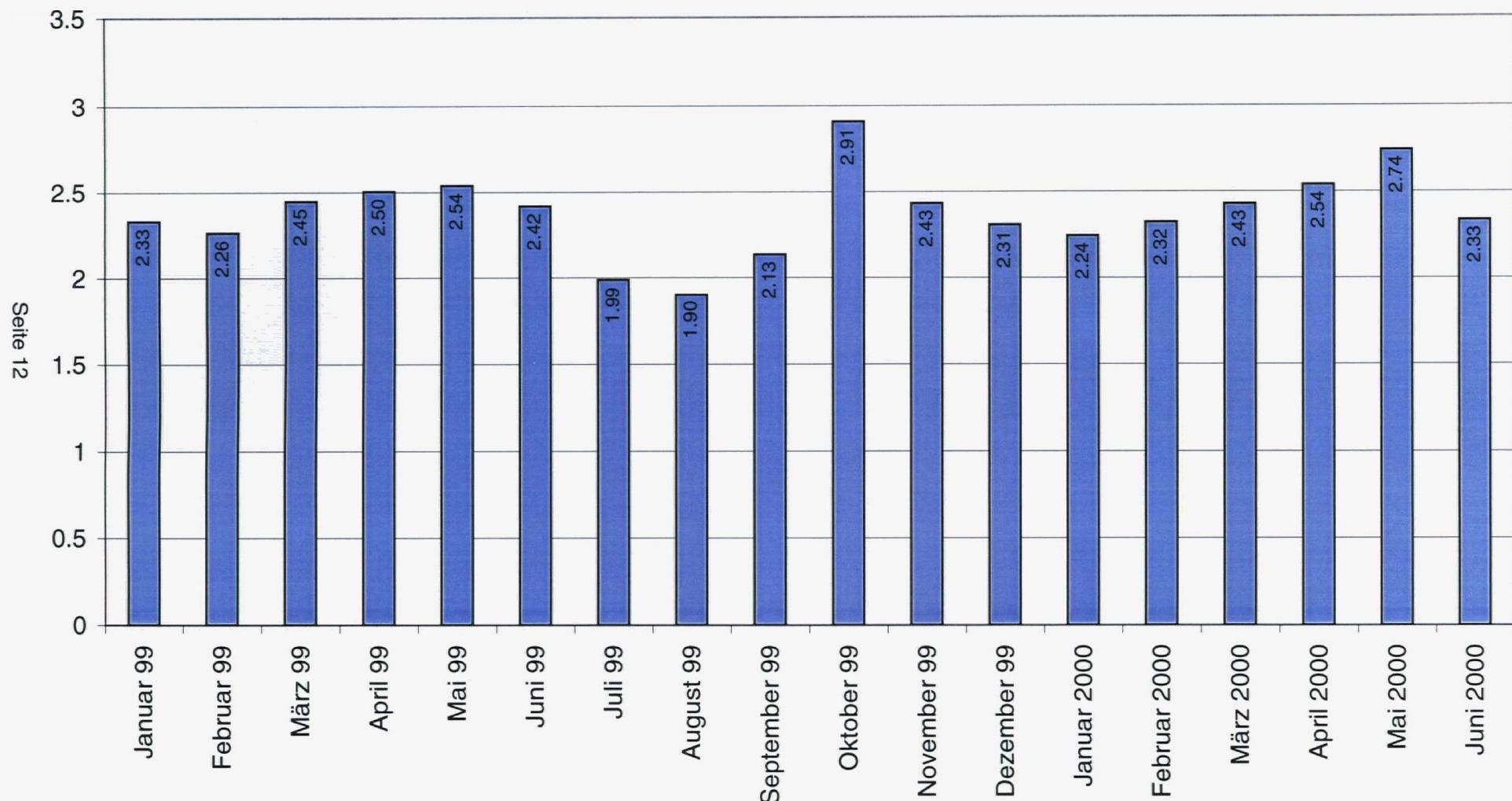
- ◊— T(a) arith. Mittelwert
- ×— T(a) min. Wert
- T(a) max. Wert
- △— T(WP-Zuluft) min. Wert



## WP-Anlage Breitestr. 79, Muttenz

### Monats-Arbeitszahlen

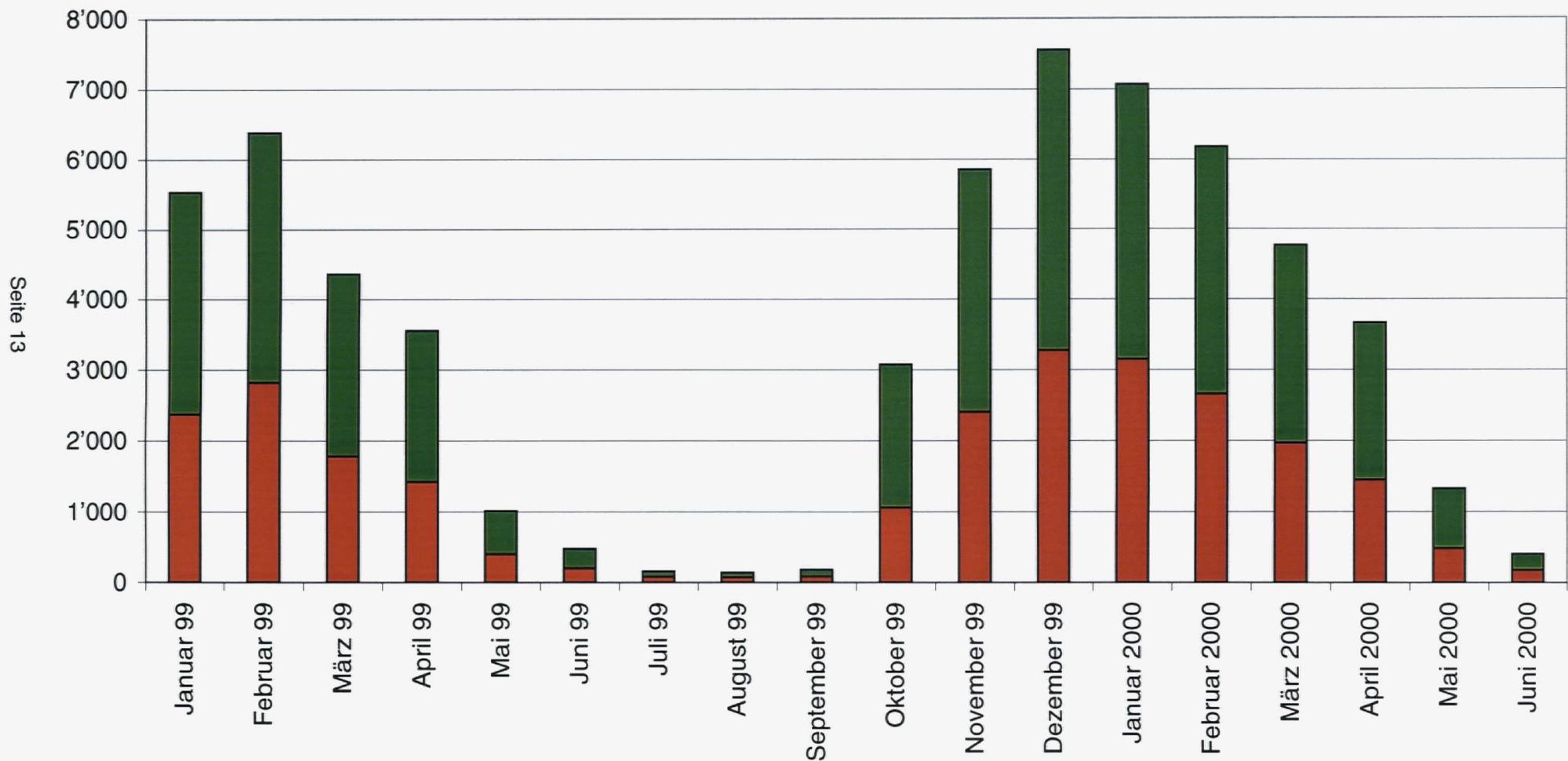
Arbeitszahl



Breitestr. 79, Muttenz  
Wärmepumpenanlage

[kWh]

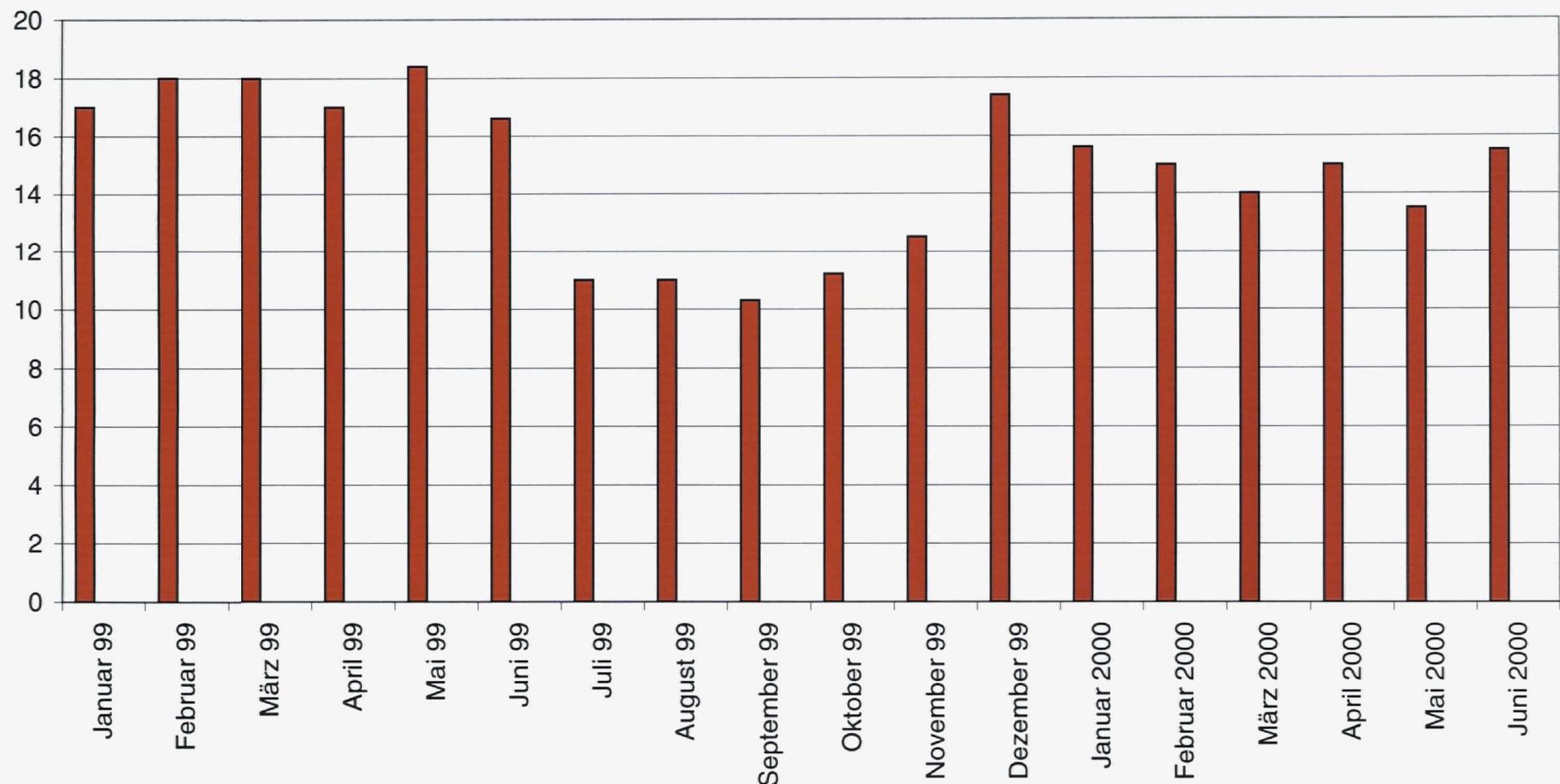
Umgebungswärme  
eingesetzte elektr. Energie



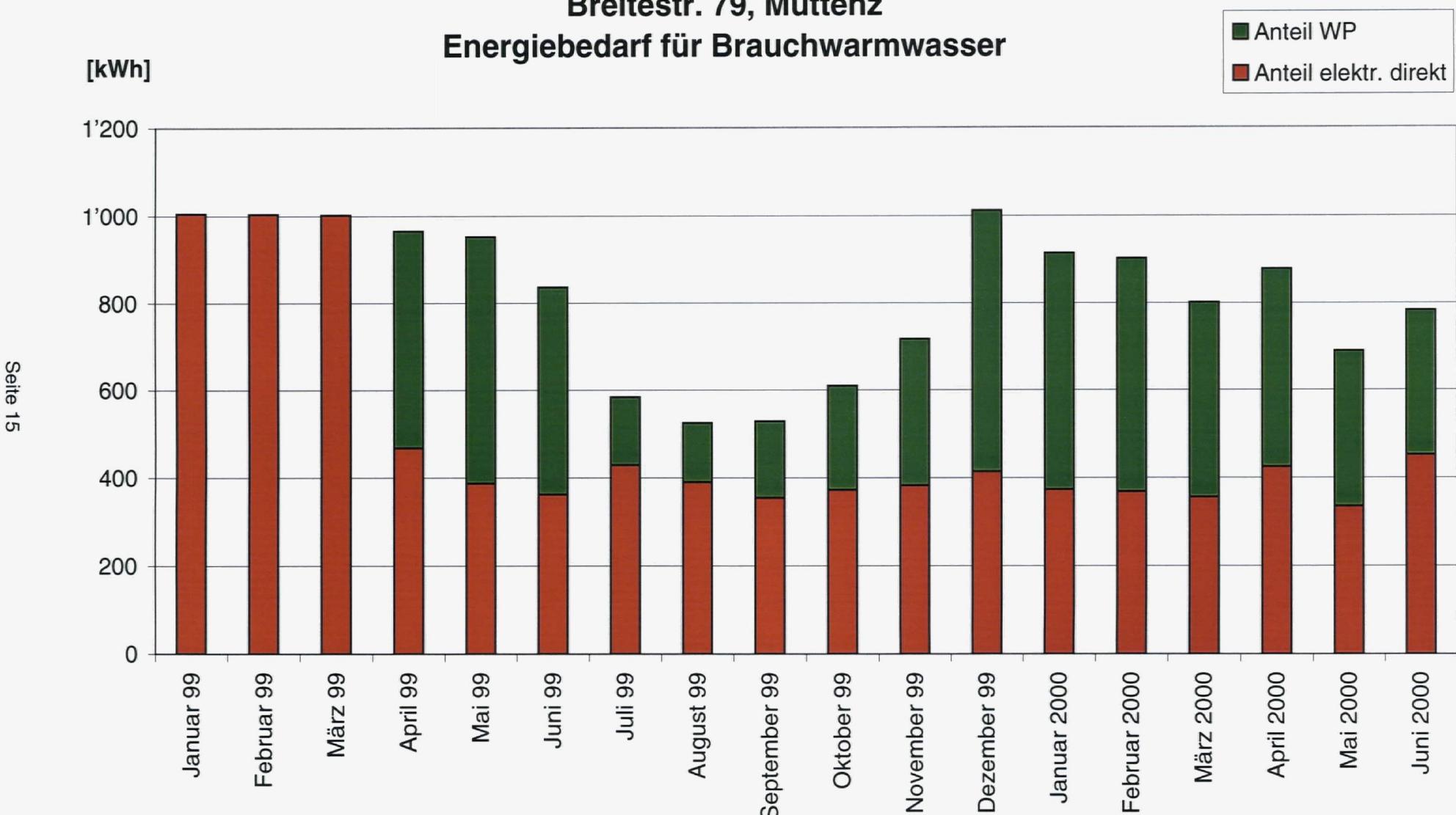
**Breitestr. 79, Muttenz**  
**Warmwasserverbrauch**

