

Messprojekt Grasswil

Schlussbericht



Beheizen eines Minergiehauses mit Warmluft
aus einem Speicherofen

Ausgearbeitet durch

J. Bienz, Chiquet Energietechnik

.....

Im Auftrag des

Bundesamtes für Energie

Juni 2003

Auftraggeber:

Forschungsprogramm Holzenergie
Bundesamt für Energie

Auftragnehmer:

Jürg Bienz
Chiquet-Energetechnik AG
Homburgstrasse 4
4466 Ormalingen
Tel.: 061 985 96 60
Mail: info@chiquet-sopra.ch

Autor:

Jürg Bienz

Begleitgruppe:

H. Bertschinger, P&D Verantwortlicher Programm Gebäude, EMPA/ZEN Dübendorf
D. Binggeli, Bereichsleiter Holzenergie, BFE, Bern

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungs-, Pilot- und Demonstrationsprogrammes „Holzenergie“ des Bundesamtes für Energie erarbeitet.
Für den Inhalt ist alleine der Autor verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • office@bfe.admin.ch • www.admin.ch/bfe

Vertrieb: EMPA ZEN, 8600 Dübendorf (zen@empa.ch • www.empa.ch/ren)
ENET, 9320 Arbon (enet@temas.ch • www.energieforschung.ch)

Titelbild: Ansicht EFH Dellenbach von Südosten

Schlussbericht 2002**Projekt
Grasswil**

Autor und Koautoren	Jürg Bienz
beauftragte Institution	Chiquet-Energietechnik AG
Adresse	Homburgstrasse 4 4466 Ormalingen
Telefon, E-mail, Internetadresse	061 985 96 60 info@chiquet-sopra.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	37106 / 77843
Dauer des Projekts (von – bis)	Oktober 2000 bis Mai 2002 mit Verlängerung bis 2003

Zusammenfassung

Aufgrund der Erfahrungen in einem früheren Projekt (Langenick, Hochdorf) wurde im vorliegenden Projekt der Speicherofen in jeder Beziehung in einem sehr hohen Standard ausgeführt. Dank dieser Massnahmen ist es zwar einigermassen gelungen, die pro 24 Std.vorgegebene Wärmemenge mit nur einem Abbrand an die Umluft abzugeben.

Hingegen wurden in den mit Umluft beheizten Räumen die Raumtemperaturen von ca. 20 Grad nicht erreicht. Dies wohl in erster Linie, weil die praktisch realisierbare Wärmedämmung der luftführenden Rohre offensichtlich nicht genügt.

Es erscheint deshalb als fraglich, ob das Forschungsziel:

BEHEIZEN VON MINERGIEHÄUSERN MIT WARMLUFT AUS HOLZ-SPEICHEROEFEN

in dieser Form je erreichbar sein wird.

1. Projektziele

Beheizen von Minergie-Einfamilienhäusern durch Komfortlüftungen, mit Unterstützung durch Wärme aus Holz-Speicheröfen.

2. Ausgangslage

Das Wohnhaus in Grasswil ist als Minergiehaus geplant und realisiert worden. Dank der Hanglage konnte ein teilweise ausgebauter Keller, ein Voll- und ein Dachgeschoss im Dämmperimeter integriert werden. Das Einfamilienhaus liegt auf 567 Metern ü. M.



Ostansicht



Südansicht

Die Lüftungsanlage mit Lufterdregister wurde mit dem Holzofen im Erdgeschoss kombiniert. Dank Umluftbetrieb konnte die Aussenluft rate während der Heizsaison genügend tief gehalten werden.

Die Energiebezugsfläche beträgt 320 m². Der Heizenergiebedarf nach 380/1 (1988) beträgt mit Standardnutzung 175 MJ/(m²·K), unter Berücksichtigung der Komfortlüftung mit WRG 110 MJ/(m²·K).

3. Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Aufgrund früherer Erfahrungen im Projekt Langenick, Hochdorf wurde im vorliegenden Projekt das folgende anspruchsvolle Konzept gewählt:

- Aufteilen von Heizumluft und Lufterneuerung in zwei separate Systeme
- direkte Zuführung der im Ofen erwärmten Luft in die zu beheizenden Räume (ohne Umweg über eine zentrale Mischstelle)
- hochqualifizierte Luftführung im Ofeninnern (Ofenregister)
- maximal mögliche Speicherkapazität im Ofenblock (Magnesitsteine)

Diese Massnahmen führten zwar dazu, dass die Planungs-Vorgabe weitgehend erfüllt wurde, d.h. es war möglich, mit **einem** Abbrand pro Tag die Heizumluft im Durchschnitt über 24 Stunden auf 40 Grad zu erwärmen.

Jedoch erwies sich der Temperaturabfall in den warmluftführenden Rohren zwischen Ofenregister und Einblasstellen in den Räumen so gross (15 – 20 Grad), dass mit den auf diese Weise noch zur Verfügung stehenden Einblastemperaturen die gewünschten Raumtemperaturen von 20 Grad nicht erreicht werden konnten.

Grundriss des Erdgeschosses mit dem Holzofen in Raummitte

4. Nationale Zusammenarbeit

Die Zusammenarbeit zwischen der HTA Luzern, H. Huber und uns erfolgte reibungslos.

5. Internationale Zusammenarbeit

Es ist keine internationale Zusammenarbeit vorgesehen, das Projekt hat nationalen Charakter.

6. Bewertung und Ausblick

Das ursprüngliche Ziel, bei Minergiehäusern auf eine eigentliche Heizanlage im üblichen Sinn verzichten zu können, indem von einem Holzspeicherofen in die ohnehin vorhandene Lüfterneuerungsanlage nachgeheizt wird, wurde nicht erreicht. Dies sogar trotz der eingangs erwähnten erhöhten Ansprüche an das Konzept der Anlage. Das nochmalige Erhöhen der Bedingungen an Ofen und Luftheizung wäre zwar theoretisch vorstellbar, würde aber in der Praxis infolge zu hoher Kosten den Sinn verlieren.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass

- die gefühlsmässig beurteilte Heizwirkung von transportierter Luft oft grösser erscheint, als es sich in der Realität erweist, da der Temperaturabfall in den luftführenden Rohren bei weitem unterschätzt wird
- keine Ofenbautechniken allgemein bekannt sind, wo sich die erforderliche Speicherkapazität, die sehr hohe Dichtheit und die genügend hohe Wärmedämmung gegen direkte Abstrahlung realisieren lassen, ohne dass der Ofen bei Vergleichen mit andern Heizsystemen aus Kostengründen ausser Betracht fällt
- sich das verfolgte Konzept bei Heizlasten entsprechend dem Minergiestandard als sehr aufwendig erweist und sowohl bezüglich Heizwirkung als auch bezüglich Kosten einem Kostenvergleich mit Wasser als Wärmeträger- und Verteilmedium kaum standhalten kann.

In Energiekreisen setzt sich die Erkenntnis durch, dass ein Haus im Passivhausstandard konzipiert werden muss, damit die Wärmeverteilung in die Komfortlüftung integriert werden kann. Erst bei diesen geringen Heizleistungen kann über die für die Lüfterneuerung erforderliche Luftumwälzmenge genügend Energie in die Räume gebracht werden.

7. Anhang

Bericht 414 778 der HTA Luzern vom 22.7.2002



Bericht Nr. 414778

Objekt: EFH Dellenbach, Grasswil

Auftraggeber: Bundesamt für Energie
vertreten durch EMPA/ZEN

Datum: 21-08-2002

Dieser Bericht umfasst 40 Seiten und darf ohne die schriftliche Genehmigung der Prüfstelle HLK nur in ungekürzter Form vervielfältigt werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	3
2	Auftraggeber.....	3
3	Objekt.....	3
4	Zielsetzung	3
5	Messverfahren	3
5.1	<i>Ablauf der Messungen.....</i>	<i>3</i>
5.2	<i>Messaufbau</i>	<i>4</i>
5.3	<i>Permanente Messstellen.....</i>	<i>5</i>
5.4	<i>Temporäre Messungen.....</i>	<i>6</i>
5.5	<i>Messgeräte</i>	<i>7</i>
6	Auswertung.....	8
6.1	<i>Temporäre Messungen.....</i>	<i>8</i>
6.2	<i>Permanente Messungen</i>	<i>9</i>
7	Diskussion	18
7.1	<i>Energiekennzahlen.....</i>	<i>18</i>
7.2	<i>Thermischer Komfort und Wärmeverteilung.....</i>	<i>18</i>
8	Schlussbemerkung.....	19
9	Anhang	20
9.1	<i>Temperaturverlauf in der Wohnung.....</i>	<i>20</i>
9.2	<i>Temperaturverlauf am Ofen.....</i>	<i>25</i>
9.3	<i>Temperaturkorrelationen in den Jahren 2000 – 2002</i>	<i>29</i>
9.4	<i>Summenhäufigkeit der Temperatur</i>	<i>34</i>
9.5	<i>Holzverbrauch</i>	<i>39</i>

1 Ausgangslage

Im EFH Dellenbach, Grasswil wurde im Rahmen eines Pilot- und Demonstrationsprojektes eine Erfolgskontrolle durchgeführt. Die HTA Luzern führte dabei Messungen durch. Der vorliegende Bericht beschreibt die durchgeführten Messungen und die Auswertung der Messdaten.

2 Auftraggeber

Auftraggeber: Bundesamt für Energie, vertreten durch die EMPA/ZEN
Kontaktperson: Hans Bertschinger, EMPA/ZEN
Projektleitung: Jürg Bienz, Chiquet AG, Ormalingen

3 Objekt

Gebäudetyp: Einfamilienhaus, Neubau
Standort: 3365 Grasswil (BE)
Energiebezugsfläche: 321 m²
Heizwärmebedarf gemäss SIA 380/1:
mit Standardnutzung 175 MJ/m²a *
mit reduzierten Lüftungsverlusten durch WRG 110 MJ/m²a*

* gemäss Berechnung der Energieberatung Oberraargau vom 29-05-2002

Das Haus wird mit einem Holz-Speicherofen beheizt. Der Bereich Wohnzimmer, Essen und Küche wird direkt vom Ofen beheizt (durch freie Konvektion und Strahlung). Der Ofen gibt einen Teil seiner Wärme an eine Luftheizung ab. Mit dieser warmen Zuluft werden das Studio (unter dem Wohnzimmer) und die Zimmer im Dachgeschoss beheizt. Die Luftheizung arbeitet mit Umluft aus dem Wohnzimmer und Dachgeschoss.

Parallel zur Luftheizung ist eine kontrollierte Lüftung installiert, die nicht Gegenstand der Erfolgskontrolle ist. Die Luftheizung und die mechanische Wohnungslüftung sind konsequent getrennt

4 Zielsetzung

Im Zentrum der Erfolgskontrolle steht ein neuartiges Konzept, bei dem die vom Holz-Speicherofen produzierte Wärme über Umluft im Gebäude verteilt wird.

Der Betrieb des Holzofens und die Wärmeverteilung über die Lüftung sollen bei verschiedenen Lastfällen beschrieben werden.

Es soll untersucht werden, ob der Umluftbetrieb die Wärmeverteilung im Gebäude sicherstellt.

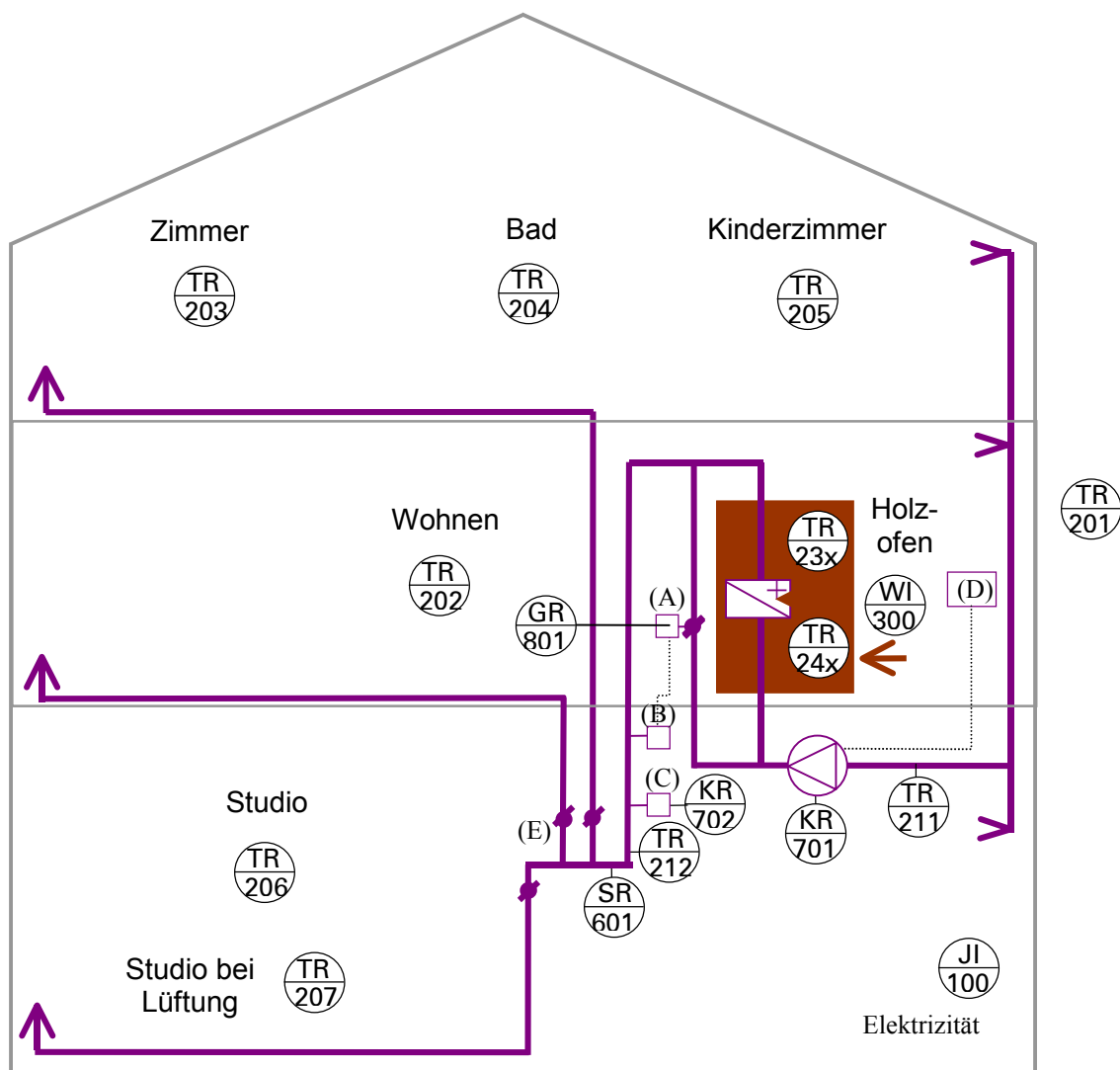
5 Messverfahren

5.1 Ablauf der Messungen

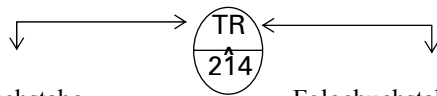
Die Messungen wurden vom 17-10-2000 bis 05-04-2002 durchgeführt. Zusätzlich zu den kontinuierlich erfassten Daten wurden am 23-02-2002 die Luftvolumenströme und die Austrittstemperaturen an den Luftauslässen ermittelt.

5.2 Messaufbau

Das folgende Bild zeigt das vereinfachte Systemschema ‚Haustechnik‘ mit den wichtigsten Messstellen.



Figur 1: Messaufbau zur Erfolgskontrolle am EFH Dellenbach Grasswil.

Legende:

(A) Regelklappe	Erstbuchstabe		Folgebuchstabe
(B) Temperaturregler Zuluft	G	Stellung	I Anzeige
(C) Sicherheitsthermostat	K	Betriebszeit	R Registrierung
(D) Wahlschalter Ventilatorstufe	J	Energie	
(E) Handklappe pro Geschoss	S	Geschwindigkeit	
	T	Temperatur	
	W	Masse	

5.3 Permanente Messstellen

Diese Messstellen waren während allen Messungen installiert.

5.3.1 Elektrische Energie

J I 100	Gesamter Bezug (Zähler des Elektrizitätswerks)
---------	--

Der gesamte Elektrizitätsverbrauch (Zähler des Elektrizitätswerks) wurde zu Beginn und am Schluss der Messperiode durch die Bewohner abgelesen.

5.3.2 Temperaturen

TR 201	Aussenluft
TR 202	Raumluft Wohnen
TR 203	Raumluft Zimmer OG
TR 204	Raumluft Bad OG
TR 205	Kinderzimmer OG
TR 206	Raumluft Studio UG
TR 207	Raumluft Studio UG bei Lüftung
TR 211	Umluft vor Eintritt ins Ofenregister
TR 212	Zuluft nach dem Austritt aus dem Ofenregister
TR 23x	12 Fühler im Holzofen
TR 24x	(von Fa. Chiquet installiert)

Die Temperaturen TR 201 und TR 203 bis TR 207 werden mit Kleindatenloggern Tinytag alle 15 Minuten erfasst und abgespeichert. Die Temperatur TR 202 wird mit einem Pt100 erfasst, alle anderen Temperaturen werden mit Thermoelementen gemessen, elektronisch erfasst und alle 30 Minuten als Mittelwert abgespeichert.

5.3.3 Masse

WI 300	Holzverbrauch
--------	---------------

Der Holzverbrauch über die Messperiode wurde durch die Bewohner ermittelt (eingekaufte Menge und Lagerbestand am Anfang und Schluss der Messperiode). Bei mehreren Feuerungen werden die Chargen gewogen, sowie Datum und Zeit festgehalten. Diese Feuerungen dienen als Referenzen für die Zuordnung der Ofentemperaturen zu den Füllmengen.

5.3.4 Geschwindigkeit

Die Luftgeschwindigkeitsmessungen dienen als Indikatoren für die Luftvolumenströme und Betriebsstufen. Bei der Installation der Messung werden die Luftvolumenströme bei den verschiedenen Betriebsstufen gemessen und den entsprechenden Signalen der Luftgeschwindigkeitsfühler zugeordnet.

SR 601	Umluft vor Eintritt ins Ofenregister
--------	--------------------------------------

Die Signale wurden elektronisch erfasst und alle 30 Minuten als Mittelwert gespeichert.

5.3.5 Laufzeiten und Betriebszeiten

KR 701	Umluftventilator
KR 702	Sicherheitsthermostat

Die Laufzeiten wurden als digitale Signale elektronisch erfasst und alle 30 Minuten als Mittelwert gespeichert.

