

98

EF Nr. 197113



Bundesamt für Energie
Office fédéral de l'énergie
Ufficio federale dell'energia
Uffizi federal d'energia

Programm Biomasse

Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle Wärmeerzeugung Hotel Ucliva

Ausgearbeitet durch:

**Ingenieurbüro Umwelt + Energie, 8933 Maschwanden
ardens GmbH, 4410 Liestal**

Im Auftrag von:

**Amt für Energie des Kantons Graubünden, 7001 Chur
Bundesamt für Energie, 3003 Bern**

Journal of
Business Ethics
Volume 100, No. 1
January 2012

ISSN 0167-4544
CODEN JBUEJD

Editorial Board

Editorial Introduction

Editorial Introduction

Editorial Introduction

Inhaltsverzeichnis

Seite

	Zusammenfassung	5
1.	Ausgangslage	6
2.	Ziel	7
3.	Zustand vor der Betriebsoptimierung	8
4.	Betriebsoptimierung	13
5.	Erfolgskontrolle: Die Energiebilanz	18
6.	Zukünftiges Überwachungskonzept	22
7.	Schlussfolgerungen	23
8.	Umsetzung der Ergebnisse	24

Anhang

A	Flussdiagramm Umschaltung der Betriebsarten	25
B	Auswertungen	27
C	Funktionsbeschreibung Ausgabe 20. Mai 1999	49
D	Hydraulikschema 96.028/10 b	61
E	Technische Daten 25. Juni 1997	71
F	Messwerttabelle Ausgabe 25. Juni 1997	74

Seite
1
2
3
4
5
6
7
8

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	1
2. Ausgangspunkt	2
3. Ziel	3
4. Voraussetzungen für die Realisierung	4
5. Realisierung	5
6. Ergebnisse	6
7. Diskussion	7
8. Zusammenfassung	8

Seite
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18

Anhang

A.1. Zusammenfassung	A.1
A.2. Ausgangspunkt	A.2
A.3. Ziel	A.3
A.4. Voraussetzungen für die Realisierung	A.4
A.5. Realisierung	A.5
A.6. Ergebnisse	A.6
A.7. Diskussion	A.7
A.8. Zusammenfassung	A.8

Zusammenfassung

Im Hotel Ucliva in Waltensburg basiert die Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasser auf den drei erneuerbaren Energieträgern Holz, Sonne (100 m² Sonnenkollektoren) und Abwärme der Kälteanlagen. Die 1995 durchgeführte Untersuchung zeigte, dass die komplexe Anlage nicht zufriedenstellend funktionierte. Vor allem bei der Solar- und Holz-Energie wurden ungenügende Nutzungsgrade erreicht. Der bestehende Stückholzkessel musste aus Altersgründen ersetzt werden. Dies wurde zum Anlass genommen, die gesamte Energieerzeugung zu überprüfen und nach Lösungen zu suchen, welche einen wesentlich besseren Jahresnutzungsgrad ermöglichen.

Unabdingbar für eine richtige Funktionsweise solcher Anlagen ist eine Betriebsoptimierung, mit welcher nach der Übergabe der Anlage an den Bauherrn die Anlagefunktionen systematisch überprüft und mit den Vorgaben der Funktionsbeschreibung verglichen werden. Aufgrund dieser Überprüfung können Mängel an Anlagekomponenten behoben und die Einstellungen von Steuer- und Regelparametern verbessert werden. Diese Arbeiten werden mit einer Erfolgskontrolle abgeschlossen. Der Bauherr hat damit die Gewissheit, dass die Anlage einwandfrei und mit minimalem Energieverbrauch arbeitet.

Der vorliegende Schlussbericht zeigt, welche Anpassungen im Rahmen der Betriebsoptimierung von Januar 1997 bis August 1998 vorgenommen wurden und welche Auswirkungen auf die Funktionsweise nachgewiesen werden konnten.

Der gewählte Lösungsansatz – optimierte Verknüpfung der bestehenden Anlagekomponenten mit einem programmierbaren Regelsystem – hat sich bewährt. Insbesondere war auch das gewählte Vorgehen erfolgreich, welches die Konkurrenzierung von Solarenergie und Abwärme (gleiches Temperaturniveau) vermeiden sollte: Solarenergie wird nach der Sanierung nicht generell in die Speicher geladen, sondern dorthin gebracht, wo diese benötigt wird.

Die Erfolgskontrolle hat gezeigt, dass mit einer Betriebsoptimierung für komplexe Anlagen dieser Art bedeutende Verbesserungspotentiale realisiert werden können. Die Nutzungsgrade der Holzfeuerung und der Solaranlage konnten durch folgende Massnahmen stark verbessert werden:

- Bei der Holzenergienutzung: Optimierte Leistungsvorgabe in Funktion der Aussentemperatur und Speicherinhalt; Abführen des Restwärmestaus nach dem Abschalten der Feuerung.
- Bei der Solarenergie: Verhinderung der Rückkühlung; Optimierte Umschaltbedingungen; Verhinderung des «STOP and GO»-Betriebes.
- Reduktion der Zirkulationsverluste, ohne Komforteinbussen.

Ausstehend: Über die hiermit abgeschlossene Betriebsoptimierung hinaus empfehlen wir die Behebung folgender noch bestehender Mängel:

- Ausschaltpunkt der Holzfeuerungsanlage auf 30%-Teillast begrenzen
- Nachlaufzeit der Kesselpumpe von 3 auf 6 h erhöhen
- Aussentemperaturfühler mit Abdeckung versehen, um direkte Sonneneinstrahlung am Abend zu verhindern
- Strahlungsfühler von der Südwand auf das Dach montieren.

1. Ausgangslage

Im Hotel Ucliva in Waltensburg basiert die Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasser auf den drei erneuerbaren Energieträgern Holz, Sonne (100 m² Sonnenkollektoren) und Abwärme der Kälteanlagen. Die 1995 durchgeführte Untersuchung zeigte, dass die komplexe Anlage nicht zufriedenstellend funktionierte. Vor allem bei der Solar- und Holz-Energie wurden ungenügende Nutzungsgrade erreicht.

Der bestehende Stückholzkessel musste aus Altersgründen ersetzt werden. Dies wurde zum Anlass genommen, die gesamte Energieerzeugung zu überprüfen und nach Lösungen zu suchen, welche einen wesentlich besseren Jahresnutzungsgrad ermöglichen. Die Hauptmerkmale des im Herbst 1996 realisierten Konzeptes sind:

- Automatische Holzfeuerung mit einer automatischen Zündung. Dadurch wird es möglich, die Holzheizung nur dann in Betrieb zu setzen, wenn keine anderen Wärmequellen zur Verfügung stehen. Sobald der Wärmebedarf mit anderen Energiequellen gedeckt werden kann, schaltet die Holzfeuerung ab. Dadurch wird ein Betrieb mit Glutbetherhaltung vermieden, womit eine bessere Energieausnutzung und tiefere Emissionen erreicht werden.
- Solarwärme, welche möglichst direkt (ohne Umweg über Speicher) dorthin gebracht werden soll, wo sie genutzt werden kann. Die erzeugte Wärme wird nur dann in den Speicher gebracht, wenn im Moment keine Nutzung möglich ist.
- Speicherprogrammierte Steuerung und Regelung (SPS) die es erlaubt, die Anlage je nach Witterungssituation auf hydraulisch unterschiedliche Art zu betreiben. Die Umstellung von einer Betriebsart auf die andere erfolgt automatisch aufgrund von vorgegebenen Bedingungen:
 - Sommer («Sommer»: Wärmebedarf hauptsächlich für Brauchwarmwasser)
 - Übergangszeit («Übergang»: Heizwärmebedarf vom Abend bis zum frühen Vormittag, kaum Heizwärmebedarf tagsüber)
 - Winter («Winter»: Es muss auch tagsüber geheizt werden).

Diese drei Betriebszustände ermöglichen, die erzeugte Wärme dem jeweiligen Bedarf entsprechend möglichst direkt (ohne Zwischenspeicherung) zum Verbraucher zu bringen (vgl. Betriebskonzept Kap.3 und Hydraulikschema in Anhang B).

- Trotz schlechter Voraussetzung für die Sonnenenergienutzung (Konkurrenz durch Abwärmenutzung von den Kälteanlagen) soll ein guter Jahresnutzungsgrad erreicht werden.
- Elektronische Erfassung der für die Funktionsüberprüfung notwendigen Daten. Bei Bedarf können sie ausgelesen und der zeitliche Verlauf dargestellt werden.

Die Anlage wurde nach dem oben beschriebenen Konzept im Herbst 1996 saniert und im Dezember 1996 in Betrieb genommen.

Untersuchungen und Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass die herkömmlichen Methoden der Inbetriebsetzung und Abnahme vor allem für komplexe Anlagen unzureichend sind. Auch wenn das System richtig projektiert und entsprechend gebaut wurde, arbeiten viele Anlagen nicht so, wie dies im Konzept vorgesehen ist. Unabdingbar für eine richtige Funktionsweise solcher Anlagen ist daher eine Betriebsoptimierung, mit welcher nach der Übergabe der Anlage an den Bauherrn die Anlagefunktionen systematisch überprüft und mit den Vorgaben der Funktionsbeschreibung verglichen werden. Aufgrund dieser Überprüfung können Mängel an Anlagekomponenten behoben und die Einstellungen von Steuer- und Regelparametern verbessert werden. Diese Arbeiten werden mit einer Erfolgskontrolle abgeschlossen. Der Bauherr hat damit die Gewissheit, dass die Anlage einwandfrei und mit minimalem Energieverbrauch arbeitet.

Bei der sanierten Wärmeerzeugung des Hotels Ucliva soll diese – bis heute in dieser Form nicht übliche – Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle durchgeführt und gezeigt werden, was damit erreicht werden kann.

2. Ziel

Mit dem Projekt «Betrieboptimierung und Erfolgskontrolle der Sanierung im Hotel Ucliva» soll gezeigt werden:

- was mit einer Betriebsoptimierung erreicht werden kann, bei welcher die Funktionen der Anlage systematisch überprüft und optimiert werden;
- welche Voraussetzungen erforderlich sind, um eine Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle durchführen zu können;
- wie mit neuen technischen Möglichkeiten der Jahresnutzungsgrad von kombinierten Holz-/Sonnenkollektoranlagen verbessert werden kann;
- was für Massnahmen (vom Konzept bis zur Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle) erforderlich sind, damit diese Möglichkeiten in bestehenden und neuen Anlagen genutzt werden können.

3. Zustand vor der Betriebsoptimierung

Anlagebeschreibung

(vgl. Anhang D: Hydraulikschema 96.028/10 b und Anhang E: Technische Daten 25. Juni 1997)

Die Anlage besteht aus der Wärmeerzeugung, den Zwischenspeichern und den Wärmebezügern.

Zu den Wärmeerzeugern und Zwischenspeichern zählen:

- die Sonnenkollektoranlage, bestehend aus dem Kollektorfeld (WT1) und dem Plattenwärmtauscher (WT2) zwischen dem Primär- und dem Sekundärkreis
- die Abwärmenutzung der Kälteanlagen als Vorwärmung für das Brauchwarmwasser im Speicher S1
- die Holzschneitzelfeuerung (Q1)
- das Elektroregister für das Brauchwarmwasser im Speicher S2
- der 12 m³-Speicher (S4)
- der 6 m³-Speicher (S5)

Die Wärmebezüger sind:

- die Raumheizung (V1)
- die Lüftungsanlagen (V2)
- der Wassererwärmer S1
- der Wassererwärmer S2

Die Anlagensteuerung koordiniert die Funktionsgruppen der Wärmeerzeugung und Zwischenspeicherung gemäss Betriebskonzept. Zudem regelt/steuert die Anlagensteuerung die Ladung der beiden Speicher S2 und S3 zur Brauchwasser-Erwärmung. Die Heizgruppen der Raumheizung und die Lüftung sind mit Einzelreglern ausgerüstet.

Die Solaranlage arbeitet sobald die Kollektortemperatur einige Grade über der Vorlauftemperatur des Heizungswassers liegt. Die Holzschneitzelfeuerung wird automatisch gestartet, wenn der grosse Speicher (S4, 12'000 Liter) leer ist. Die Feuerung arbeitet bei konstanter Vorlauftemperatur von 80°C.

Im Anhang E sind die Technischen Daten aus dem Anlagenhandbuch zu finden.

Betriebskonzept

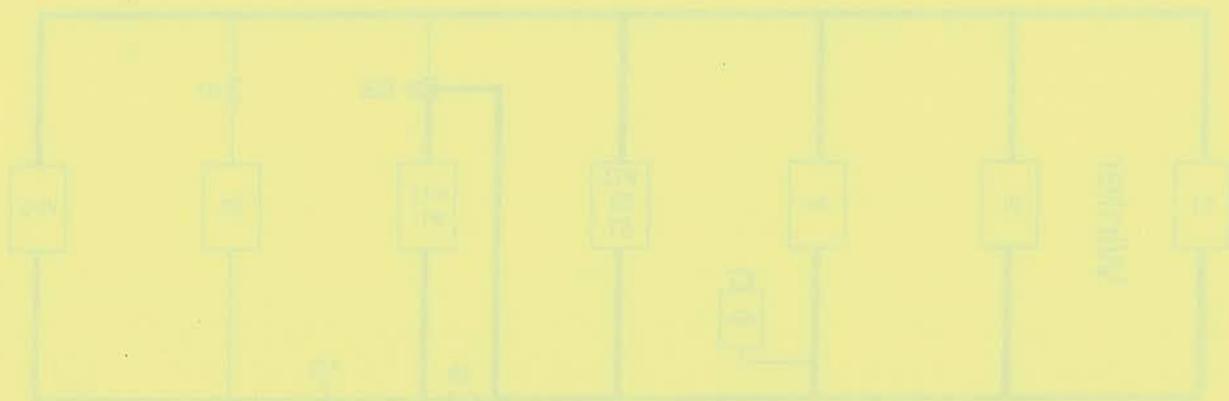
(vgl. Anhang C: Funktionsbeschreibung Ausgabe 20. Mai 1999 und Anhang D: Hydraulikschema 96.028/10 b)

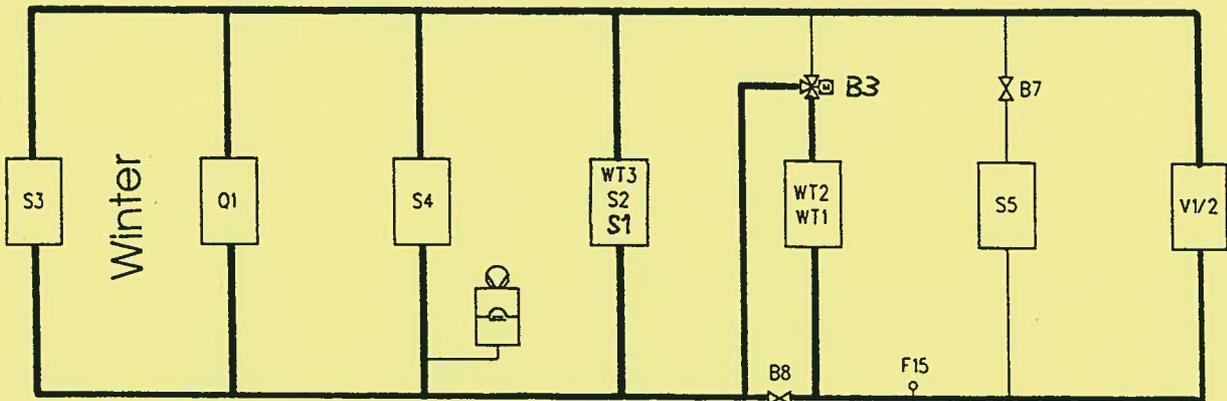
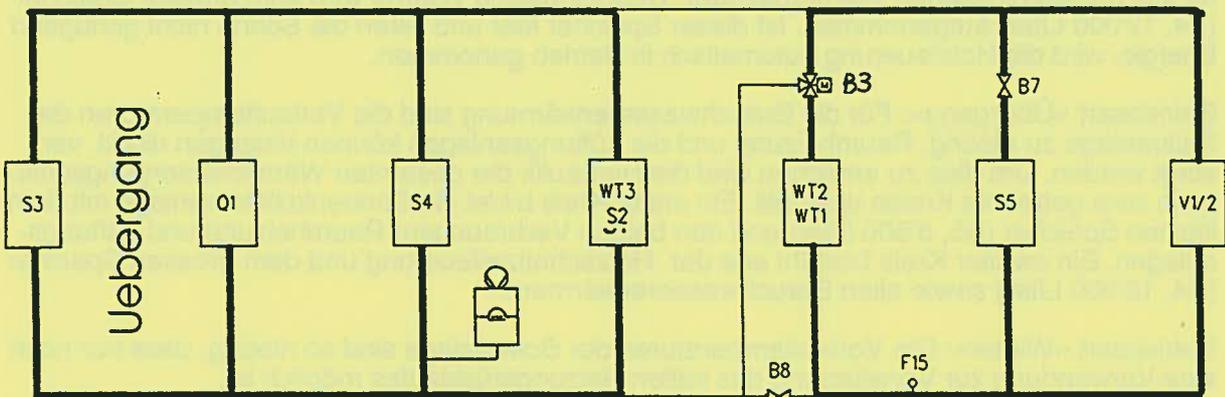
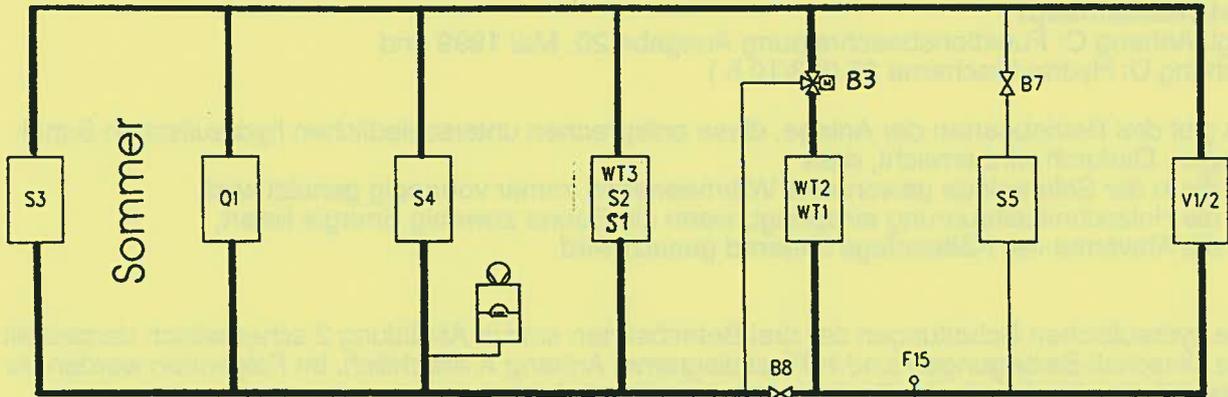
Es gibt drei Betriebsarten der Anlage, diese entsprechen unterschiedlichen hydraulischen Schaltungen. Dadurch wird erreicht, dass

- die in der Solaranlage gewonnene Wärmeenergie immer vorrangig genutzt wird,
- die Holzsnitzelfeuerung einspringt, wenn die Sonne zu wenig Energie liefert,
- die Abwärme der Kälteanlage dauernd genutzt wird.