[m<sup>3</sup>]

Seite 14



Breitestr. 79, Muttenz  
Energiebedarf für Brauchwarmwasser



## 6. Mehrinvestitionen und Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit wird im Wesentlichen beeinflusst durch:

- Die Mehrinvestition für den Schotterkoffer
- Die Minderinvestition für die Wärmepumpe, wenn dank dem Schotterkoffer eine kleinere Wärmepumpe gewählt werden kann (i.B. bei monovalentem Betrieb). Damit zusammenhängend die geringere Schalthäufigkeit des Verdichters (kleinere Schalthäufigkeit ergibt eine längere Lebensdauer des Verdichters).
- Den insgesamt resultierenden Minderverbrauch an elektrischer Energie für den Verdichter dank besserer Leistungszahl (COP, AZ), begründet durch die höhere Wärmequellentemperatur (via Schotterkoffer geführte Aussenluft).

Der Mehrpreis für den Schotterkoffer beträgt laut Architekt CHF 14'151.-- exkl. MWST. Es wird angenommen, dass die Mehrinvestition über 50 Jahre bei einem durchschnittlichen Zinssatz von 5 % abgeschrieben wird.

Der Minderpreis für die nächst kleinere Wärmepumpe kann nur grob abgeschätzt werden. Dazu werden die Brutto-Listenpreise zweier Fabrikate ähnlicher Leistung betrachtet:

### Fabrikate Calmotherm:

LW 160 H-I A2/W35 = 16.2 kW <sub>th</sub>	CHF 15'700.—	Differenz CHF 1'200.--
LW 210 H-I A2/W35 = 20.5 kW <sub>th</sub>	CHF 16'900.—	

### Fabrikate Stiebel-Eltron:

WPL 25 KW A2/W35 = 16.1 kW <sub>th</sub>	CHF 16'000.—	Differenz CHF 2'000.--
WPL 30 KW A2/W35 = 18.2 kW <sub>th</sub>	CHF 18'000.—	

Die Minder-Investition für eine kleinere Wärmepumpe wird auf CHF 1'600.— geschätzt.

Es wird angenommen, dass die Minderinvestition für eine kleinere Wärmepumpe über 15 Jahre bei einem durchschnittlichen Zinssatz von 5 % abgeschrieben wird.

Die durchschnittlichen Stromkosten werden mit 15 Rp./kWh<sub>e</sub> (exkl. MWST) angenommen (sperrbarer Tarif mit erweiterten Niedertarifzeiten).

## 6.1 Jahres-Mehrkosten

### Schotterkoffer

Die Annuität (50 Jahre / 5 %) beträgt = 5.5 %. Damit ergeben sich Jahres-Mehrkosten für den Schotterkoffer von:

$$(5.5/100) \times 14'151 \text{ CHF} = \text{CHF } 778.—$$

### Wärmepumpe

Die Annuität (15 Jahre / 5 %) beträgt = 9.6 %. Damit ergeben sich Jahres-Minderkosten dank kleinerer Wärmepumpe von:

$$(9.6/100) \times 1'600.— \text{ CHF} = \text{CHF } 154.—$$

Die Jahres-Mehrkosten betragen CHF 778.— ./ CHF 154.— = CHF 624.—, wobei die längere Lebensdauer des Wärmepumpen-Verdichters infolge geringerer Schalthäufigkeit nicht berücksichtigt wird.

Damit die gesamte Mehrinvestition (nach heutigen Kriterien) wirtschaftlich ist, müssen die elektrischen Energiekosten der Wärmepumpe mit Schotterkoffer pro Jahr um CHF 624.— geringer sein wie mit einer Wärmepumpe ohne Schotterkoffer.

Dies entspricht einem Soll-Minderverbrauch von

$$624 \times 100 / 15 = 4160 \text{ kWh}_e$$

Die Abschätzung des Minderverbrauchs von elektrischer Energie mit Schotterkoffer wird für jeden Monat grob berechnet. Sie erfolgt für die Raumheizung (ohne Berücksichtigung des Brauchwarmwassers). Die Monatsarbeitszahl bei mittlerer Außen-temperatur wird proportional der Leistungszahlen bei mittl. Wärmequellen (= Ansaug)-Temperatur und mittl. Außentemperatur berechnet unter Berücksichtigung des entsprechenden Vorlauftemperatur-Sollwertes.

Bei der Berechnung werden die unterschiedlichen täglichen Betriebsarten der Heizung (Normalbetrieb tagsüber, reduzierter Betrieb nachts) nicht berücksichtigt. Ebenso wird vernachlässigt, dass Änderungen von Leistungszahl und Arbeitszahl unterschiedlich sind und dass die Ventilatorleistung einer L/W-Wärmepumpe ohne Schotterkoffer in den meisten Fällen kleiner wäre wie im Fall mit Schotterkoffer.

Mit dem Schotterkoffer beträgt im Jahr 1999 der Ist-Minderverbrauch an elektrischer Energie für die Wärmepumpe

$$\text{knapp } 2000 \text{ kWh}_e,$$

was zuwenig ist, damit die Mehrinvestition wirtschaftlich ist.

## Zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit im Betriebsjahr 1999

Monat	von der WP produz. Wärme f. Raumheizung [kWh]	mittl. T(A) [°C]	mittl. T(VLS) [°C]	Epsilon b. mittl. T(A)	mittl. T(WQ) [°C]	Epsilon b. mittl. T(WQ)	MAZ eff.	MAZ ber.b. mittl. T(A)	eff. Stromverbrauch b. T(WQ) [kWhe]	ber. Stromverbrauch b. mittl. T(A) [kWhe]	Differenz [kWhe]
Jan 99	5'531	2.7	35	3.6	8	4.1	2.33	2.05	2'372	2'701	329
Feb 99	6'381	1.4	37	3.25	7	3.8	2.26	1.93	2'820	3'297	477
Mrz 99	4'352	6.9	32	4	9	4.3	2.45	2.28	1'778	1'911	133
Apr 99	3'552	10.3	29	4.5	12	4.8	2.50	2.35	1'418	1'513	95
Mai 99	1'010	16.5					2.54		398		
Jun 99	474	17.6					2.42		196		
Jul 99	155	20.2					1.99		78		
Aug 99	135	19.0					1.90		71		
Sep 99	175	17.6					2.13		82		
Okt 99	3'071	10.4	29	4.5	14	5	2.91	2.62	1'056	1'173	117
Nov 99	5'853	3.6	34	3.7	11	4.3	2.43	2.09	2'406	2'796	390
Dez 99	7'559	3.0	36	3.5	7.5	3.8	2.31	2.13	3'275	3'556	281

Differenz der elektr. Jahres-Energieverbrauchs zwischen WP mit und ohne Schotterkoffer [kWhe] 1823

mittl. T(A) : arith. Mittelwert der Monats-Aussentemperaturen (Tabelle "Monats-Temperaturen")

mittl. T(VLS) : Vorlauftemp.-Sollwert für die Heizungsanlage (Diagramm "Heizkennlinie") bei mittl. T(A)

Epsilon : Leistungszahl des WP-Verdichters (Diagramm "Verdichter Maneurop MT 125 HU")

mittl. T(WQ) : geschätzte mittl. Wärmequellentemp. (WP-Zuluft) aufgrund des entsprechenden Monats-Diagramms

MAZ eff. : effektive Arbeitszahl für den entsprechenden Monat

MAZ ber. b.

mittl. T(A) : berechnete Arbeitszahl für den entsprechenden Monat bei mittl. T(A)

## 6.2 L/W-WP mit Schotterkoffer oder S/W-WP mit Erdsonden ?

Nachfolgend noch ein Vergleich der bestehenden Anlage mit einer einer Erdsondenanlage. Bei der bestehenden Anlage mit L/W-WP wird er Minderpreis durch Wegfall des separaten CrNi-Plattenwärmetauschers (R22/Trinkwasser) in der WP für die Erwärmung des Brauchwassers berücksichtigt, sodass die Gesamtkosten für die Wärmeerzeugung inkl. Schotterkoffer rund CHF 48'000.-- betragen.

Geschätzte Kosten einer Anlage mit Sole/Wasser-Wärmepumpe:

Sole-Wasser WP mit Kälteleistung 18.3 kW bei B0/W35 inkl. Pufferspeicher und Heizeinsatz	CHF 18'000
Erdsondenanlage 370 m	CHF 22'500
Verbindungsleitung Erdsonden → Solekollektor inkl. Solepumpe und Montage	CHF 3'000
Montage und Anschluss WP	CHF 500
Verrohrung WP → Pufferspeicher	CHF 1'500
Elektroboiler 950 l mit eingebautem Wärmetauscher Und Elektroheizeinsatz, inkl. Ladepumpe	CHF 6'000
Montage und Anschluss Boiler	CHF 500
Verrohrung WP → Boiler	CHF 1'500
Isolationen	<u>CHF 2'000</u>
 Gesamtkosten Wärmeerzeugung mit S/W-WP	CHF 55'500

Unterschied zur bestehenden Anlage:

Wärmeerzeugung mit S/W-WP	CHF 55'500
Wärmeerzeugung mit L/W-WP (inkl. Schotterkoffer)	<u>CHF 48'000</u>
Mehrkosten mit S/W-WP	CHF 7'500

Die Annuität bei einer Abschreibungsdauer von 15 Jahren und 5% Zins beträgt 9.6 %, was für die Mehrkosten der S/W-WP CHF 720.— pro Jahr ergibt.

Jahres-Wärmebedarf:

Raumheizung	36'000 kWh
Brauchwarmwasser 9'000 kWh, davon 50 % mit WP	<u>4'500 kWh</u>
Total	40'500 kWh

Erforderliche elektr. Energie für die Abdeckung des Jahres-Wärmebedarfs:

L/W-WP (mit Schotterkoffer), JAZ = 2.35	17'234 kWh <sub>e</sub>
S/W-WP, JAZ = 3.3	<u>12'273 kWh<sub>e</sub></u>
Unterschied	4'961 kWh <sub>e</sub>

Bei Stromkosten von 15 Rp./kWh hat die Anlage mit S/W-WP um CHF 744.— tiefere Jahres-Energiekosten.

Der Vergleich mit den Jahres-Kapitalkosten der Mehrinvestition für eine S/W-WP mit CHF 720.-- /Jahr führt zum Ergebnis, dass die Mehrinvestition für eine S/W-Wärme-pumpe bei einem Strompreis von 15 Rp./kWh wirtschaftlich ist.

## 7. Schlussfolgerungen

Für den Betrieb einer Luft/Wasser-Wärmepumpe ist es energetisch sinnvoll, die Aussenluft über einen Schotterkoffer anzusaugen. Der Schotterkoffer vermag die Temperatur-Extrema der Aussenluft sowohl im Winter als auch im Sommer stark zu dämpfen, was sich auf die Betriebsweise der Luft/Wasser-Wärmepumpe günstig auswirkt. Die insbesondere im Winterhalbjahr dem Schotterkoffer und dessen Umgebung entzogene Wärme scheint im Sommerhalbjahr wieder nachzufließen.

Der dadurch entstehende Minderverbrauch an elektrischer Energie vermag jedoch die Jahreskosten der zusätzlichen Investitionen bei den aktuellen Strompreisen nicht abzudecken.