5.3.6 Stellung Motorklappe

GR 801	Stellung Regelklappe Luftregister
--------	-----------------------------------

Das Eingangssignal wird elektronisch erfasst und alle 30 Minuten als Mittelwert gespeichert

5.3.7 Stellung Handklappen

Die Stellung der Handklappen (zur Einstellung der Zuluftvolumenströme pro Geschoss) werden von den Bewohnern in einer Liste festgehalten. Änderungen der Einstellungen werden mit Angabe von Datum und Stellung protokolliert.

5.4 Temporäre Messungen

Diese Messstellen werden nur für kurze Zeiträume eingesetzt.

5.4.1 Luftvolumenströme

Die eingestellten Luftvolumenströme werden bei jeder Ventilatorstufe zu Beginn der Messperiode gemessen.

5.4.2 Holzfeuchte

Die Holzproben werden in einem Ofen getrocknet. Die Proben werden vor und nach dem Trocknen gewogen.

5.5 Messgeräte

5.5.1 Datenerfassung

Datenlogger (Datataker)

Kleindatalogger (Tinytag) für Temperaturen und rel. Feuchte der Raumluft

5.5.2 Temperatur

Sonden: Thermoelemente Typ T

Genauigkeit der Messkette: 0.5 K

Die bereits im Ofen eingebauten Fühler können nicht kalibriert werden. Bei diesen Fühlern kann die Genauigkeit nicht bestimmt werden.

5.5.3 Geschwindigkeit

Anemometer

Genauigkeit: $\pm 10\%$

5.5.4 Durchfluss

Bestimmung der Luftvolumenströme mit dem Messgerät Flowfinder.

Genauigkeit: $\pm 10\%$

6 Auswertung

6.1 Temporäre Messungen

6.1.1 Luftvolumenströme

Die Luftvolumenströme wurden am 23-02-2002 um 11:00 durch H.Huber mit dem Messgerät Flowfinder erfasst. Die Messunsicherheit beträgt 10 %.

Umluft		Stufe 4		
Geschoss	Raum	Volumenstrom m ³ /h	Zuluft-Temperatur °C	Raumtemperatur °C
UG	Ost	25	28	18
	Süd Mitte	24		
	West	24		
	Nord West	24		
EG		0		24
OG	Kinder Nord	22	32.5	20.5
	Kinder Ost	24		
	Kinder Süd-Ost	23		
	Kinder Süd	24		
	Korridor	11	33	
	Eltern Süd	22		
	Eltern West	22		
	Bad West	23		
	Bad Nord	23	33	20
Total		291		

geschätzt, nicht zugänglich
keine Umluft, Klappe zu

Zuluft nach Mischpunkt, im UG		56
Umluft vor Ofen		17

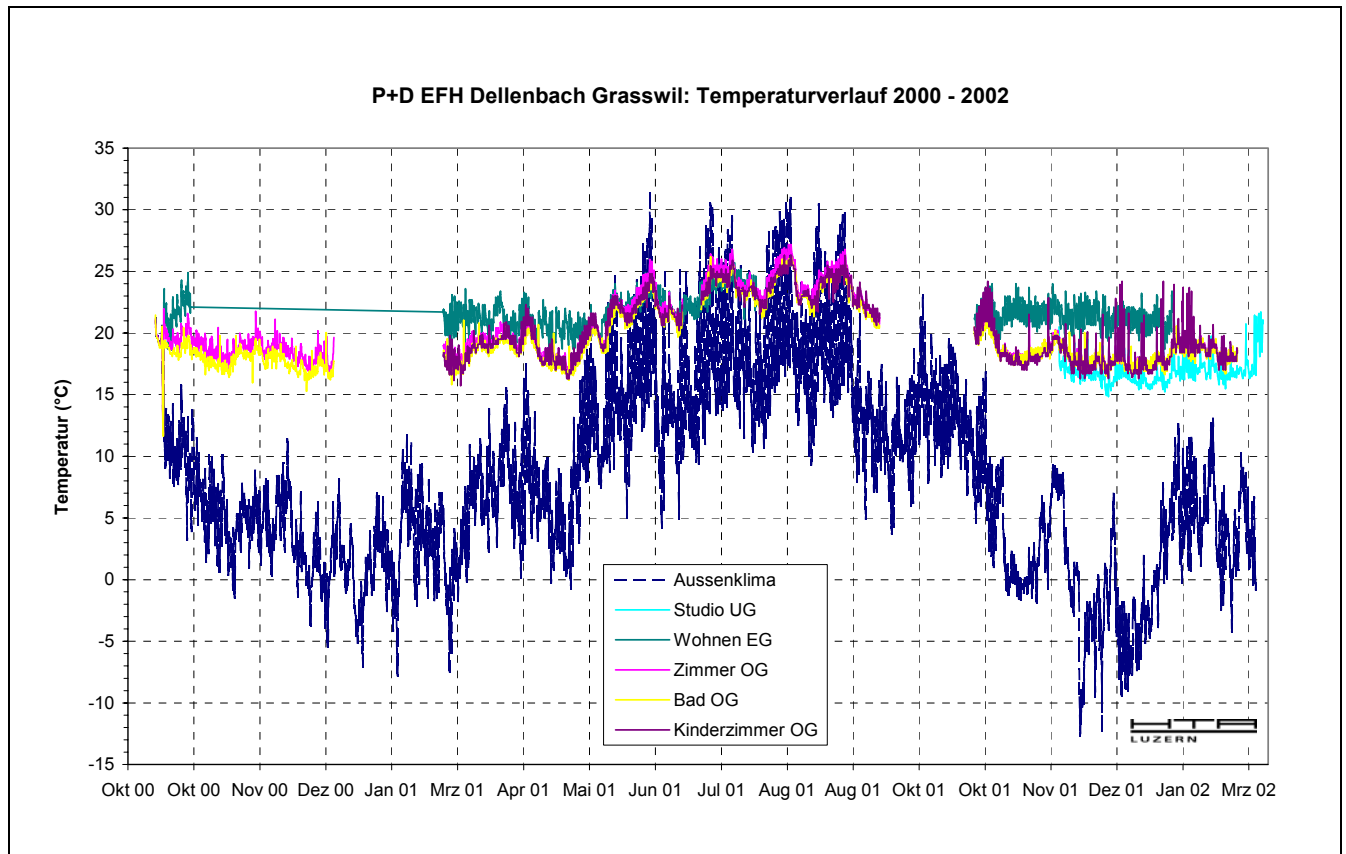
Tabelle 1: Luftvolumenströme der Lüftungsanlage EFH Dellenbach.

6.1.2 Holzfeuchte

Die Holzfeuchte wurde anhand einer Probe im Zeitraum von 18-10-2000 13:30 bis 23-10-2000 9:00 erfasst. Zu Beginn wurde eine Masse von 0.7589 kg ermittelt - diese verringerte sich während der Beobachtungsperiode auf 0.6475 kg. Der Feuchtegehalt betrug somit 0.1114 kg. Bezogen auf den Endwert beträgt der Feuchtegehalt 17.2%.

6.2 Permanente Messungen

6.2.1 Temperaturverlauf 2000 - 2002

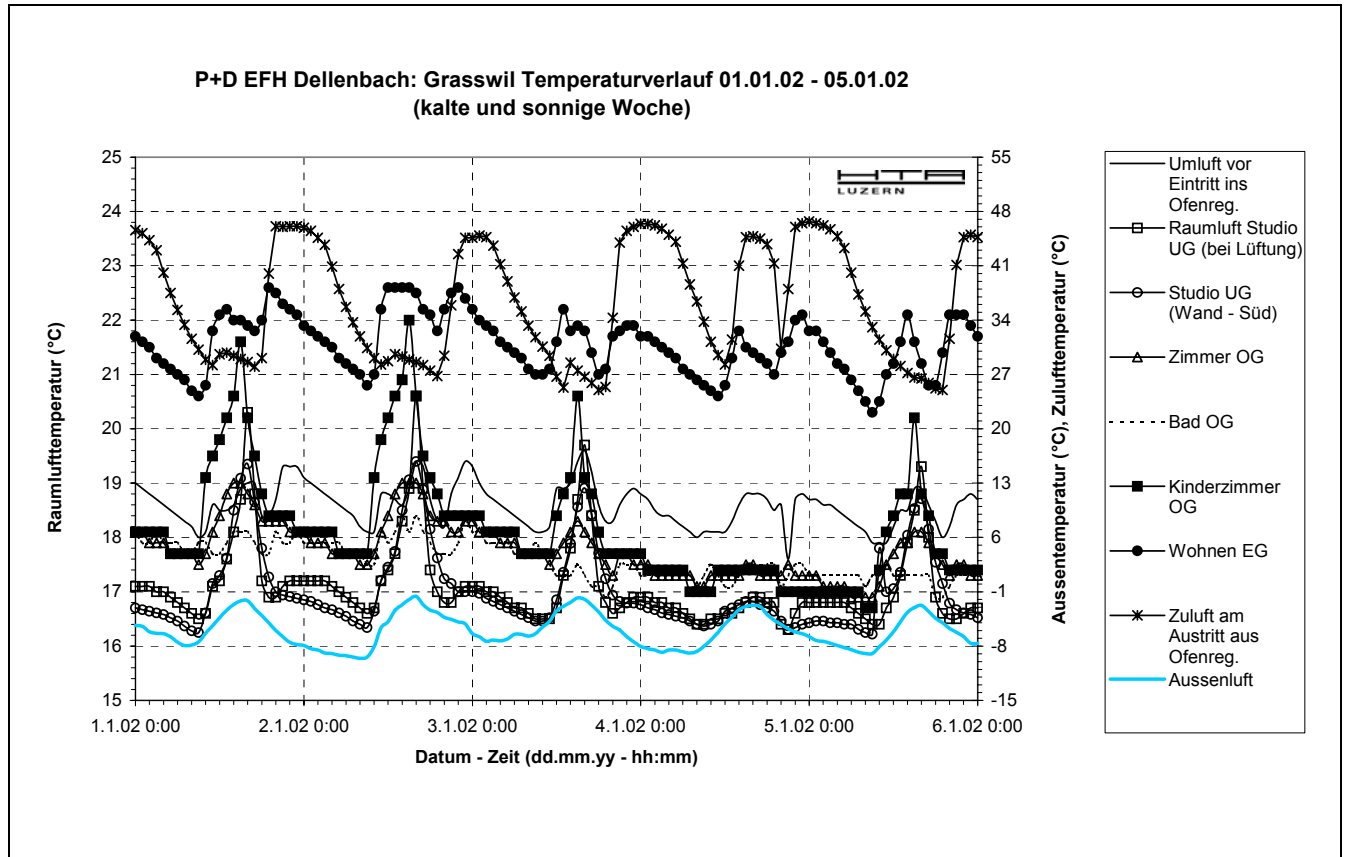


Figur 2: Temperaturverlauf 2000 – 2002.

Aus Figur 2 wird ersichtlich, dass der Winter 2001/2002 von grösseren Temperaturschwankungen geprägt war. Es wurden Minimalwerte um -12 °C erreicht. Im gleichen Zeitraum lagen die tiefsten Werte für die Raumlufttemperatur bei 15 °C . Dank Sonneneinstrahlung erreichten die Raumlufttemperatur im Kinderzimmer Höchstwerte von 24 °C .

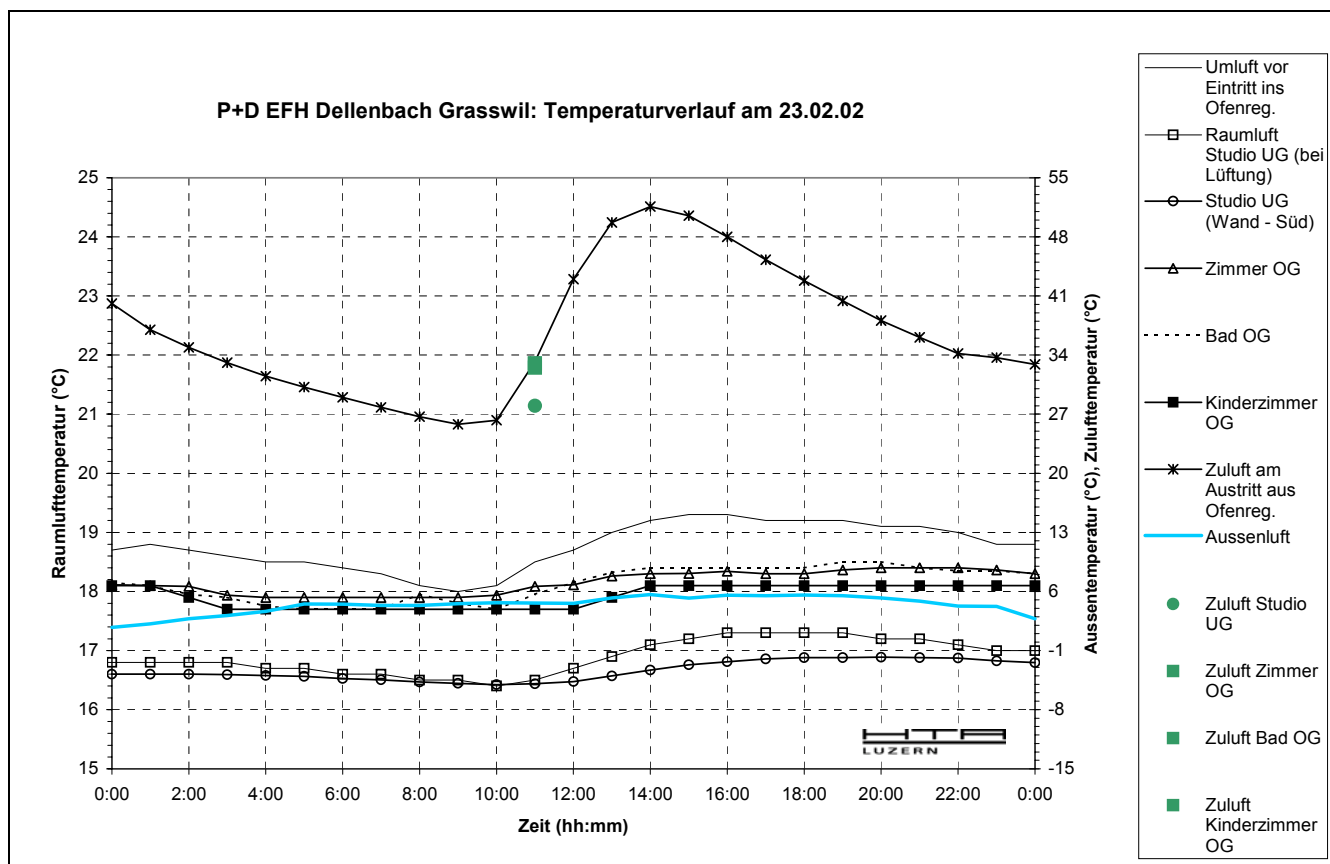
Im Winter 2000/2001 zeigten sich mehrere Perioden mit Minimalwerten um -7 °C . Wiederum lagen die tiefsten Werte für die Raumlufttemperatur bei 15 °C . Die sommerlichen Höchstwerte des Jahres 2001 lagen um 31 °C . Im gleichen Zeitraum erreichten die Raumlufttemperaturen Werte um 27 °C .

6.2.2 Temperaturverlauf in der Wohnung



Figur 3: Temperaturverlauf Wohnung in der ersten Woche des Jahres 2002.

In Figur 3 wurde eine kalte, sonnige Woche dargestellt. Die Aussenlufttemperatur erreicht im Tagesgang Maximalwerte um -2°C und Minimalwerte um -10°C . Deutlich ersichtlich wird der Einfluss der Sonneneinstrahlung, der die Raumlufthtemperatur im Kinderzimmer auf Werte um 22°C ansteigen lässt. Die anderen Räume erreichen trotz Sonneneinstrahlung Werte, die zwischen $19 - 20^{\circ}\text{C}$ liegen. Ebenfalls ersichtlich ist, dass beim Ausbleiben der Sonneneinstrahlung am 04-01-2002 Werte erreicht werden, die unter 18°C bleiben, den Wert von 16°C aber nicht unterschreiten. Als Ausnahme bleibt die Raumlufthtemperatur Wohnen – in diesem Raum steht der Ofen.

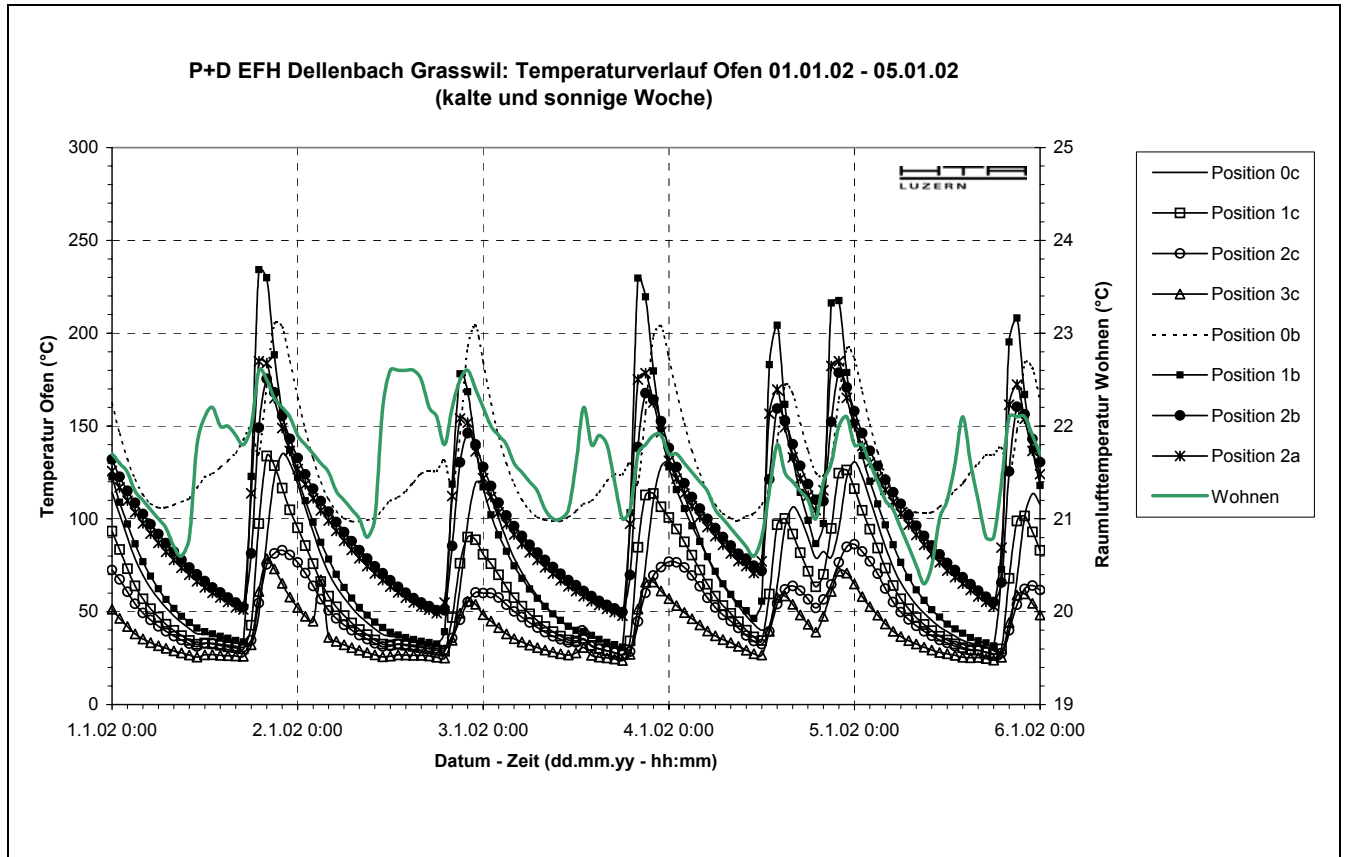


Figur 4: Temperaturverlauf in der Wohnung am 23-02-2002.