Die hydraulischen Schaltungen der drei Betriebsarten sind in Abbildung 2 schematisch dargestellt. Die Umschalt-Bedingungen sind in Flussdiagramm Anhang A ersichtlich. Im Folgenden werden die wesentlichen Merkmale der Betriebsarten kurz beschrieben:

- Betriebsart «Sommer»: Die Solaranlage liefert genügend Wärme (hohe Vorlauftemperaturen) für alle angeschlossenen Wärmebezügler. Überschüssige Wärme wird vom grosser Speicher (S4, 12'000 Liter) aufgenommen. Ist dieser Speicher leer und liefert die Sonne nicht genügend Energie, wird die Holzfeuerung automatisch in Betrieb genommen.
- Betriebsart «Übergang»: Für die Brauchwassererwärmung sind die Vorlauftemperaturen der Solaranlage zu niedrig. Raumheizung und die Lüftungsanlagen können hingegen direkt versorgt werden. Um dies zu erreichen wird die Hydraulik der gesamten Wärmeversorgungsanlage in zwei getrennte Kreise unterteilt. Ein erster Kreis bildet die Sonnenkollektoranlage mit dem kleinen Speicher (S5, 6'600 Liter) und den beiden Verbrauchern Raumheizung und Lüftungsanlagen. Ein zweiter Kreis besteht aus der Holzsnitzelfeuerung und dem grossen Speicher (S4, 12'000 Liter) sowie allen Brauchwassererwärmern.
- Betriebsart «Winter»: Die Vorlauftemperaturen der Solaranlage sind so niedrig, dass nur noch eine Verwendung zur Vorwärmung des kalten Heizungsrücklaufes möglich ist.





Wasserewärmer
Geschirrspüler

Holzschnitzel-
feuerung
Expansion

Speicher
12'000 Liter

Wasser-
erwärmer/
Ladegruppe

Sonnen-
kollektor-
anlage

Speicher
6'600 Liter

Hauptverteiler
Heizung/
Lüftung

Abbildung 1: Übersicht Betriebsarten

Hydraulische Schaltung Betriebsarten

(vgl. Anhang C: Funktionsbeschreibung Ausgabe 20. Mai 1999 und Anhang D: Hydraulikschema 96.028/10 b)

Für die Umstellung der Betriebsarten wurden drei Ventile eingebaut: das Dreiwegventil B3 und die beiden Durchgangsventile B7 und B8. Die Schaltung der Ventile ist aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich:

<i>Betriebsart</i>	<i>hydraulische Schaltung</i>
<i>"Sommer"</i>	<ul style="list-style-type: none">• Alle Wärmeerzeuger und Wärmebezügler sind in einem gemeinsamen hydraulischen Kreis parallel eingebunden (B3 auf Durchgang, B8 offen).• Die Sonnenkollektoranlage und die Holzschnitzelfeuerung arbeiten auf den grossen Speicher (S4, 12'000 Liter) und versorgen alle Wärmebezügler.• Der Speicher S5 ist ausser Betrieb (B7 zu).
<i>"Übergang"</i>	<ul style="list-style-type: none">• Die Anlage wird in zwei unabhängige Hydraulik-Kreise geteilt (B3 auf Durchgang, B8 zu, B7 offen).• Die Sonnenkollektoranlage arbeitet auf den kleinen Speicher (S5, 6'600 Liter) und versorgt Raumheizung und Lüftungsanlagen.• Die Holzschnitzelfeuerung arbeitet auf den grossen Speicher (S4, 12'000 Liter) und liefert Wärme an die Wasserwärmer.
<i>"Winter"</i>	<ul style="list-style-type: none">• Holzschnitzelfeuerung und Wärmebezügler sind in einen gemeinsamen hydraulischen Kreis parallel eingebunden (B3 auf Bypass, B8 offen, B7 zu).• Die Sonnenkollektoranlage wärmt nur noch den Rücklauf zur Holzschnitzelfeuerung vor.• Die Holzschnitzelfeuerung übernimmt die Nachwärmung, arbeitet auf den grossen Speicher (S4, 12'000 Liter) und versorgt alle Wärmebezügler.• Der kleine Speicher (S5, 6'600 Liter) ist ausser Betrieb.

Spezielle Einrichtungen für die Betriebsoptimierung / Erfolgskontrolle

Zusatzinstallation

Damit die Betriebsoptimierung und die Erfolgskontrolle durchgeführt werden konnten, mussten verschiedene Zusatzinstallationen gemäss nachfolgender Tabelle eingeplant werden.

<i>Zusatzinstallation</i>	<i>Beschreibung</i>
<i>Anlagensteuerung</i>	<ul style="list-style-type: none">• Die Anlage wird mit einer programmierbaren Steuerung versehen. Alle Veränderungen im Betriebsablauf können somit durch Neueingabe der Sollwerte oder durch Umprogrammierung vorgenommen werden.
<i>Messeinrichtungen</i>	<ul style="list-style-type: none">• Zur Analyse der Betriebsdaten müssen diese von einem Datenspeicher vor Ort abgerufen werden können. Es stehen zwei unterschiedliche Erfassungsarten zur Verfügung: «Anlage optimieren» und «Funktionskontrolle» (vgl. unten).• Zur Überprüfung des Jahresnutzungsgrades der Gesamtanlage ist für die Sonnenkollektoranlage und die Holz-schnitzelfeuerung je ein Wärmezähler installiert worden.

Datenerfassung mit Datenspeicher

(vgl. Anhang F: Messwerttabelle Ausgabe 25. Juni 1997)

Über ein Modem werden die unter «Uni-Gyr» angekreuzten Anlagedaten (vgl. Anhang F) extern bei Landis und Stäfa, Filiale Chur erfasst. Vor Ort, an der Anlage können die gespeicherten Daten nicht eingesehen werden.

Mit einem Software-Schalter können die zwei Aufzeichnungsarten «Funktionskontrolle» und «Anlage optimieren» gewählt werden. Folgende Tabelle enthält eine Übersicht.

<i>Aufzeichnungsart</i>	<i>Beschreibung</i>
<i>Anlage optimieren</i>	<ul style="list-style-type: none">• Datenspeicherung in Zeitabständen von 1 bis 2 Minuten während einigen Tagen• Das Verhalten von Regelkreisen, Ladezeiten von Wassererwärmern, Ladeverhalten von Speichern, etc. kann im Detail beobachtet werden.
<i>Funktionskontrolle</i>	<ul style="list-style-type: none">• Datenspeicherung nach Ereignissen, während einigen Wochen• Das Zusammenspiel der einzelnen Funktionsgruppen wird überprüft. Damit kann die vorrangige Nutzung von Sonne und Abwärme und allfällige Fehler in der Anlagensteuerung erkannt werden.
<i>Energiebilanz</i>	<ul style="list-style-type: none">• Datenerfassung einmal pro Woche von Hand während einer Heizperiode.• Der Jahresnutzungsgrad kann anhand einer Energiebilanz ermittelt werden.

Die Datenerfassung muss bei Bedarf beim Systemlieferanten Landis & Stäfa bestellt werden. Über das Modem stellt Landis & Stäfa während der vereinbarten Zeit die Daten aus dem Datenspeicher zusammen und gibt diese gesammelt auf Diskette ab.

4. Betriebsoptimierung

Einleitung

Die Betriebsoptimierung wurde in zwei Phasen abgewickelt. In der ersten Phase von Jan. 97 bis Juli 97 wurde die Funktionsweise überprüft und die wichtigsten Massnahmen umgesetzt. Während der nachfolgenden Phase der Erfolgskontrolle von Juli 97 bis August 98 mussten aber noch einige zusätzliche Massnahmen zur Betriebsoptimierung vorgenommen werden. Der vorliegende Schlussbericht zeigt sämtliche Anpassungen, welche im Rahmen der Betriebsoptimierung von Januar bis August 1997 vorgenommen wurden im Überblick. Ausserdem werden die Ergebnisse der Erfolgskontrolle dargelegt. Eine detaillierte Beschreibung der Massnahmen während der ersten Phase von Jan. 97 bis Juli 97 sind im Zwischenbericht vom 22.7.97 enthalten. Dieser kann bei den Autoren angefordert werden.

Umstellkriterium Betriebsart «Winter» - «Übergang» - «Sommer»

Problem

Die Betriebsart «Übergang» wurde bei zu hohen Aussentemperaturen aufrechterhalten. Dadurch wurde Solarwärme mit hohen Vorlauftemperaturen in den kleinen Speicher (S5, 6'600 Liter) geladen, statt direkt zur Brauchwarmwassererwärmung genutzt zu werden (vgl. Anhang B, S. 28).

Die Betriebsart «Winter» wurde ebenfalls bei zu hohen Aussentemperaturen aufrechterhalten. Die Rücklauftemperaturen der Solaranlage wurden dadurch so stark erhöht, dass in der Folge ein übermässiges Rückwärtsladen (von unten statt von oben) des grossen Speichers (S4, 12'000 Liter) erfolgte, statt die Solarwärme direkt für Heizung und Lüftung zu nutzen (vgl. Anhang B, S. 29).

Massnahmen

Die Umstellung zwischen den Betriebsarten «Sommer» und «Winter» soll bei tieferen Aussentemperaturen vorgenommen werden.

Einstellung-Alt Betriebsart "Sommer" > 15 °C
 Betriebsart "Winter" < 5 °C
 Konstanter Ladetemperatur-Sollwert für den Speicher S5 (F13)

Einstellung-Neu Betriebsart "Sommer" > 10 °C
 Betriebsart "Winter" < -5 °C

Zur Durchführung der Optimierung wurde für den kleinen Speicher (S5, 6'600 Liter, F13) eine konstante Ladetemperatur gefahren. Neu wird eine witterungsabhängige Sollwertkurve (entspricht der Heizkurve des «schwächsten» Wärmebezügers) vorgegeben.

Resultat

Die Auswertung der Messphase vom 15. bis 21.11.97 bestätigt, dass der festgelegte Temperaturbereich für die Betriebsart Sommer richtig gewählt wurde. Bei mittleren Aussentemperaturen von 0 bis 5°C und regelmässiger Sonneneinstrahlung geht die Holzheizungsanlage nur alle 2 Tage für ca. 12 h in Betrieb (vgl. Anhang B, S. 30).

Die Aufzeichnungen zeigen ebenfalls, dass bei mittleren Aussentemperaturen von 2°C die Wärmezufuhr für die Heiz- und Lüftungsgruppen ausschliesslich über den solargespiesenen kleinen Speicher (S5, 6'600 Liter) erfolgt. Der tägliche Ertrag der Sonnenkollektoranlage betrug 160 kWh.

Aussenfühler für Umstellung Betriebsarten

Problem

Der Aussentemperaturfühler an der Nordfassade war in den Abendstunden während der Sommer- und Übergangszeit der direkten Sonnenbestrahlung ausgesetzt. Dadurch war es möglich, dass die Steuerung eine ungeeignete Betriebswahl vornahm (vgl. Anhang B, S. 31).

Massnahmen

Es wurde empfohlen, eine luftdurchlässige Abdeckung anzubringen

Noch ausstehend

Am 13. Juli 98 fehlte diese Abdeckung noch.

Rückkühlung der Speicher

Problem

In der Betriebsart «Sommer und Übergang» wurde sowohl der grosse Speicher (S4, 12'000 Liter) als auch der kleine Speicher (S5, 6'600 Liter) so stark durchgeladen, dass eine Rückkühlung über das Kollektorfeld erfolgen konnte (vgl. Anhang B, S. 32 und 33).

Massnahmen

Das Ausschalten der Sonnenkollektoranlage wurde mit zusätzlichen Kriterien versehen:

- Wenn die Vorlauftemperatur des Solarkreises (F14) weniger als 5°C über der Temperatur (F9) unten im grossen Speicher (S4, 12'000 Liter) liegt, wird die Solaranlage ausgeschaltet.
- Wenn die Vorlauftemperatur des Solarkreises (F14) weniger als 3°C über der Temperatur (F16) oben im kleinen Speicher (S5, 6'600 Liter) liegt, wird die Solaranlage ebenfalls ausgeschaltet.

Resultat

Die Auswertung der Aufzeichnungen vom 20.8.98 haben die Richtigkeit des neuen Regimes bestätigt.

"STOP and GO"-Betrieb Sonnenkollektoranlage

Problem

Die Solaranlage wurde bei Wetterlagen mit geringem Sonnenschein sehr oft ein- und ausgeschaltet (vgl. Anhang B, S. 34).

Massnahmen

Mit einer Differenzeingabe für die EIN-/AUS-Schaltbedingungen sollen die Laufzeiten verlängert und ein ausgeglichener Betrieb erreicht werden.

- Programm-Änderung:
- Einschalttemperatur am Kollektor $F14 > F13 + 12^{\circ}\text{C}$ (Vorlauf)
 - Ausschalttemperatur am Kollektor $F14 \leq F13 + 3^{\circ}\text{C}$ (Vorlauf)

Resultat

Der «STOP and GO» konnte eliminiert werden.

Steuerung Solarkreis-Pumpe

Noch ausstehend

Der Strahlungsfühler SM1, welcher die Drehzahl der Solarkreispumpe steuert, ist aus Kostengründen an der Südfassade statt auf dem Dach montiert worden. Weil der Strahlungsfühler am Mittag im Schatten liegt, wird die Pumpe des Solarkreises in dieser Zeit auf Stufe 1 gestellt. Gemäss Pumpenkennlinie hat dies eine Reduktion der Fördermenge um ca. 20% und damit ein Ansteigen der Kollektorvorlauf-Temperatur zur Folge. Es wird empfohlen, den Strahlungsfühler auf das Dach zu versetzen.

Kühlen Speicher S4 im Hochsommer

Problem

Wenn im Hochsommer viel mehr Sonnenenergie gewonnen wird, als die Wärmebezüger verbrauchen, können im Solarkreis kritische Temperaturen entstehen. Falls die dabei entstehende Volumenvergrösserung der Flüssigkeit im Solarkreis (Glykol-Wassergemisch) von den beiden Expansionsgefässen (E1 und E4) nicht mehr aufgenommen werden kann, wird Glykol in den Auffangbehälter abgelassen.

Massnahmen

Es wird ein Rückkühl-Programm für den grossen Speicher (S4, 12'000 Liter) eingerichtet, welches aktiv wird, wenn nach 22:00 die durchschnittliche Speichertemperatur über 95 °C liegt. Über die Kollektoren der Solaranlage wird dann der Speicher auf 85 °C rückgekühlt.

Resultat

Bisher ist auch nach mehreren aufeinanderfolgenden heissen Sommertagen kein Glykol in den Auffangbehälter ausgetreten.

Vorlaufhochhalteregelung im Holzkesselkreis

Problem

Die Vorlauftemperatur im Kesselkreises schwankte dauernd mit einem Temperaturschlag von ca. 10°C. Gewünscht wäre aber, dass für die Abgabe an Speicher oder Verbraucher konstante Vorlauftemperaturen erreicht werden (vgl. Anhang B, S. 35).

Massnahmen und Resultat

Durch Änderung der Regelparameter im Programm konnten die Schwankungen eliminiert werden (vgl. Anhang B, S. 36).

Restwärmestau Kesselkreis

Problem

Nach dem Ausschalten der Holzschnitzelfeuerung ist die Kesselwassertemperatur jeweils von 80 bis knapp auf 100°C angestiegen. Dies zeigte, dass die Restwärme aus dem Holzkessel nicht abgeführt werden konnte (vgl. Anhang B, S. 37).

Massnahmen und Resultat

Die Nachlaufzeiten für die Vorlaufhochhalteregelung und die Kesselpumpe wurden vorerst auf 3 h eingestellt. Dadurch konnte eine wesentliche Verbesserung erreicht werden (Kesseltemperaturen stiegen noch auf Werte zwischen 84 und 88°C (vgl. Anhang B, S. 38).

Noch ausstehend

Mit einer Erhöhung der Nachlaufzeiten auf 6 h kann voraussichtlich noch etwas mehr Restwärme aus dem Holzkessel abgeführt werden.

Ausschaltpunkt Holzschnitzelfeuerung

Problem

Die Holzschnitzelfeuerung ist für einen regelbaren Lastbereich von 30 bis 100% der Nennwärmeleistung konzipiert. In diesem Bereich arbeitet die Anlage emissionsarm. Aus den Aufzeichnungen geht hervor, dass die Anlage entgegen diesen Vorgaben erst bei einer Leistung von 25% ausschaltet (vgl. Anhang B, S. 39).

Massnahmen und Resultat

Die Schnittstelle zwischen dem Regelkreis (Landis & Stäfa) und der Steuerung für die Feuerung (Schmid AG) wurde wie folgt festgelegt: Der Regelkreis gibt der Steuerung für die Feuerung ein Leistungssignal zwischen 0 und 10 V (entspricht 0 bis 100 % Leistung) vor. Die Steuerung für die Feuerung schaltet aus, sobald das Leistungssignal der Regelung unter 3V (30%-Leistung) fällt. Entgegen diesen Vorgaben wird die Anlage zur Zeit aber direkt durch den Regelkreis selber ausgeschaltet. Dieser Schalterpunkt liegt immer noch zu tief, nämlich bei einer Teillast von 25%.

Noch ausstehend

Die korrekte Verknüpfung von Regelkreis und Steuerung gemäss unseren Vorgaben muss durch Landis und Stäfa noch vorgenommen werden.

Laufzeit Holzschnitzelfeuerung in der Betriebsart "Sommer"

Problem

Liefert die Solaranlage in der Betriebsart «Sommer» zu wenig Energie, wird die Holzfeuerung zugeschaltet. Der Speicher wurde aber von der Feuerung zu stark aufgeladen. Erschien nach einer bewölkten Periode die Sonne wieder, war der Speicher praktisch gefüllt und stand für die Solarnutzung nicht mehr zur Verfügung (vgl. Anhang B, S. 40).

Massnahmen und Resultat

Neu wurde die Regelung so programmiert, dass die Holzheizungsanlage ab einer Aussentemperatur über 8°C ausgeschaltet wird, wenn gleichzeitig der grosse Speicher (S4, 12'000 Liter) halb gefüllt ist (Signal auf F5). Die Auswertung der Daten vom 20. August 98 (Anhang B, A3) bestätigt die korrekte Funktion der Regelung: Um 11.00 Uhr waren die Bedingungen erfüllt, so dass die Feuerung ausser Betrieb gesetzt wurde. Danach konnten noch 230 kWh Solarwärme in den Speicher geladen werden, ohne dass dieser überladen wurde. Der oberste Fühler des grossen Speichers (S4, 12'000 Liter) zeigte um 14.00 Uhr eine Temperatur von 81°C an (vgl. Anhang B, S. 41 und 42).

Zirkulationsrücklauf

Problem

Für die Warmwasser-Zirkulationspumpe sind zu lange Laufzeiten programmiert. Dadurch wird die Temperaturschichtung des Warmwasserspeichers S2 zerstört und es entstehen hohe Temperaturen im unteren Teil des Speichers (gegen 50°C). Dies erschwert die Ladung des Speichers mit Solarwärme und erhöht die Verluste im Warmwasserzirkulationsnetz (vgl. Anhang B, S. 43).