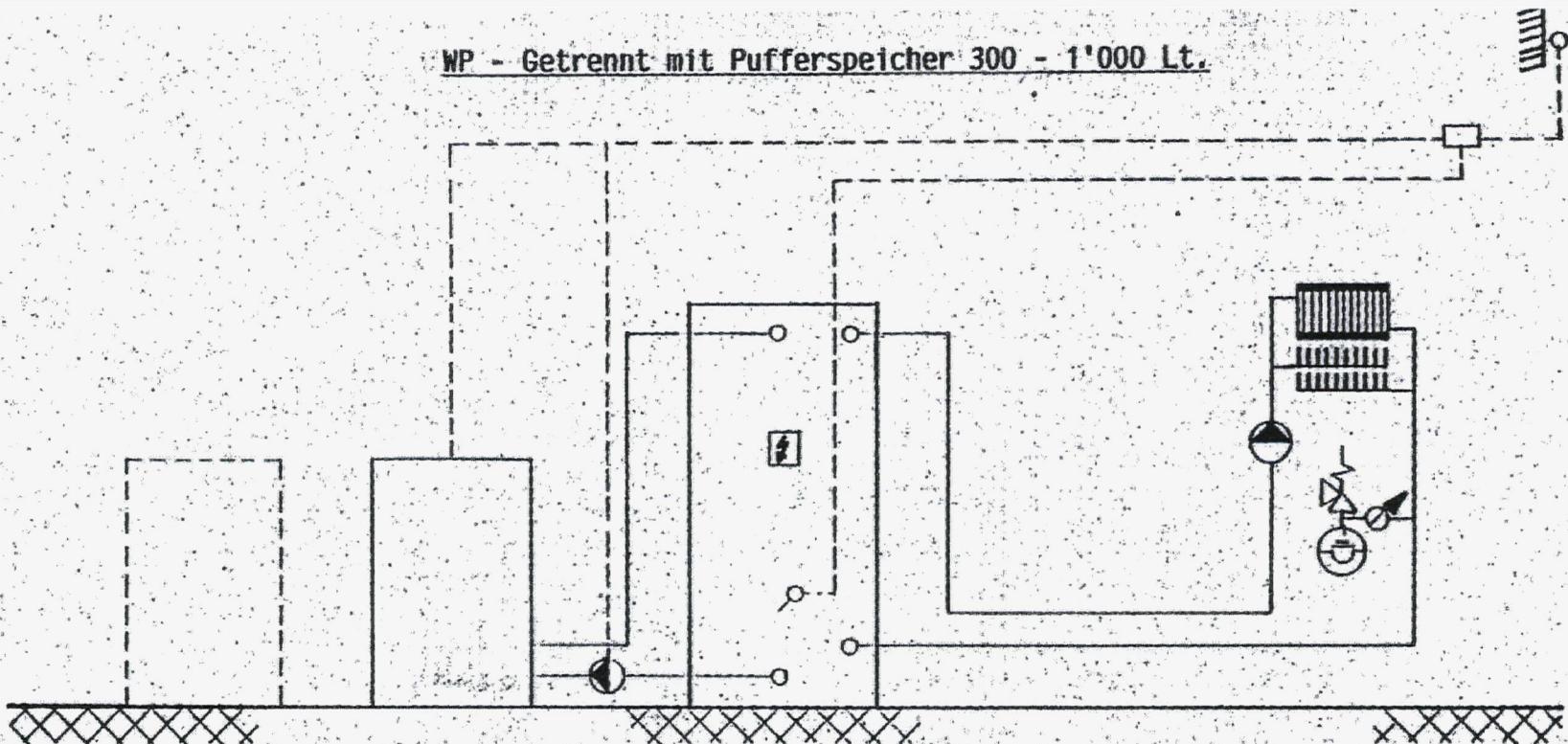
Die Erstellung eines Schotterkoffers rechnet sich erst bei einer ungefähren Verdopplung der Kosten für elektrische Energie.

Die energetisch bessere Lösung, deren Mehrinvestition verglichen mit der bestehenden Anlage wirtschaftlich ist, wäre der Einsatz einer Sole/Wasser-Wärmepumpe, die über Erdsonden dem Erdreich Wärme entzieht. Voraussetzung ist selbstverständlich, dass die Anlage in einem Gebiet liegt, wo Erdsonden abgetaucht werden dürfen.

## 8. Anhang

	Seite
Prinzipschema Heizung .....	23
Prinzipschema Brauchwarmwasser .....	24
Kennlinien der eingesetzten Wärmepumpe.....	25
Leistungszahl des Verdichters der eingesetzten Wärmepumpe .....	26
Monatstemperaturen (Aussen und WP-Zuluft), Januar 1999 bis Juni 2000 .....	27
Zählerstände Januar 1999 bis Juni 2000 .....	45

WP - Getrennt mit Pufferspeicher 300 - 1'000 Lt.



Seite 23

Verwendung

- bei reiner Bodenheizung
- Bodenheizung mit grossem Radiatorenanteil
- zur Systemtrennung
- Speichertemperatur gleitend

# Grünenwald AG

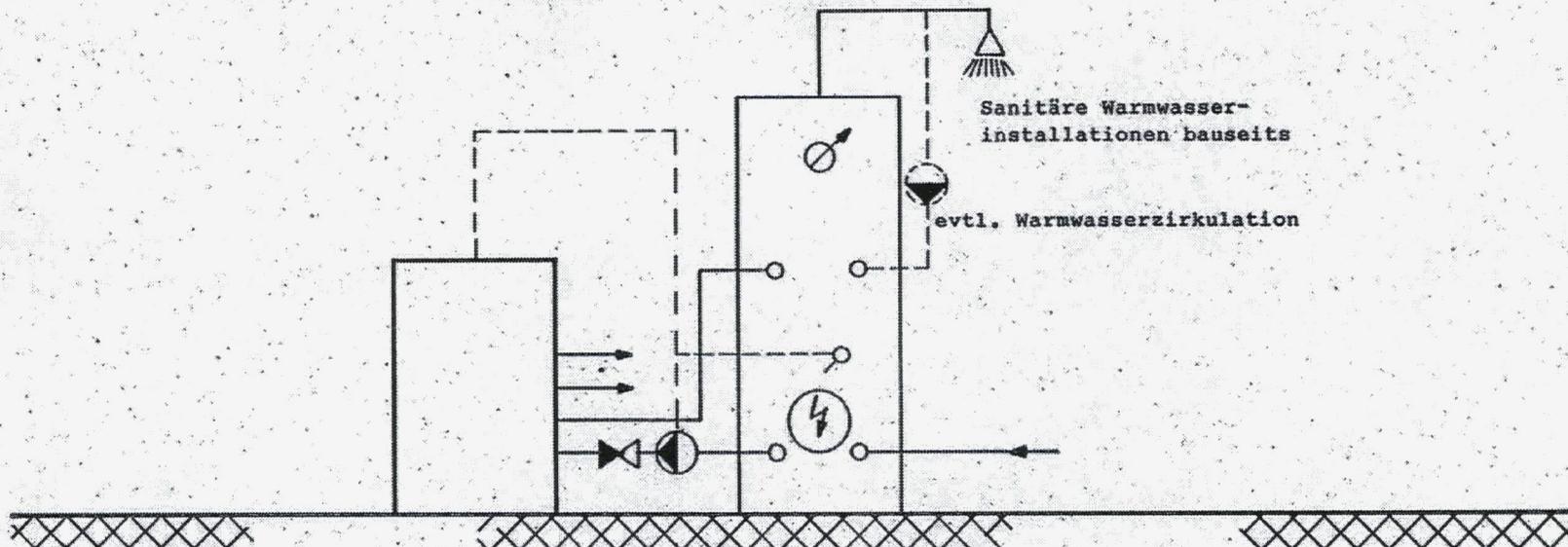
Wärmepumpen • Tiefenbohrungen • Haustechnik • Umwelttechnologie

Obstgartenstrasse 19  
CH-8910 Affoltern a/A

Tel. 01 761 03 36  
Fax 01 761 95 37

## PRINZIPSCHEMA

WP - Boilerladung ab 300 Lt.



Verwendung

- nur auf speziellen Wunsch
- für Brauchwassererwärmung
- Boiler benötigt spez. Anschlüsse
- Vorschriften SVGW

Beachten

# Grünenwald AG

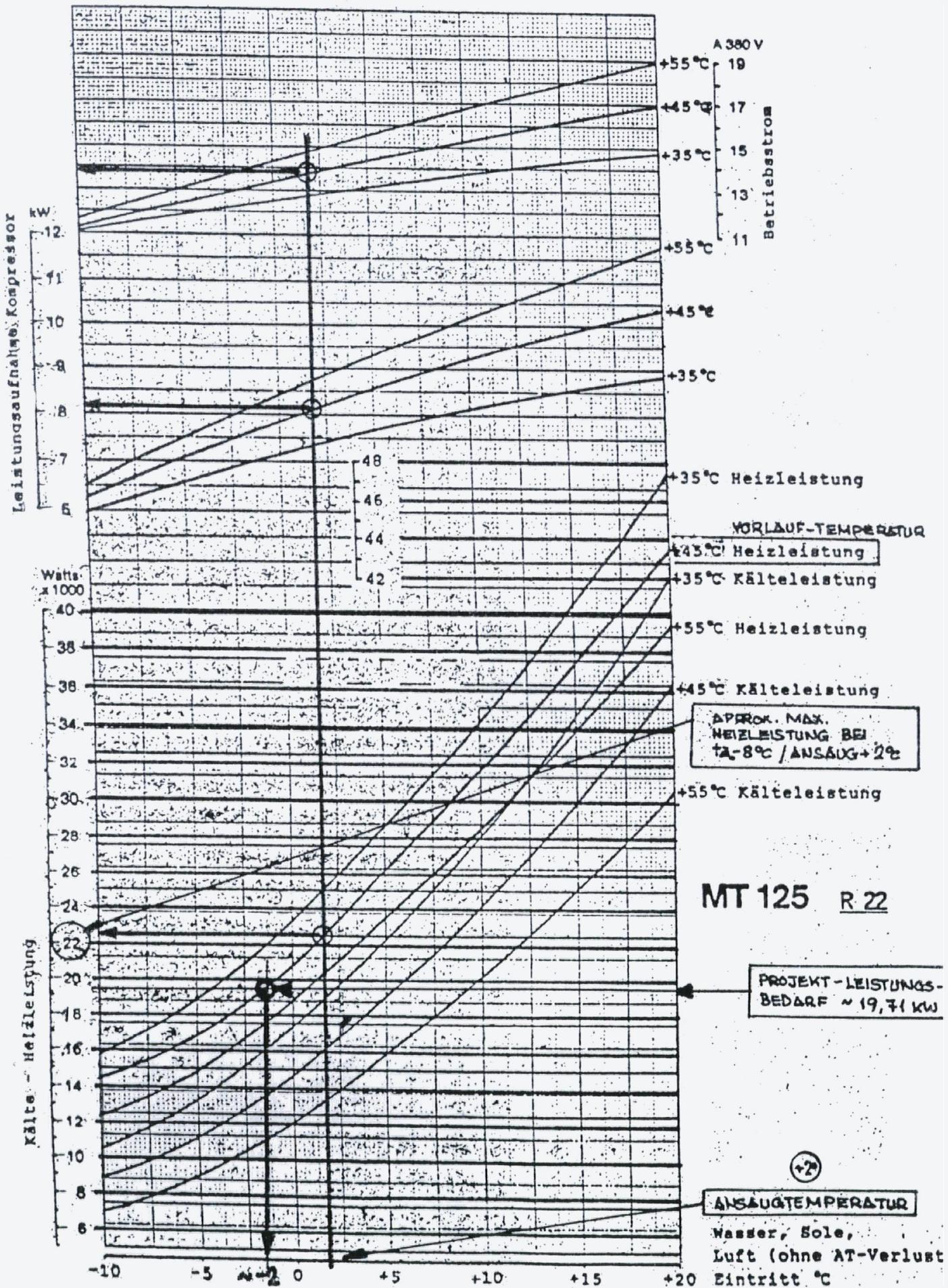
Wärme pumpen • Tiefenbohrungen • Haustechnik • Umwelttechnologie

Obstgartenstrasse 19  
CH-8910 Affoltern a/A

Tel. 01 761 03 36  
Fax 01 761 95 37

PRINZIPSCHEMA

# Grünenwald AG

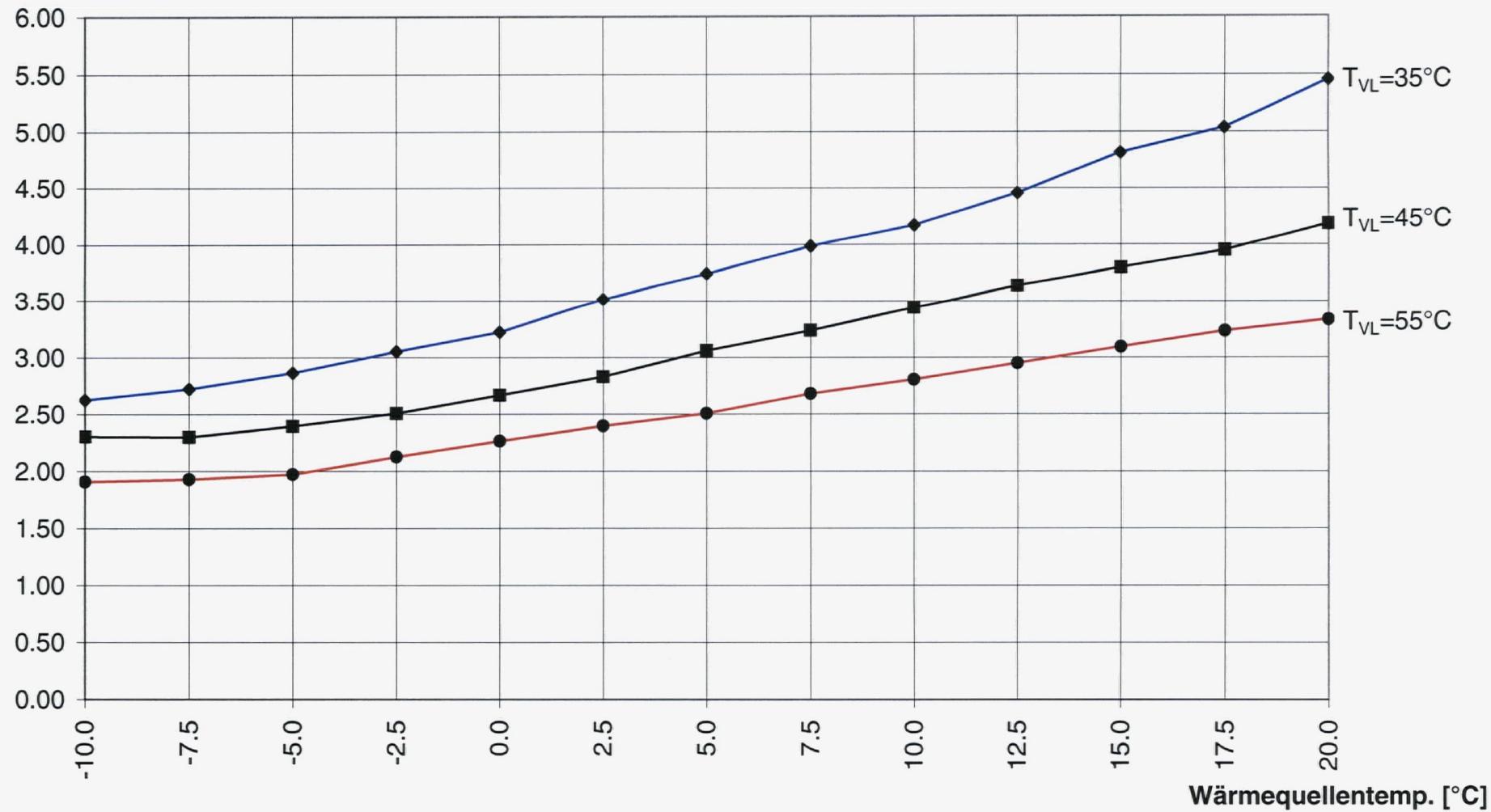


## Verdichter Maneurop MT 125 R22

(Grundlage: Kennlinien von Grünenwald)