In Figur 4 ist der Tagesgang der Temperaturen am 23-02-2002 dargestellt. Es handelt sich um einen bedeckten Wintertag mit moderater Aussenlufttemperatur zwischen 0 und 6 °C. Die Raumlufttemperaturen erreichen Werte zwischen 16.5 und 18.5 °C.

Durch die Holzfeuerung steigt die Zulufttemperatur am Austritt aus dem Ofenregister um 26 K. Die Zulufttemperaturen im Zimmer, Kinderzimmer und Bad sind identisch mit der Zulufttemperatur am Austritt aus dem Ofenregister. Die Zulufttemperatur Studio liegt 5 K unter der Zulufttemperatur am Austritt aus dem Ofenregister. Ob hier unterschiedliche Speichermassen wirksam werden, kann mit dieser Momentaufnahme vom 23-02-2002 nicht abschliessend beurteilt werden. Der weitere zeitliche Verlauf der Zulufttemperaturen wurde nicht registriert. Generell schwanken die Raumlufttemperaturen im Tagesgang nur unwesentlich. Sie reagieren mit einer Temperaturerhöhung von 0.5 K auf die Erhöhung der Zulufttemperatur um 26 K am Austritt des Registers.

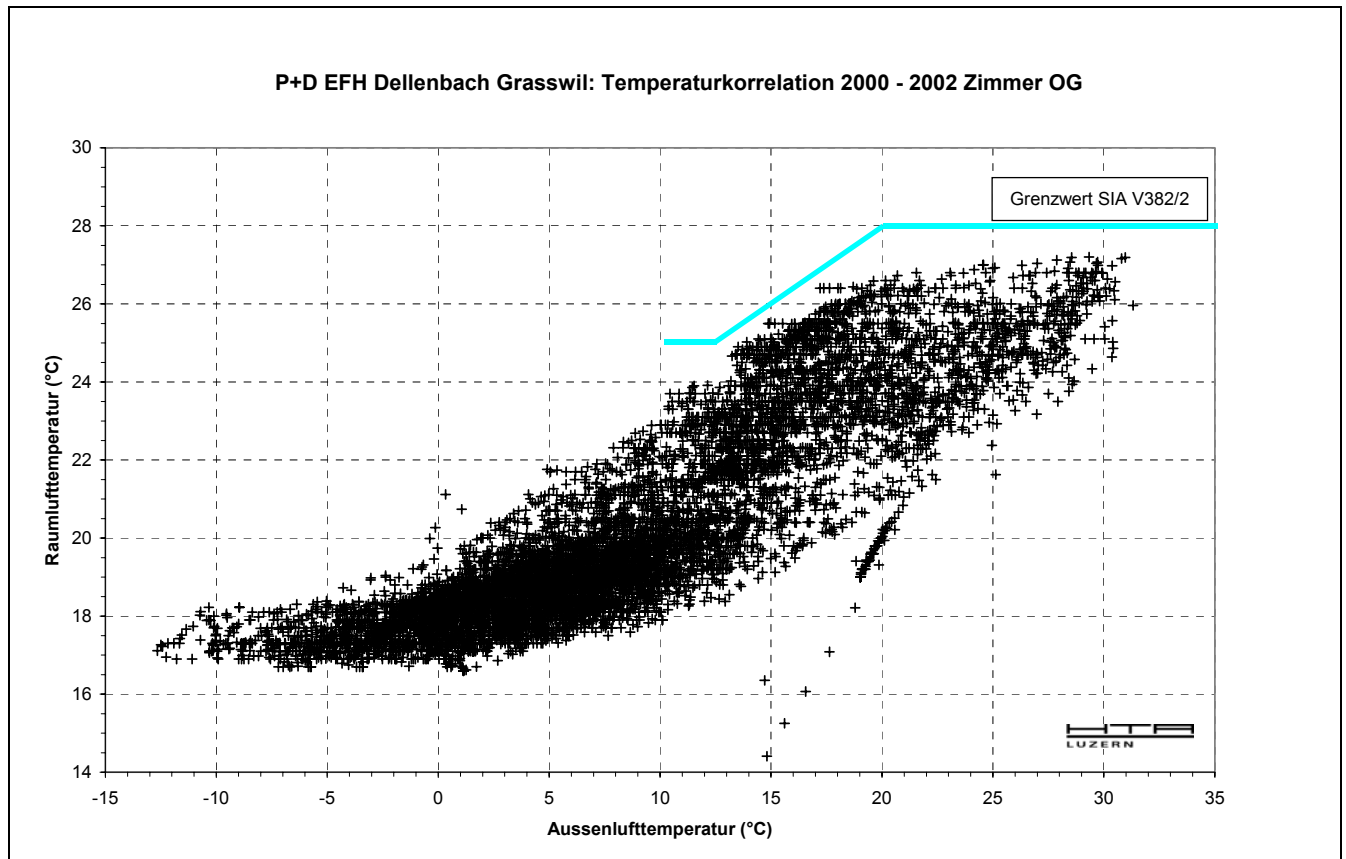
6.2.3 Temperaturverlauf am Ofen



Figur 5: Temperaturverlauf am Ofen in der ersten Woche des Jahres 2002.

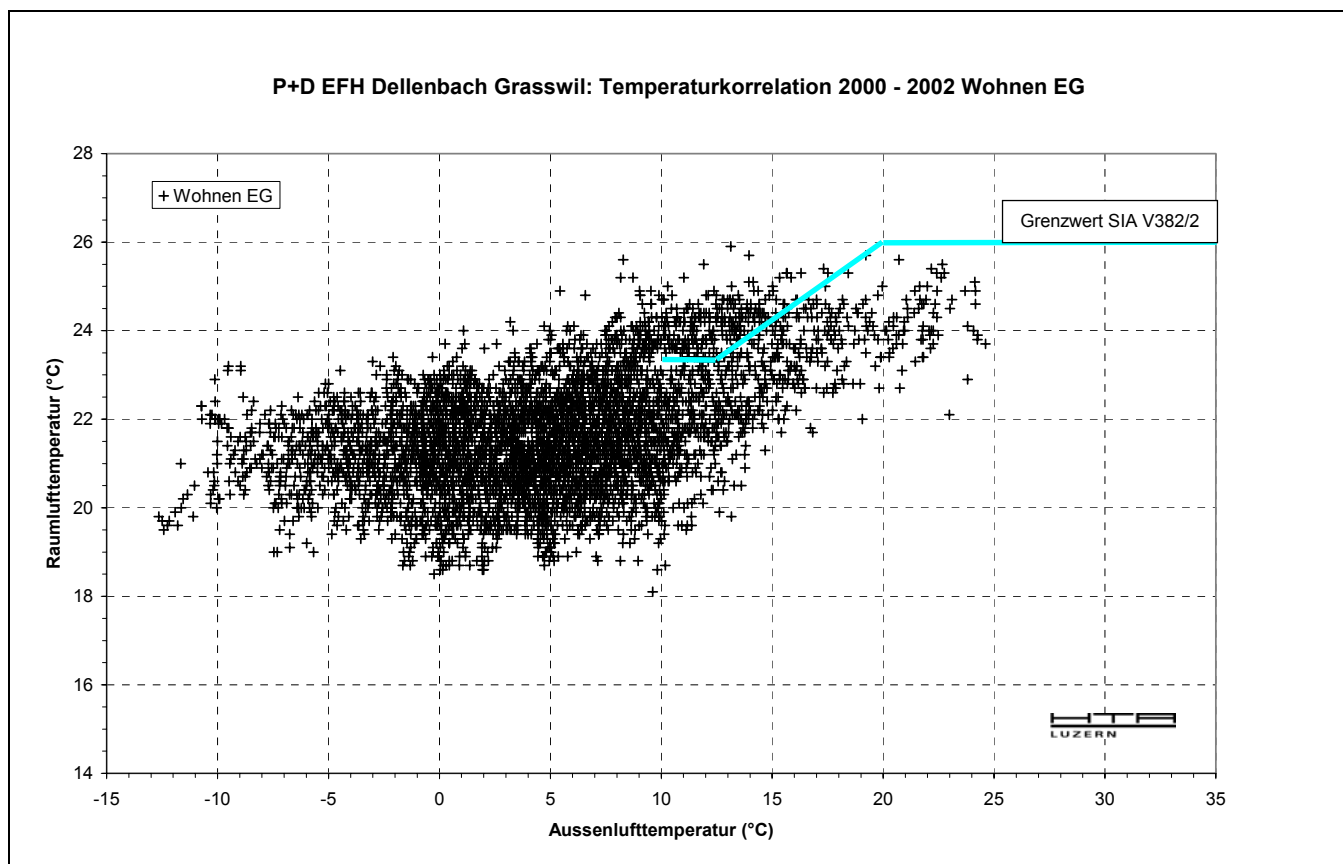
In Figur 5 ist der Verlauf der Ofentemperaturen dargestellt. Die Korrelation zwischen den Ofentemperaturen und der Raumlufttemperatur Wohnen zeigt, dass die Holzfeuerung und die Sonneneinstrahlung in etwa die gleiche Wirkung auf den Verlauf der Raumlufttemperatur Wohnen haben.

6.2.4 Temperaturkorrelation in den Jahren 2000 - 2002



Figur 6: Korrelation zwischen der Raumlufttemperatur im Zimmer OG und der Aussenlufttemperatur.

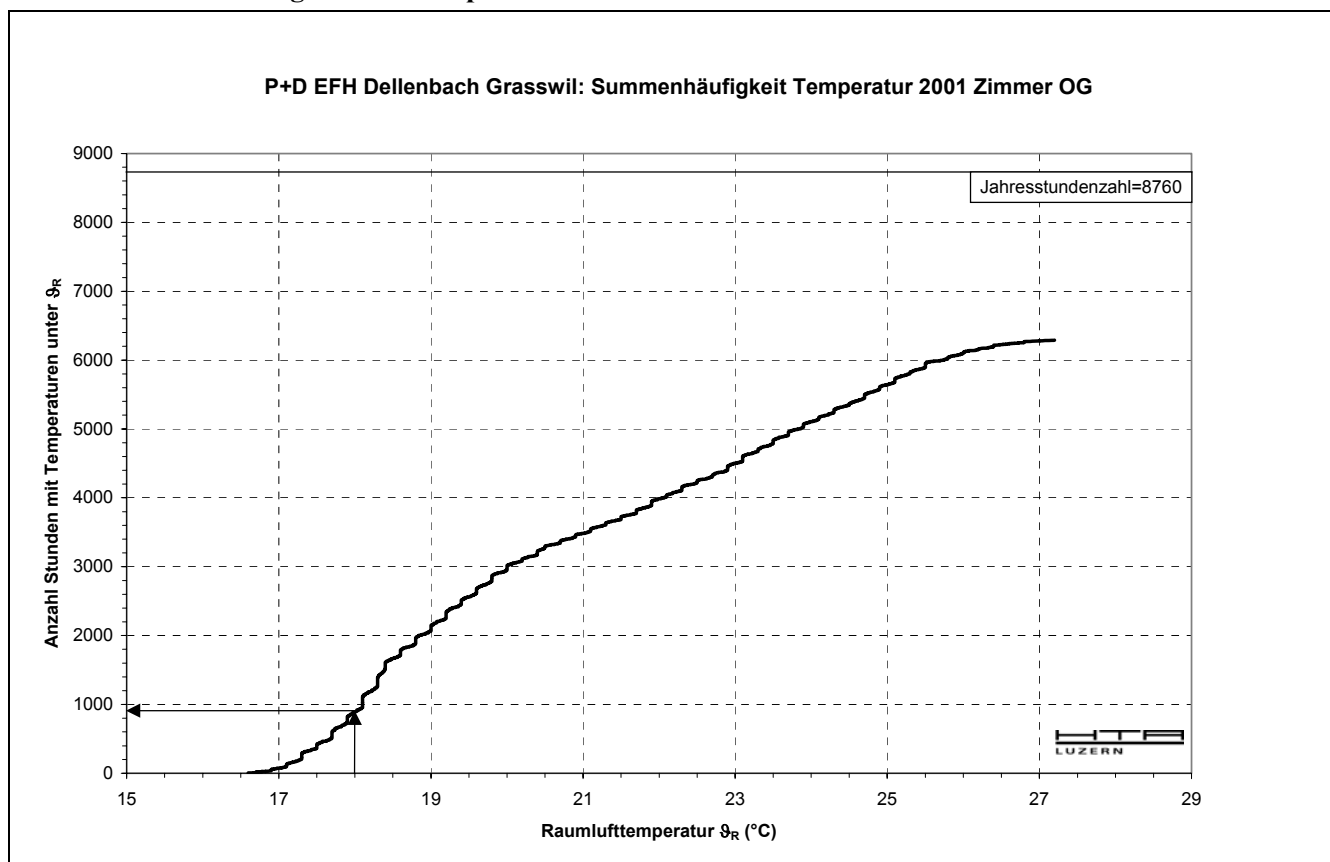
Figur 6 zeigt den Zusammenhang zwischen Raumlufttemperatur und Aussenlufttemperatur. Hierbei zeigt sich, dass im Sommerfall die Raumlufttemperatur unter dem SIA Grenzwert liegt und dass unter einer Aussenlufttemperatur von 2 °C die Raumlufttemperatur unter 20 °C liegt.



Figur 7: Korrelation zwischen der Raumlufttemperatur Wohnen EG und der Aussenlufttemperatur.

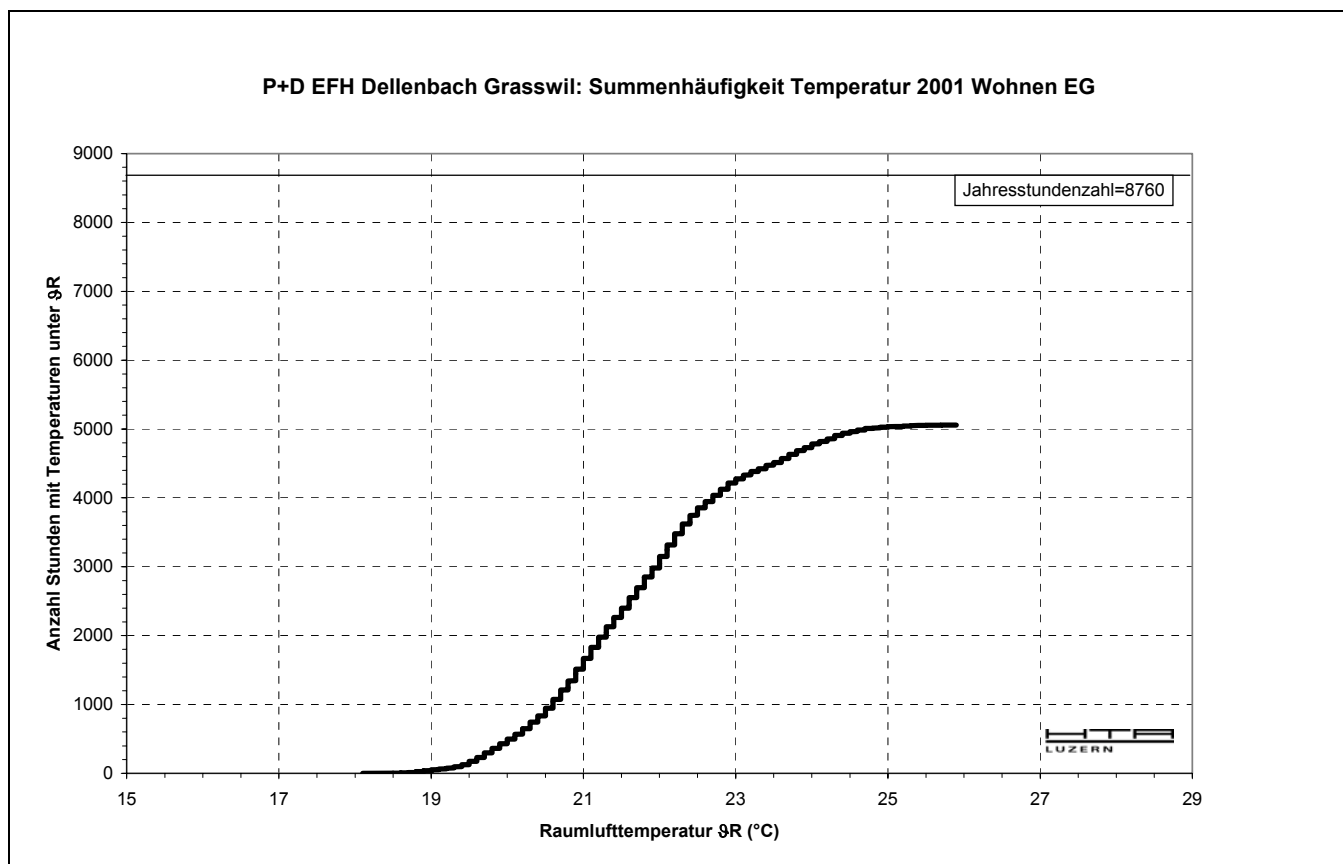
Die Korrelation in Figur 7 zeigt, dass sich die Raumlufttemperatur in einem vernünftigen Rahmen bewegt.