Massnahmen und Resultat

Die stündliche Laufzeit der Zirkulationspumpe (P6) wurde von 30 auf 5 Min reduziert. Die Auswertungen haben die Richtigkeit der Massnahme bestätigt (vgl. Anhang B, S. 44).

Komfortansprüche

Seitens der Hotelgäste wurden keine Beanstandungen gemeldet. Die Massnahme steht somit auch im Einklang mit den Komfortbedürfnissen der Hotelgäste.

Verhalten der Ladegruppe S2

Problem

Die Laderegulung für den Warmwasserspeicher S2 neigt zu instabilem Verhalten (regelmässiges Pendeln der Vorlauftemperaturen an F20 und F21). Mögliche Ursache sind die beobachteten, ausgeprägten Instabilitäten (30-45°C) an den Fühlern der Rücklauftemperatur (F23). Wenn die Solaranlage läuft, kann der Einfluss der Temperaturschwankungen am Vorlauf (F20) deutlich erkannt werden (vgl. Anhang B, S. 45 und 46).

Massnahmen und Resultat

Diverse Einstellungen wurden verändert. Die Warmwasseraufbereitung gab in der Folge zu keinerlei Beanstandungen Anlass. Bei konstanten Rücklauftemperaturen ab Warmwasserspeicher S 1 konnte ein stabileres Ladeverhalten nachgewiesen werden (vgl. Anhang B, S. 47).

Brennstoffqualität

Problem

Die Feuchtigkeit der Holzschnitzel war zeitweise so hoch, dass dies zu Betriebs- und Emissionsproblemen in der Holzfeuerungsanlage führte. Erst als im Sommer 98 der Schnitzelsilo leer gefahren war, wurde festgestellt, dass Fremdwassereintritte in den Silo die Ursache war.

Massnahmen und Resultat

Im Herbst 98 wurden die Leckstellen im Silo von einer spezialisierten Firma abgedichtet. In der Folge hatte sich die Feuchtigkeit der Schnitzel stabilisiert. Nachdem die Feuerungsparameter neu eingestellt wurden, war das Betriebs- und Emissionsverhalten der Holzfeuerungsanlage wieder in Ordnung.

Bei der grossen Schneeschmelze vom April 99 wurden bei der Durchführung der Elektrokabel erneut Wassereintritte festgestellt. Diese wurden erneut abgedichtet.

5. Erfolgskontrolle: Die Energiebilanz

Die Energiebilanz Basiert auf der vorbildlich geführten Energiebuchhaltung des Hotels Ucliva vom 1. Juli 1997 bis 28. Juni 1998. Mit Ausnahme der Sanierung des Schnitzsilos (Dichtheit gegen Wassereintritte) sind die Auswirkungen der wichtigsten Optimierungsschritte berücksichtigt.

		Holz	Sonne	Abwärme	Strom	Total
Vor Sanierung	Endenergie	280	45 ¹⁾	20	38	383
	Nutzwärme	112	26	20	38	196
	Verluste	168	19	0	0	187
	Nutzungsgrad	40				
Prognose	Endenergie	157	45 ¹⁾	20	0	222
	Nutzwärme	118	42	20	0	180
	Verluste	39	3	0	0	42
	Nutzungsgrad	75				
Nach Sanierung	Endenergie	189	54	20	0	263
	Nutzwärme	116	50 ²⁾	20	0	186
	Verluste	73	4	0	0	77
	Nutzungsgrad	61				

¹⁾ Geschätzter Kollektorertrag unter Prüfstandbedingungen auf 1'110 m ü.M

²⁾ Gemessen mit Wärmehähler

Tabelle 1: Energiebilanz in MWh, vor der Sanierung, gemäss Prognose und nach der Sanierung

Beurteilung

Die Energiebilanz zeigt, dass mit Ausnahme des Nutzungsgrades bei der Holzenergie die Ziele der Sanierung erreicht werden konnten. Die wichtigsten Ergebnisse sind:

Holz Der Jahresnutzungsgrad des Holzkessels konnte von 40% auf 61% erhöht werden. Beim Energieträger Holz konnten die Umwandlungsverluste um 57% reduziert werden (Vor Sanierung: 168 MWh; nach Sanierung: 73 MWh).

Verglichen mit der Prognose (Jahresnutzungsgrad 75%) werden die Ziele bezüglich Nutzungsgrad der Holzfeuerung nicht erreicht (61%). Diese Beurteilung ergibt sich, wenn für die Bilanzierung die Heizwerte von Grünschnitzeln mit Wassergehalten von 40 bis 45% eingesetzt werden. Infolge von Wassereintritten im Holz schnitzelsilo wurde der Wassergehalt der Holz schnitzel aber erhöht (bis 58%) und damit der Heizwert der Holz schnitzel um ca. 6% vermindert. Weil die Feuerung für einen Wassergehalt von 45% konzipiert ist, hat sich zudem die Verbrennungsqualität verschlechtert. Verbunden mit einer erhöhten Kesselverschmutzung wurde dadurch der Wirkungsgrad der Anlage um ca. 10% reduziert.

Da zudem der Preis der Holz schnitzel wesentlich tiefer ist als der Preis des früher eingesetzten Stückholzes, ergibt sich eine grosse Kosteneinsparung.

Sonne

Durch die Sanierungsmassnahmen konnte der Ertrag der Sonnenkollektoren verdoppelt werden. Fast 27% der gesamten Nutzenergie können nach der Sanierung mit Solarenergie abgedeckt werden. Vor der Sanierung betrug der solare Deckungsgrad nur 13%. Trotz der Konkurrenz durch die Abwärmenutzung konnte ein hoher Kollektorertrag von 540 W/m².a erreicht werden.

Strom

Der Stromverbrauch für Warmwasser konnte vollständig durch Holz- und Sonnenenergie substituiert werden.

Die Resultate werden in den nachfolgenden Graphiken illustriert:

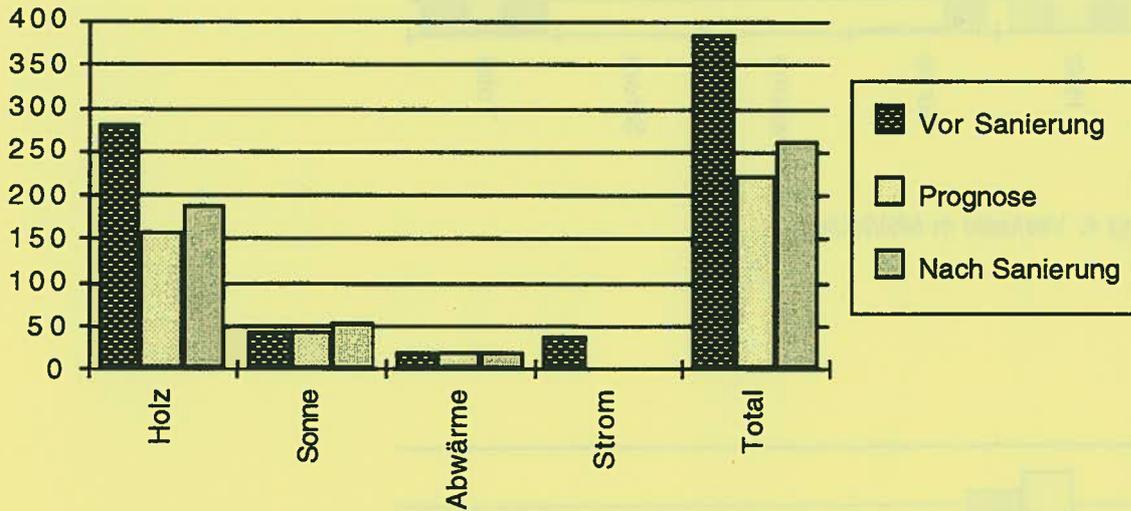


Abbildung 2: Endenergie in MWh/Jahr

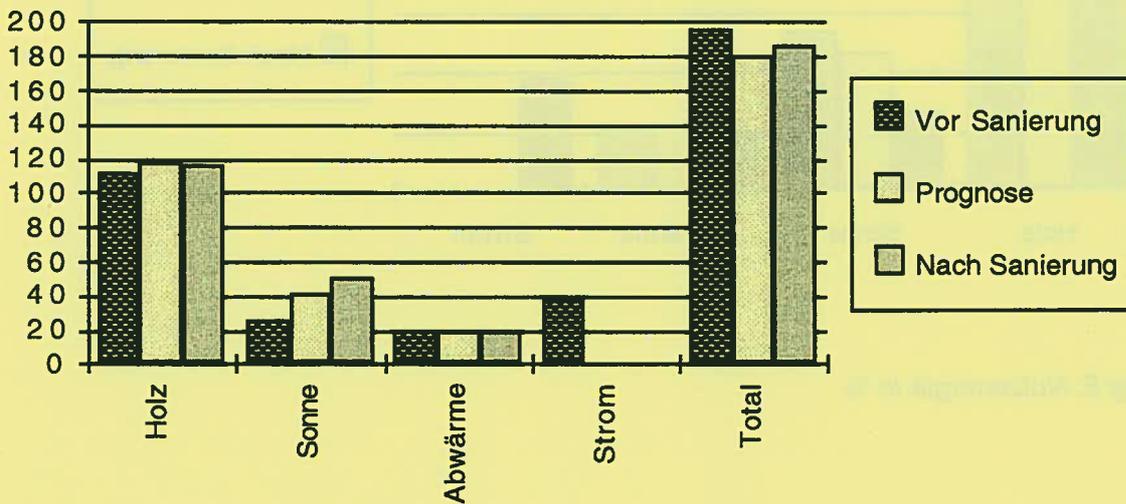


Abbildung 3: Nutzenergie in MWh/Jahr

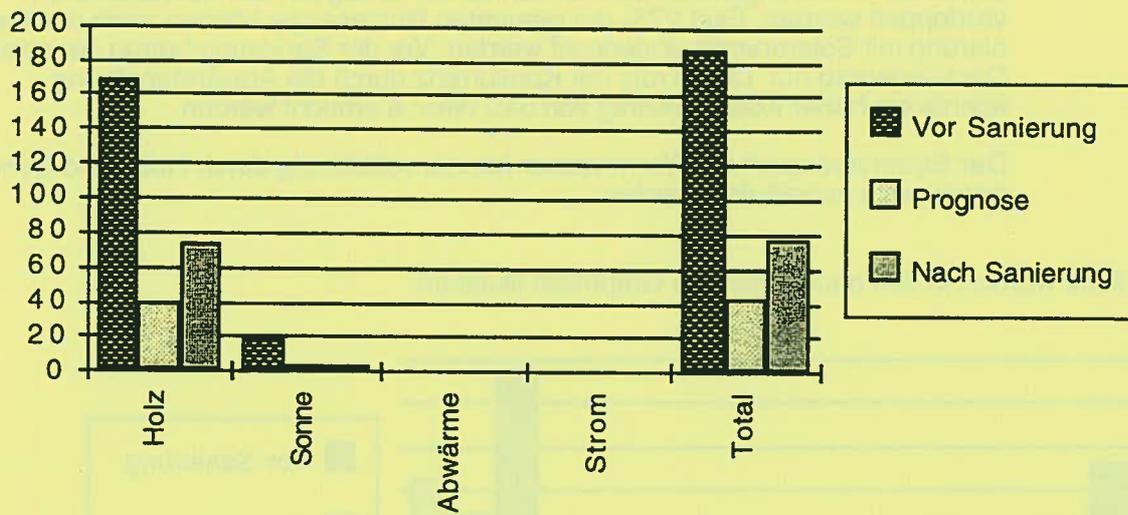


Abbildung 4: Verluste in MWh/Jahr

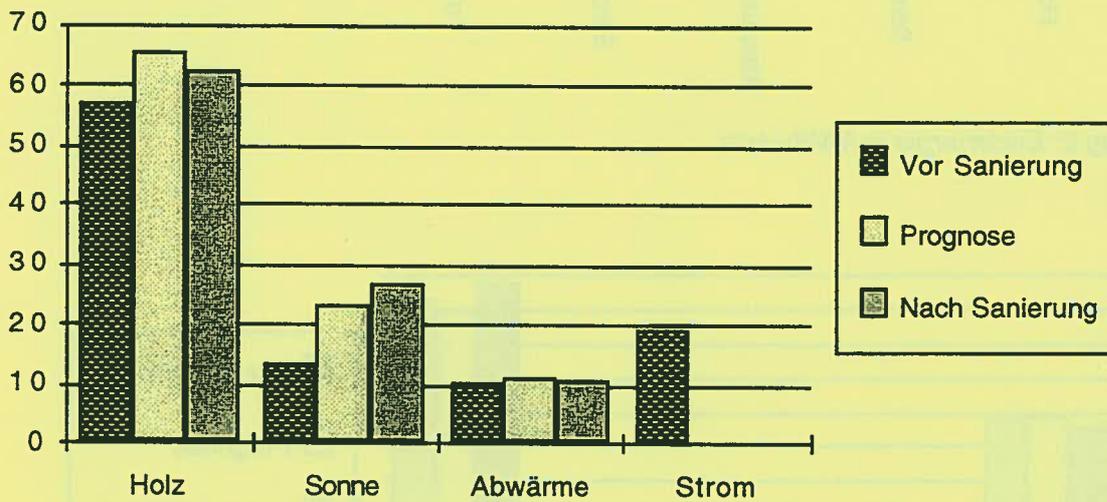


Abbildung 5: Nutzenergie in %

Stellungnahme des Q-Beauftragten

Mit Dr. M. Lenzlinger (Präsident Corporaziun Ucliva, Energiebeauftragter der Stadt Zürich) als Präsidenten verfügt die Bauherrschaft über einen eigenen Fachmann, der als Q-Beauftragter die Qualität der Sanierung und der durchgeführten Betriebsoptimierung beurteilen kann. Nachfolgend seine Stellungnahme:

Wegen den sich konkurrenzierenden Wärmelieferanten mit teilweise sporadischer Wärme-erzeugung auf unterschiedlichem Temperaturniveau (Abwärme aus gewerblichen Kühlanlagen, Sonnenkollektoren, Holzfeuerung) war schon bei der Planung klar, dass eine optimale Nutzung der Abwärme und der Sonnenenergie nur mit einer komplexen Regelstrategie erreicht werden kann. Damit war die Notwendigkeit für eine programmierbare Steuerung gegeben. Diese erlaubt gleichzeitig eine kontinuierliche Aufzeichnung der Regelparameter und damit eine nachträgliche Kontrolle und Optimierung der Regelstrategie.

Aus dem vorliegenden Bericht zur Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

Bei komplexen Anlagen ist die Aufzeichnung der Regelparameter und Betriebsdaten durch die programmierbare Steuerung ein unentbehrliches Hilfsmittel für die Betriebsoptimierung. Ohne das Studium der zeitlichen Verläufe dieser Grössen wäre eine systematische Ueberprüfung und Optimierung der Regelstrategie nicht möglich gewesen.

Eine solche Betriebsoptimierung erwies sich im vorliegenden Fall als unbedingt notwendig, da verschiedene Regelkriterien erst auf Grund des praktischen Betriebs der Anlage optimiert werden konnten. In 12 Bereichen konnten namhafte Verbesserungen erreicht werden. Nach der Betriebsoptimierung läuft die Anlage nun wie geplant und zur Zufriedenheit der Betreiberin. (Die wiederkehrenden Schwierigkeiten mit nassen Holzschnitzeln wegen Eindringen von Hangwasser in den Holzsilos haben nichts mit der Betriebsoptimierung zu tun.)

Der Aufwand für die Betriebsoptimierung betrug rund 45 000 Franken. Der grosse Aufwand ist teilweise darauf zurückzuführen, dass es sich um ein Pilotprojekt handelt. Zusätzliche Kosten wurden auch durch die Probleme mit den nassen Holzschnitzeln verursacht. Verglichen mit Anlagekosten von rund 250 000 Franken und jährlichen Wärmeenergiekosten von 20 000 Franken ist aber auch eine Betriebsoptimierung mit Kosten von total 25 000 Franken eigentlich zu teuer. Mit dieser Bemerkung soll nicht die Arbeitseffizienz der beteiligten Planer in Frage gestellt werden, sondern ein grundsätzliches Problem aufgeworfen werden. Lässt sich die Betriebsoptimierung noch effizienter gestalten? Ist es wirtschaftlicher, auf die Optimierung zu verzichten und die Anlage suboptimal zu betreiben? Soll bei Anlagen dieser Leistungsgrösse auf komplexe Regelstrategien grundsätzlich verzichtet und damit eine weniger effiziente Regelung in Kauf genommen werden? Jedenfalls müssen die Kosten für die Betriebsoptimierung beim Investitionsentscheid mitberücksichtigt werden.

Der wöchentliche Kontrollgang mit Erhebung der Daten für die Energiebilanz (Ertrag Holzfeuerung, Ertrag Sonnenkollektoren, Verbrauch Holzschnitzel) durch den Hotelbetrieb ist selbstverständlich. Auch die jährliche Beurteilung der Energiebilanz durch den Planer ist zweckmässig. Die jährliche Begehung der Anlage durch den Planer erscheint aber als eher aufwändig (mind. 1 Arbeitstag wegen Reisezeiten = 1000 Franken) im Vergleich zum potentiellen Nutzen resp. zu den jährlichen Wärmeenergiekosten von 20 000 Franken. Sie sollte nur erfolgen, wenn die Energiebilanz oder die periodische Kontrolle durch die Betreiberin (siehe unten) auf Probleme hinweist.

Eine der grossen Gefahren bei komplexen Haustechnikanlagen ist die bewusste oder unbewusste Veränderung von Reglereinstellungen durch den Betreiber, z.B. bei der Behebung von Störungen an der Anlage. Eine grosse Hilfe wäre daher eine Checkliste mit den Sollwerten von allen Reglereinstellungen, welche vom Betreiber beeinflusst werden können. Die Checkliste müsste neben weiteren Kontrollen auch einige einfache "Experimente" umfassen, mit denen die Funktionstüchtigkeit der wichtigsten Ventile etc. getestet werden kann. Mit dieser Checkliste sind periodische Kontrollen durch die Betreiberin auszuführen.

Wegen des verhältnismässig grossen Aufwands wird eine Aufzeichnung und Auswertung der Daten über Uni-Gyr nur für den Fall vorgeschlagen wird, dass die Entwicklung der Energiebilanz auf einen Fehler schliessen lässt. Es sollte periodisch aber kontrolliert werden, ob die Programmierung inkl. Einstellung der Regelparameter mit der Einstellung nach der Betriebsoptimierung übereinstimmt. Auch hier sind Veränderungen nicht ganz auszuschliessen.

Die "Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle" hat sich als sehr interessante und nützliche Untersuchung erwiesen. Ich danke dem Ingenieurbüro Umwelt + Energie und der ardens GmbH für ihre kompetente und gute Arbeit.