Leistungszahl (Epsilon)

Seite 26

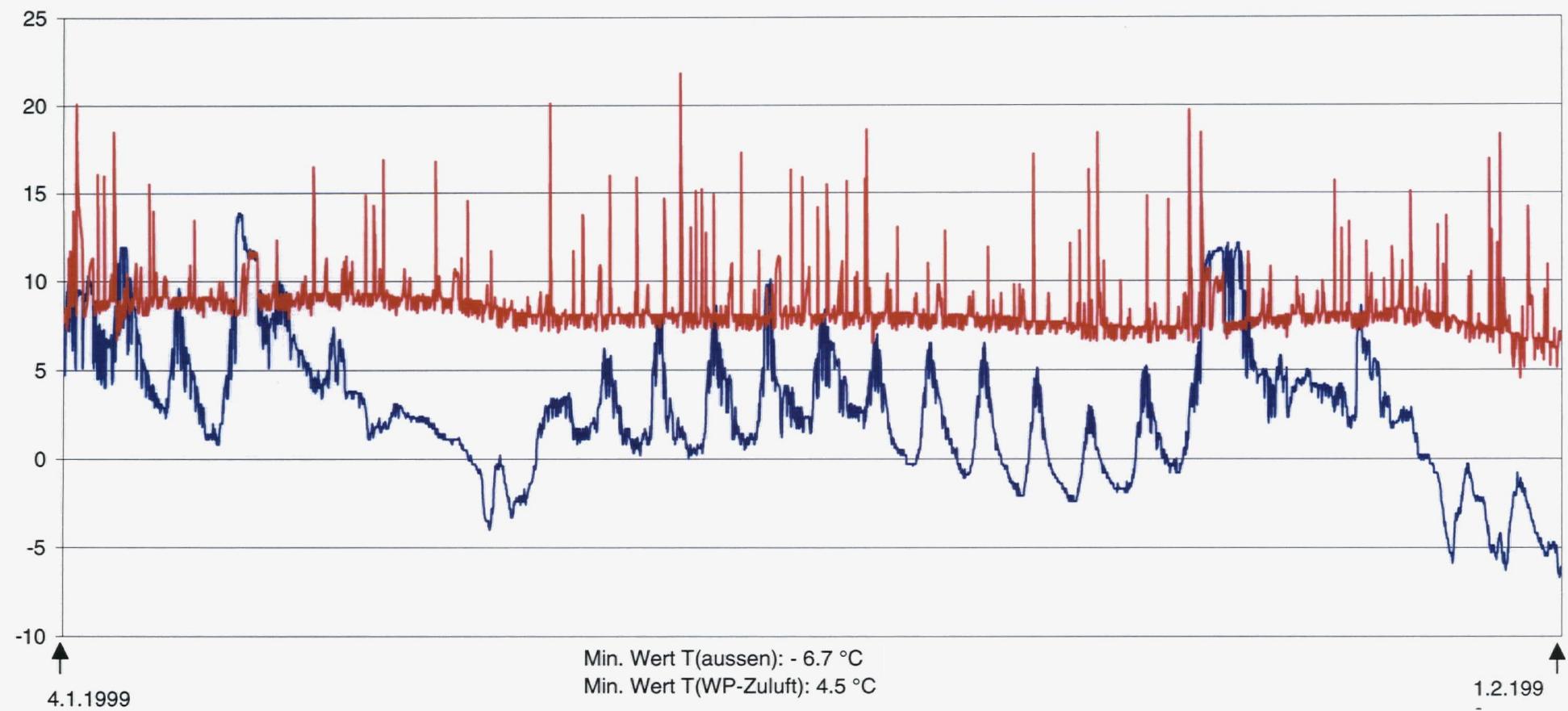


Breitestr. 79, Muttenz  
Januar 1999

T(aussen)  
T(WP-Zuluft)

[°C]

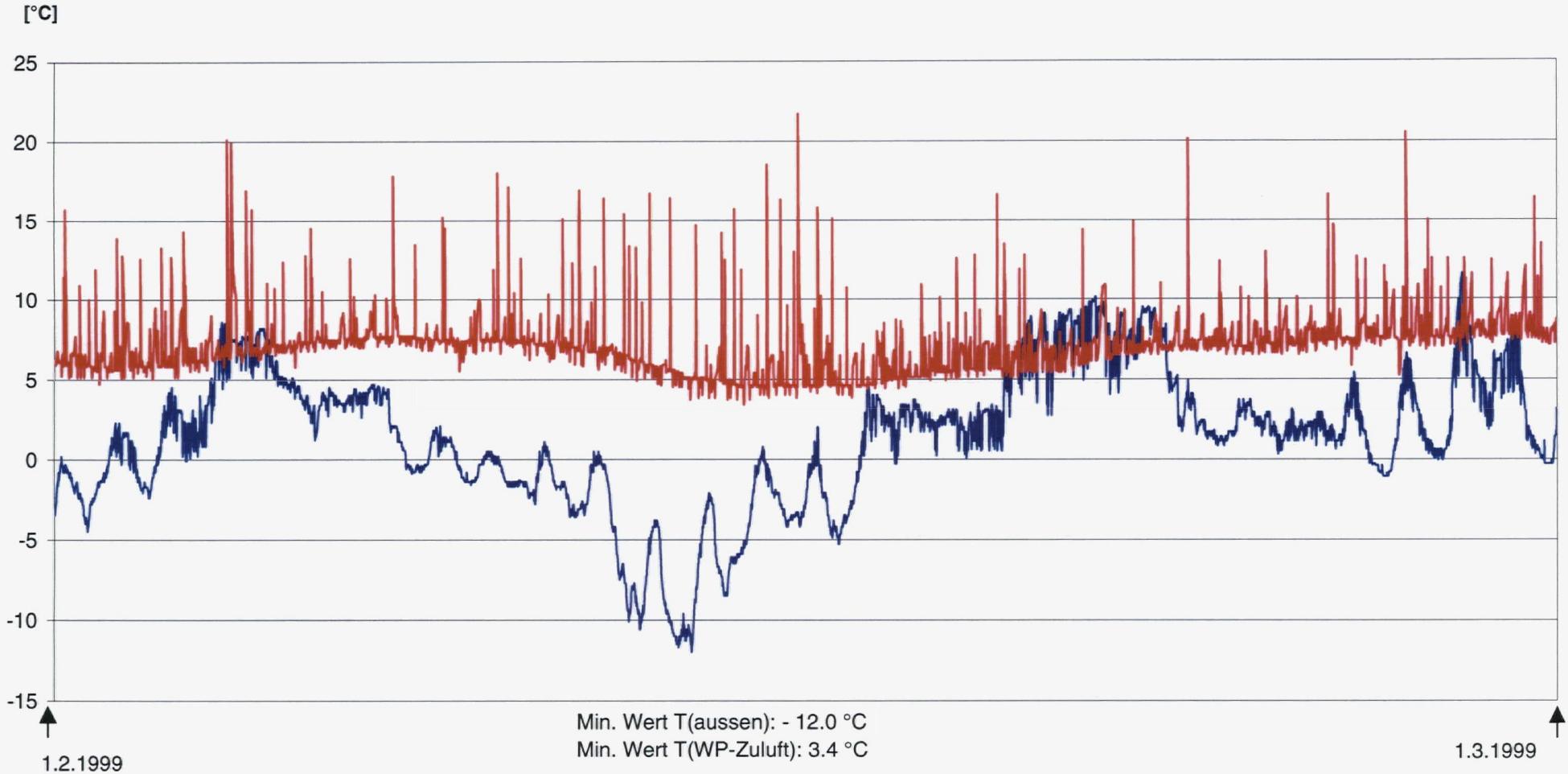
Seite 27



Breitestr. 79, Muttenz  
Februar 1999

T(aussen)  
T(WP-Zuluft)

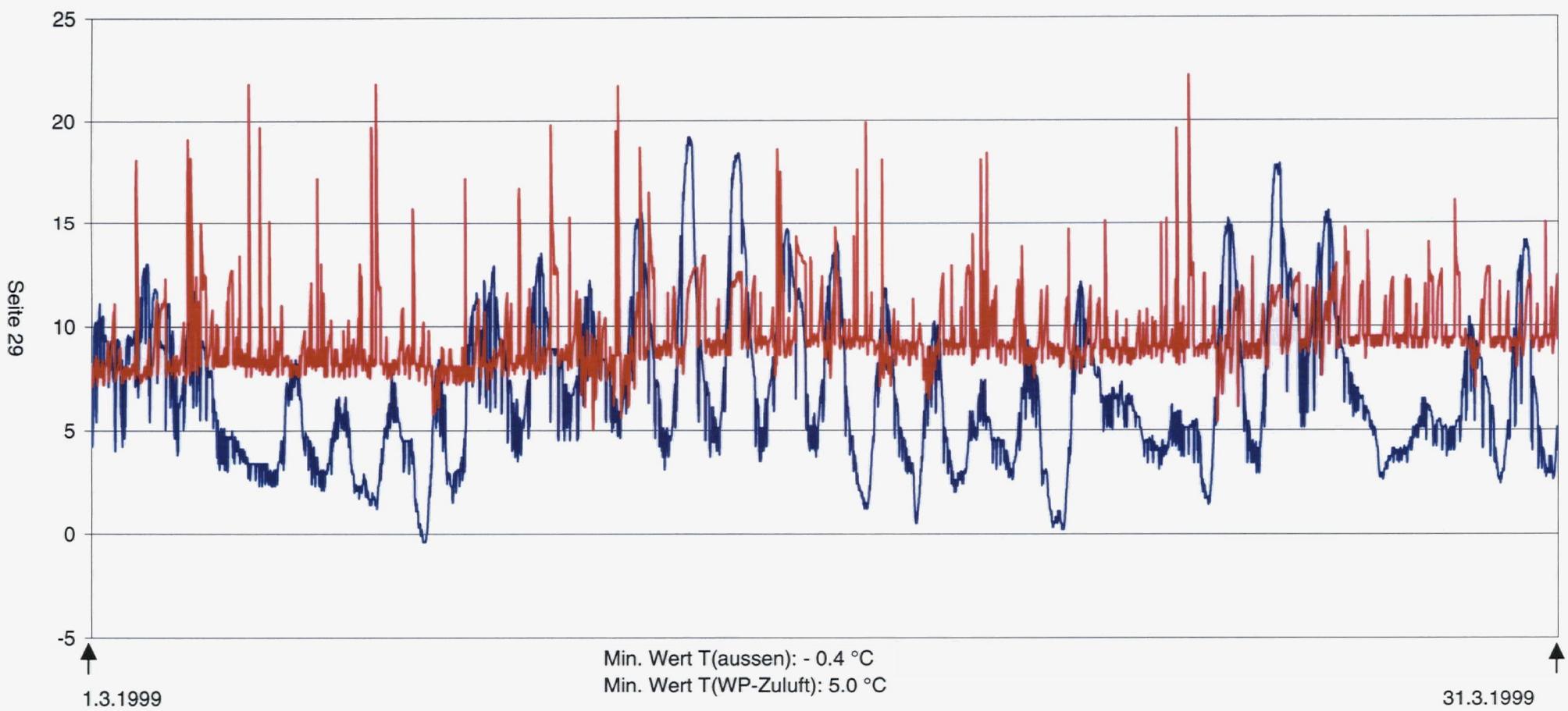
Seite 28



Breitestr. 79, Muttenz  
März 1999

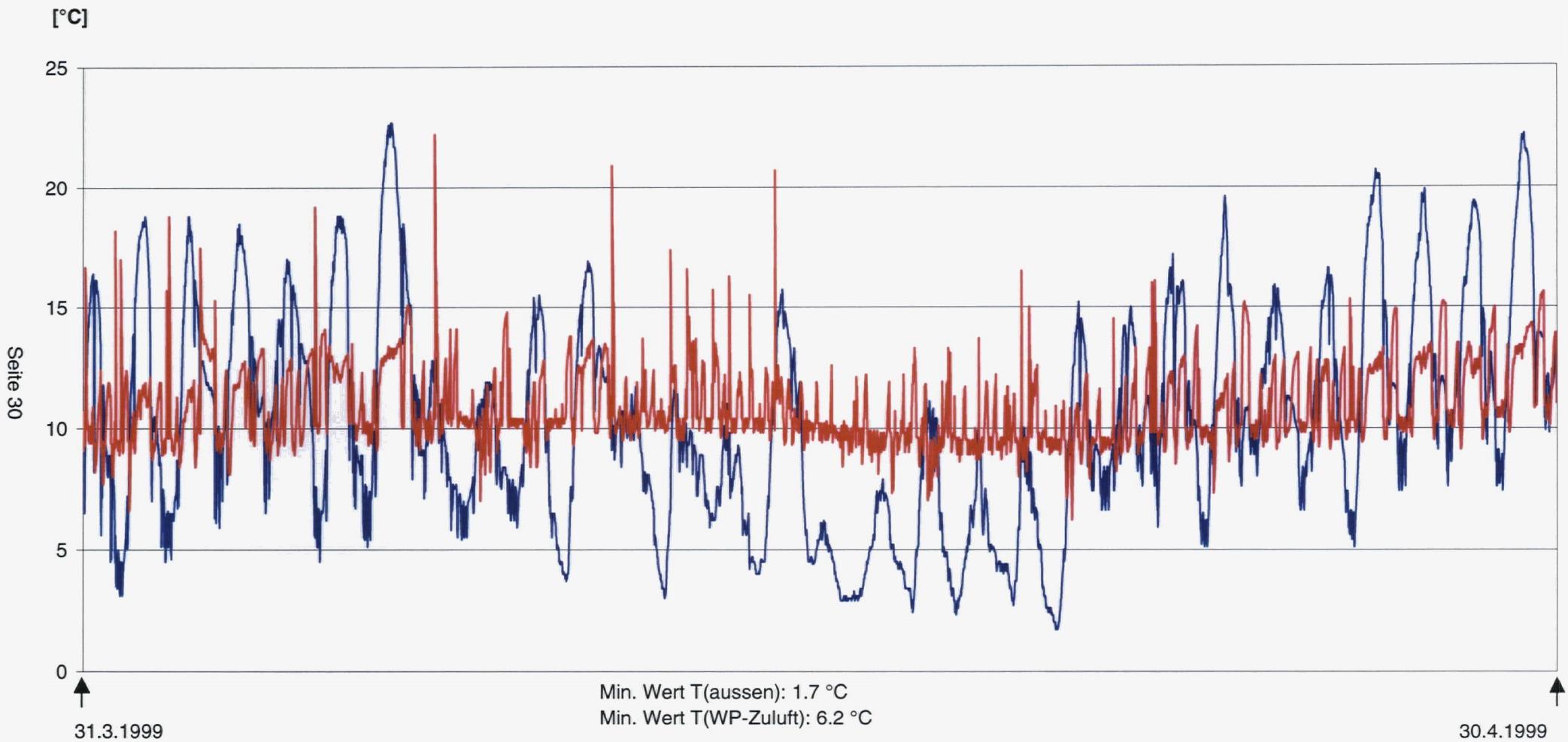
— T(aussen)  
— T(WP-Zuluft)