6.2.5 Summenhäufigkeit der Temperatur



Figur 8: Summenhäufigkeit der Temperatur im Zimmer OG.

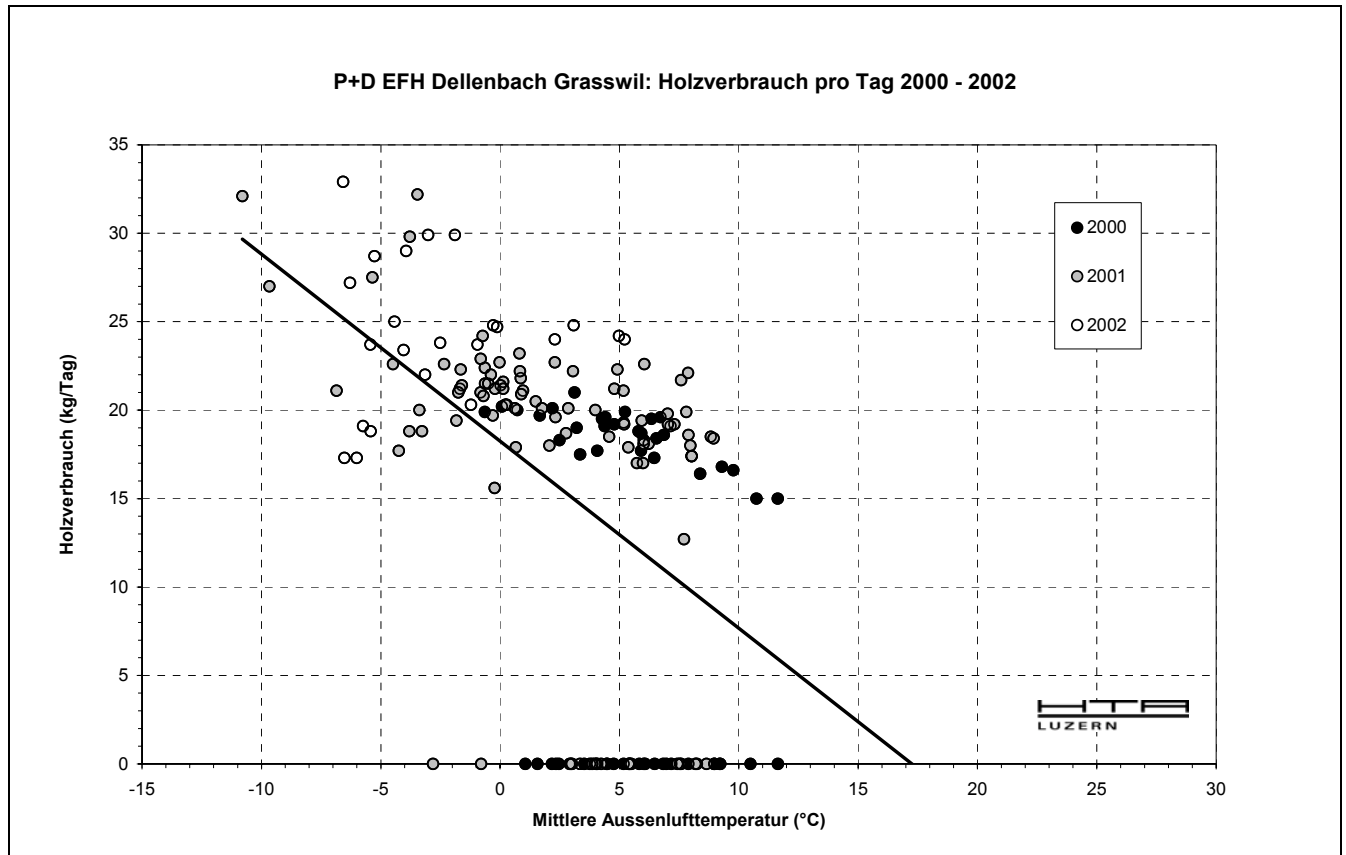
Aus Figur 8 kann als Ablesebeispiel entnommen werden, dass die Raumlufttemperatur im Jahre 2001 an rund 900 Stunden unter 18 °C lag. Allgemein wird ersichtlich, dass während rund 50 % der erfassten Stunden die Temperaturen unter 20 °C lag. Die erfasste Jahresstundenzahl liegt bei 6289.



Figur 9: Summenhäufigkeit der Temperatur im Zimmer OG im Jahr 2001.

Die Summenhäufigkeit zeigt, dass die Raumlufttemperatur an rund 500 h unter 20 °C lag. Dies sind 10 % der erfassten Stunden.

6.2.6 Holzverbrauch pro Tag



Figur 10: Holzverbrauch pro Tag in Abhängigkeit der mittleren Aussenlufttemperatur.

Figur 10 zeigt die Korrelation zwischen Holzverbrauch und Aussentemperatur. Die eingetragene Ausgleichsgerade (Heizkennlinie) gilt nur für die Perioden, in denen der Holzverbrauch täglich erfasst wurde.

Mit Hilfe von Figur 10 kann der Wärmeleistungsbedarf grob abgeschätzt werden. Bei einer Aussentemperatur von -8°C liegt der tägliche Holzerbrauch bei rund 27 kg. Bei einem Wirkungsgrad des Holzspeicherofens von 85 % entspricht dies einer mittleren Leistung von ca. 4 kW. In der Beilage zum P+D-Gesuch (26-08-1998) wurde eine installierte Heizleistung von 5.5 kW deklariert. Bei dieser Differenz ist zu beachten, dass im effektiven Betrieb die Raumtemperaturen im Studio und im Dachgeschoss im Auslegefall nur bei 16°C resp. 17°C lagen.

7 Diskussion

7.1 Energiekennzahlen

7.1.1 Energiekennzahl Heizung

Der Nachweis des Heizenergiebedarfes gemäss SIA 380/1, der durch die Energieberatung Oberaargau in Langenthal erstellt wurde, nennt einen Heizwärmebedarf von 175 MJ/m²a (ohne Berücksichtigung der Wärmerückgewinnung). Unter Berücksichtigung der WRG wird ein Wert von 110 MJ/m²a genannt. Bei einem Nutzungsgrad des Ofens von 85% ergibt sich eine berechnete Energiekennzahl Heizung von 130 MJ/m²a.

Im Gesuch für das P+D-Projekt (26-08-1998) ist ein Endenergieverbrauch Holz von 12000 kWh aufgeführt. Dies entspricht einer Energiekennzahl Heizung von 135 MJ/m²a. Die neue und alte Berechnung scheinen damit übereinzustimmen.

Gemäss Angabe der Bewohner lag der Holzverbrauch bei 6 bis 7 Ster Buche pro Winter. Dies korrespondiert mit dem über die Tagesverbräuche hochgerechneten Wert recht gut. Die effektive Energiekennzahl Heizen ist damit bei rund 145 MJ/m²a und liegt nahe beim berechneten Wert.

Die relativ kleine Differenz zwischen Berechnung und effektivem Verbrauch kann z.B. mit dem kleinen Elektrizitätsverbrauch erklärt werden (s. Abschnitt 7.1.2).

7.1.2 Energiekennzahl Elektrizität

Periode	Energieverbrauch* (kWh)	Jahresenergieverbrauch* (kWh)	Energiekennzahl Elektrizität* (MJ/m ² a)
16.04.2000 – 30.9.2000	1378		
01.10.2000 – 31.03.2001	2744		
01.04.2001 – 30.09.2001	2232	4976	56
01.10.2001 – 31.03.2002	2417		

♣ Benutzerangaben ♦ Periode 01.10.2000 – 30.09.2001 ♠ Energiebezugsfläche 320.5 m²

Tabelle 2: Energiekennzahl Elektrizität des EFH Dellenbach Grasswil.

Die Ventilatoren der kontrollierten Lüftung und der Luftheizung verbrauchen zusammen knapp 1000 kWh pro Jahr. Der spezifische Verbrauch für Haushaltelektrizität liegt somit bei rund 45 MJ/m²a. Der Standardwert von 80 MJ/m²a gemäss SIA 380/1 (alte Ausgabe) ist damit spürbar unterschritten. Der Endenergieverbrauch Heizen steigt dadurch gegenüber der Berechnung mit Standardwerten um ca. 15 MJ/m²a.

7.2 Thermischer Komfort und Wärmeverteilung

Der thermische Komfort im Studio und im Dachgeschoss wird von den Bewohnern verständlicherweise als unzureichend beurteilt. Unter einer Aussentemperatur von ca. +2 °C liegt die Raumlufttemperatur im Dachgeschoss typischerweise unter 18 °C. Im Studio lag die Raumtemperatur fast unabhängig von der Aussentemperatur zwischen 16 und 18 °C.

Der Ofen ist so dimensioniert, dass an kalten Tagen (z.B. -8 °C) eine grössere Holzmenge (total ca. 40 kg) verfeuert werden kann als in Figur 10 abgelesen wird. Auf Grund der ungünstigen Wärmeverteilung durch die Luftheizung würde aber das Wohngeschoss überheizt und im Studio sowie im Dachgeschoss würden noch immer nicht 20 °C erreicht. Es ist daher verständlich und sinnvoll, dass die Bewohner an kalten Tagen nicht mehr Holz verfeuern.

Aufgrund der Messungen der Bauherrschaft und unserer Messung vom 23-02-2002 kann abgeschätzt werden, dass nur etwa die Hälfte der Luftheizungsleistung über die Zuluft in die Räume gelangt. Die Luftheizung gibt einen grossen Teil der transportierten Wärme in den Betondecken ab.

Bei der Betondecke über dem Wohngeschoss ist die Wärme nicht verloren, sie wird aber räumlich und zeitlich schlecht verteilt. Wir vermuten, dass diese Wärme zum Teil ins Wohngeschoss fliesst. Ob und wie weit dies zutrifft, kann nur schlüssig beantwortet werden, wenn alle Ausführungsdetails (z.B. Wärmedämmung der einbetonierten Verteilerkästen) bekannt und analysiert sind. Die Untersuchung dieser Details wäre Gegenstand einer Expertise und ist nicht das Thema dieser Erfolgskontrolle.

Im Studio ist ein grosser Teil der Wärme, die an die darunter liegende Decke abgeben wird, als Verlust zu betrachten, da sie an den Keller fliesst. Ein Indikator dafür ist die tiefe Raumtemperatur.

Nach unserer Ansicht wird von der Bauherrschaft zu Recht bemängelt, dass die Luftheizung schlecht funktioniert.

8 Schlussbemerkung

Die Messungen der HTA Luzern wurden im Rahmen einer energetischen Erfolgskontrolle durchgeführt. Diese Untersuchungen sind weder als Abnahmemessung noch als Expertise zu verstehen.

Die elektronisch erfassten Daten werden während 3 Jahren gespeichert. Der Prüfbericht und die zugehörigen Dokumente werden bei uns an der Prüfstelle während 10 Jahren archiviert.

Der Auftraggeber kann während dieser Zeit die Dokumente einsehen. Der Aufwand beim Erstellen von Kopien wird dem Kunden verrechnet.