6. Zukünftiges Überwachungskonzept

Die Energiebuchhaltung wird, wie in den beiden letzten Jahren, von Hand weitergeführt. Der Betrieb bestimmt dazu einen Anlagenwart/In, welcher mindestens wöchentlich einen Kontrollgang tätigt und gleichzeitig diese Daten erfasst. Die Daten werden vom Hotel Ucliva selbst zu einer jährlichen Energiebilanz aufgearbeitet.

Für die Auswertung der Daten schlagen wir folgendes Vorgehen vor:

- Einmal pro Jahr besucht der Planer die Anlage und begutachtet die Daten der Energiebuchhaltung sowie die jährliche Energiebilanz. Gleichzeitig wird der allgemeine Zustand der Anlage überprüft und anstehende Service- und Unterhaltsarbeiten werden besprochen (Gesamtaufwand ca. 1 Tag).
- Weichen die Vorjahreswerte der Daten in der Energiebuchhaltung (Wärmemessung Holz und Sonne, Schnitzelmenge) mehr als 10 % ab oder kann an drei aufeinander folgenden Jahren ein klarer Trend in eine Richtung festgestellt werden, ist eine detaillierte Auswertung über «Uni-Gyr» für drei gewählte Perioden (in denen möglichst die drei Betriebsarten gefahren werden) zu verlangen. Diese Daten werden vom Planer ausgewertet.
- Bei Betriebsproblemen steht der Planer dem Betreiber telefonisch zur Verfügung. Der Betreiber hat damit jederzeit die Möglichkeit von einer Fachperson Rat zu erhalten, welche die gesamte Anlage kennt.

7. Schlussfolgerungen

Der gewählte Lösungsansatz – optimierte Verknüpfung der bestehenden Anlagenkomponenten mit einem programmierbaren Regelsystem – hat sich bewährt. Insbesondere war auch das gewählte Konzept erfolgreich, welches die Konkurrenzierung von Solarenergie und Abwärme (gleiches Temperaturniveau) vermeiden sollte: Solarenergie wird nach der Sanierung nicht generell in die Speicher geladen, sondern dorthin gebracht, wo diese benötigt wird (entsprechend den verfügbaren Vorlauftemperaturen). Die Erfolgskontrolle hat gezeigt, dass mit einer Betriebsoptimierung, bedeutende Verbesserungspotentiale realisiert werden können. Mit den getroffenen Massnahmen konnte auch die Betriebssicherheit der Gesamtanlage erhöht werden (optimiertes Regelverhalten).

Holz Der Nutzungsgrad der Holzfeuerung konnte dank folgenden Massnahmen stark verbessert werden:

- Optimierte Leistungsvorgabe in Funktion von Aussentemperatur und Speicherinhalt
- Abführen des Restwärmestaus nach dem Abschalten der Feuerung
- Stabilisierung der Vorlauftemperaturen an der Regelung des Holzkessels

Lecks im Schnitzelsilo waren der Grund, dass der Wassergehalt der Holz-schnitzel übermässig angestiegen ist und sich in der Folge der Nutzungsgrad der Feuerung nicht so verbesserte, wie dies prognostiziert wurde. Anfangs Herbst 98 konnte der Schnitzelsilo aber erfolgreich abgedichtet werden. Die automatische Zündung hat auch in schwierigen Betriebsphasen mit durch-nässten Schnitzeln einwandfrei funktioniert.

Sonne Der Nutzwärmeertrag der Solaranlage konnte entscheidend verbessert werden. Dies wurde insbesondere durch folgende Massnahmen erreicht:

- Verhinderung der Rückkühlung
- Optimierte Bedingungen für die Umschaltung auf Betriebsart «Übergang»
- Verhinderung des «STOP and GO»-Betriebes der Solarkreispumpe
- Überladung der Speicher mit Holzenergie vermeiden

**Zirkulations-
Verluste**

Durch das optimierte Takten der Umwälzpumpe konnten die Zirkulationsver-luste, ohne Komforteinbussen für die Hotelgäste, massiv reduziert werden.

Abwärme

Weil das Niveau des eingeplanten, bestehenden Wärmetauschers tiefer liegt als dasjenige der Kanalisation, konnten bei der Abwärmenutzung vom Ge-schirrspühler keine Verbesserungen erzielt werden. Diese Einbusse hat aber auf die Gesamtenergiebilanz keinen entscheidenden Einfluss.

Ausstehend

Über die hiermit abgeschlossene Betriebsoptimierung hinaus empfehlen wir die Behebung folgender noch bestehender Mängel:

- Ausschaltpunkt der Holzfeuerungsanlage auf 30%-Teillast begrenzen
- Nachlaufzeit der Kesselpumpe von 3 auf 6 h erhöhen
- Aussentemperaturfühler mit Abdeckung versehen, um direkte Sonnenein-strahlung am Abend zu verhindern
- Strahlungsfühler von der Südwand auf das Dach montieren.

8. Umsetzung der Ergebnisse

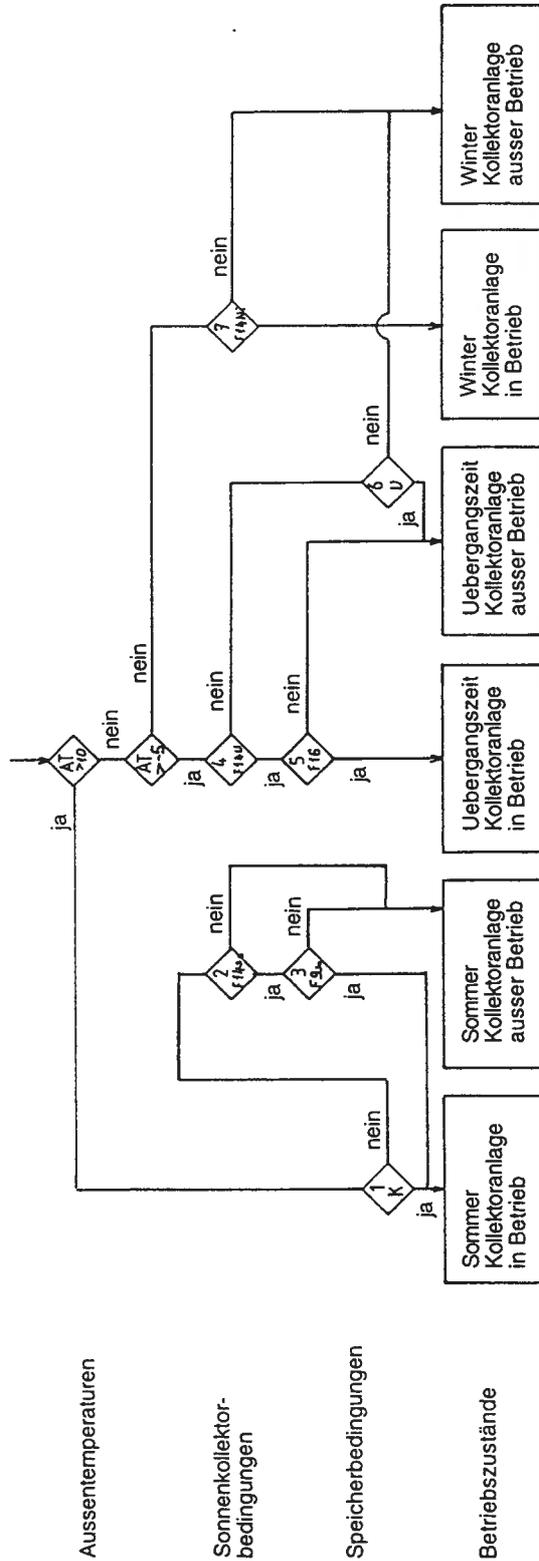
Die Betriebsoptimierung der Anlage Ucliva brachte wichtige Erkenntnisse, welche in das laufende Projekt «Projektbezogenen Qualitätssicherung von Holzheizungsanlagen» eingeflossen sind und dort bei der Planung und Realisierung von zukünftigen Holzheizungsanlagen umgesetzt werden sollen. Die wichtigsten Aspekte sind:

- Es genügt nicht, dass der MSR-Lieferant aufgrund des Prinzipschemas und mündlichen Angaben des Planer in einem Funktionsbeschrieb festhält, wie er das Konzept des Planers umgesetzt hat. Der Planer muss den Funktionsbeschrieb selber erstellen. Er muss dem MSR-Lieferanten klare Vorgaben machen, wie die Anlage funktionieren muss. Nur dann ist es möglich, dass nach der Inbetriebnahme auch geprüft werden kann, ob die Anlage gemäss den Vorgaben funktioniert. Ohne einen guten Funktionsbeschrieb des Planers ist eine Betriebsoptimierung nicht möglich.
- Mit einer systematischen Betriebsoptimierung kann das Betriebsverhalten und der Nutzungsgrad wesentlich verbessert werden. Eine grosse Hilfe ist dabei eine automatische Datenaufzeichnung. Das bei der Ucliva-Anlage eingesetzte System der Datenaufzeichnung ermöglicht eine detaillierte Analyse der wichtigsten Betriebszustände. Ohne diese Datenauszeichnung hätten die in Kapitel 4 beschriebenen Schwachstellen nicht eruiert und die Optimierungsmassnahmen nicht durchgeführt werden können.

Anhang A

Flussdiagramm Umschaltung der Betriebsarten Ausgabe 20. Juni 1999

Betriebsarten



Aussentemperaturen

Sonnenkollektor-
bedingungen

Speicherbedingungen

Betriebszustände

Bedingungen

- Sommer**
- 1 K → 22:00 F1-F9 ≥ 95°C Sonnenkoll. ein bis F1-F9 ≤ 85°C K=Nachtauskühlung
 - 2 F14_{so} ≥ F13 + 3K + Schaldifferenz (9K) F13_{sol} = 65°C
 - 3 F9_{so} → F14 ≥ F9 + 5K → F9=SpeicherfühlerS4 unten

Uebergangszeit

- 4 F14_{uz} ≥ F13 + 3K + Schaldifferenz (9K) F13_{sol} = Sollwertkurve
- 5 F16_{uz} → F14 ≥ F16_{ist} + 3K F16=SpeicherfühlerS5 oben
- 6 U → F16_{ist} ≥ F13_{sol}