[°C]



Breitestr. 79, Muttenz  
April 1999

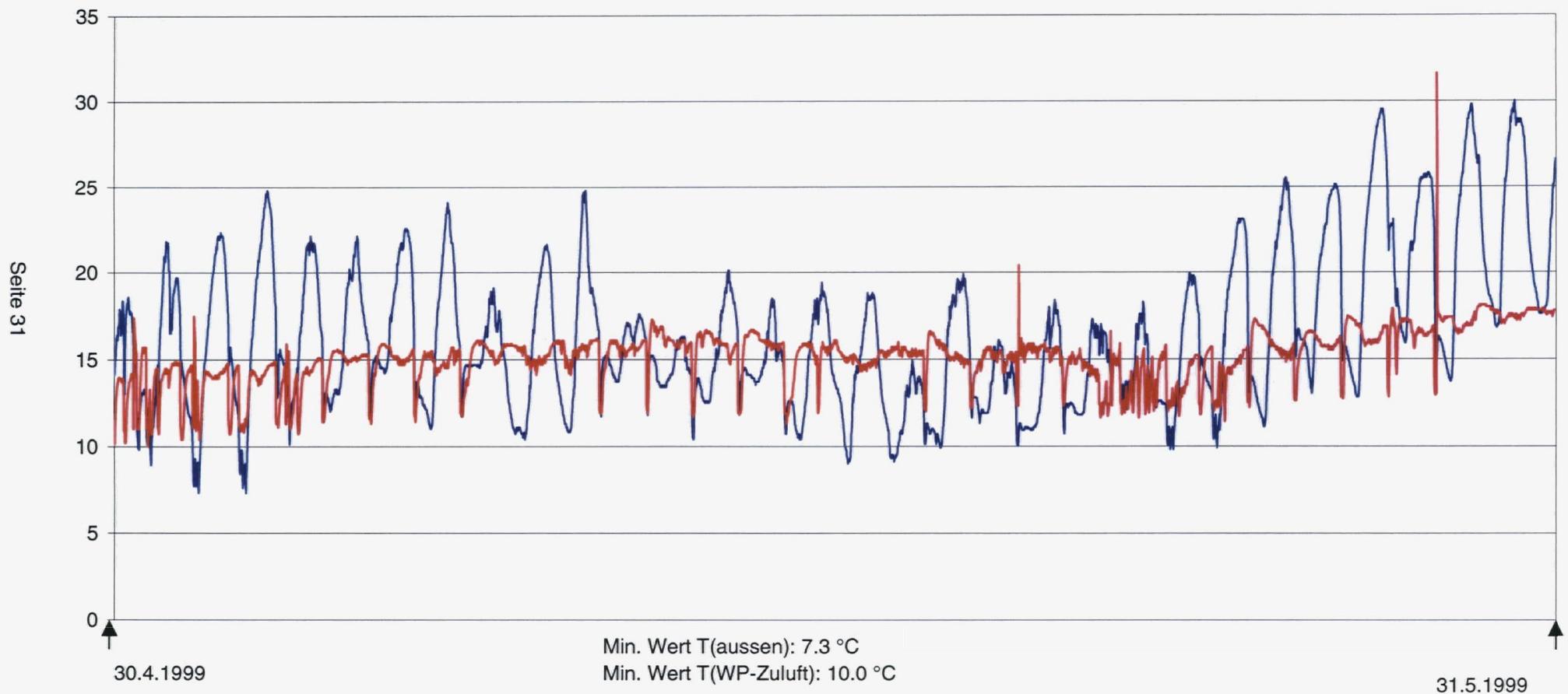
T(aussen)  
T(WP-Zuluft)



Breitestr. 79, Muttenz  
Mai 1999

— T(aussen)  
— T(WP-Vorlauf)

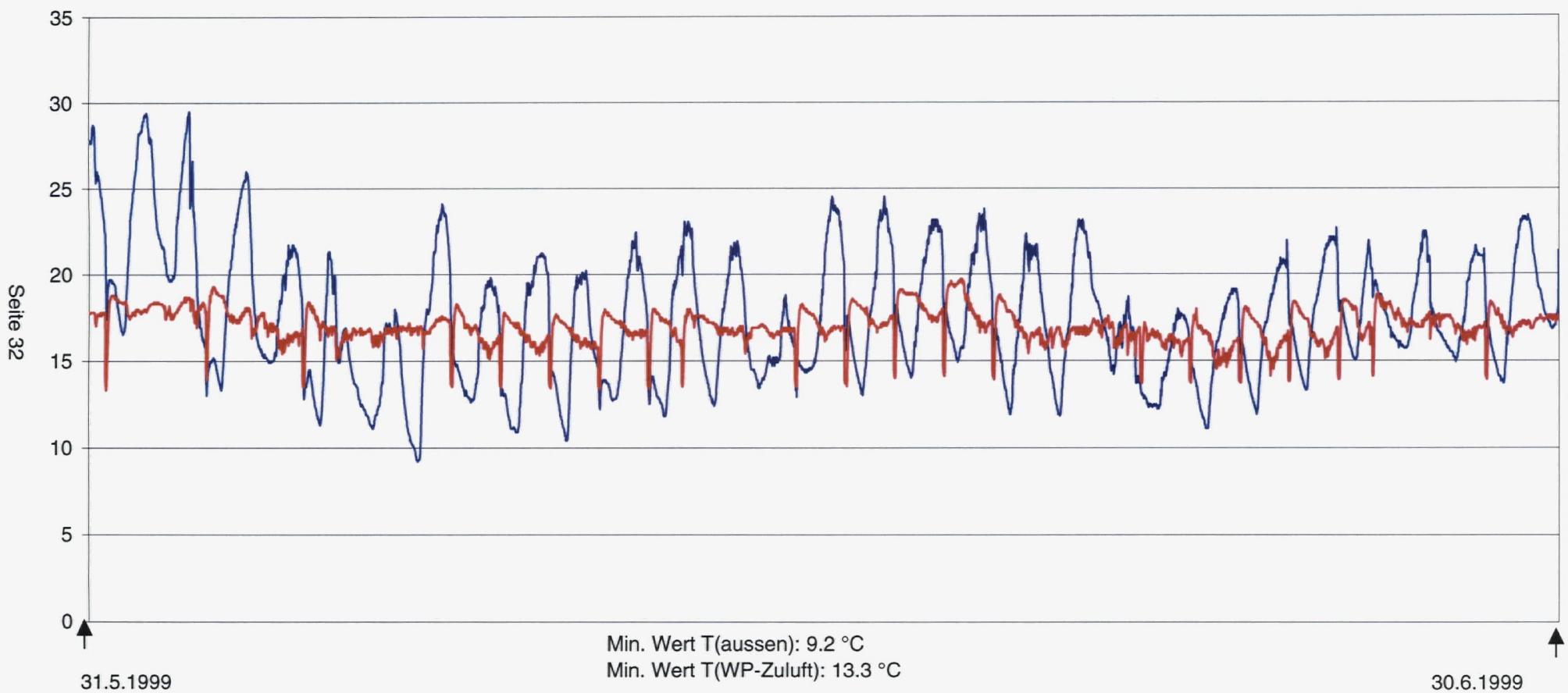
[°C]



Breitestr. 79, Muttenz  
Juni 1999

— T(aussen)  
— T(WP-Zuluft)

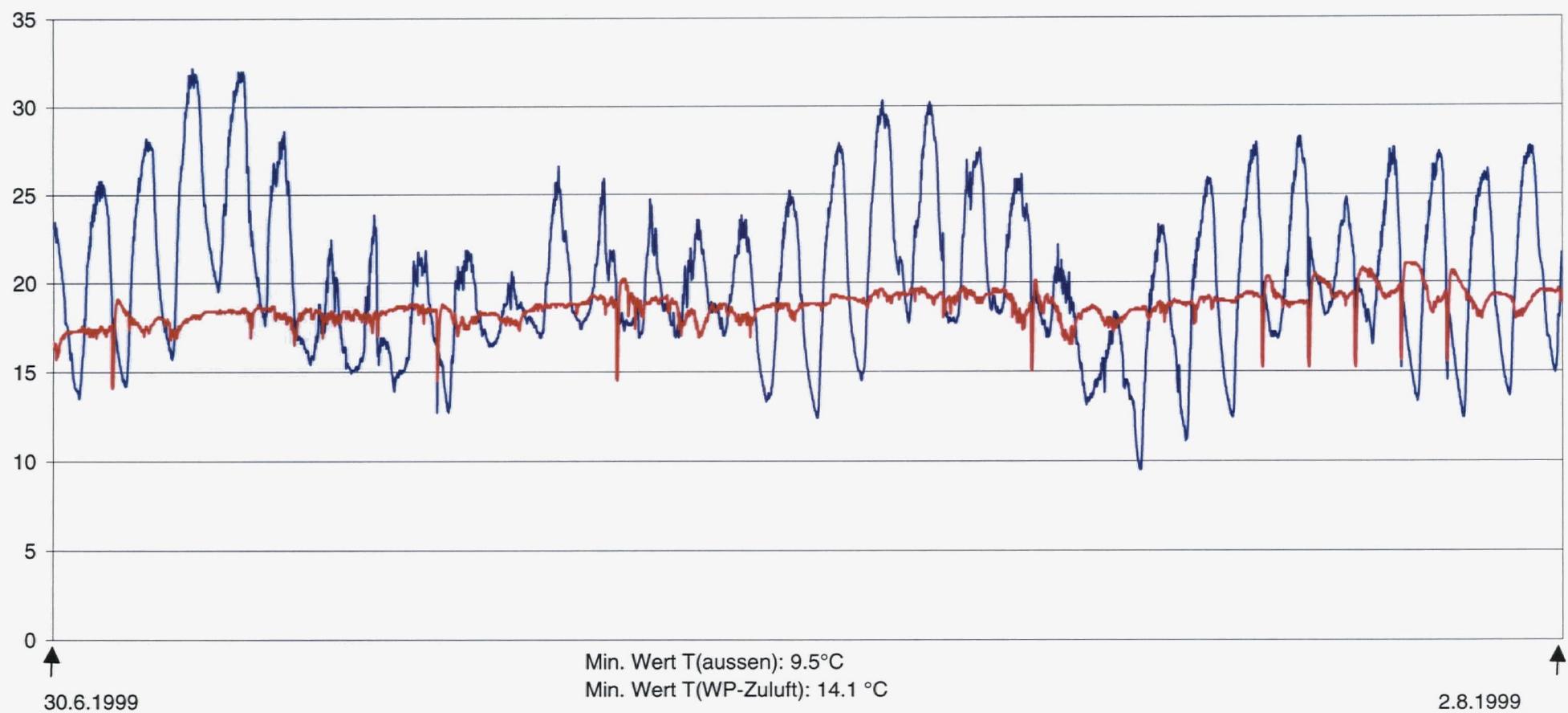
[°C]



Breitestr. 79, Muttenz  
Juli 1999

T(aussen)  
T(WP-Zuluft)