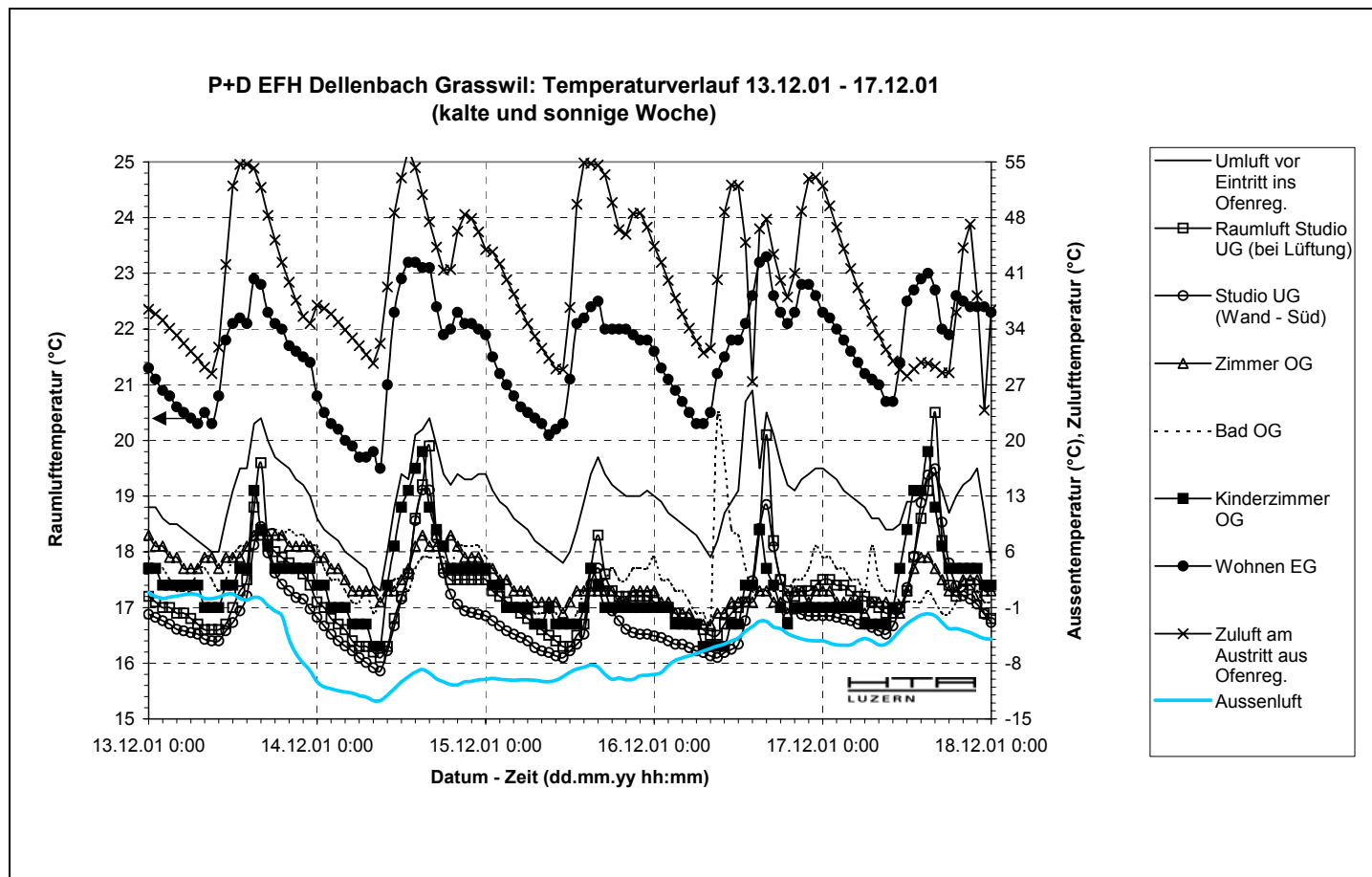
Horw, 2002-08-21

Beat Frei
Dipl. Ing. HTL

Heinrich Huber
Dipl. Ing. FH

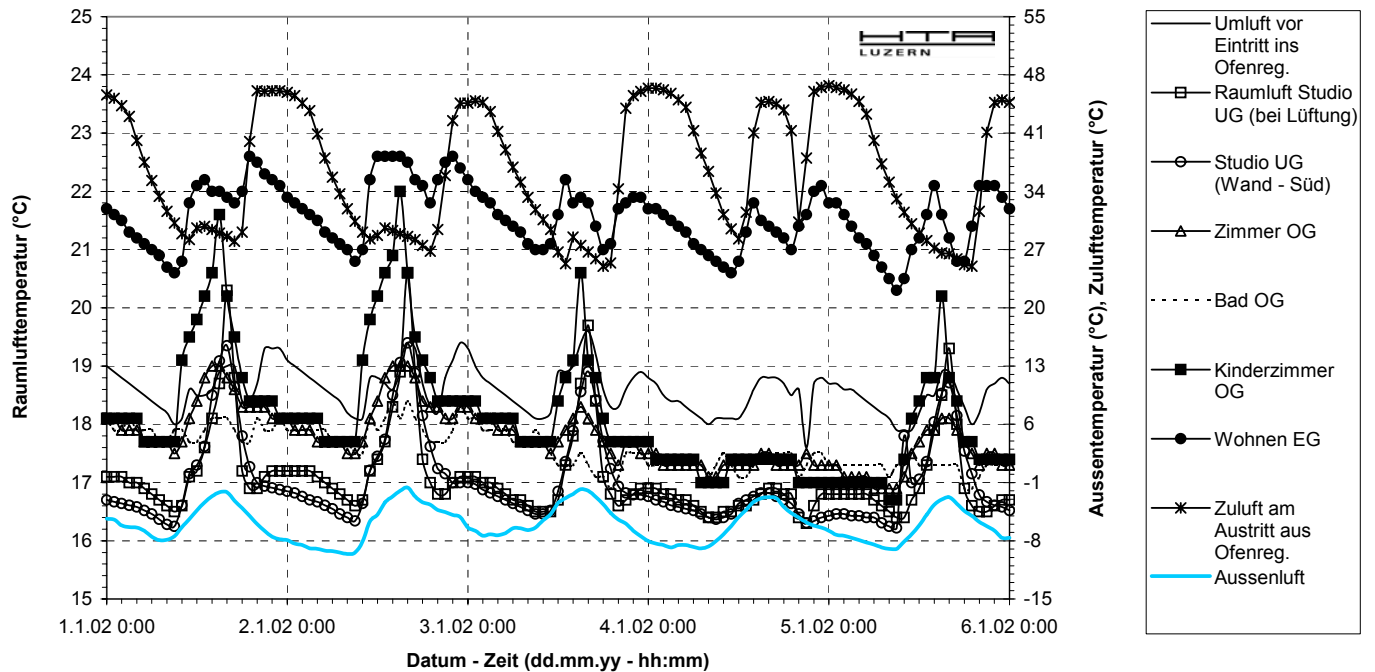
9 Anhang

9.1 Temperaturverlauf in der Wohnung

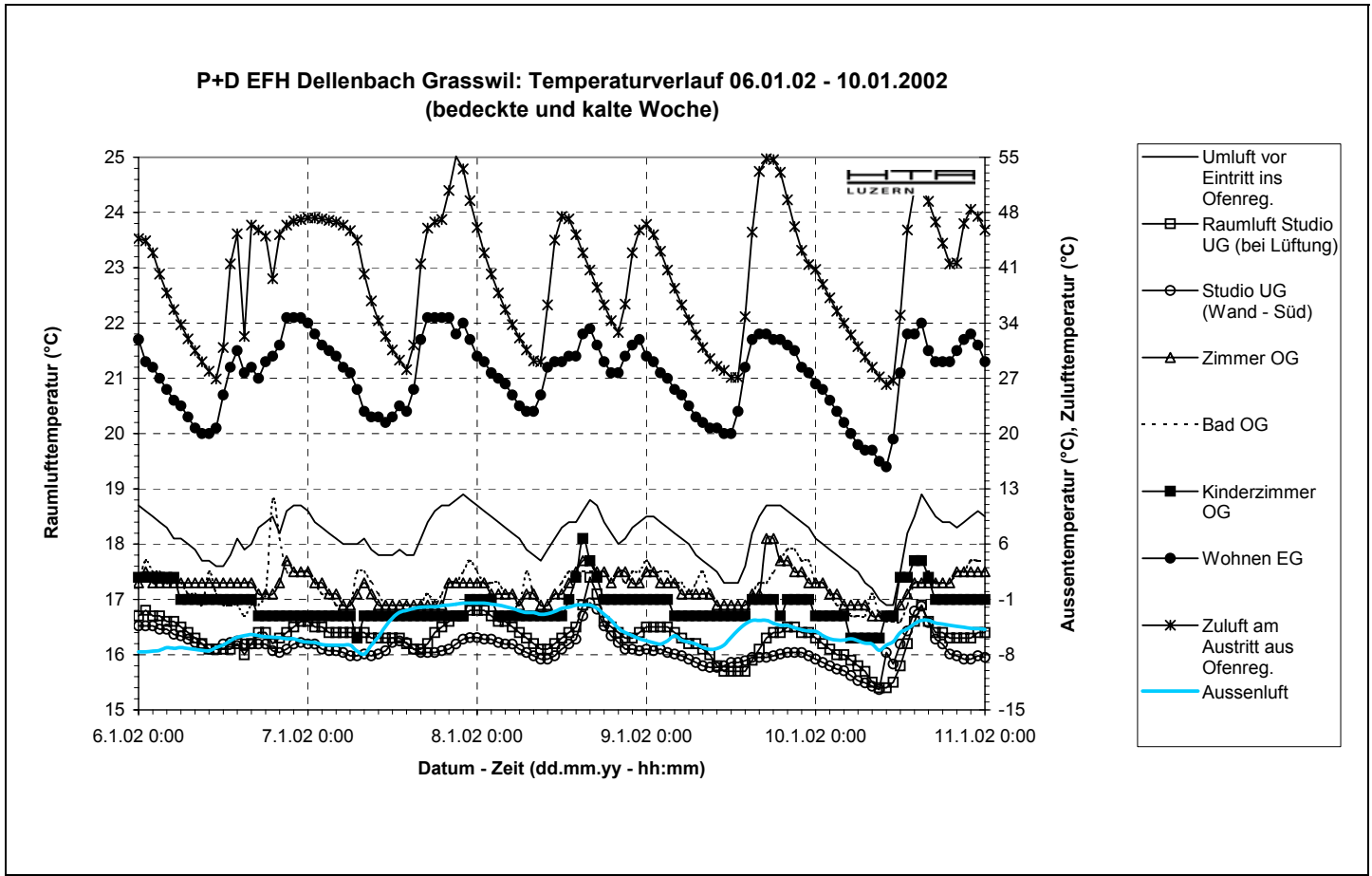


Figur 11: Temperaturverlauf Wohnung in der drittletzten Woche des Jahres 2001.

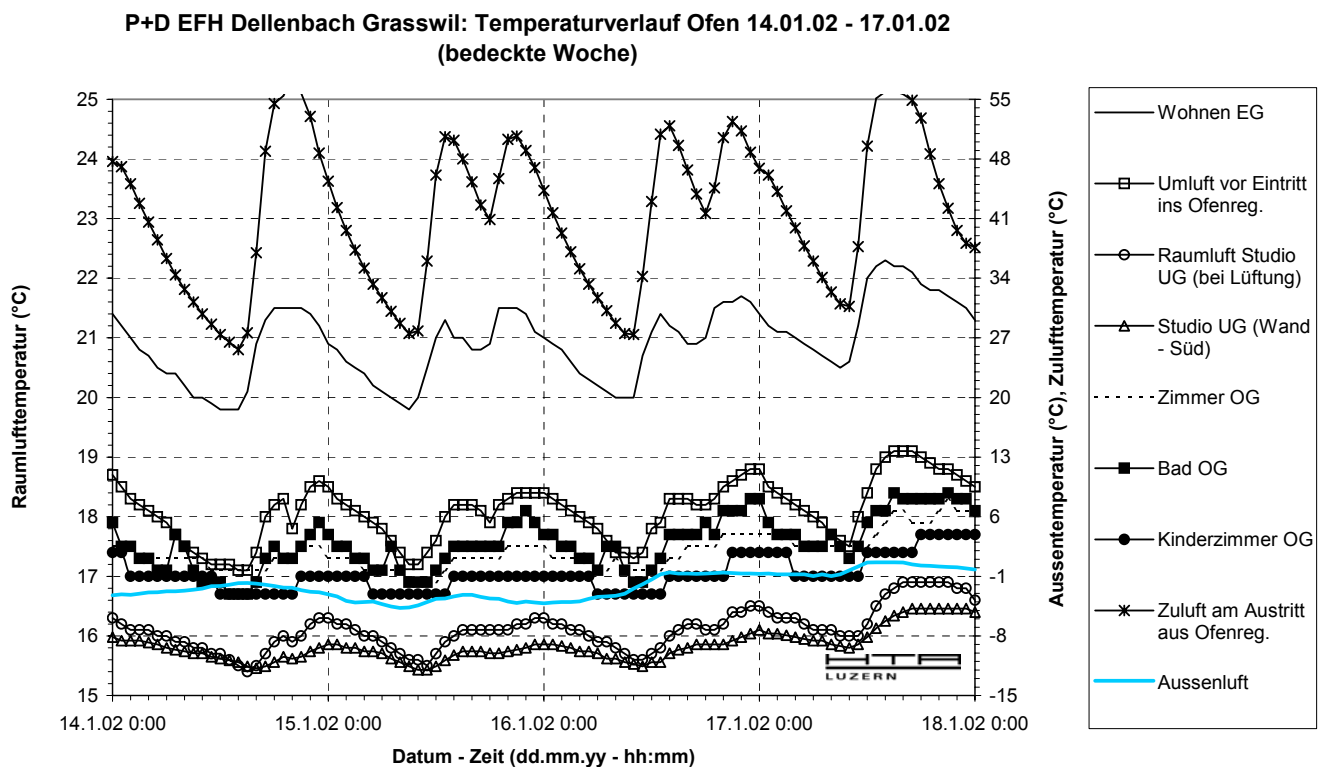
P+D EFH Dellenbach: Grasswil Temperaturverlauf 01.01.02 - 05.01.02
(kalte und sonnige Woche)



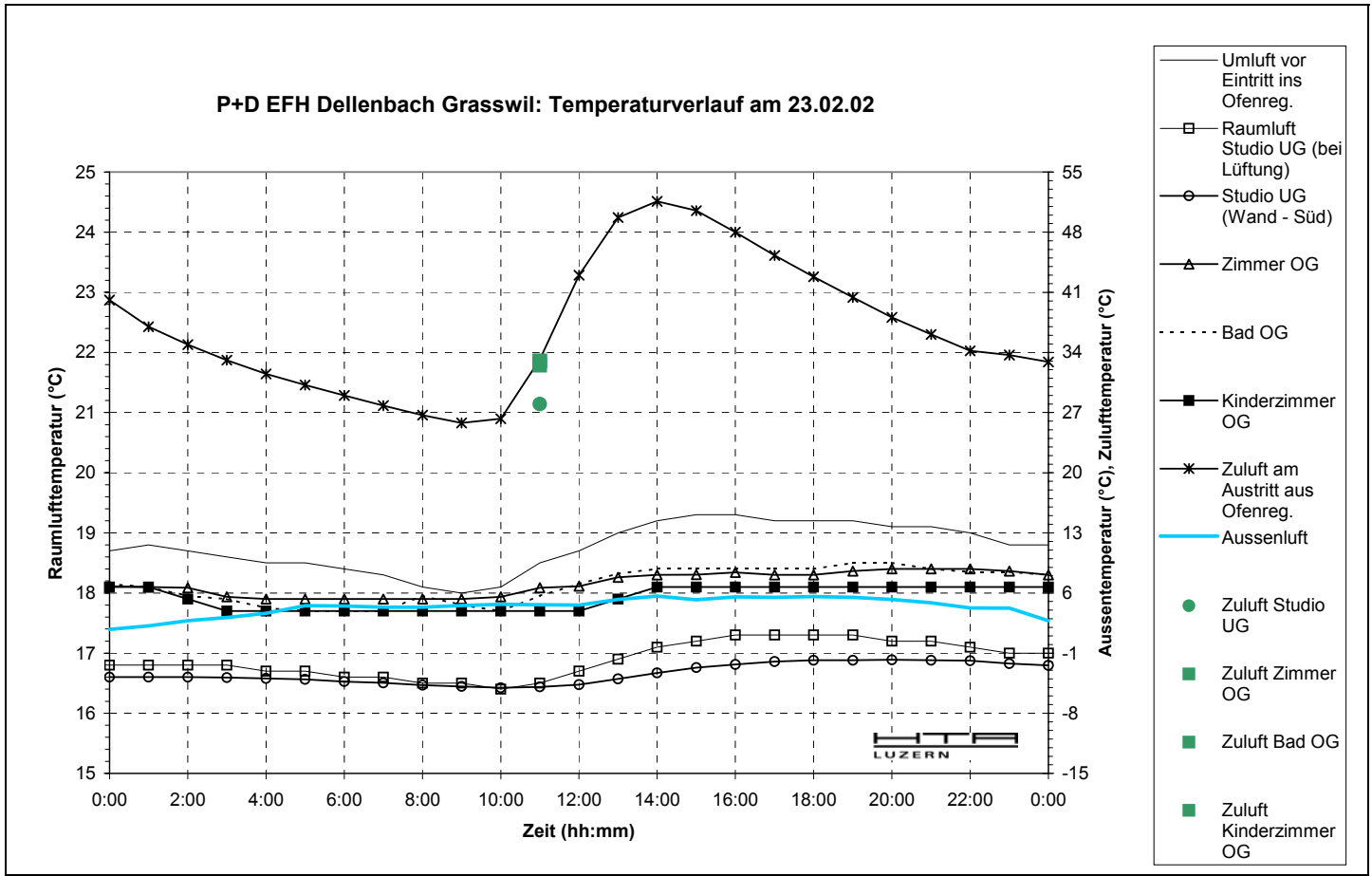
Figur 12: Temperaturverlauf Wohnung in der ersten Woche des Jahres 2002.



Figur 13: Temperaturverlauf Wohnung in der zweiten Woche des Jahres 2002.

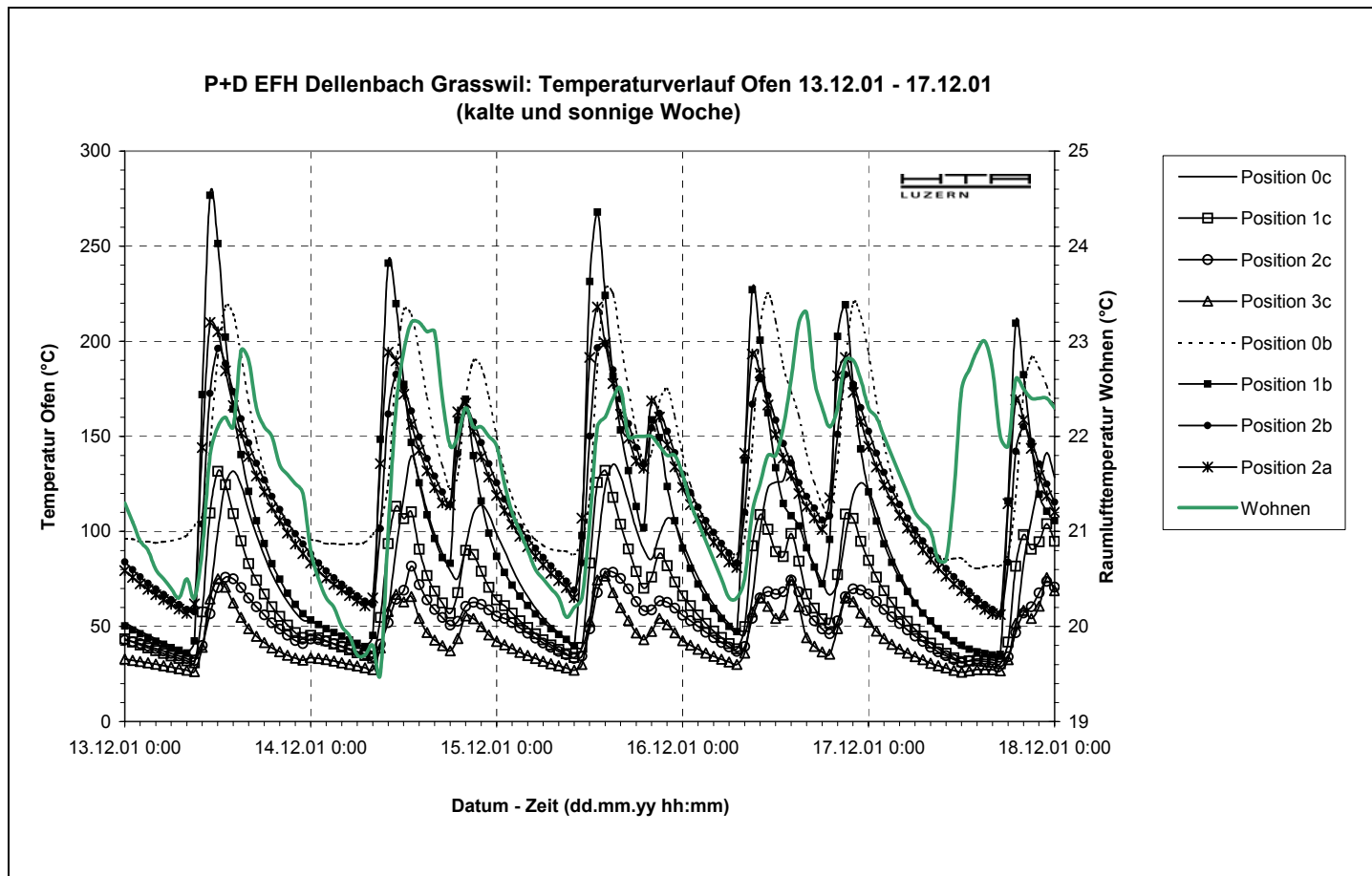


Figur 14: Temperaturverlauf Wohnung in der dritten Woche des Jahres 2002.

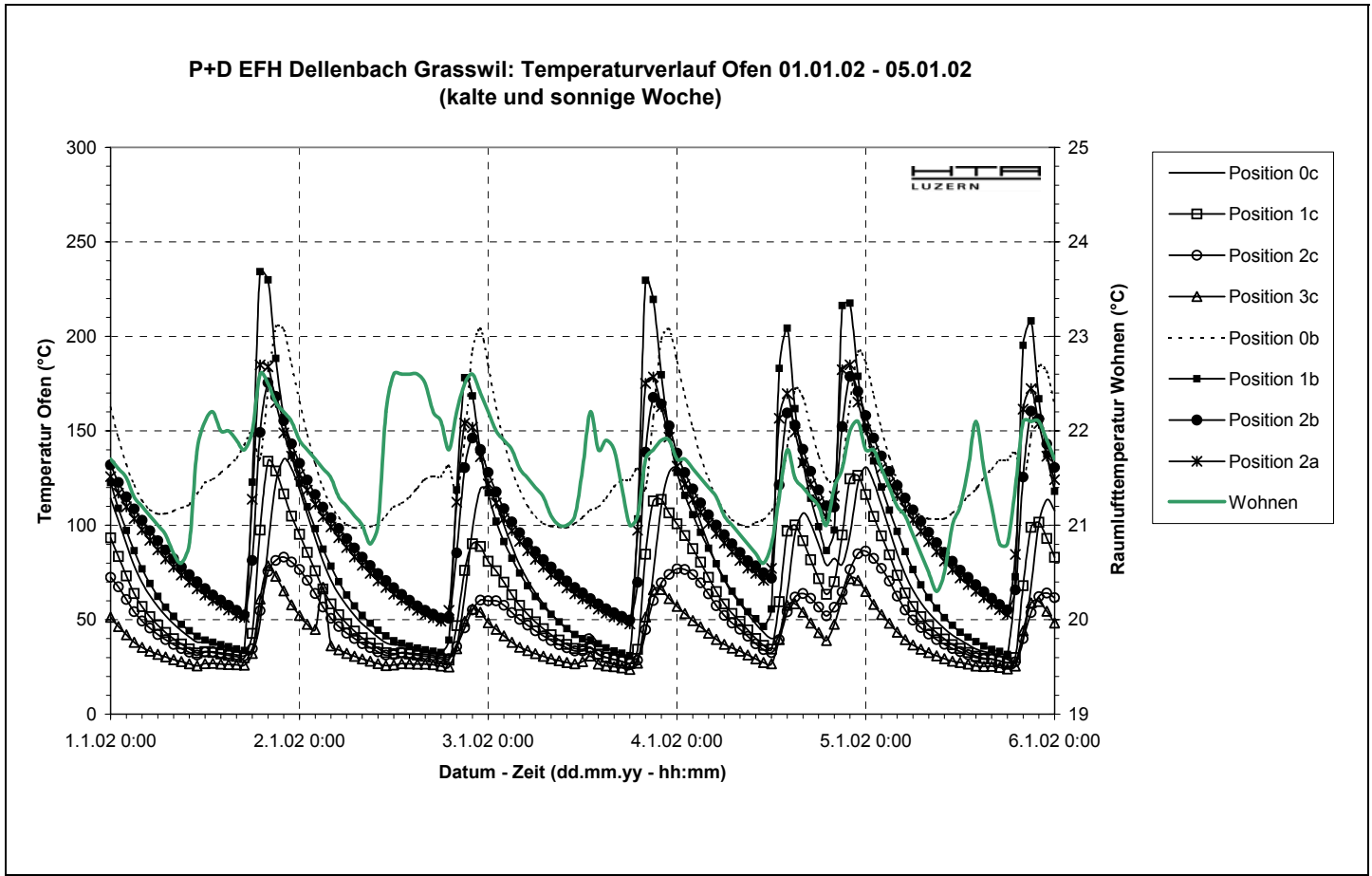


Figur 15: Temperaturverlauf in der Wohnung am 23-02-2002.