Winter

- 7 F14_{wi} ≥ F15 + 3K + Schaldifferenz (9K) F15=Rücklauftemp. oben

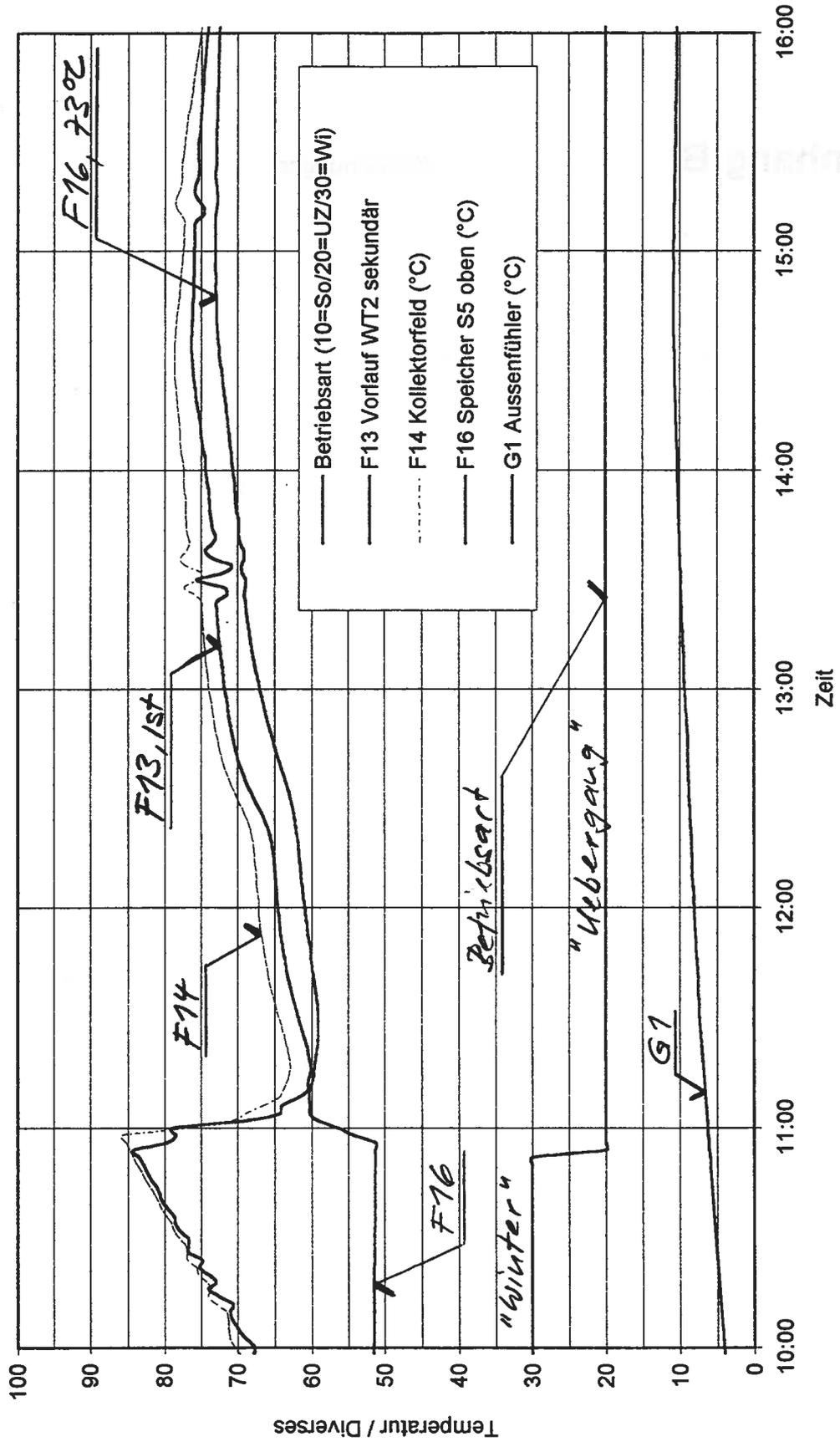
PLANTING SCHEDULE FOR THE YEAR
1950-51

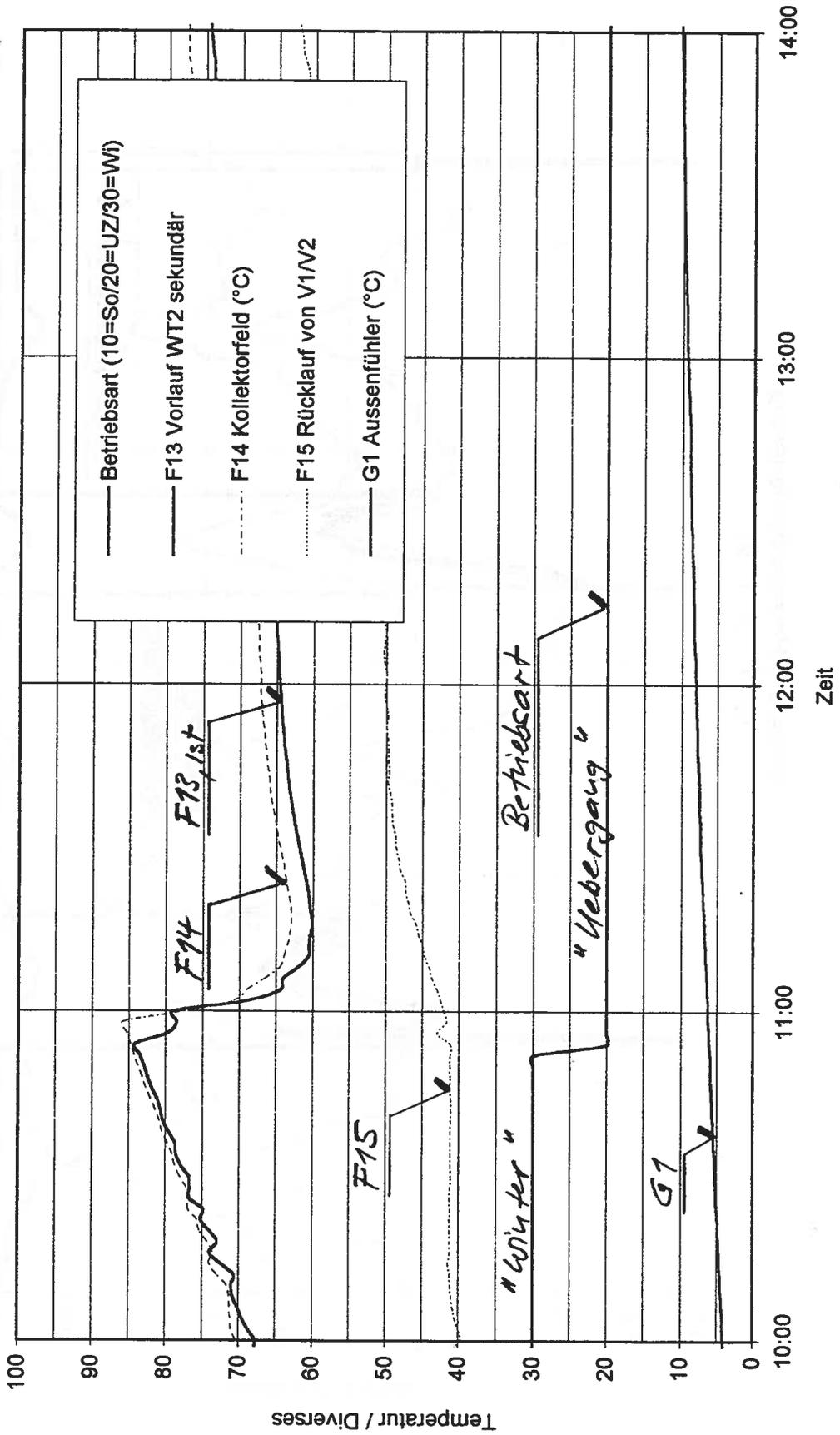
Annex A



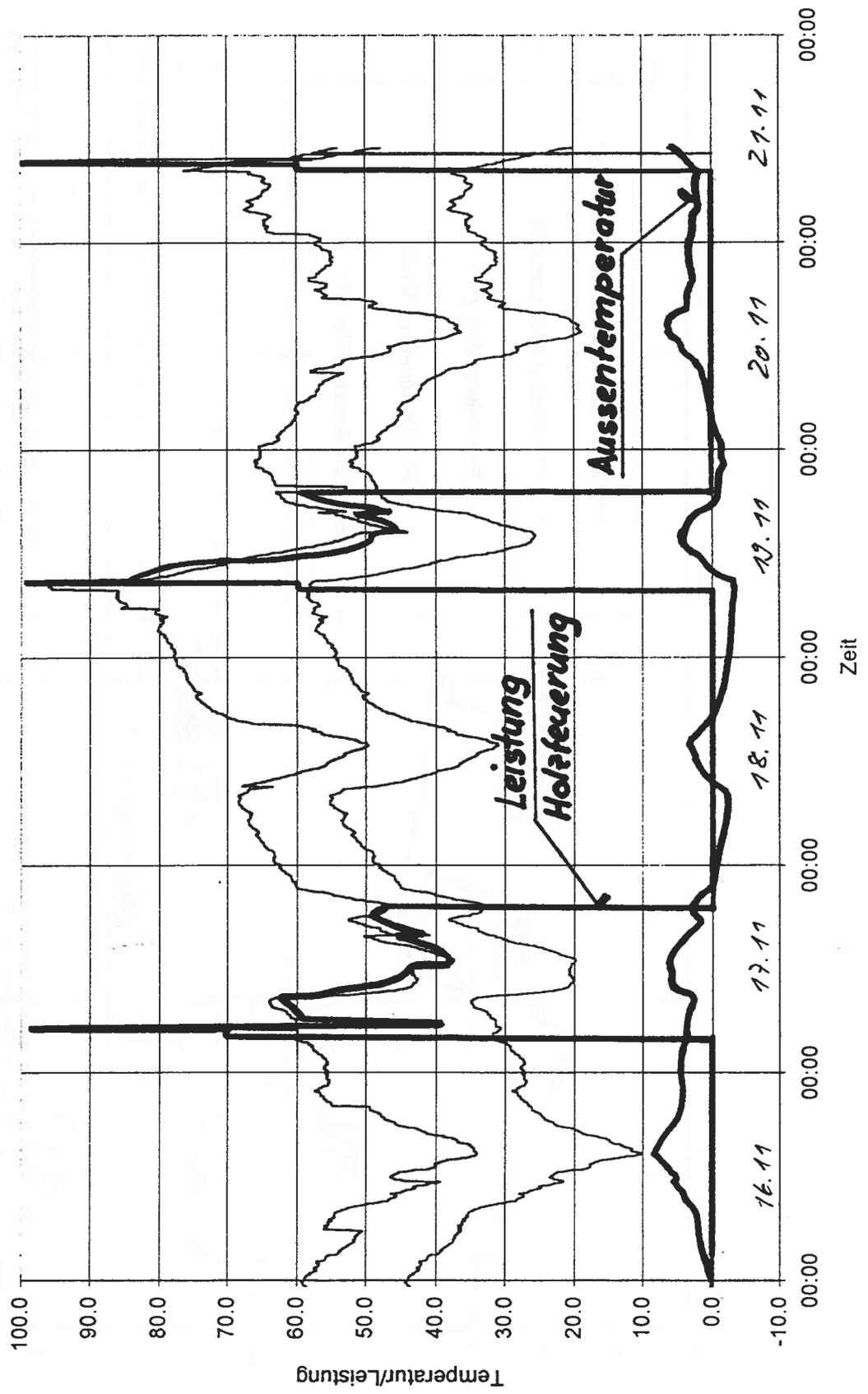
Anhang B

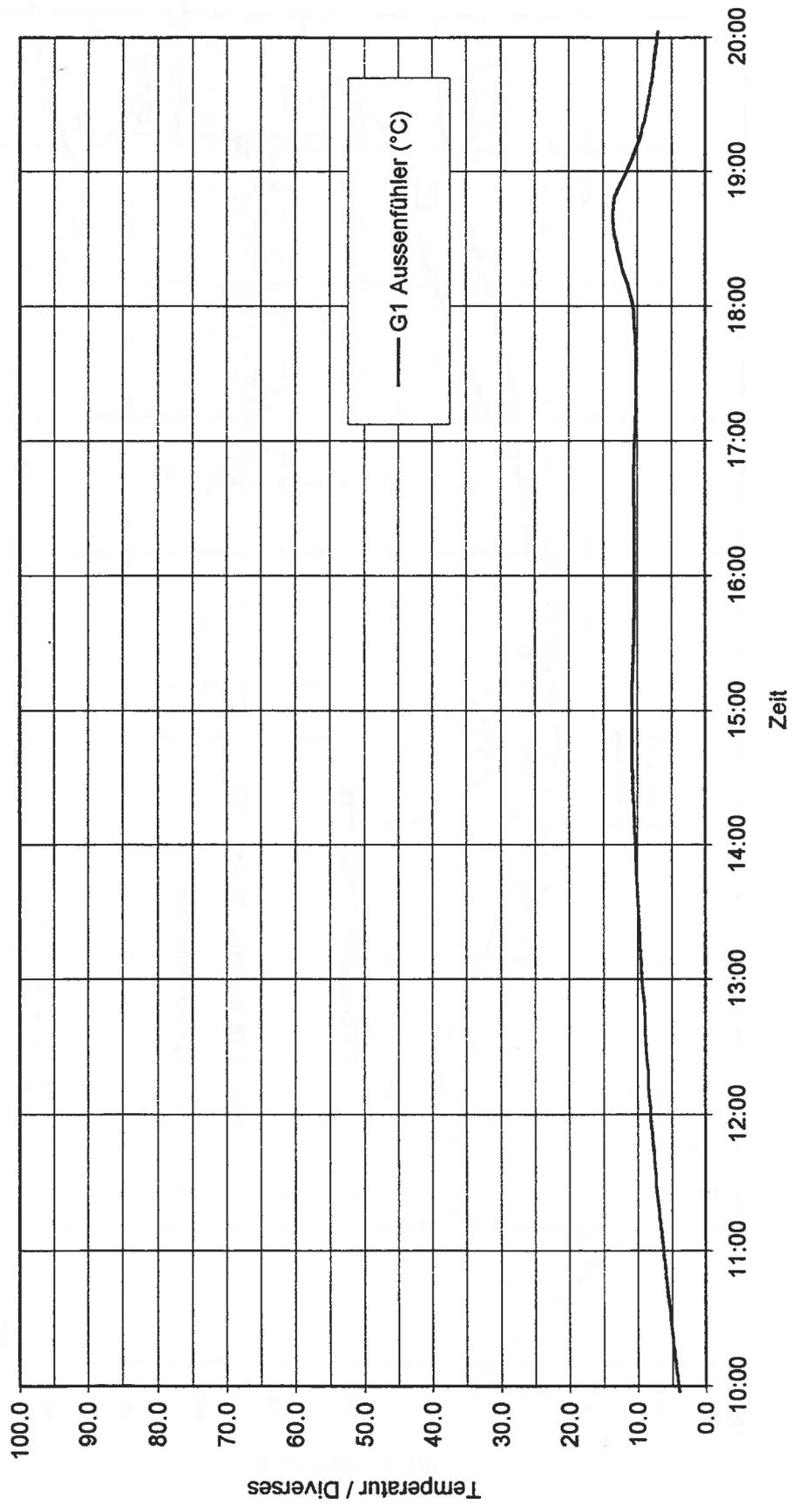
Auswertungen

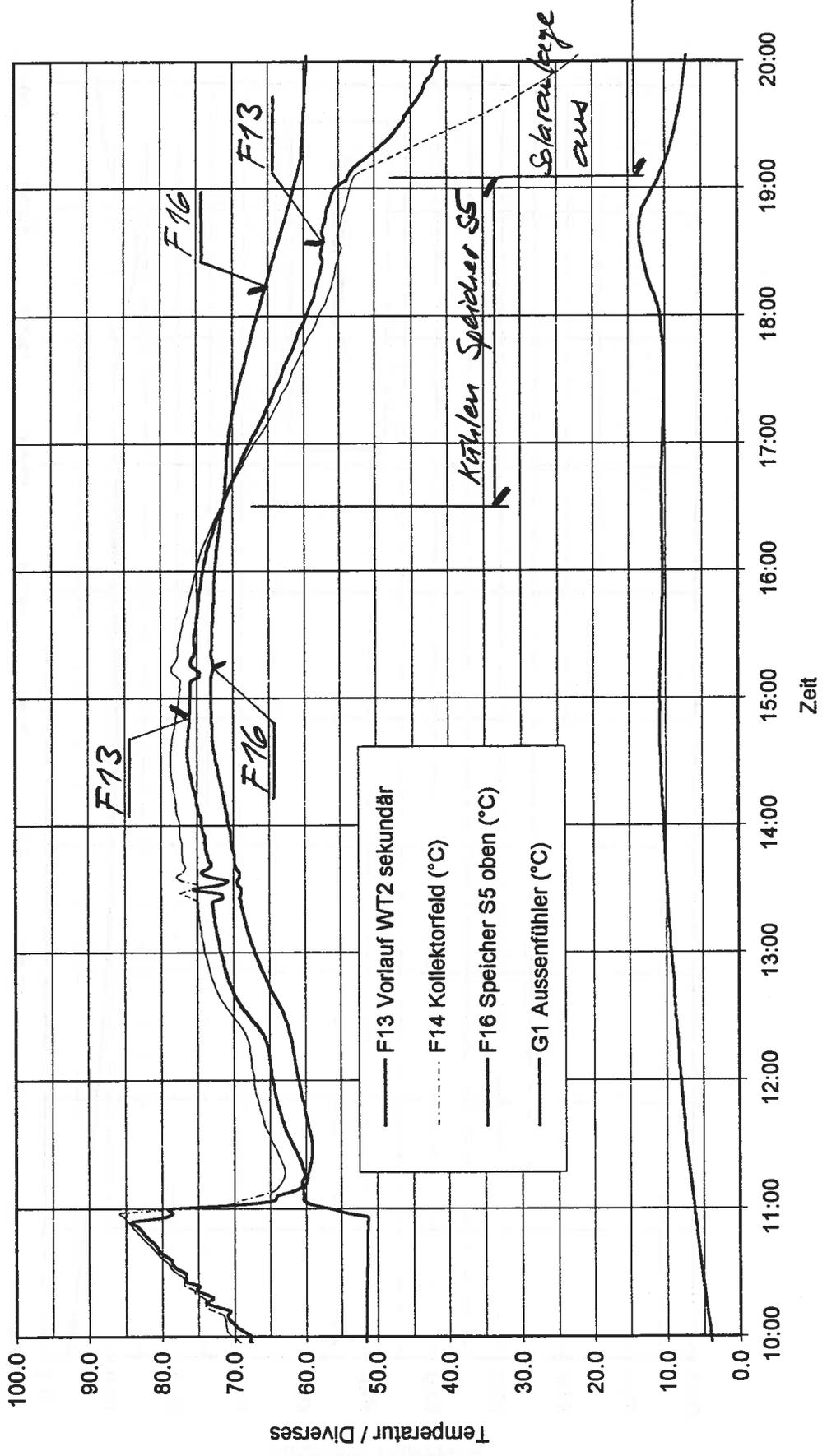


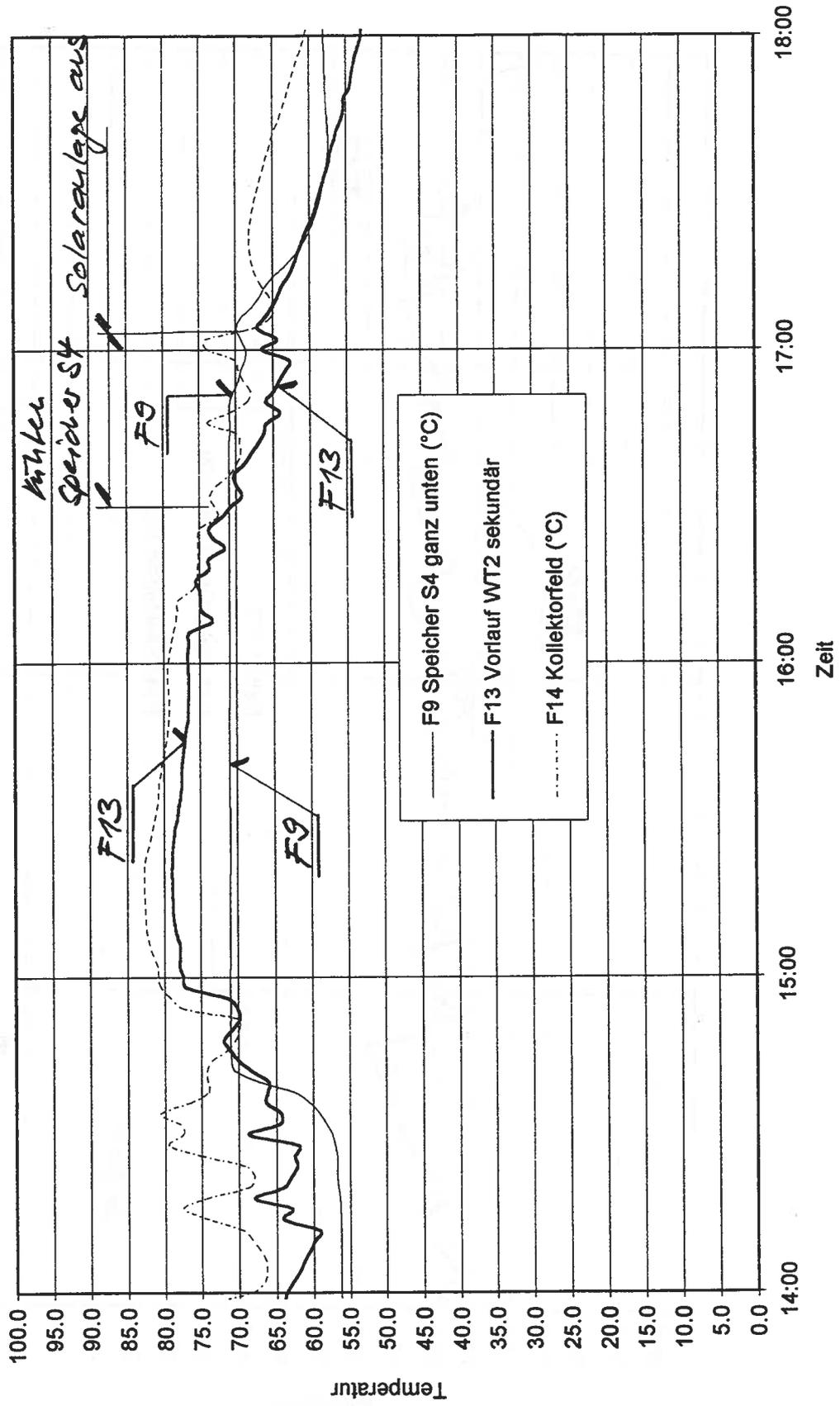


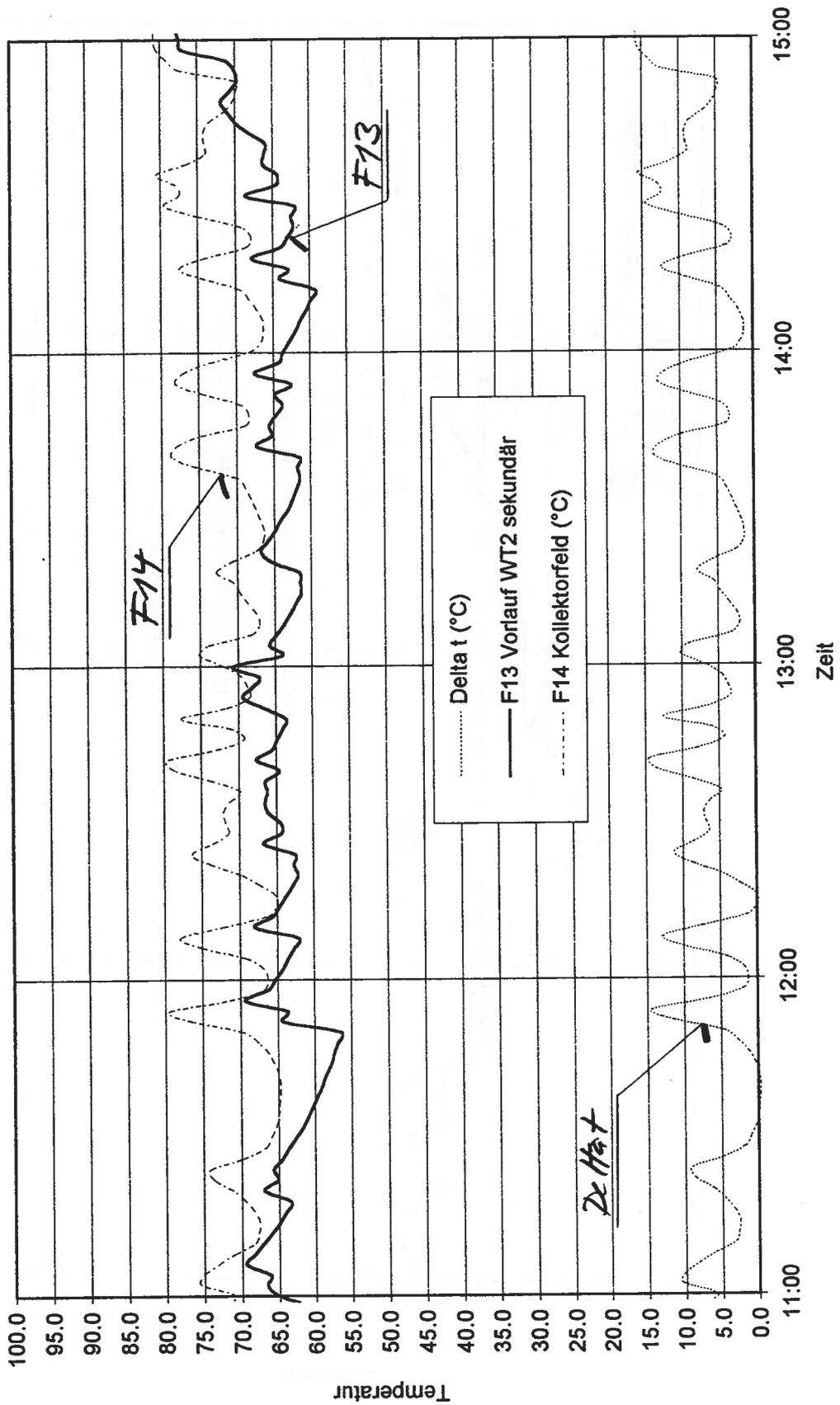
Leistungsregelung Holzschneitzelfeuerung
 16.11. - 21.11.97