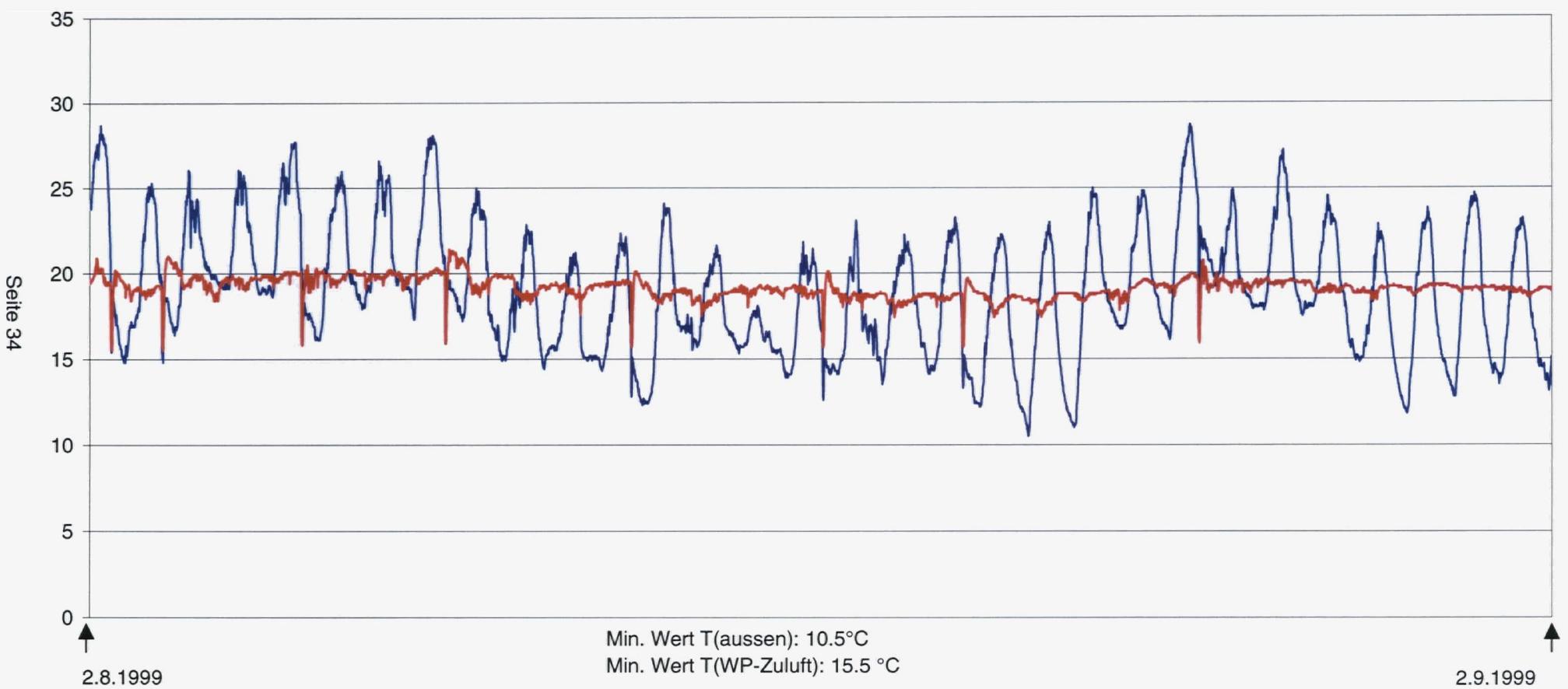
[°C]  
Seite 33



Breitestr. 79, Muttenz  
August 1999

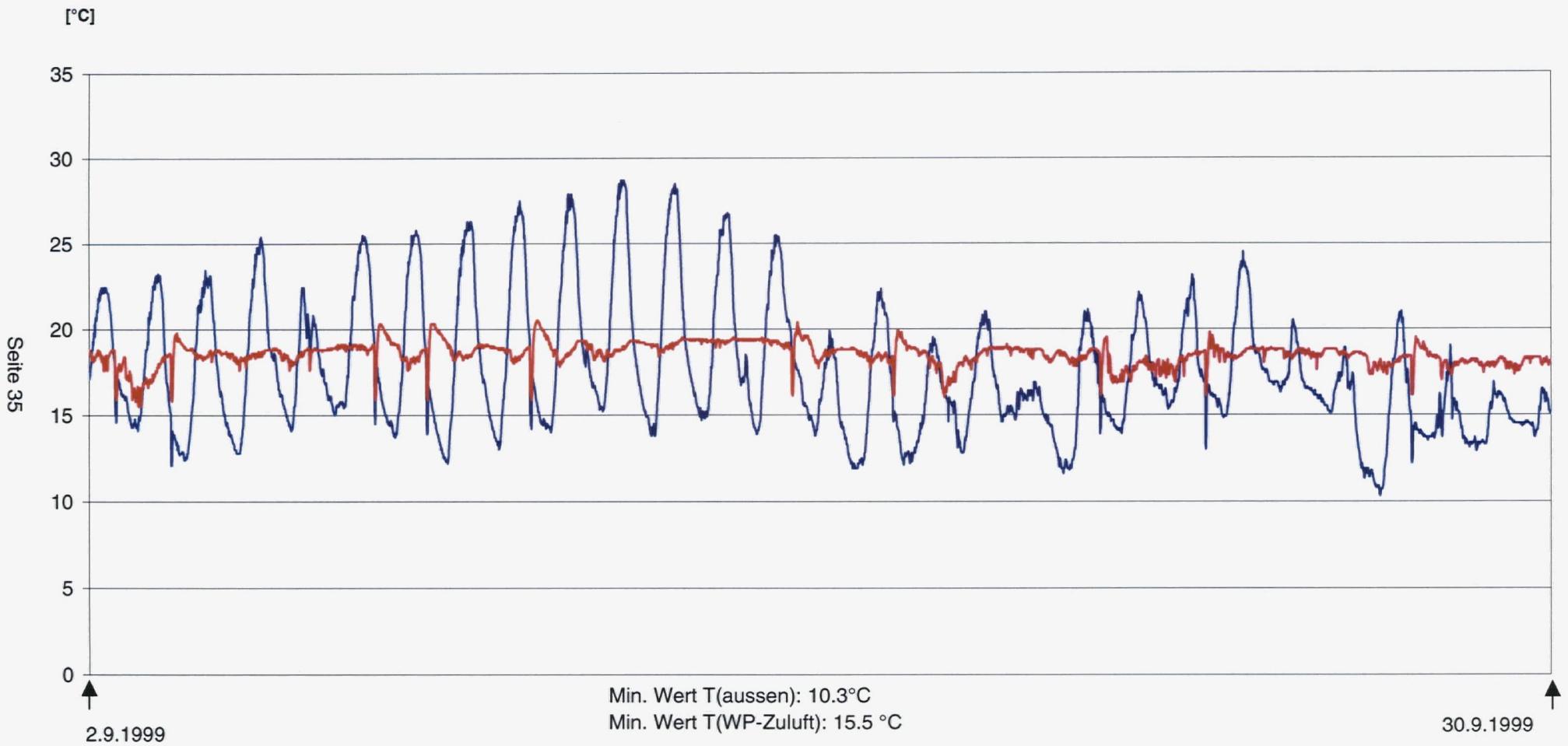
T(aussen)  
T(WP-Zuluft)

[°C]



Breitestr. 79, Muttenz  
September 1999

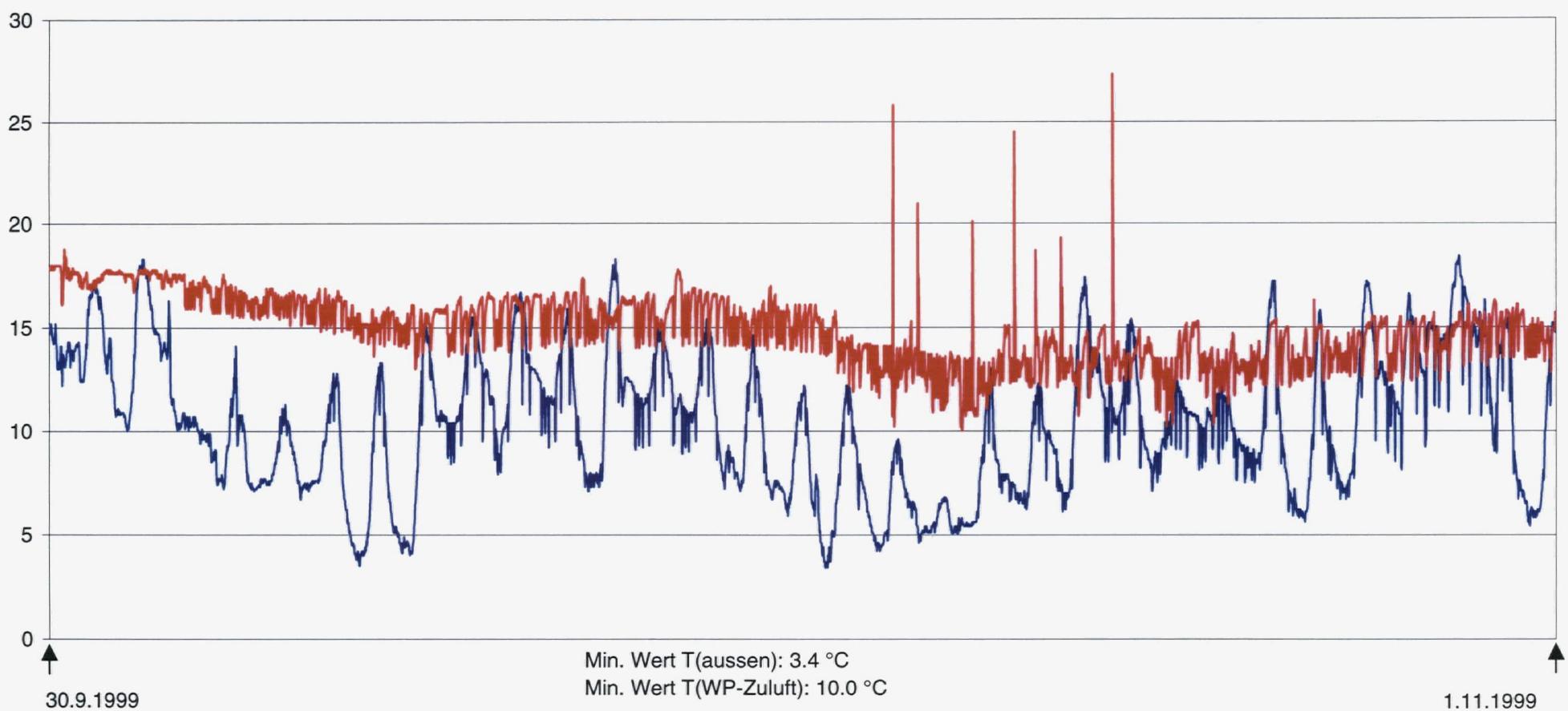
T(aussen)  
T(WP-Zuluft)



Breitestr. 79, Muttenz  
Oktober 1999

T(aussen)  
T(WP-Zuluft)

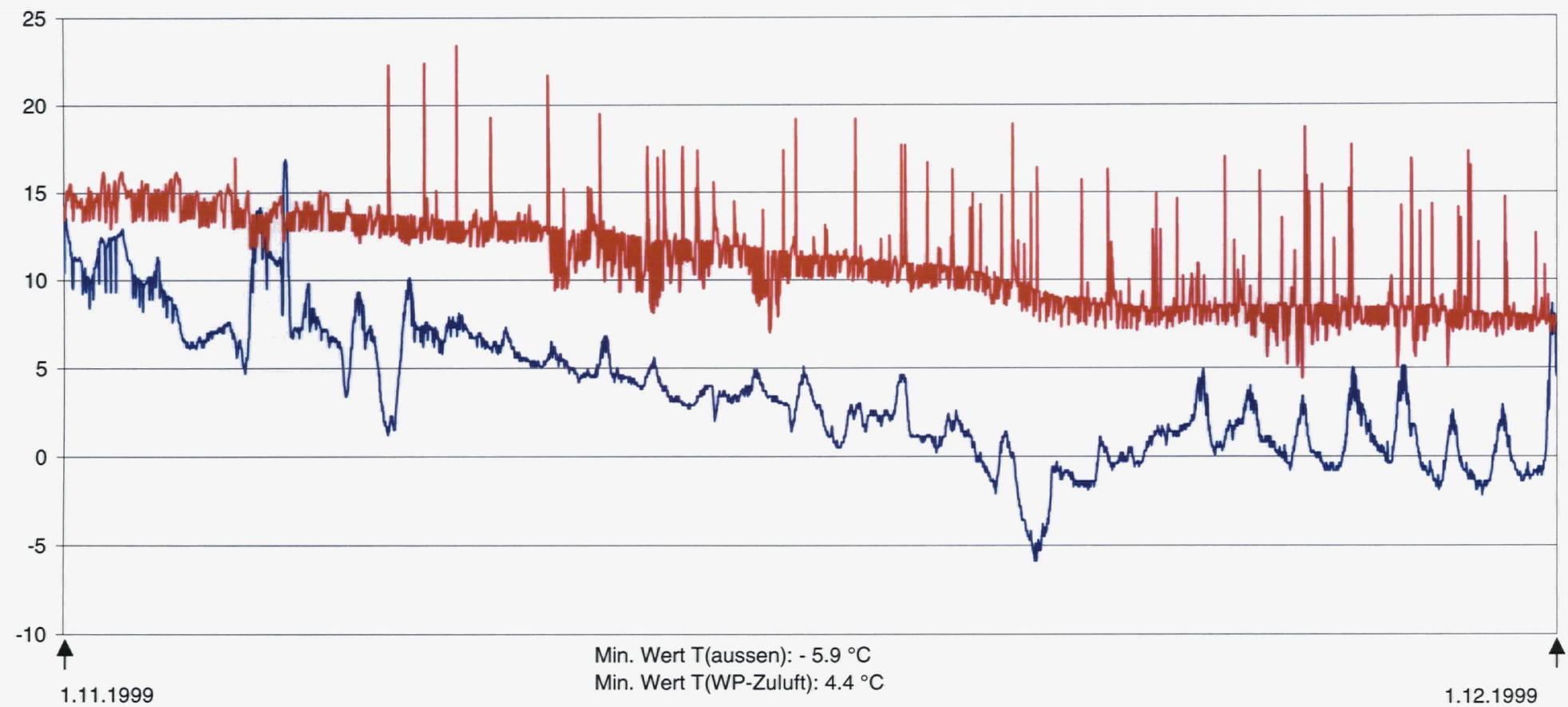
[°C]  
Seite 36



Breitestr. 79, Muttenz  
November 1999

— T(aussen)  
— (T(WP-Zuluft)