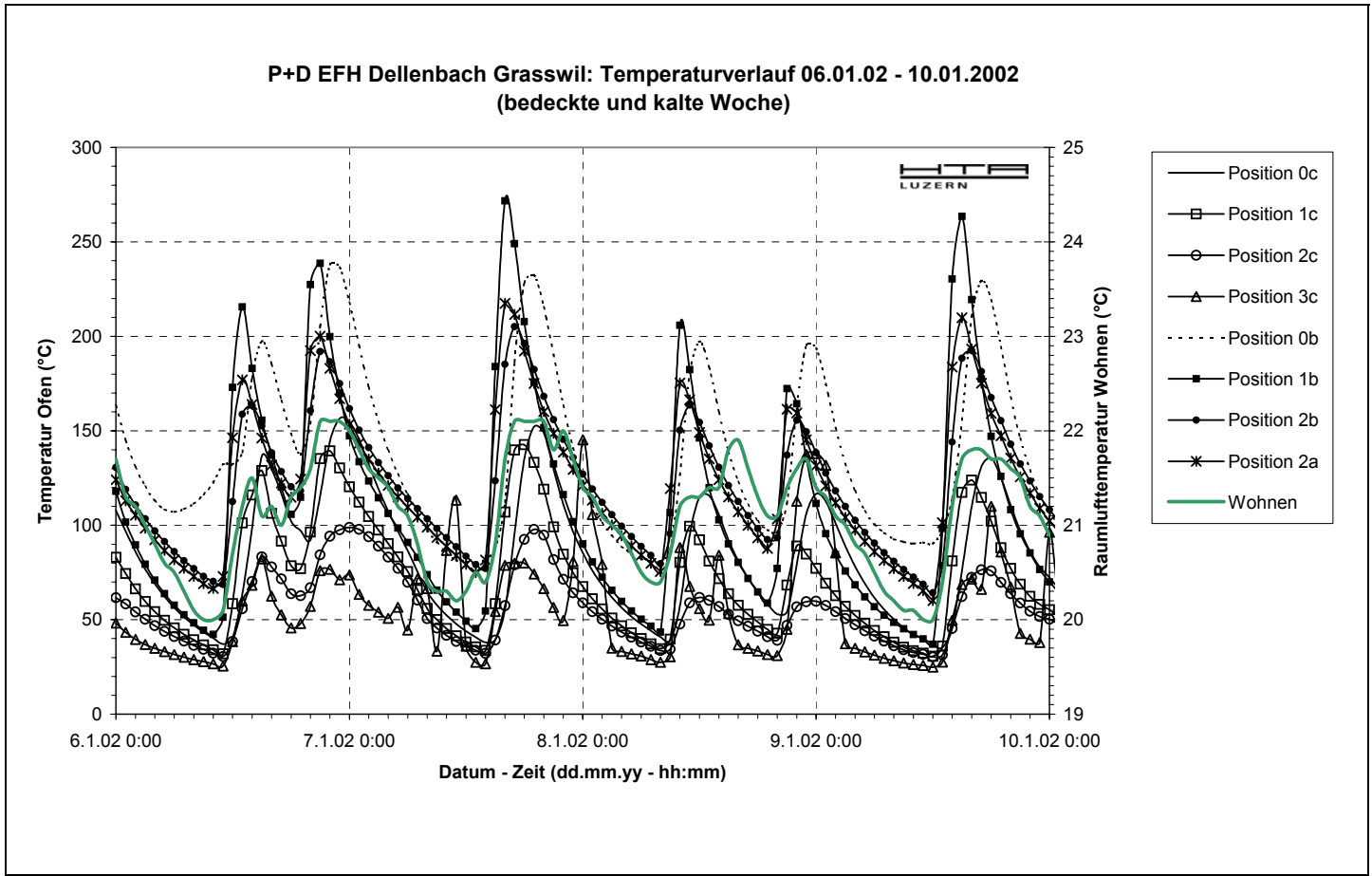
9.2 Temperaturverlauf am Ofen



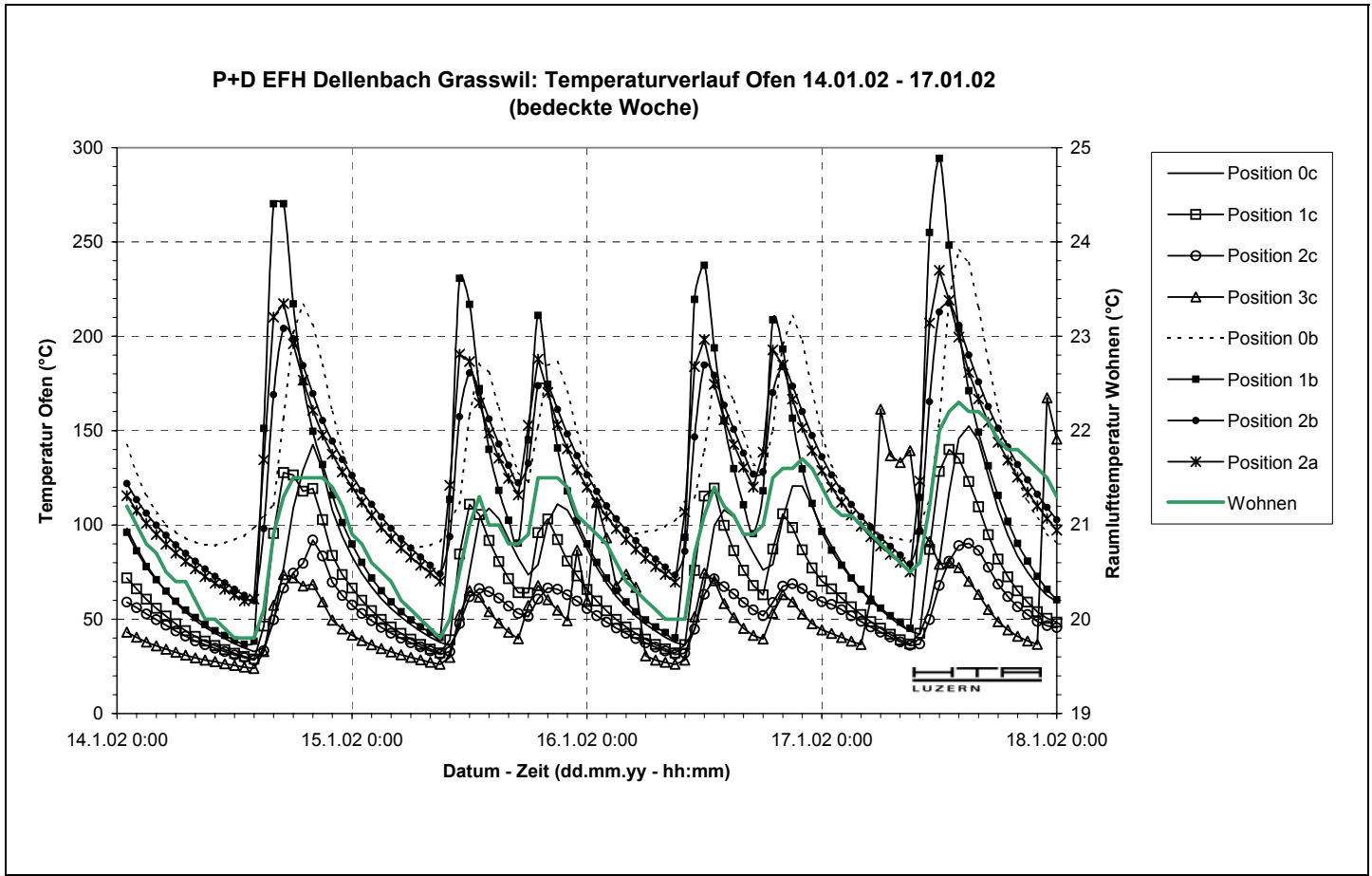
Figur 16: Temperaturverlauf Ofen in der drittletzten Woche des Jahres 2001.



Figur 17: Temperaturverlauf Ofen in der ersten Woche des Jahres 2002.

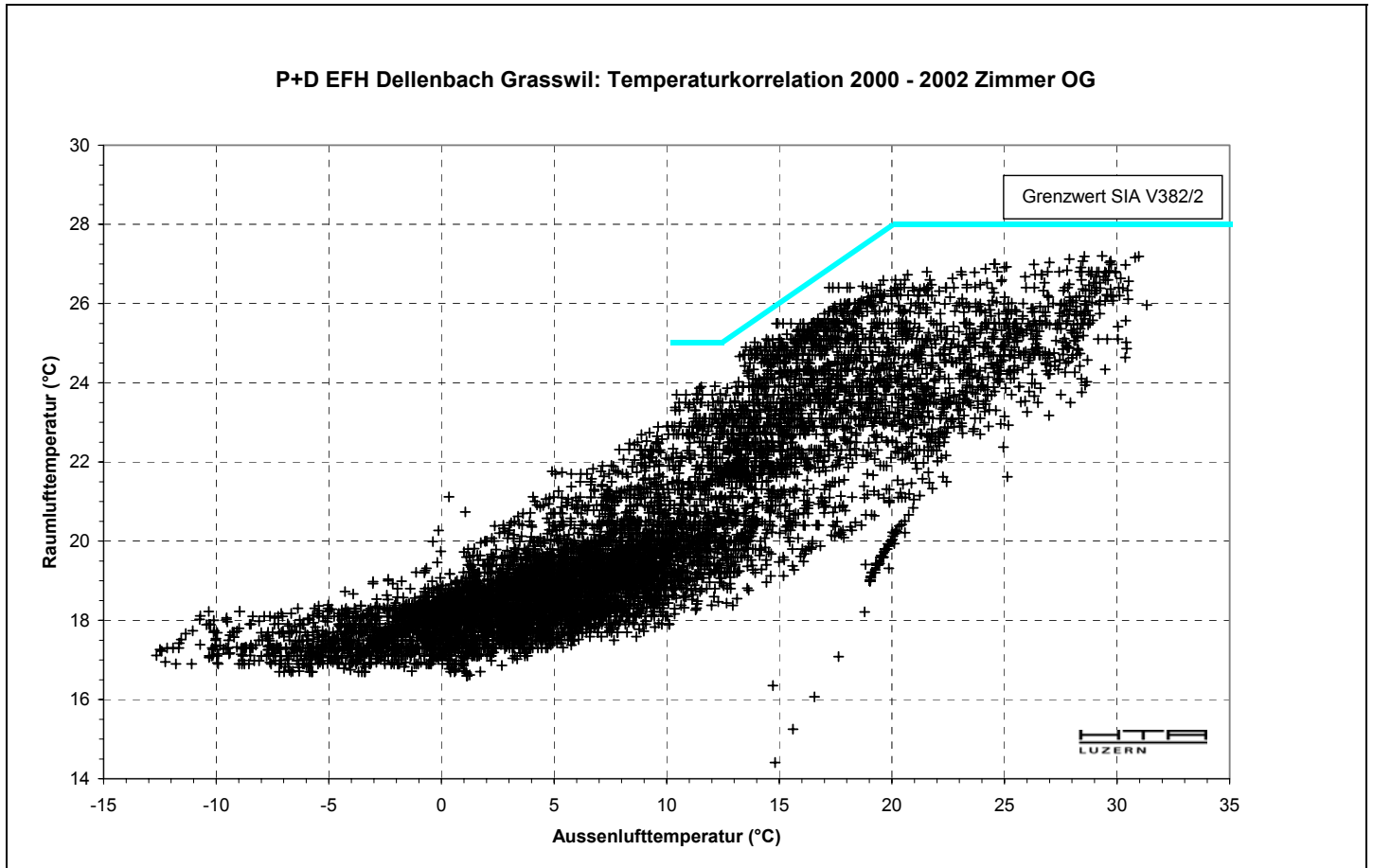


Figur 18: Temperaturverlauf Ofen in der zweiten Woche des Jahres 2002.

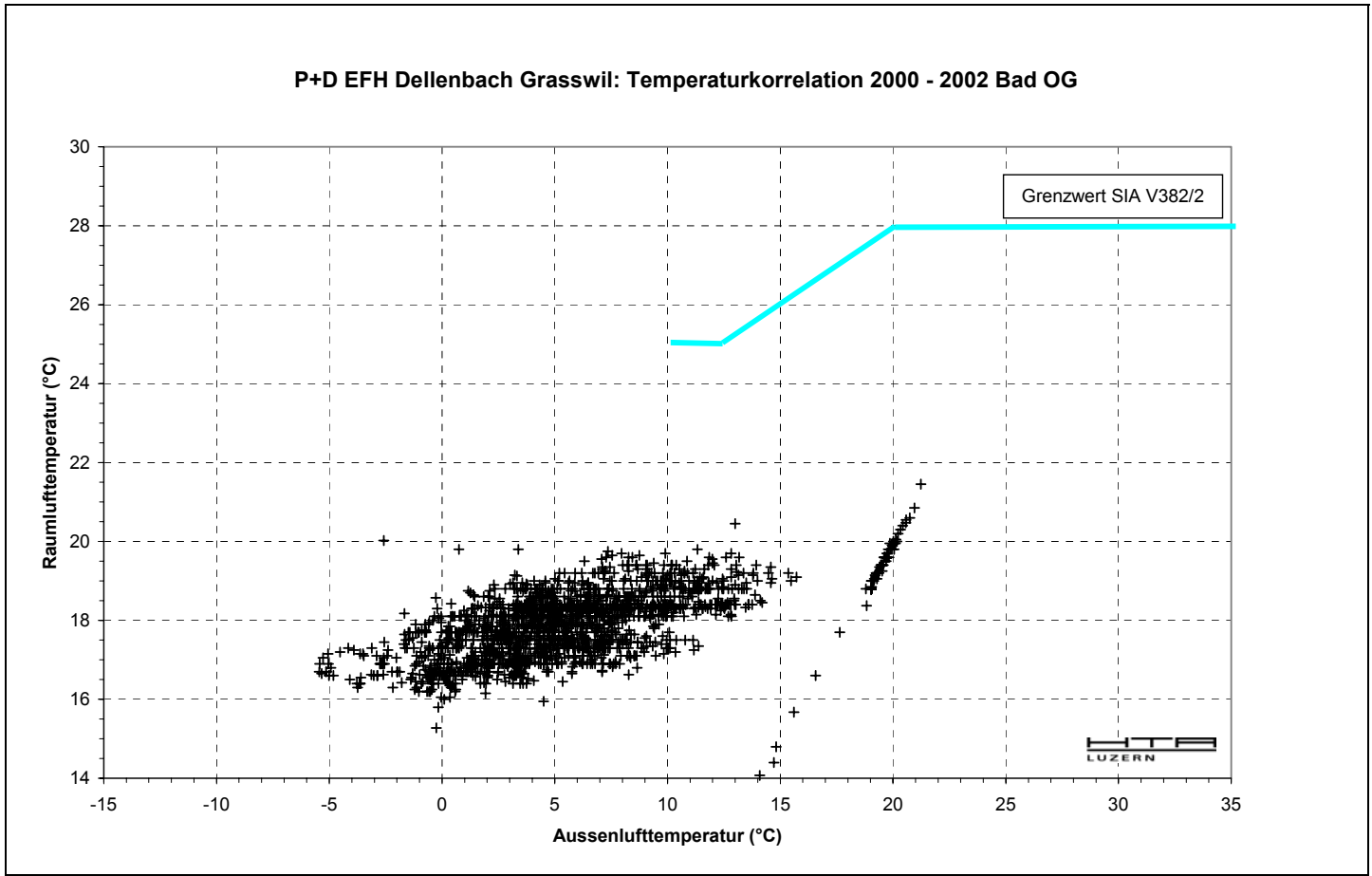


Figur 19: Temperaturverlauf Ofen in der dritten Woche des Jahres 2002.