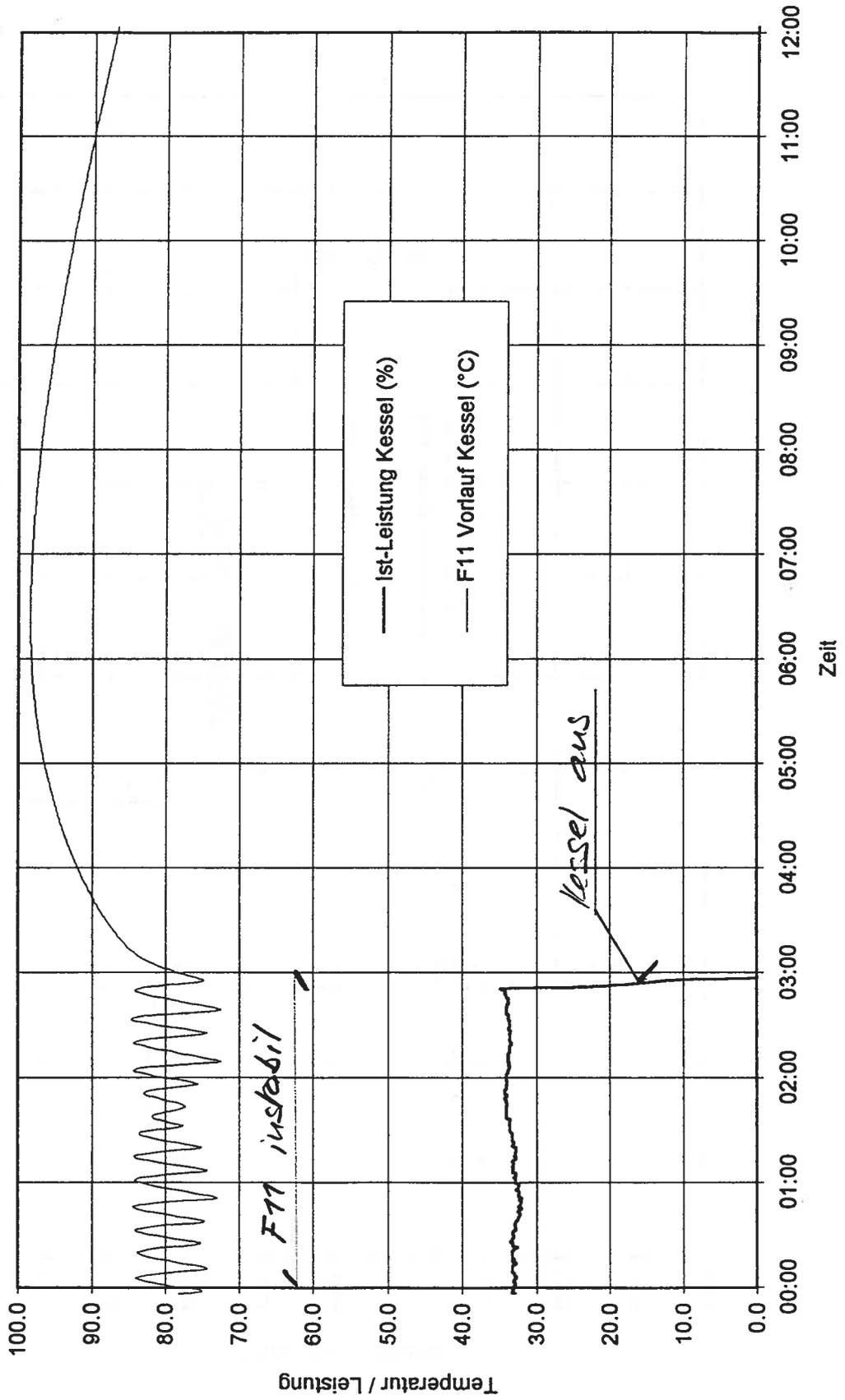


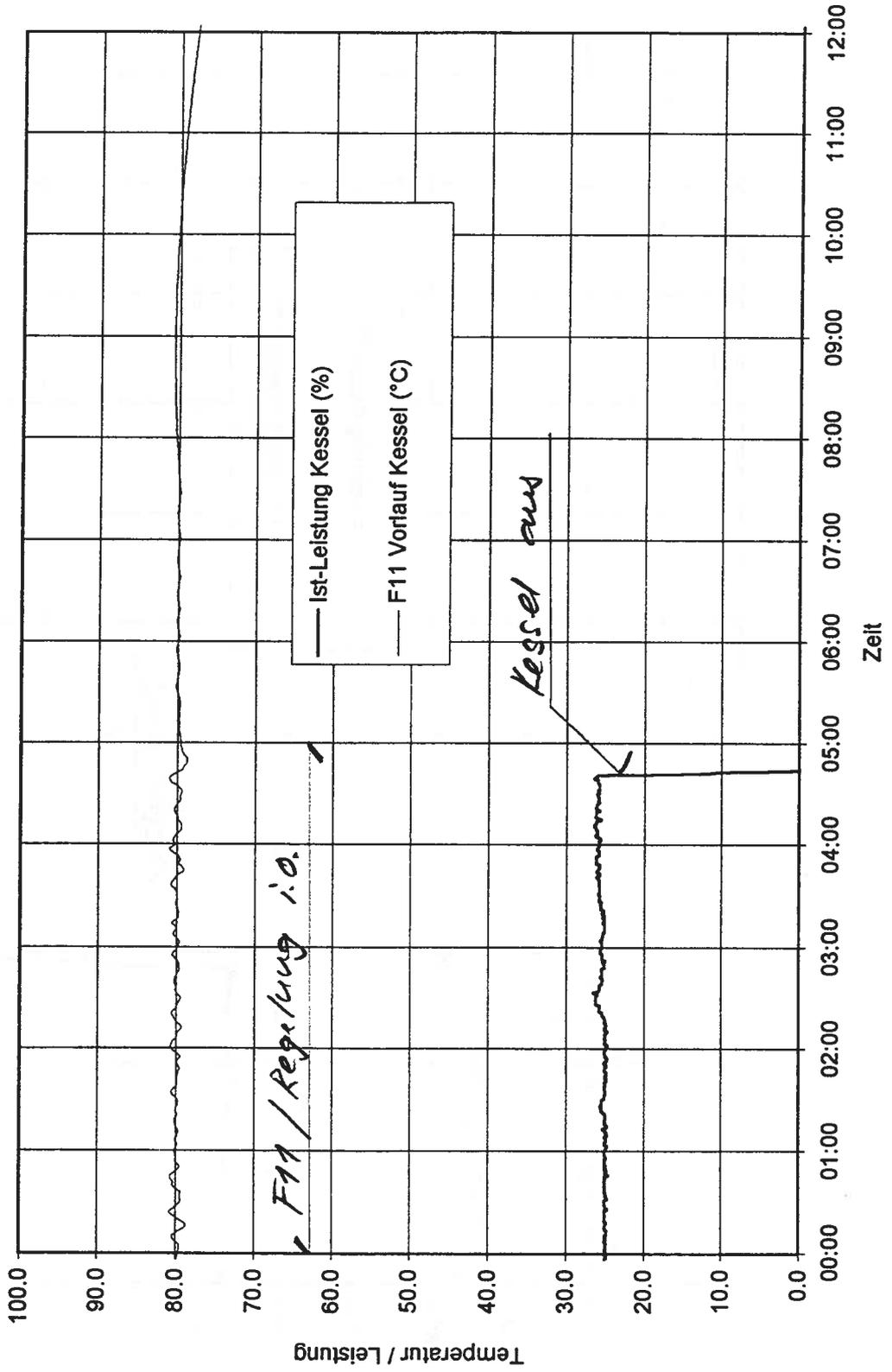


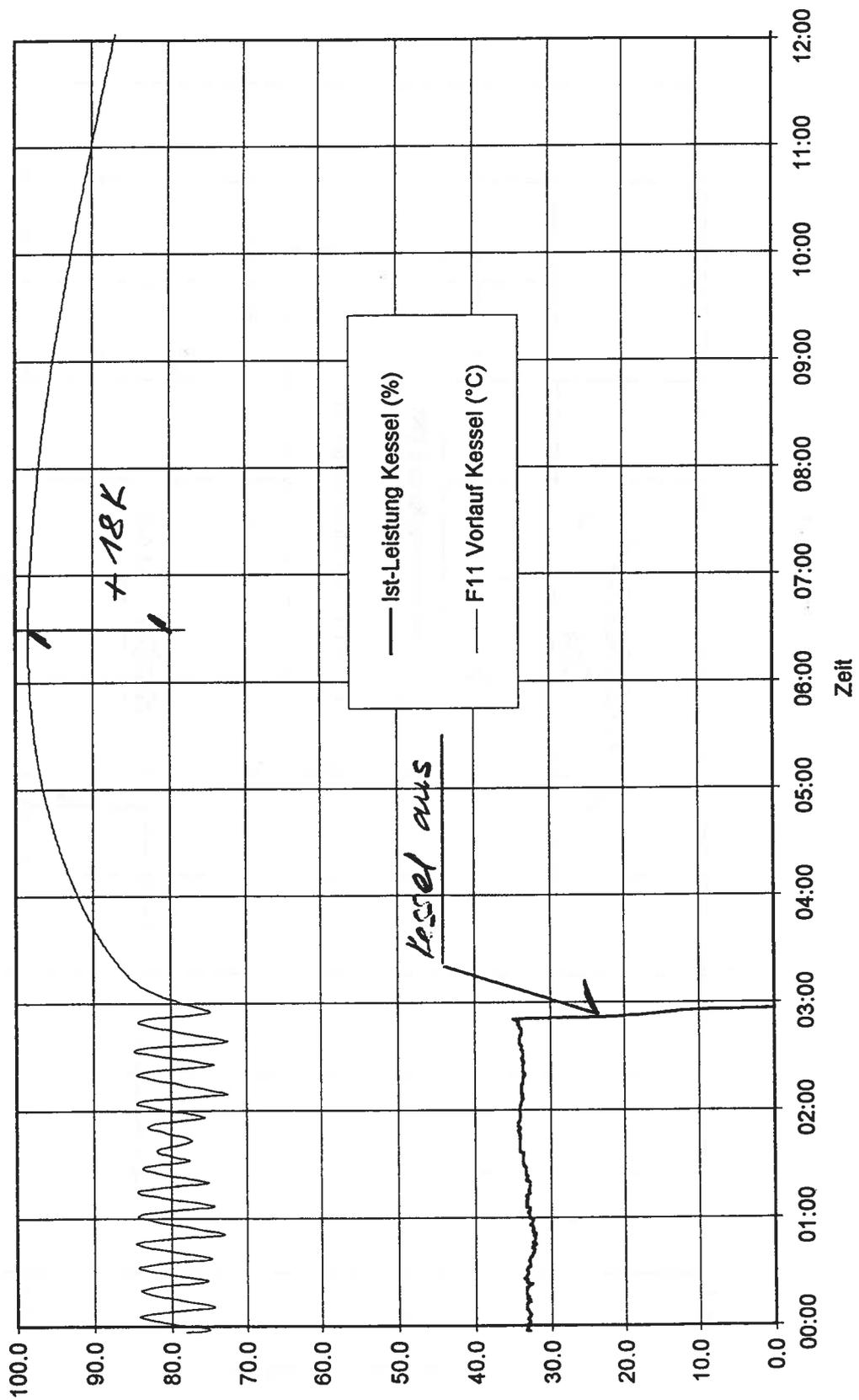


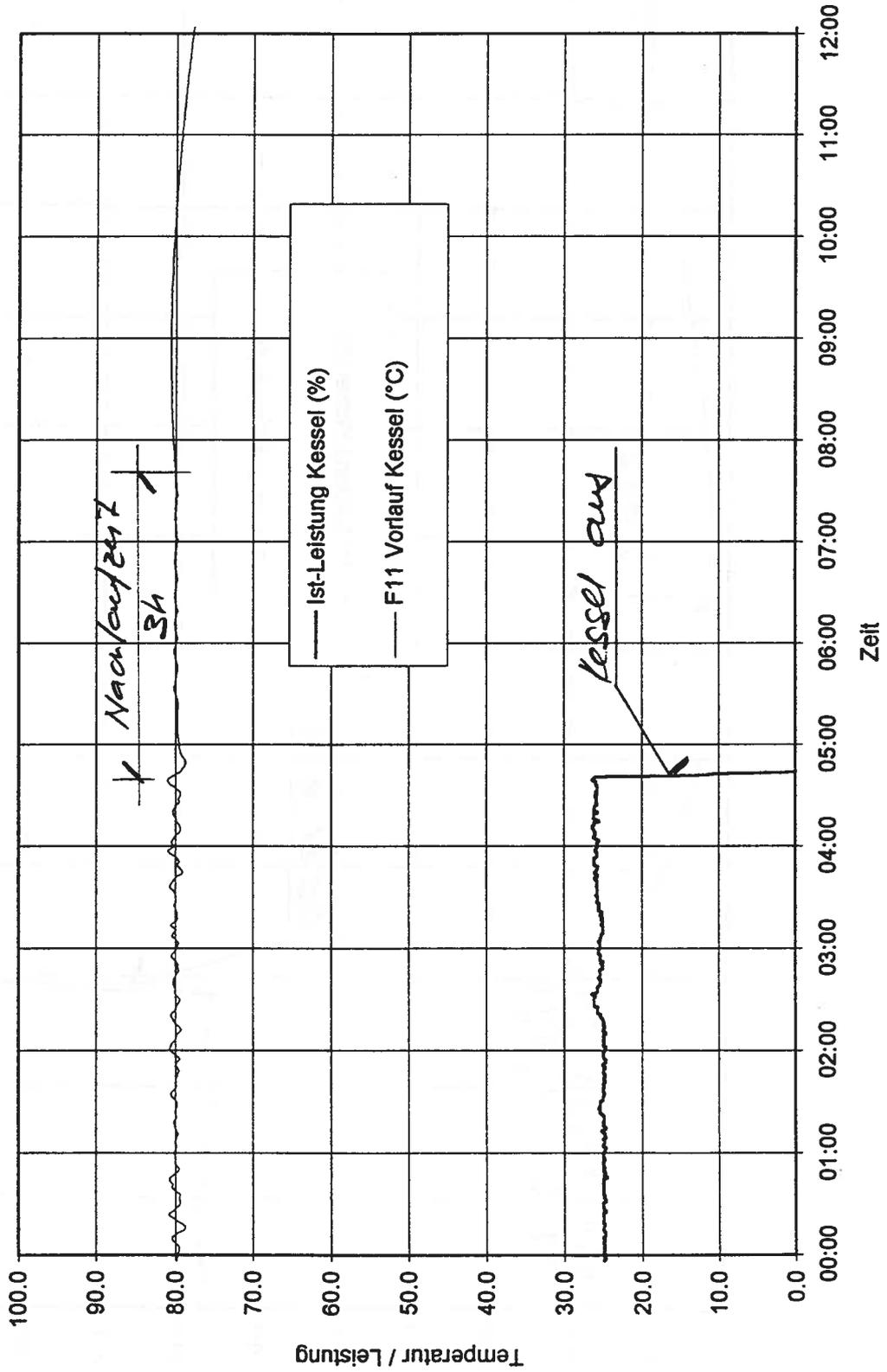


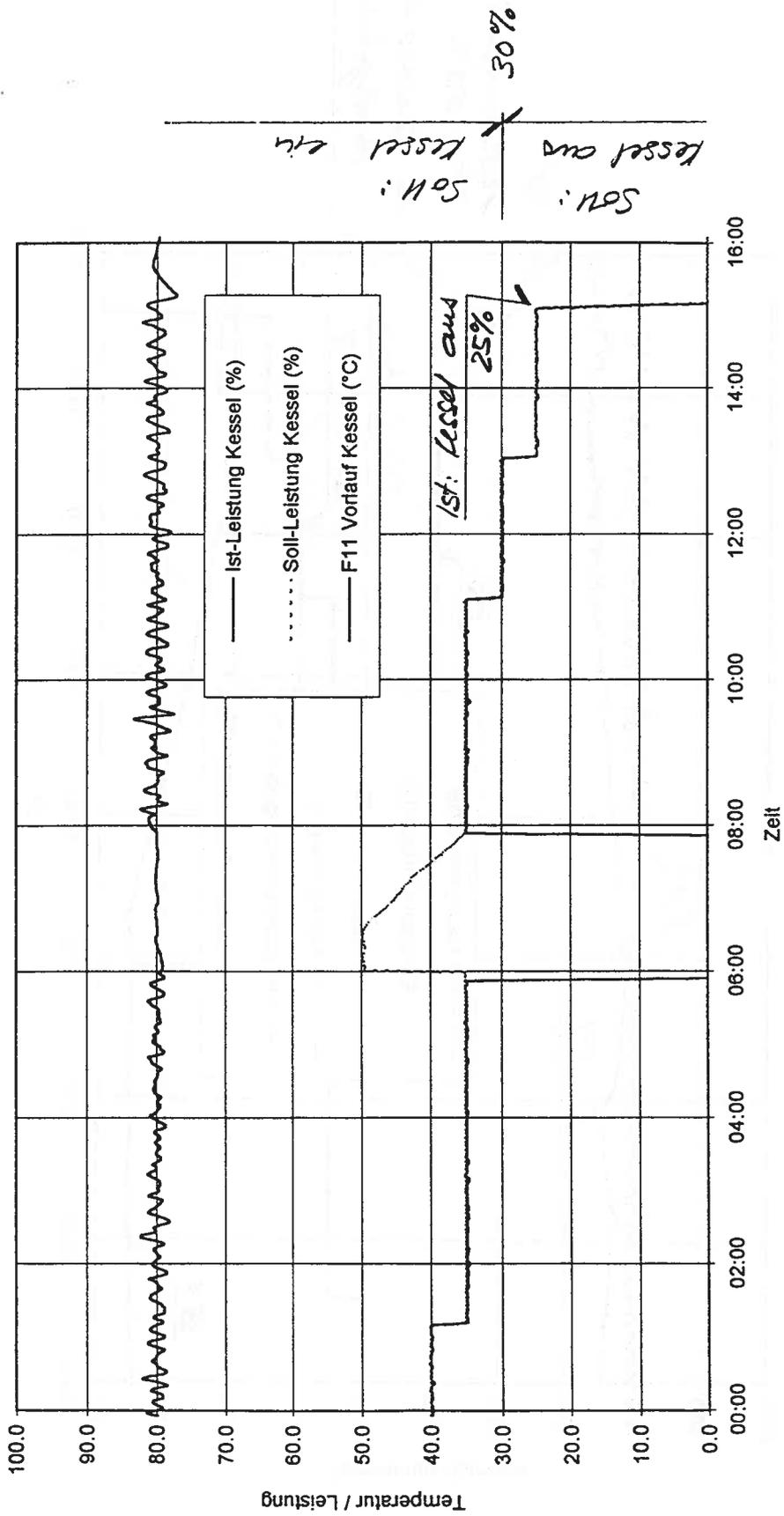