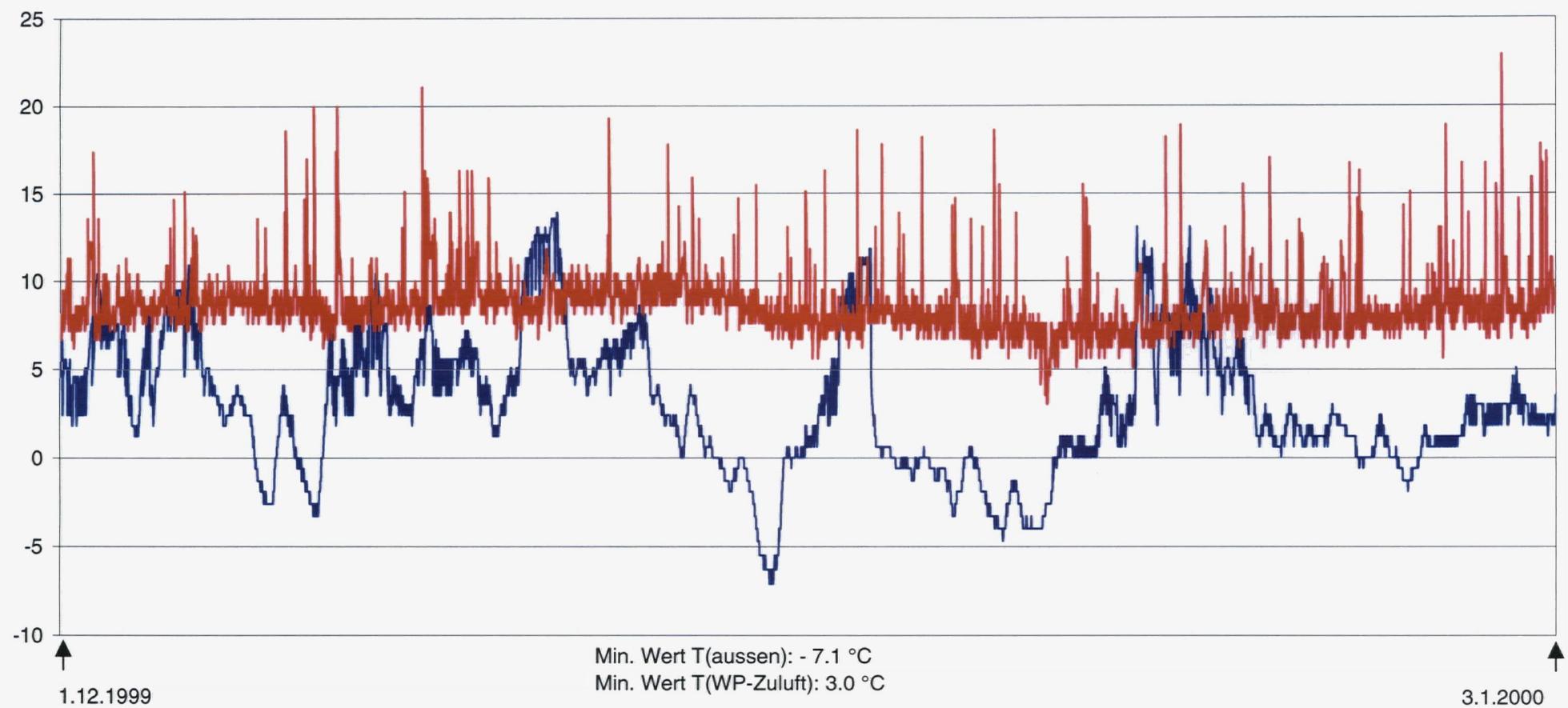
[°C]



Breitestr. 79, Muttenz  
Dezember 1999

T(aussen)  
T(WP-Zuluft)

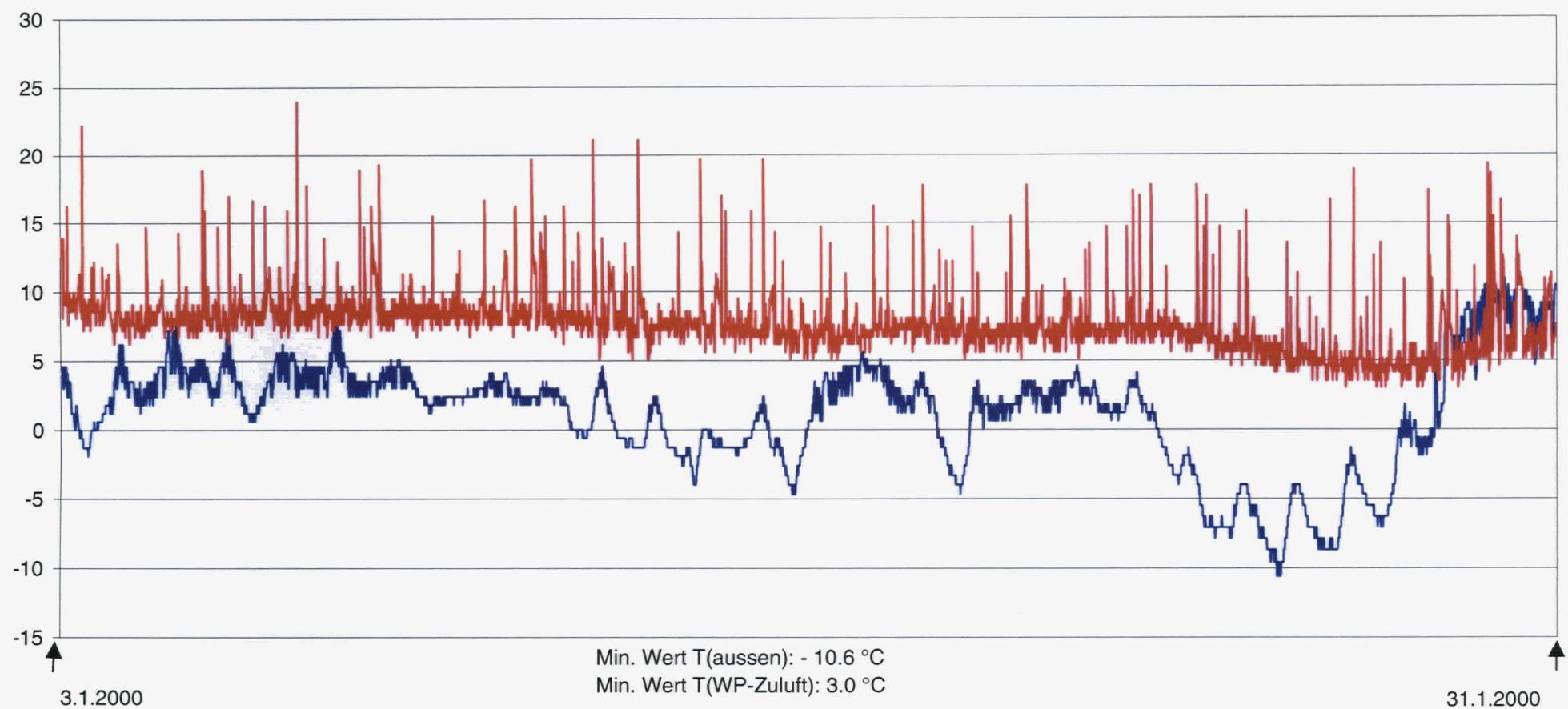
Seite 38  
[°C]



Breitestr. 79, Muttenz  
Januar 2000

T(aussen)  
T(WP-Zuluft)

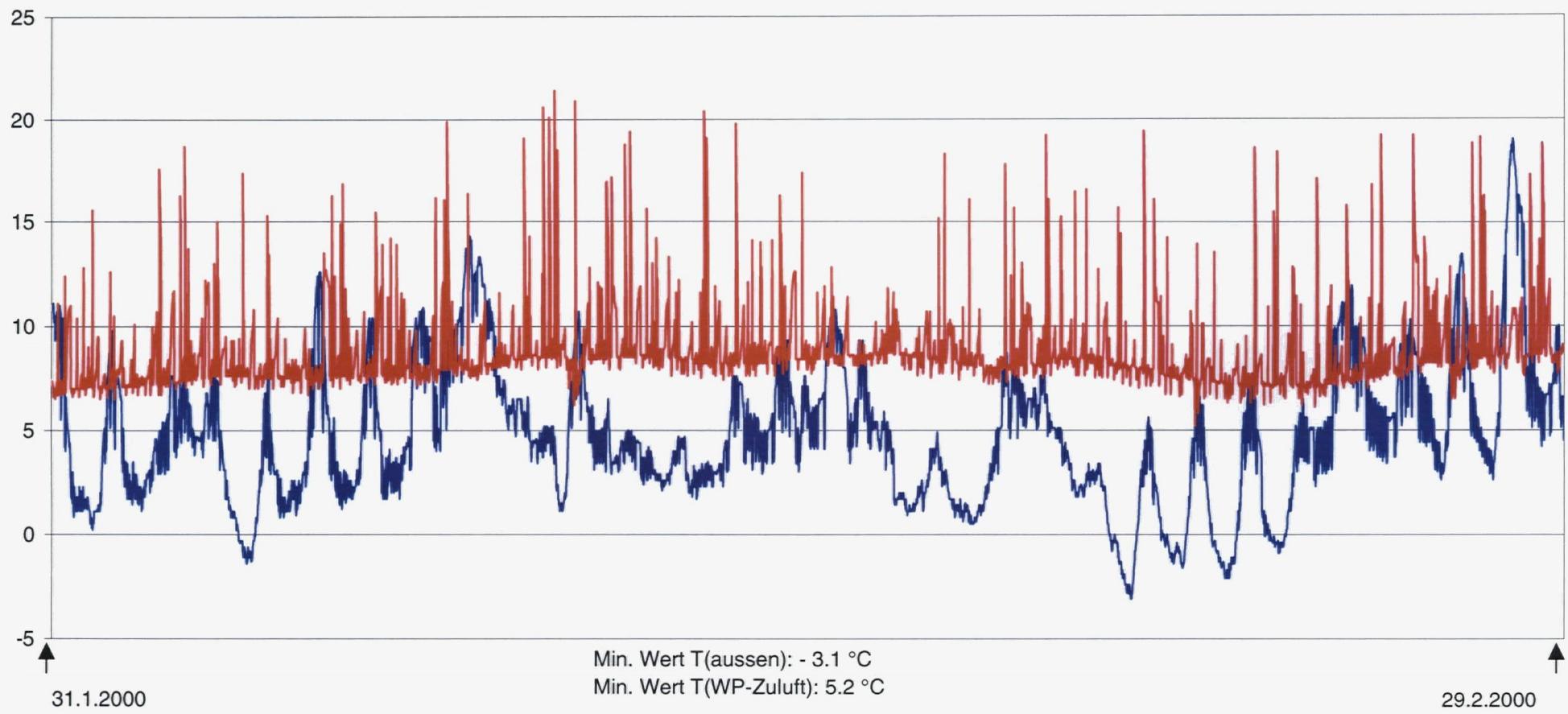
[°C] Seite 39



Breitestr. 79, Muttenz  
Februar 2000

T(aussen)  
T(WP-Zuluft)

[°C]  
Seite 40

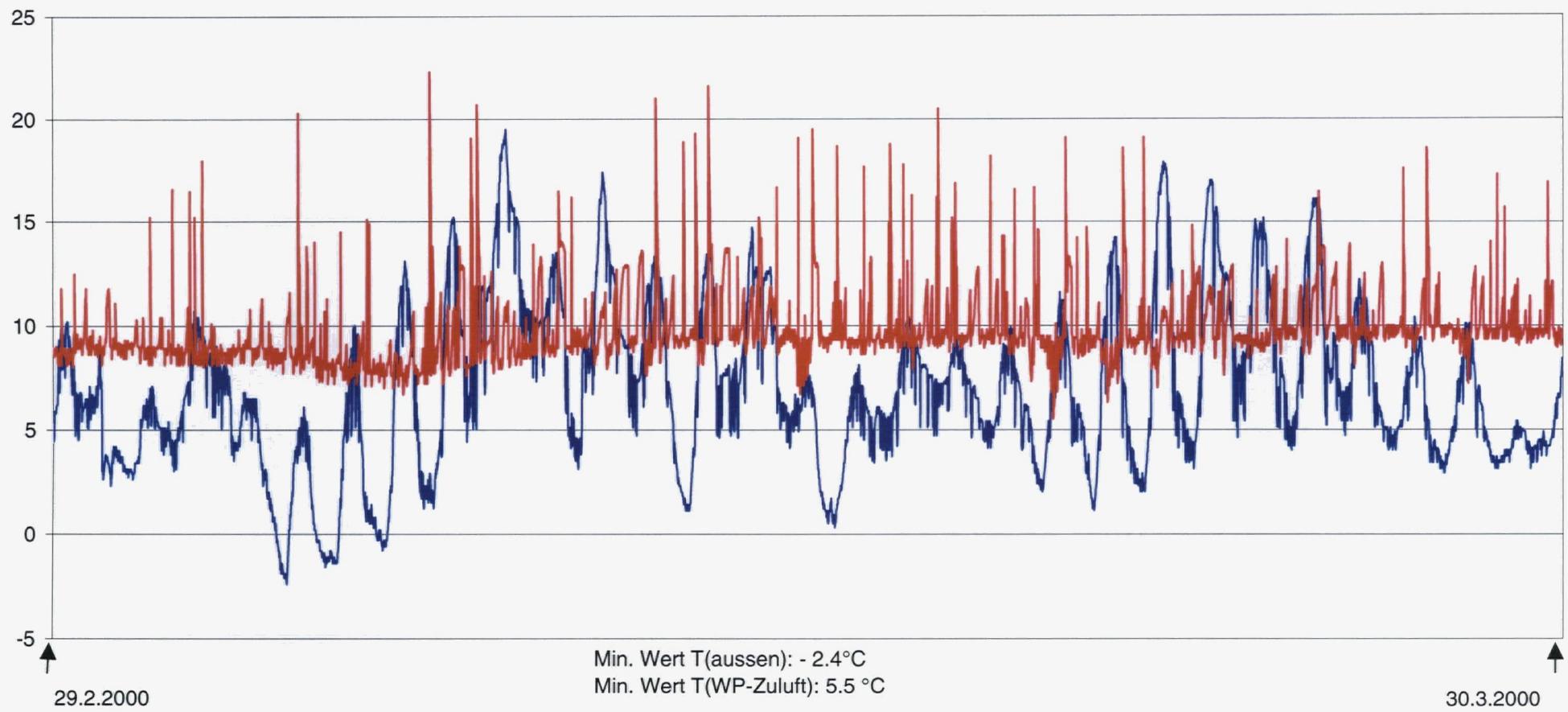


Breitestr. 79, Muttenz  
März 2000

T(aussen)  
T(WP-Zuluft)