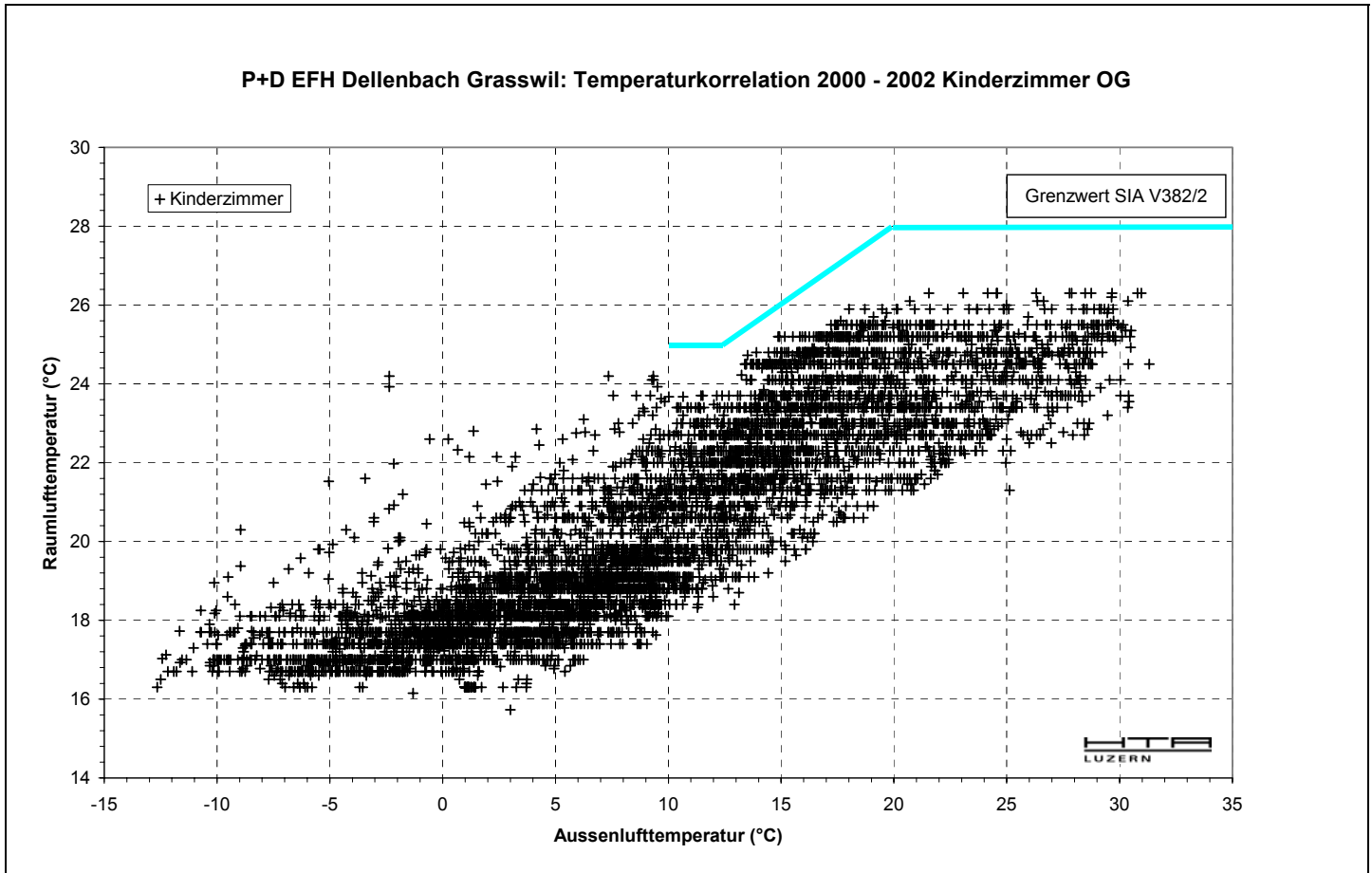
9.3 Temperaturkorrelationen in den Jahren 2000 – 2002



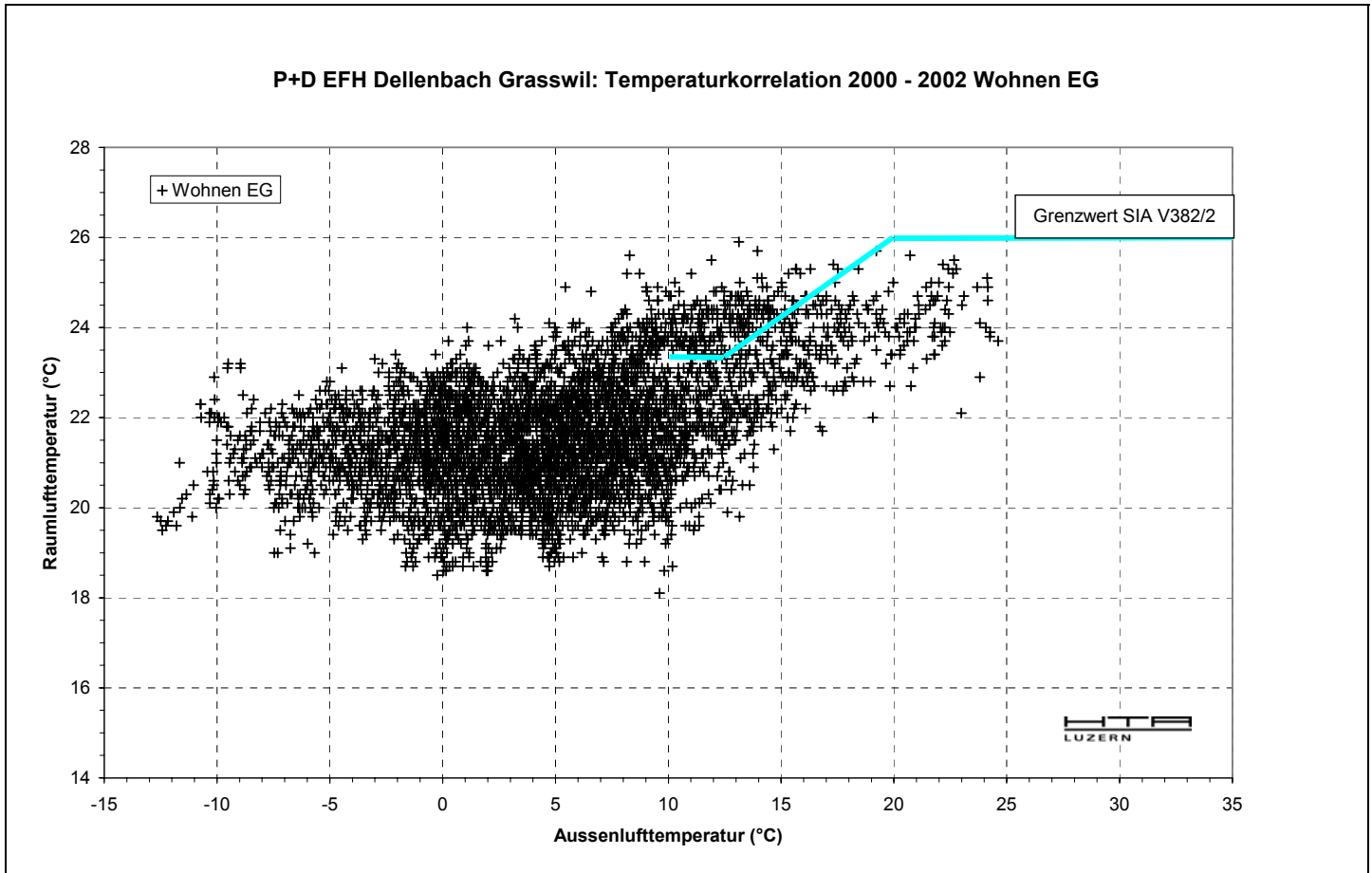
Figur 20: Temperaturkorrelation in den Jahren 2000 – 2002 im Zimmer OG.



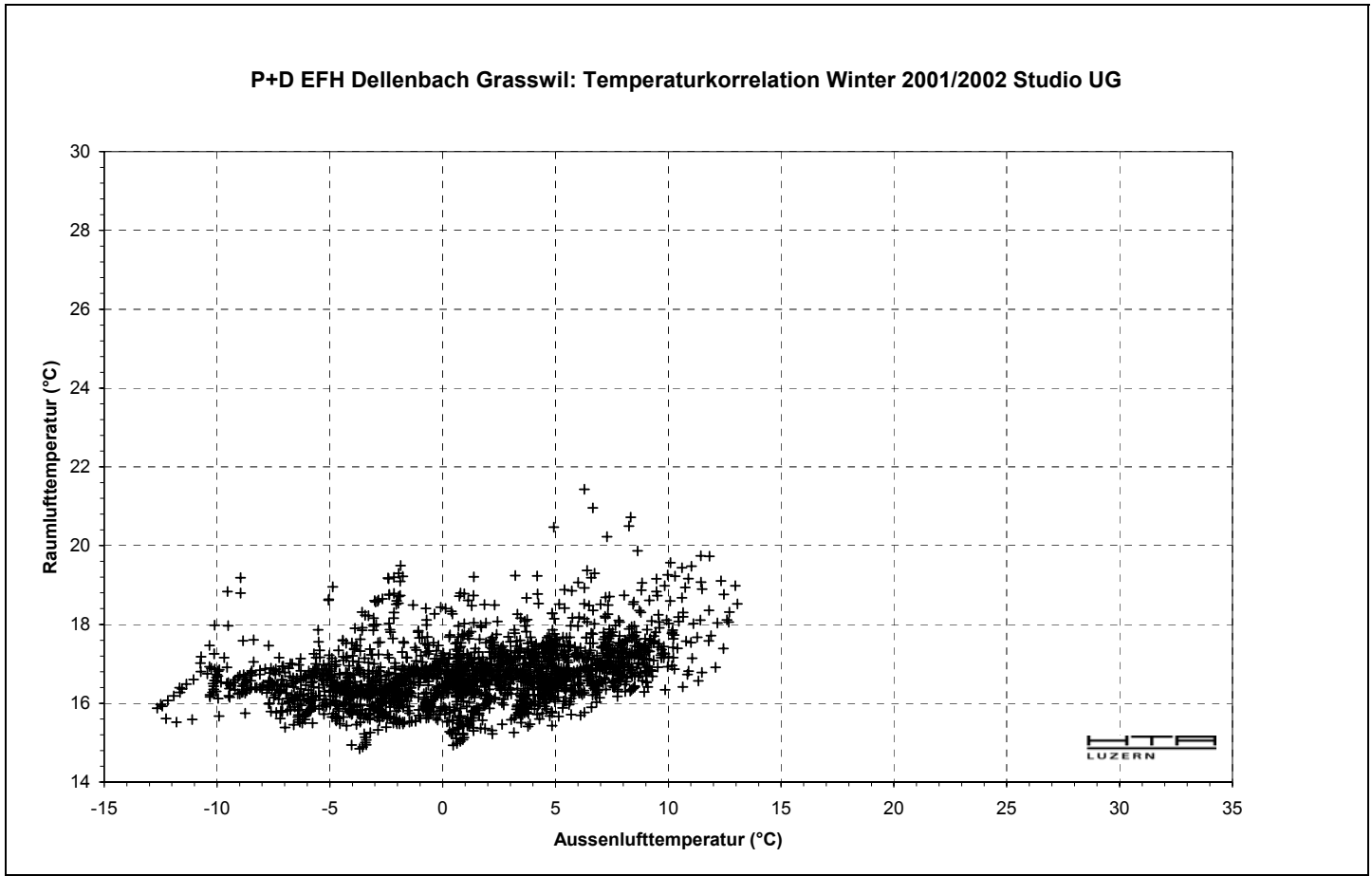
Figur 21: Temperaturkorrelation in den Jahren 2000 - 2002 im Bad OG.



Figur 22: Temperaturkorrelation in den Jahren 2000 - 2002 im Kinderzimmer OG.

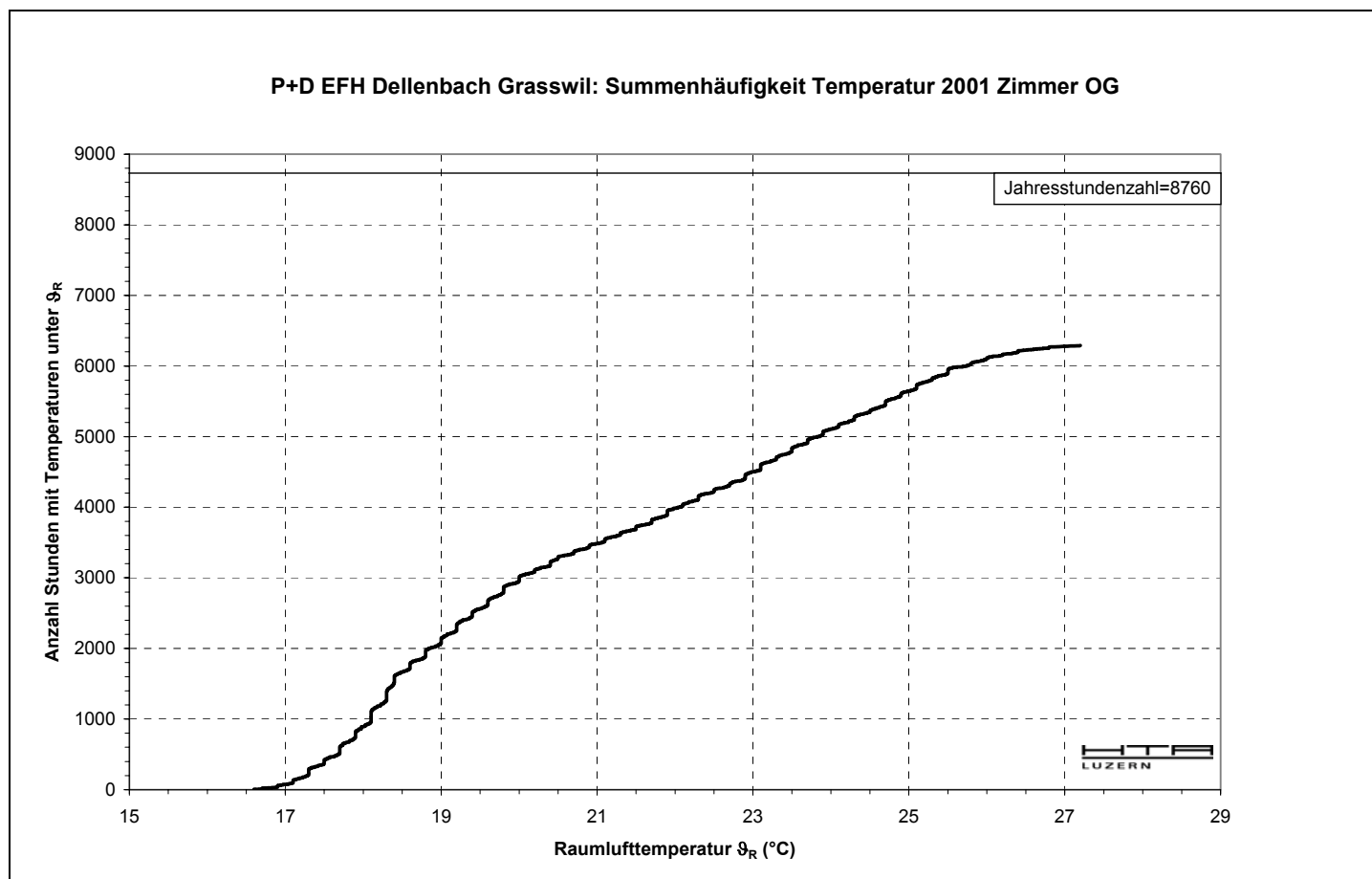


Figur 23: Temperaturkorrelation in den Jahren 2000 - 2002 im Wohnen EG.

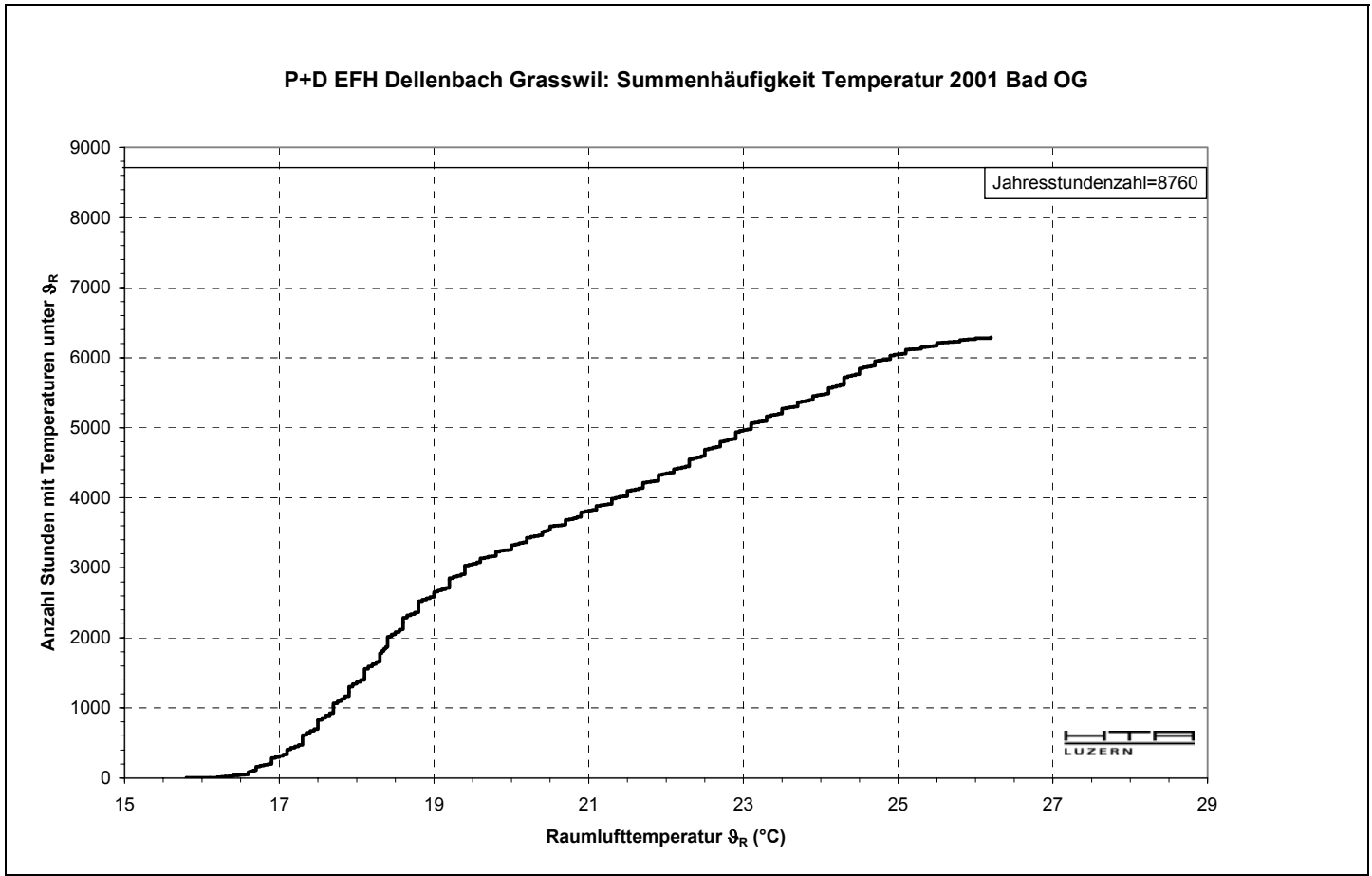


Figur 24: Temperaturkorrelation im Winter 2001/2002 im Studio UG.