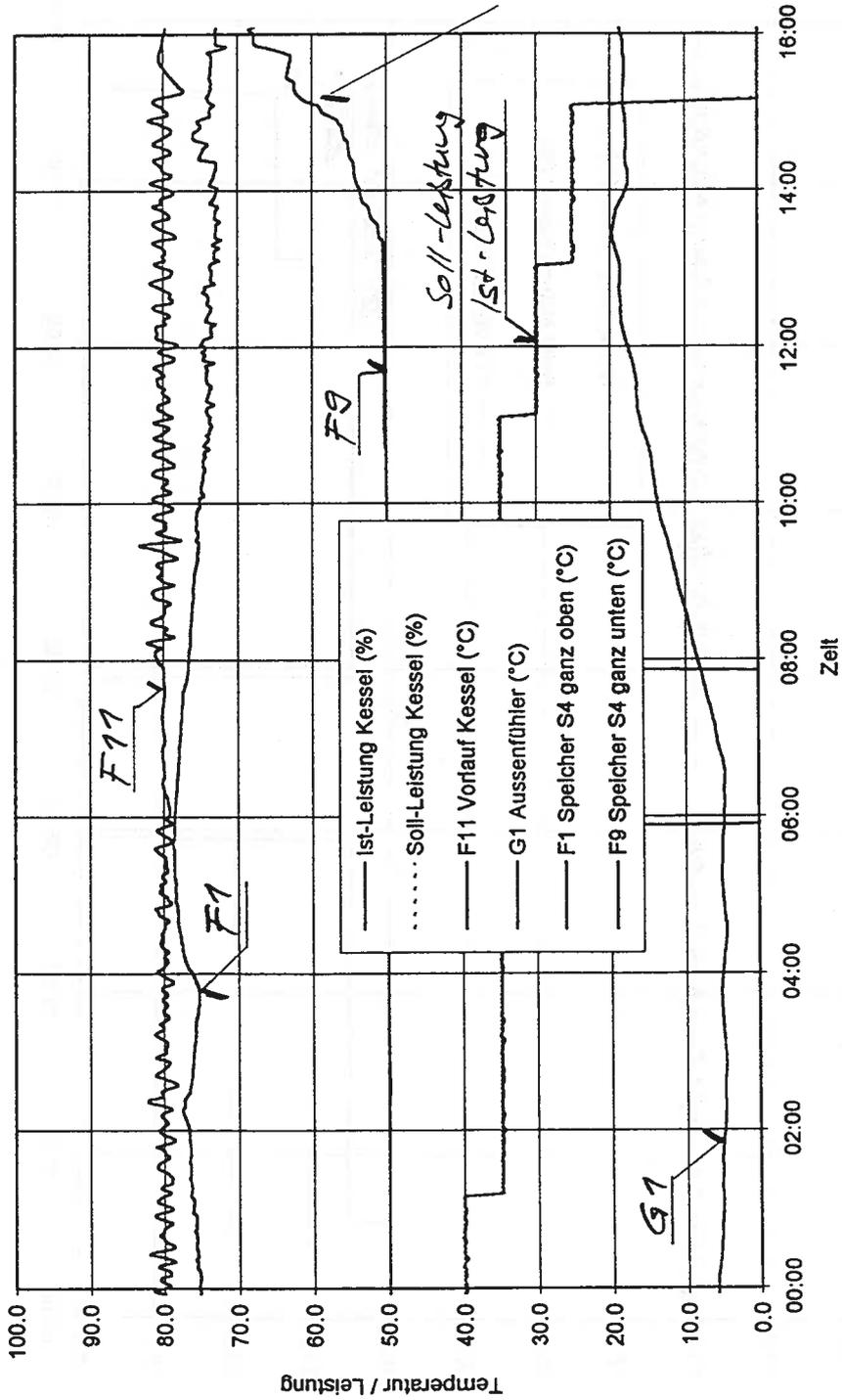






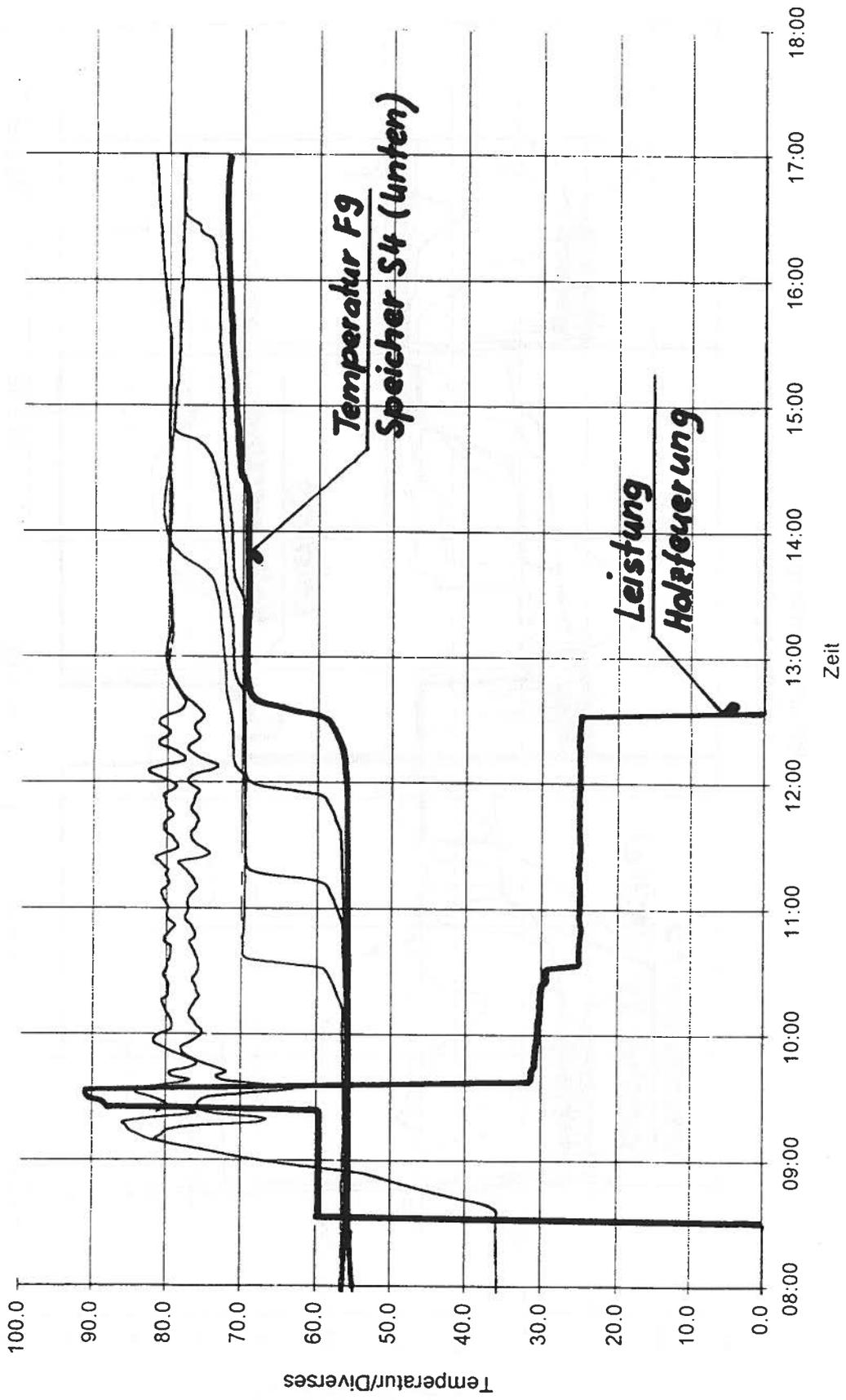




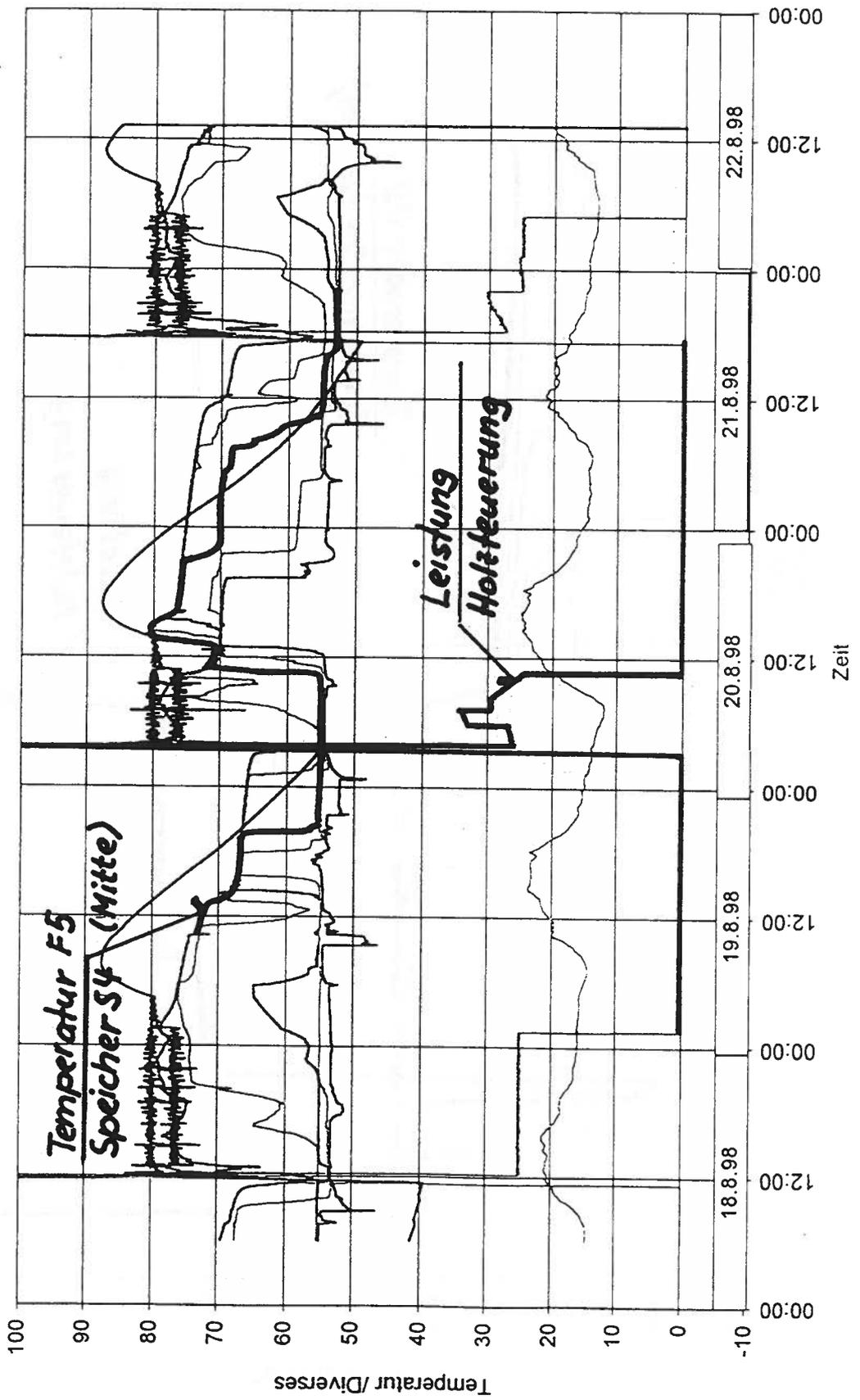


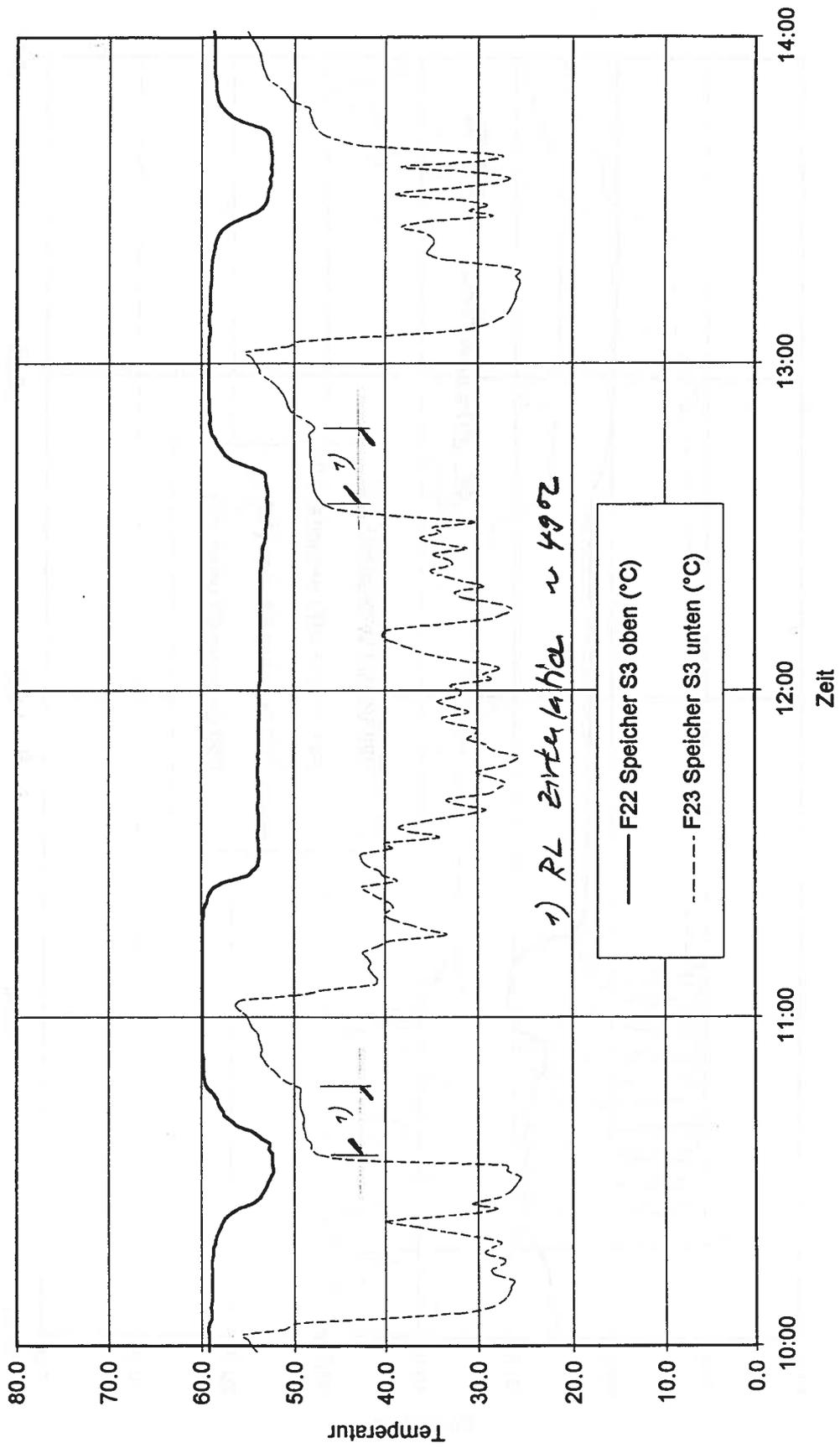
Ist:
 Aussenfühler
 F9 = 60°C
 → Speicher S4
 durchgeladet