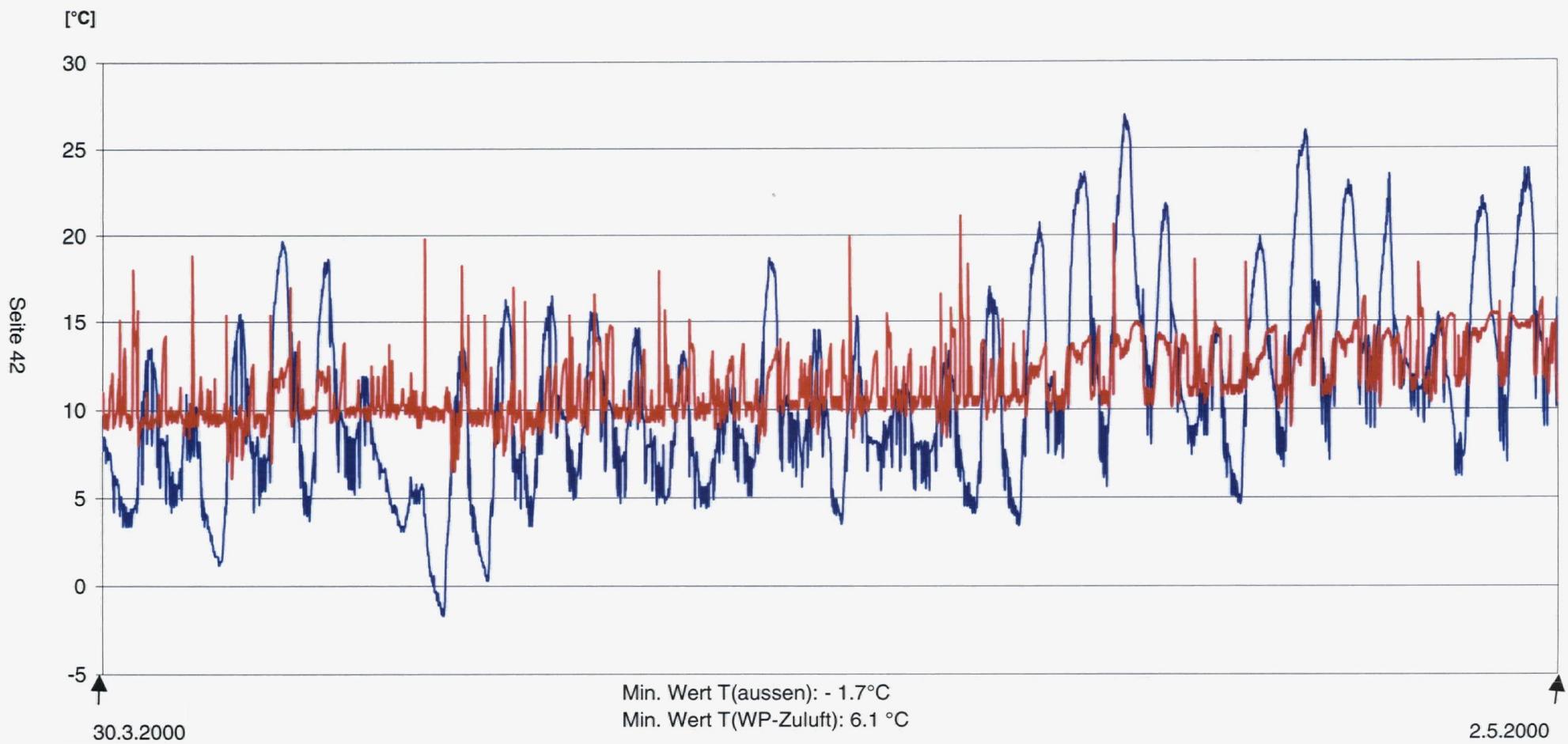
[°C]

Seite 41



Breitestr. 79, Muttenz  
April 2000

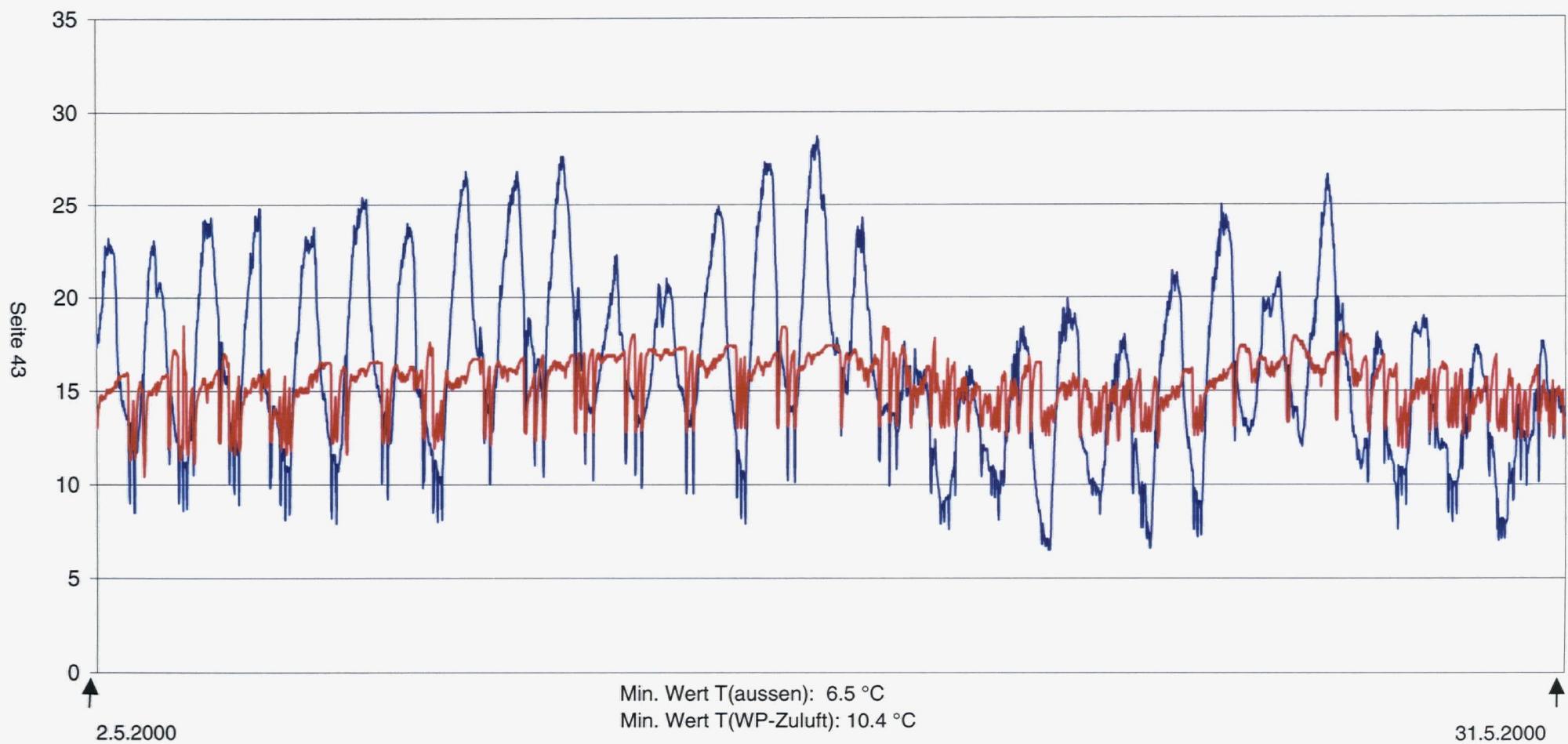
T(aussen)  
T(WP-Zuluft)



Breitestr. 79, Muttenz  
Mai 2000

— T(aussen)  
— T(WP-Zuluft)

[°C]

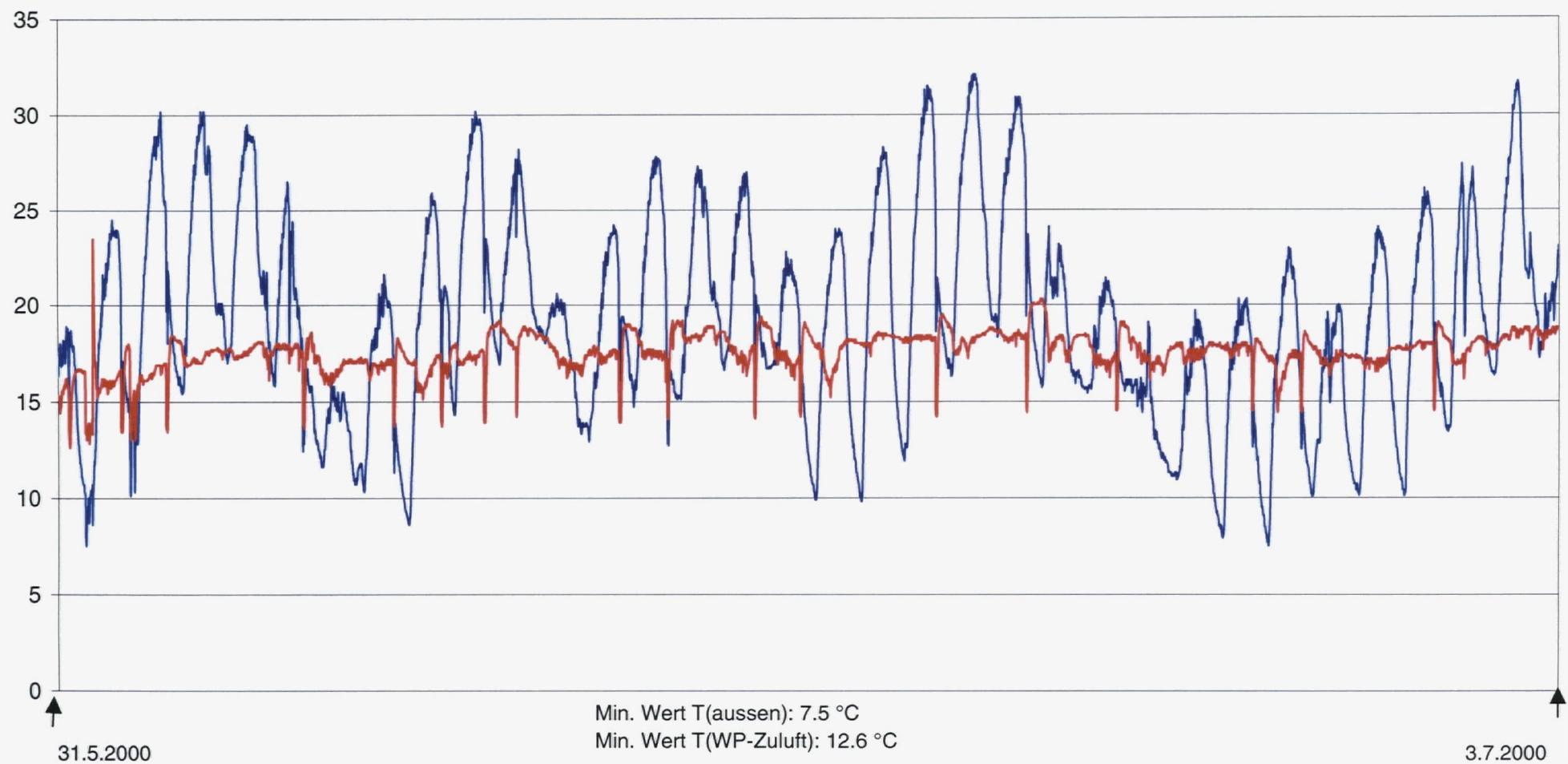


Breitestr. 79, Muttenz  
Juni 2000

[°C]

T(aussen)  
T(WP-Zuluft)

Seite 44



**MFH, Breitestr. 79, Muttenz**

**L/W WP-Anlage für die Raumheizung und die Erwärmung des Brauchwassers**

**Zählerstände**

Ablesedatum	Elektrozähler Verdichter	Elektrozähler Ventilator	Elektrozähler Zusatzheizung Puffersp.	Elektrozähler übrige Hilfsbetriebe	Elektrozähler Umwälzpumpe Heizkreis	Elektrozähler Heizeinsatz Boiler	Wärmezähler Ladekreis Pufferspeicher	Wärmezähler Ladekreis Boiler	Warmwasser Zählerstand [m3]	Betriebs-Stunden Verdichter	Startbefehle Verdichter
	Zählerstand [kWhe]	Zählerstand [kWhe]	Zählerstand [kWhe]	Zählerstand [kWhe]	Zählerstand [kWhe]	Zählerstand [kWhe]	Zählerstand [kWhth]	Zählerstand [kWhth]	Zählerstand [h]	Zählerstand [h]	Zählerstand
04.01.99	558'628	41'468	148'260	330	3'451	1'977	12'228	66	32.0	648	678
01.02.99	560'737	41'655	148'260	478	3'523	2'982	17'759	66	49.0	938	1'014
01.03.99	563'243	41'884	148'260	636	3'596	3'986	24'140	66	67.0	1'293	1'324
31.03.99	564'811	42'023	148'260	783	3'672	4'988	28'492	66	85.0	1'509	1'672
30.04.99	566'058	42'131	148'260	922	3'748	5'456	31'547	563	102.0	1'675	1'934
31.05.99	566'395	42'159	148'260	972	3'765	5'843	31'992	1'128	120.4	1'717	1'994
30.06.99	566'554	42'172	148'260	996	3'765	6'205	31'992	1'602	137.0	1'735	2'015
02.08.99	566'605	42'175	148'260	1'020	3'765	6'634	31'992	1'757	148.0	1'741	2'024
02.09.99	566'651	42'178	148'260	1'042	3'765	7'024	31'992	1'892	159.0	1'746	2'032
30.09.99	566'709	42'182	148'260	1'062	3'765	7'378	31'992	2'067	169.3	1'752	2'042
01.11.99	567'629	42'264	148'260	1'182	3'831	7'750	34'826	2'304	180.5	1'867	2'327
01.12.99	569'767	42'452	148'260	1'330	3'899	8'132	40'343	2'640	193.0	2'155	2'692
03.01.00	572'683	42'709	148'260	1'508	3'975	8'546	47'304	3'238	210.4	2'555	3'050
31.01.00	575'489	42'961	148'260	1'661	4'036	8'919	53'828	3'779	226.0	2'945	3'325
29.02.00	577'855	43'170	148'260	1'808	4'097	9'287	59'472	4'313	241.0	3'268	3'666
30.03.00	579'594	43'323	148'260	1'944	4'160	9'643	63'799	4'758	255.0	3'503	4'007
02.05.00	580'862	43'433	148'260	2'078	4'229	10'068	67'009	5'210	270.0	3'672	4'288
31.05.00	581'272	43'469	148'260	2'164	4'278	10'403	67'978	5'564	283.5	3'723	4'395
03.07.00	581'405	43'480	148'260	2'195	4'282	10'855	68'047	5'894	299.0	3'738	4'419