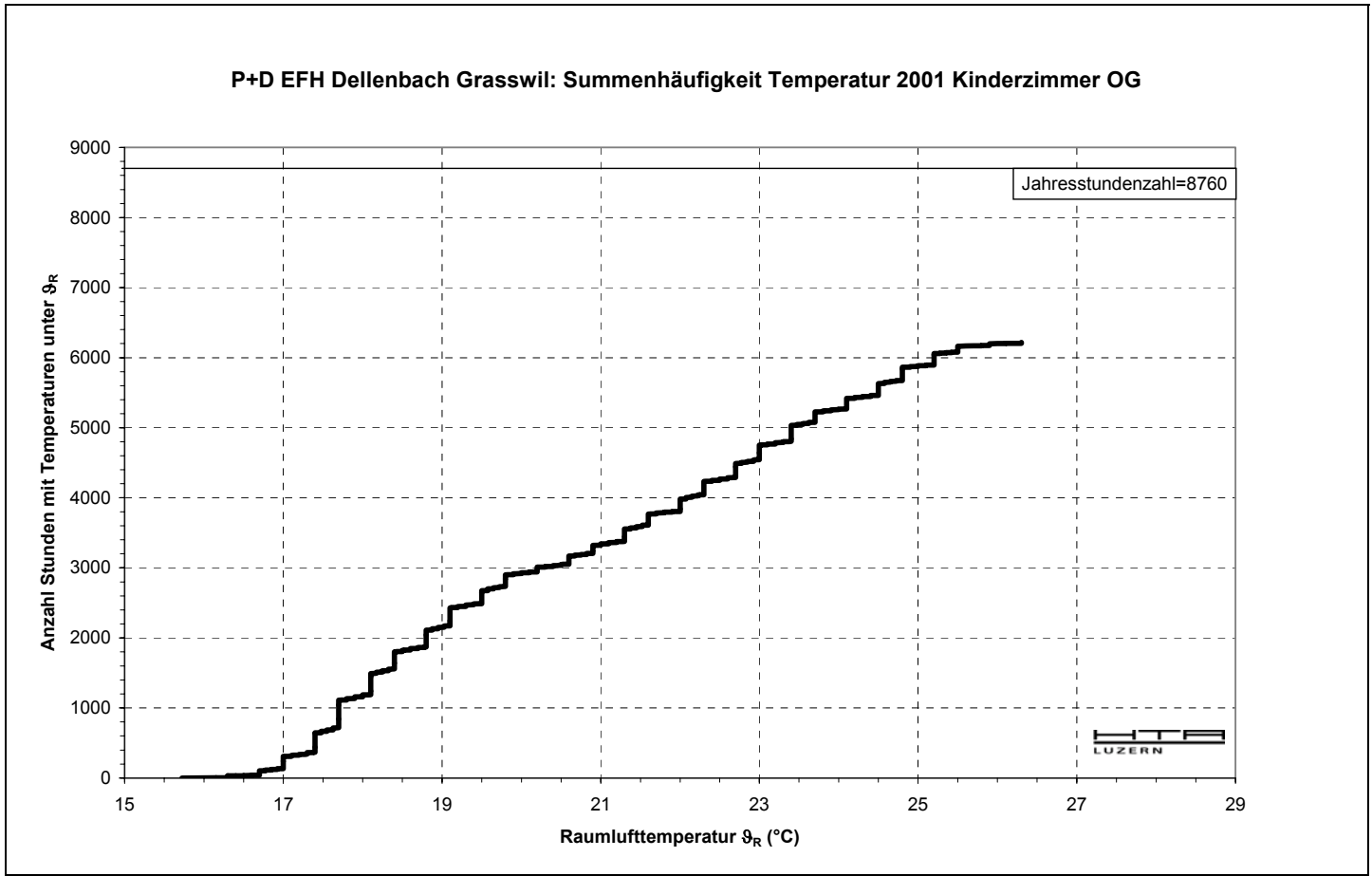
9.4 Summenhäufigkeit der Temperatur



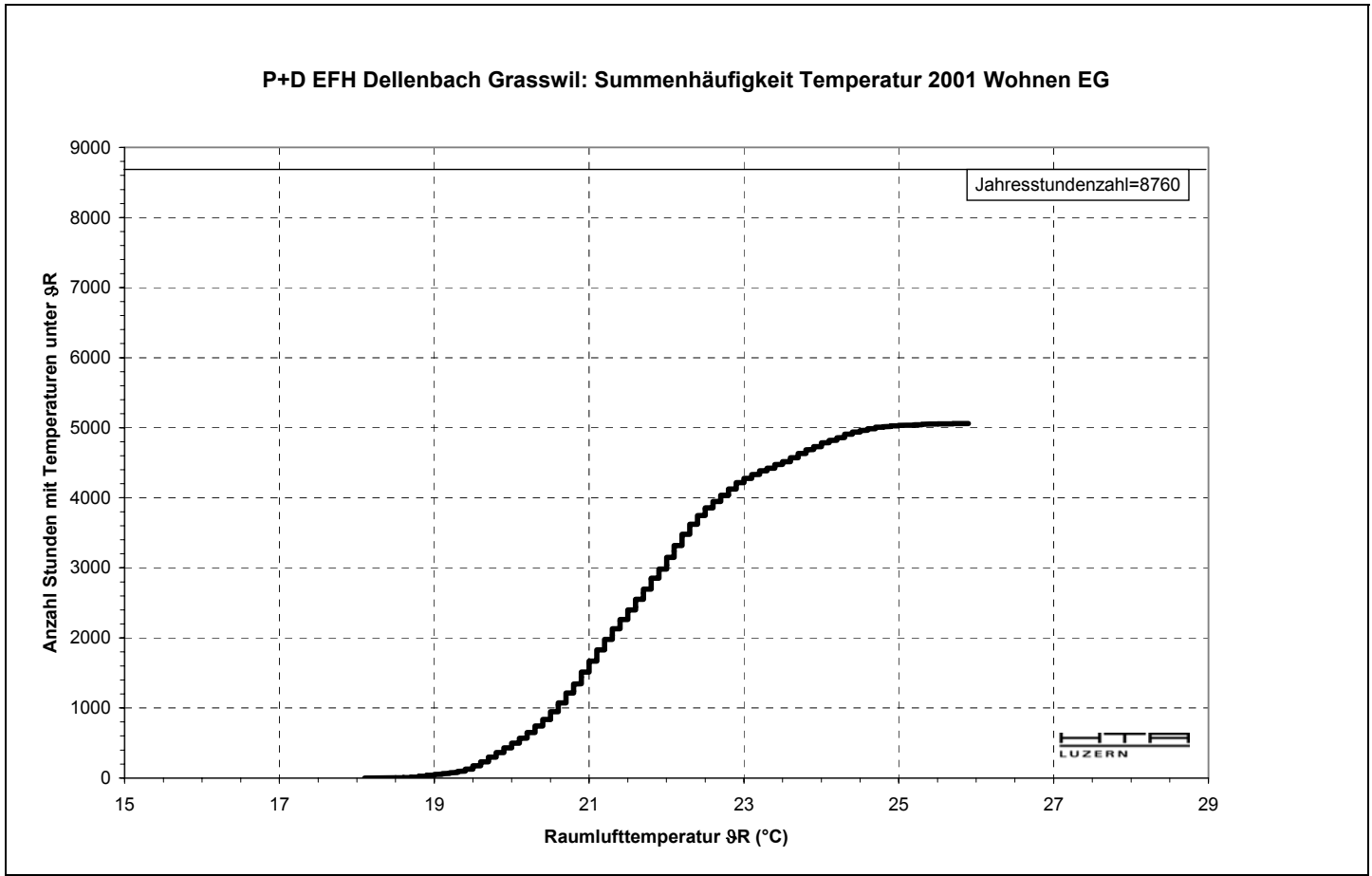
Figur 25: Summenhäufigkeit der Temperatur im Jahr 2001 im Zimmer OG.



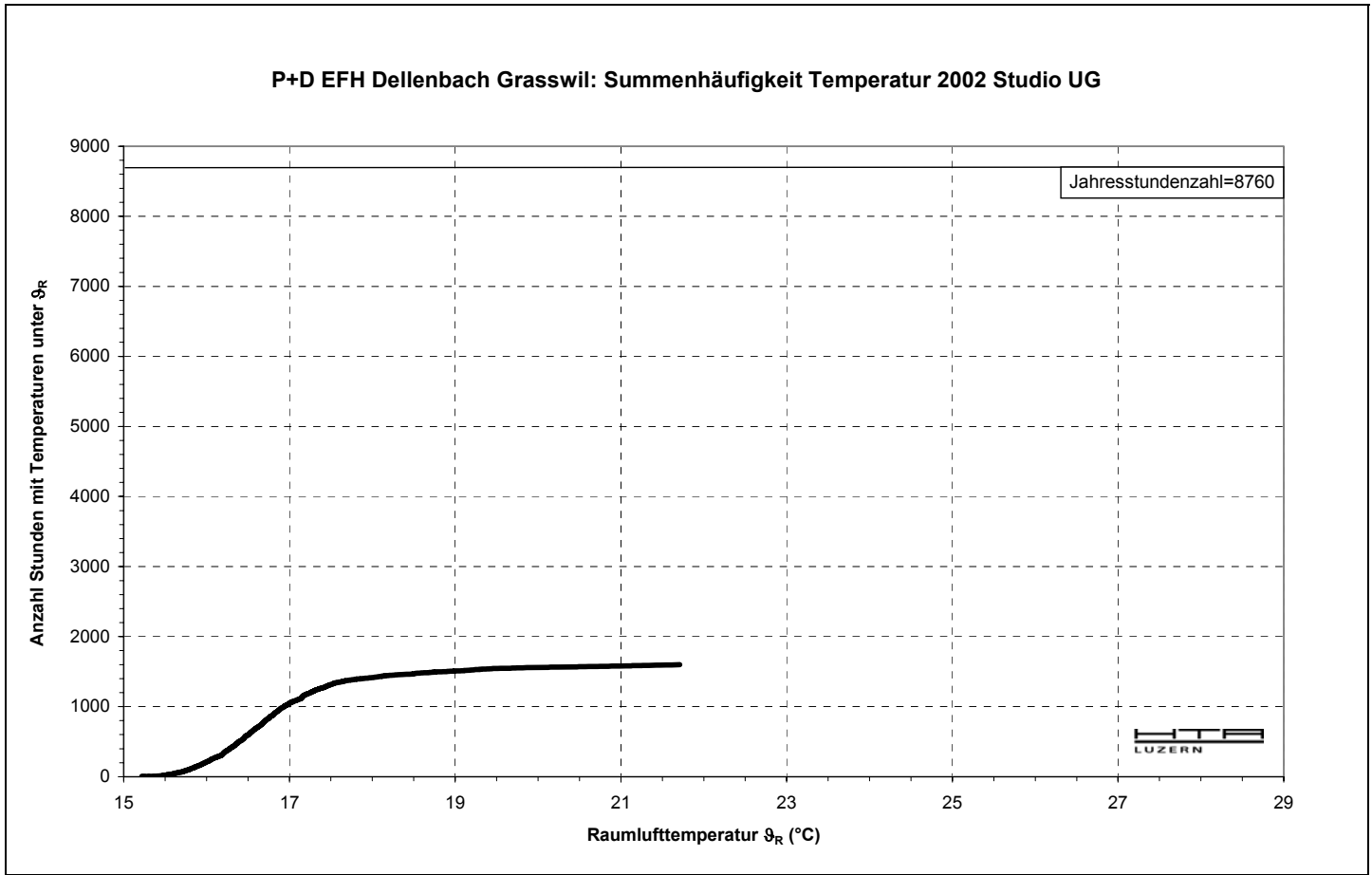
Figur 26: Summenhäufigkeit der Temperatur im Jahr 2001 im Bad OG.



Figur 27: Summenhäufigkeit der Temperatur im Jahr 2001 im Kinderzimmer OG.

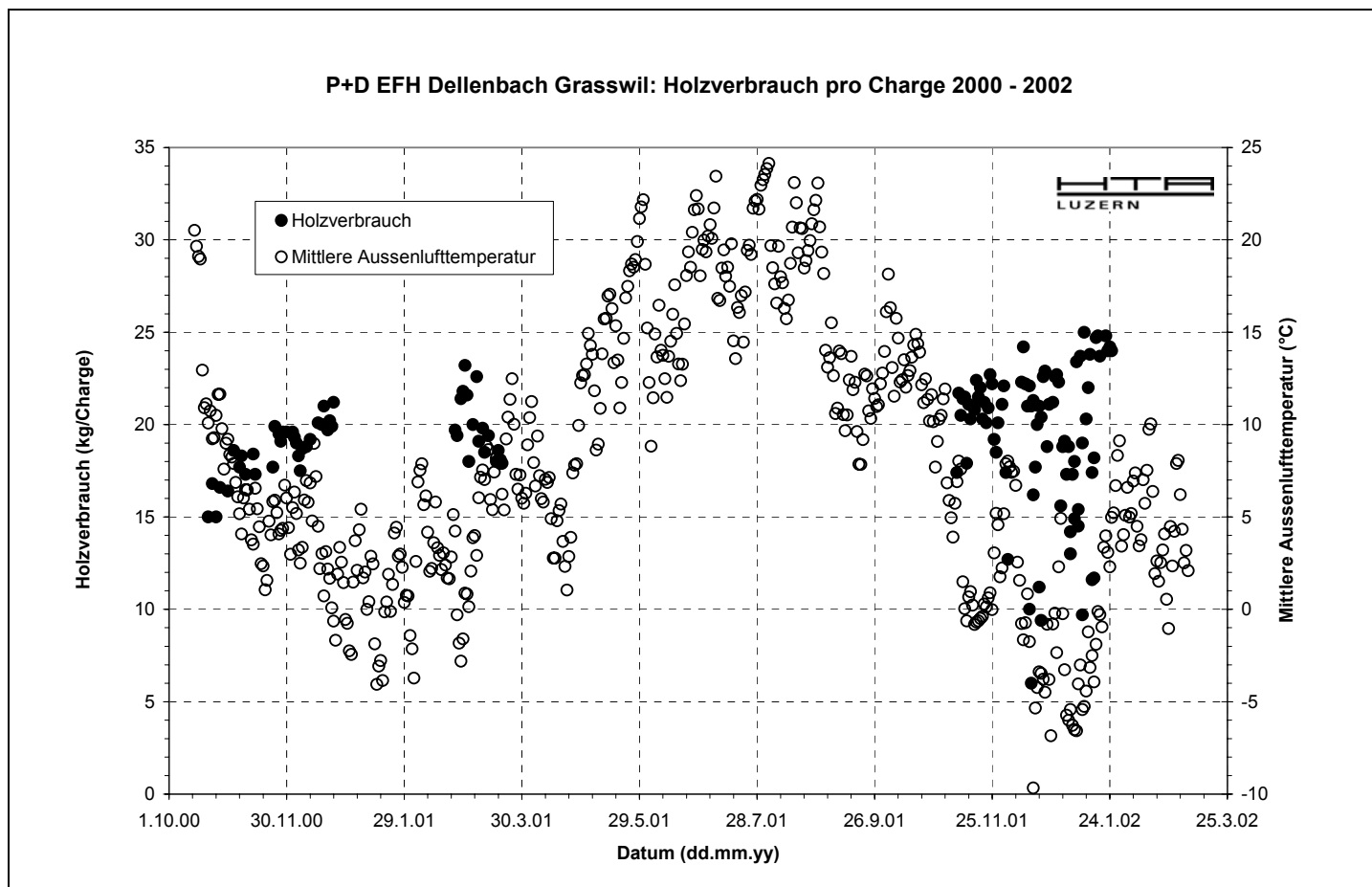


Figur 28: Summenhäufigkeit der Temperatur im Jahr 2001 im Wohnen EG.

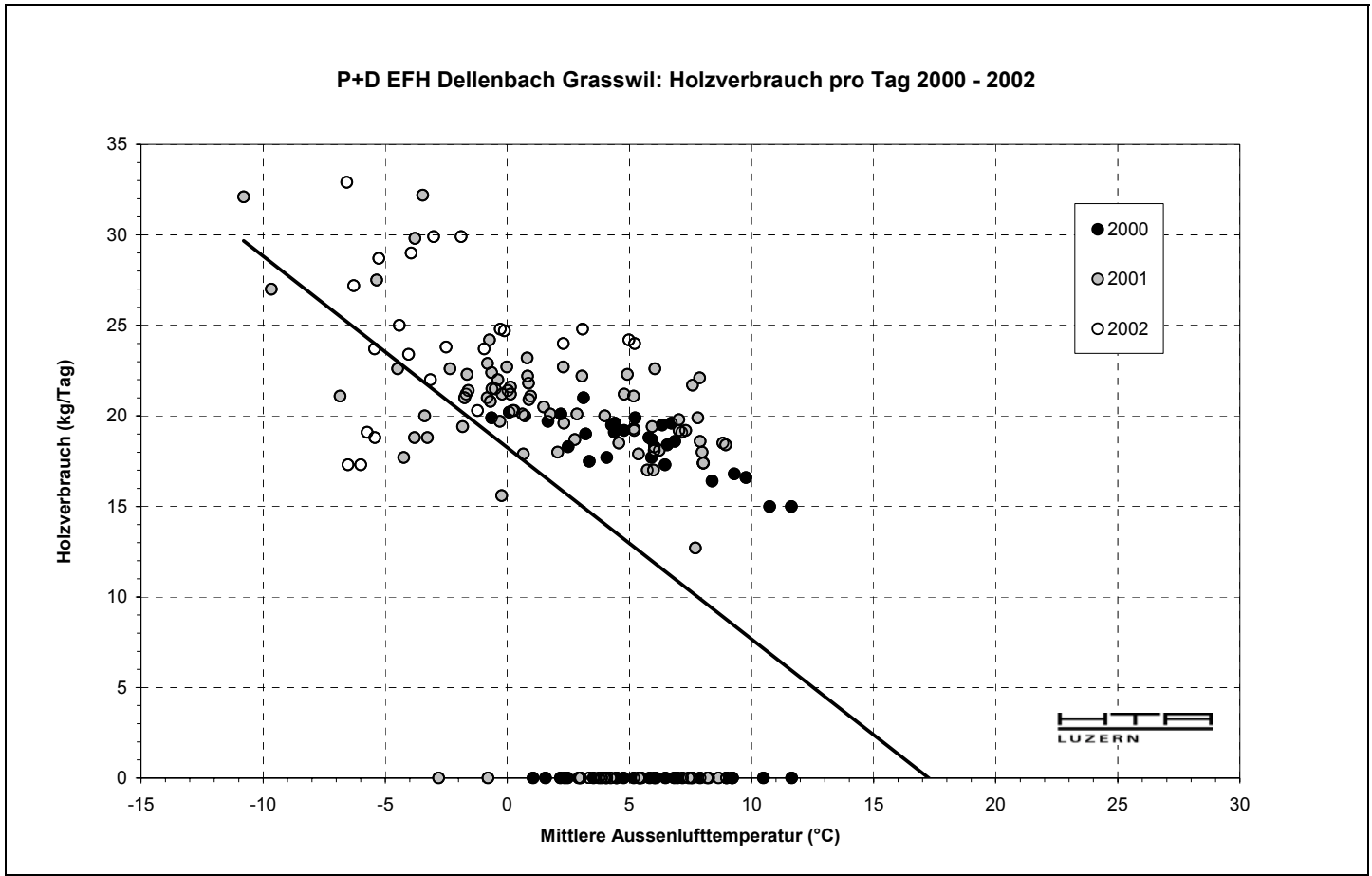


Figur 29: Summenhäufigkeit der Temperatur im Jahr 2002 im Studio UG.

9.5 Holzverbrauch



Figur 30: Holzverbrauch pro Charge in den Jahren 2000 – 2002.



Figur 31: Holzverbrauch pro Tag in Abhängigkeit der mittleren Aussenlufttemperatur.