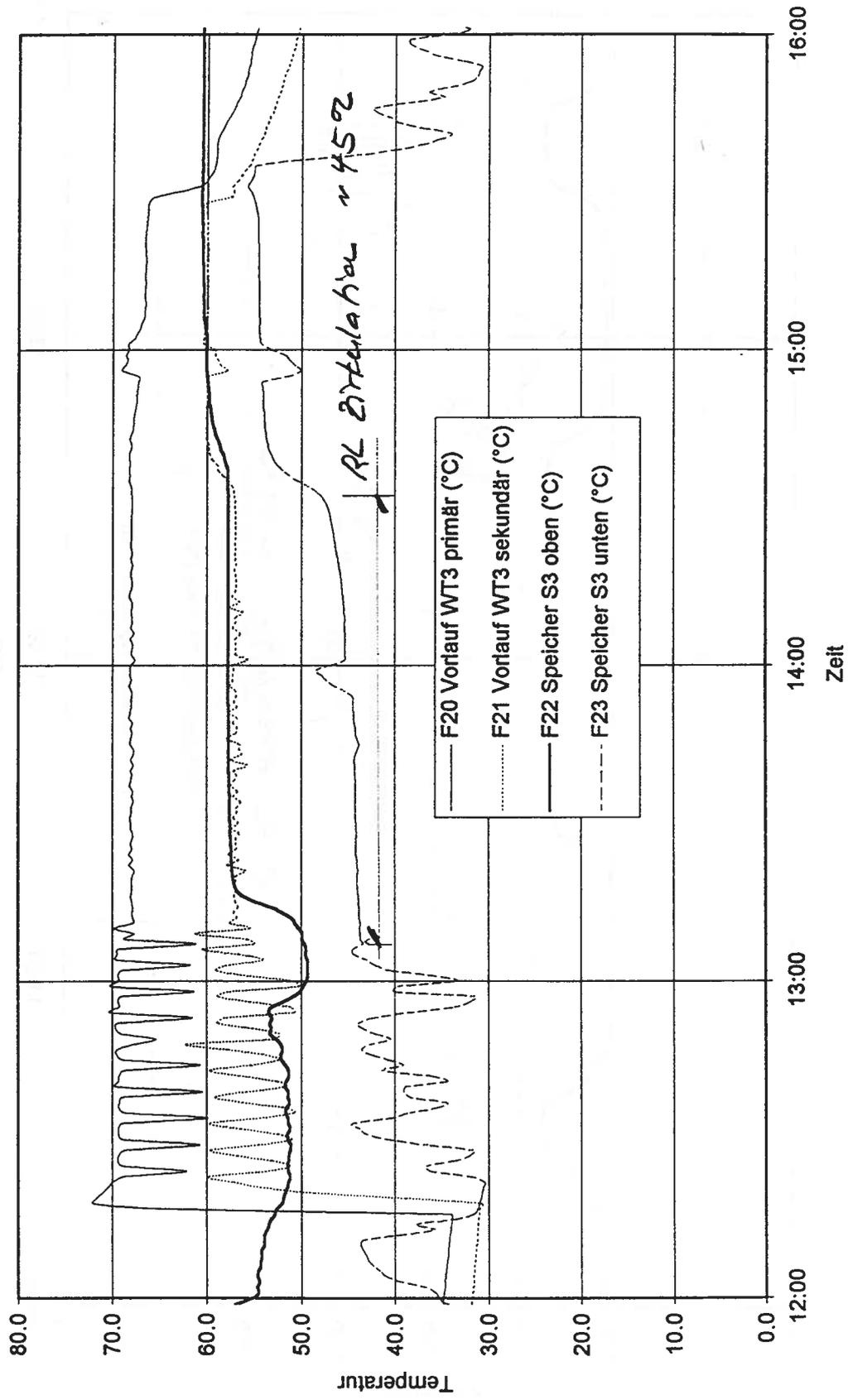
Holzschnitzelfeuerung
4.9.97



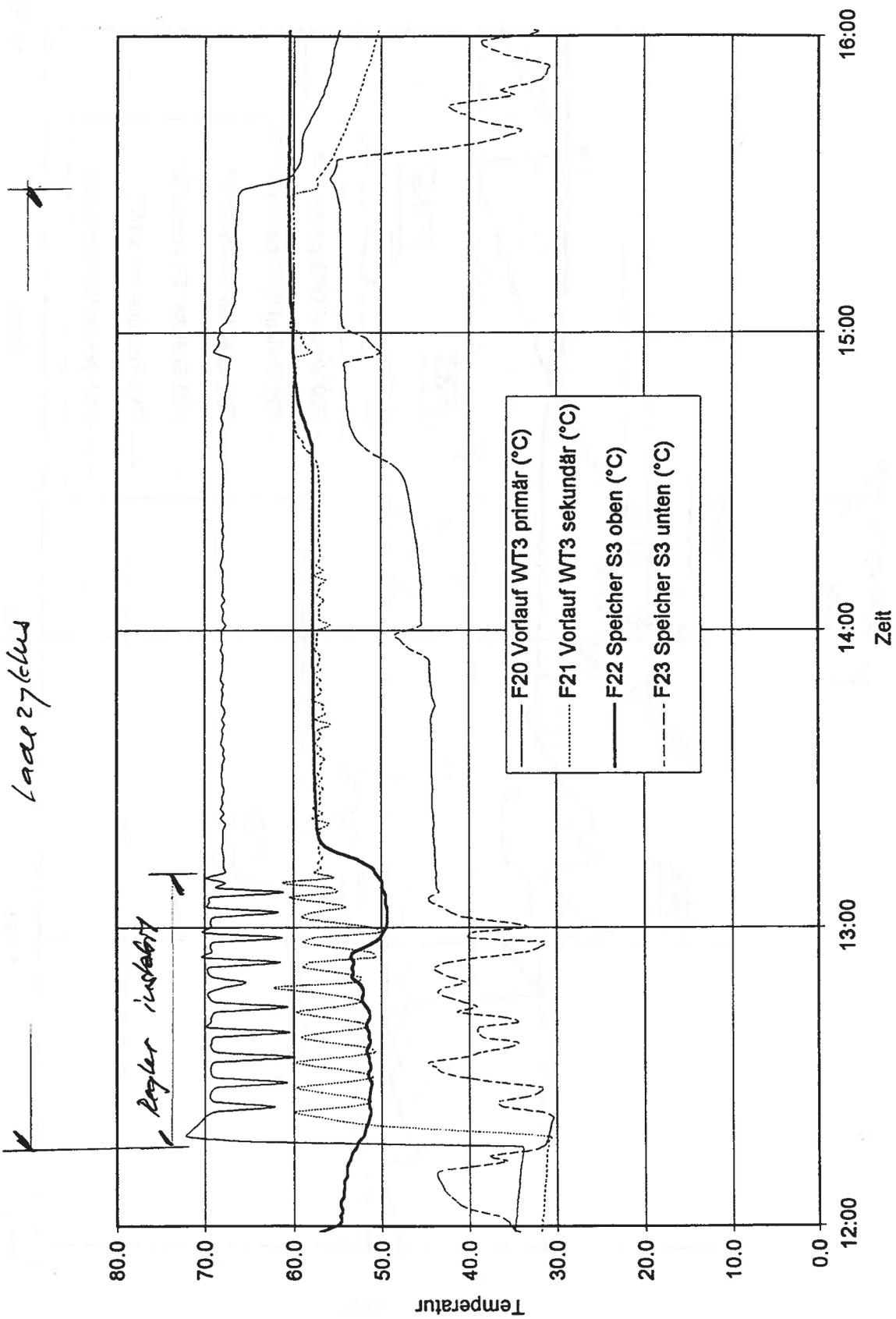
Holzsnitzelfeuerung
18.8. - 22.8.98





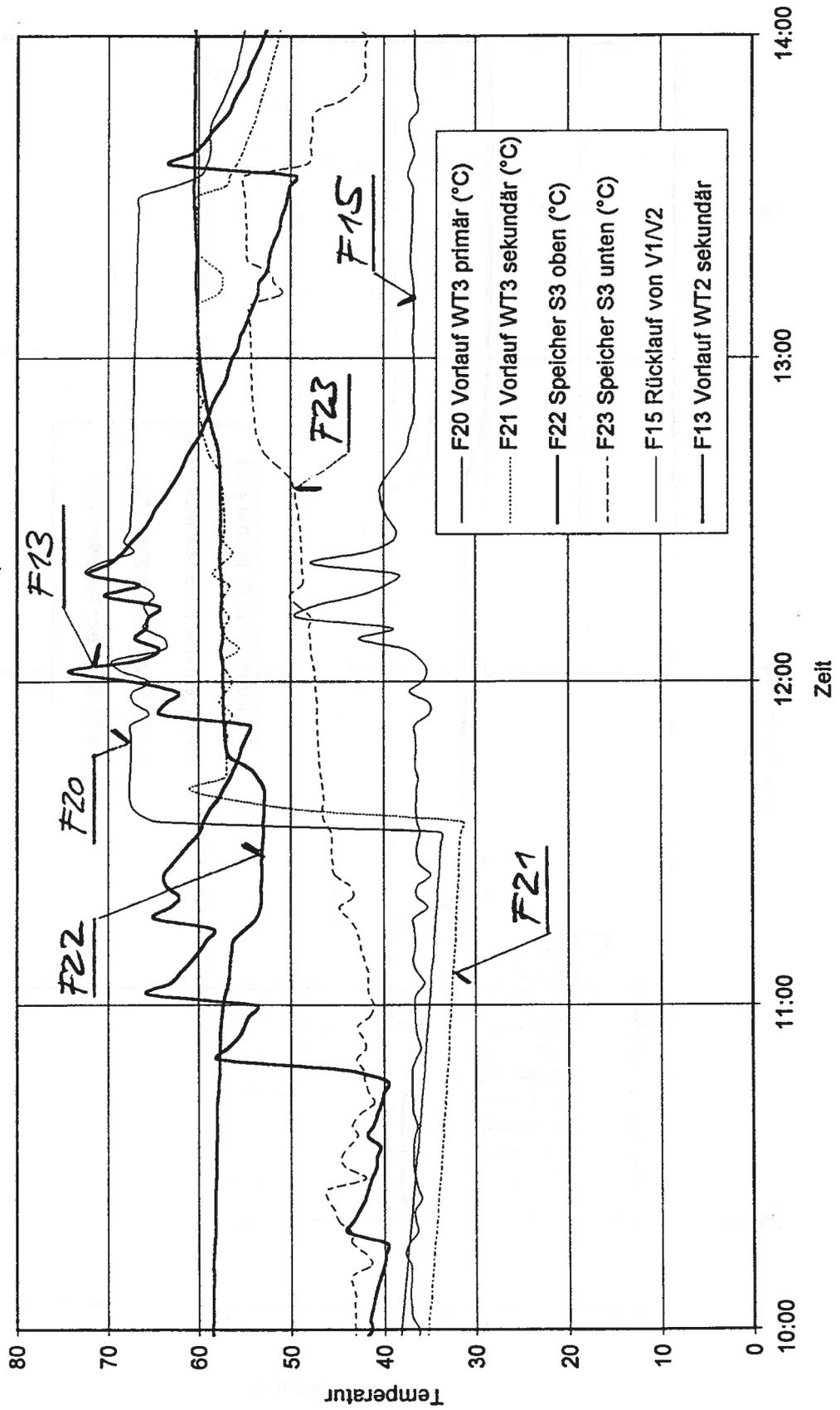


Ladecycle

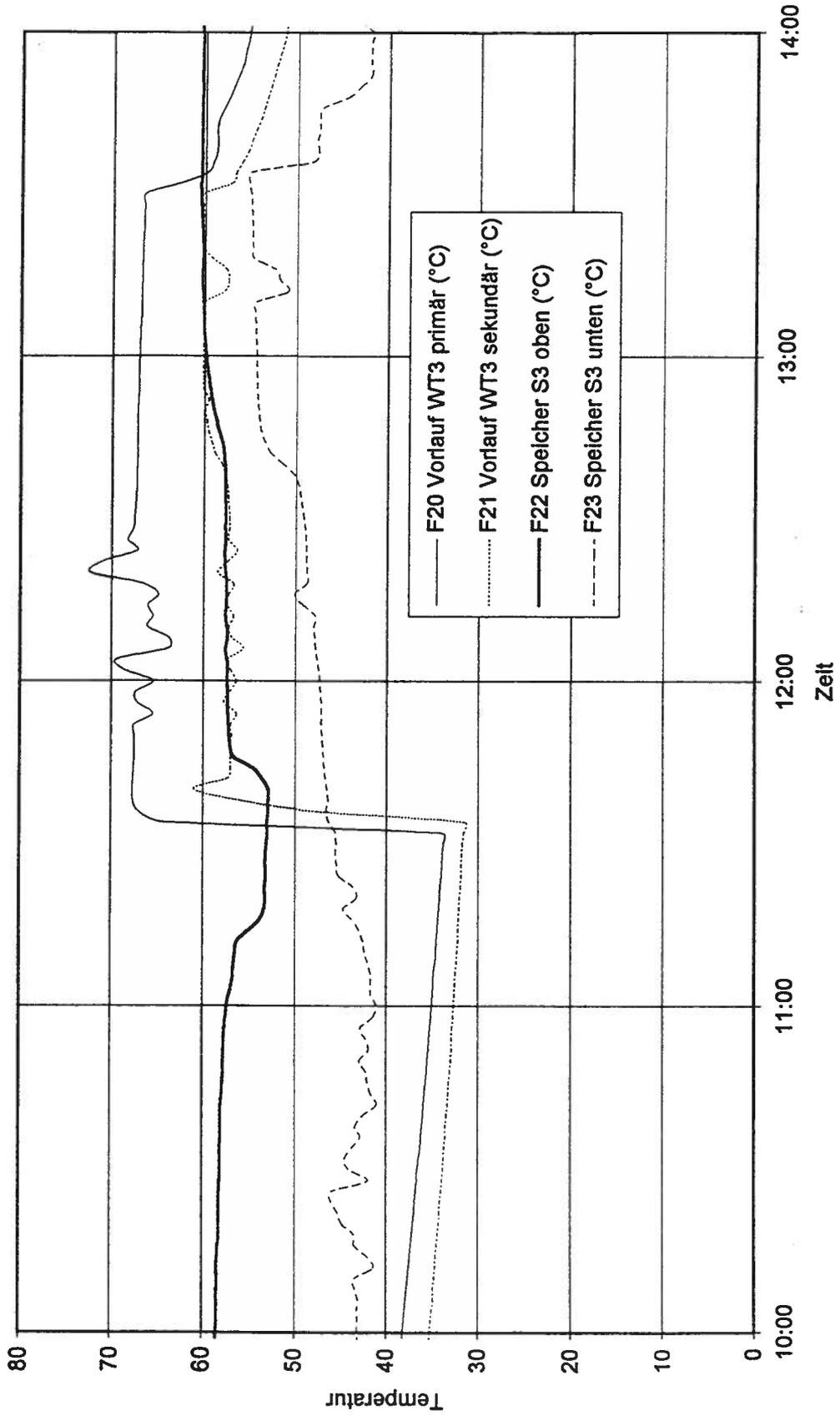


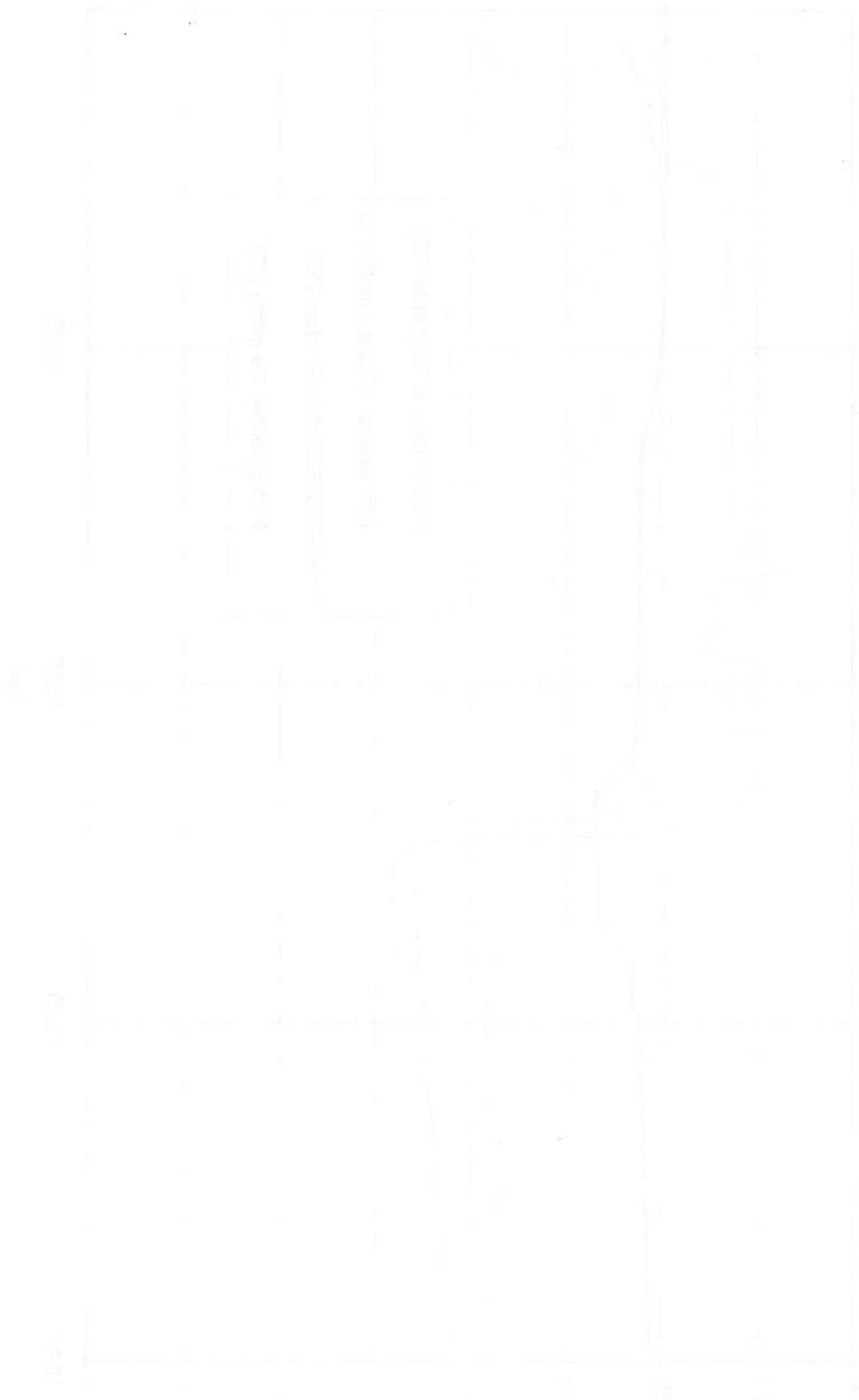
Solaranlage

ein



Ladecyklus





1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

Anhang C

Funktionsbeschreibung

1. Sonnenkollektoranlage

Die in der Sonnenkollektoranlage gewonnene Wärmeenergie wird über einen Plattenwärmetauscher an das Heizungswasser übertragen. Die Anlage wird durch Vergleichsmessungen von Temperaturen ein- und ausgeschaltet.

Der Primärkreis wird unregelt über die Kollektoranlage WT1 gefördert. Der Istwert des Sonnenstrahlungsmesser SM1 bestimmt eine der drei Drehzahlstufen der Umwälzpumpe P2. Damit wird durch eine tiefe Rücklauftemperatur die Nutzung der Kollektoren verbessert.

Sekundärseitig ist die Vorlauftemperatur nach dem Plattenwärmetauscher WT2 mit einem Dreiwegventil B2 geregelt. Das vor der Pumpe P3 eingebaute Dreiwegventil B2 lässt nur soviel Heizungswasser aus dem Pumpenkreislauf zum Plattenwärmetauscher WT2 strömen, dass beim aktuellen Wärmeangebot die geforderte Vorlauftemperatur bei F13 erreicht wird. Die Solltemperatur für den Vorlauf (F13) ist im Sommerbetrieb anders als im Uebergangszeitbetrieb. Im Winterbetrieb ist die Vorlaufregelung ausgeschaltet, das heisst die gesamte Fördermenge der Pumpe P3 wird zum Plattenwärmetauscher WT2 gespiesen.

Wenn die Regelung mit Ventil B2 und Fühler F13 in Betrieb ist, darf das Ventil B2 nie ganz geschlossen sein. Diese minimale Ventilstellung muss justierbar sein.

Mit einem Handschalter können die Betriebsarten "Automatik", "Sommer", "Uebergangszeit", "Winter" und "aus" gewählt werden.

In der Betriebsart "Automatik" wird die Sonnenwärme dem Wärmebezüger zugeführt, der sie am effizientesten nutzen kann. Dies geschieht durch die automatische Wahl der Betriebsarten "Sommer", "Uebergangszeit" und "Winter". Sie werden anhand der gedämpften Aussentemperatur gewählt.

Wenn am Handschalter eine der Betriebsarten "Sommer", "Uebergangszeit" und "Winter" gewählt ist, bleibt diese fest eingestellt.

Die Ventile B7 und B8 dürfen nie gemeinsam geschlossen sein, damit immer eine Verbindung zur Expansionsanlage offen ist.

Betriebsart "Sommer"

10.7.97 Im Sommerbetrieb übernimmt die Sonnenkollektoranlage die Wärmeerzeugung für alle Wärmebezüger. *Mit überschüssiger Wärme wird der Speicher S4 geladen.*

10.7.97 Die Sonnenkollektoranlage wird bei einer gedämpften Aussentemperatur von $> 10\text{ °C}$ eingeschaltet, wenn die Temperatur F14 im Kollektor um mindestens 12 °K über dem Vorlauf-Sollwert F13 (65 °C) liegt. ~~Ist die Temperaturdifferenz zwischen F14 und Sollwert F13 kleiner als 5 °K , wird die Anlage ausgeschaltet. Ist die Temperaturdifferenz zwischen F14 und Sollwert F13 kleiner als 3 °K , wird die Anlage ausgeschaltet~~

Das Dreiwegventil B3 ist auf Durchgang gestellt, damit das aufgeheizte Wasser in den

Hauptvorlauf gelangt. Das Ventil B8 ist offen und das Ventil B7 ist geschlossen, der Speicher S5 wird nicht genutzt.

Die Wärme wird normalerweise direkt in den Wassererwärmern verbraucht. Eventuell wird die Wärme auch zum Heizen gebraucht. Falls alle Wärmebezügler befriedigt sind gelangt die Wärme in den Speicher S4.

- 10.7.97 *Wenn das Einschaltkriterium erfüllt ist, aber die Temperatur F14 im Kollektor weniger als 5 °K über dem Ist-Wert beim Speicherfühler F9 liegt, wird die Sonnenkollektoranlage nicht freigegeben oder ausgeschaltet. Korr. 20.8.97 A. Jenni*
- 10.7.97 *Im Hochsommer verhindert ein Kühlprogramm ein Ueberhitzen der Sonnenkollektoranlage. In der Nacht wird heisses Wasser aus dem Speicher S4 über die Sonnenkollektoren gekühlt. Wenn der Durchschnittswert der Speichertemperaturen F1, F3, F5, F7, F9 um 22:00 über dem Wert von 95 °C liegt, startet das Kühlprogramm. Es läuft so lange, bis der Durchschnittswert der Speichertemperaturen F1, F3, F5, F7, F9 unter 85 °C liegen. Die Pumpe P2 und P3 sind in Betrieb. Die Dreiwegventile B2 und B3 sind auf Durchgang gestellt. Das Ventil B8 ist offen. Das Ventil B7 ist geschlossen.*

Betriebsart "Uebergangszeit "

- 10.7.97 *In der Uebergangszeit wird Wärme von der Sonnenkollektoranlage für die Raumheizung und für die Lüftungsanlage verwendet. Ueberschüssige Wärme wird in den Speicher S5 gebracht. Die Wärme für das Brauchwarmwasser wird von der Holzschnitzelfeuerung erzeugt .*
- 10.7.97 *Die Nutzung der Sonnenkollektoranlage und des Speichers S5 wird den Anforderungen der Raumheizung und der Lüftungsanlage angepasst. Dazu wird eine Sollwertkurve definiert, die der Heizkurve der Heizgruppe mit den höchsten Anforderungen entspricht. Der Sollwert verändert sich anhand der Aussentemperatur. Die Sollwertkurve ist mit ca. fünf Punkten einstellbar. Siehe Seite 16.*
- 10.7.97 *Die Sonnenkollektoranlage wird bei einer gedämpften Aussentemperatur zwischen -5 °C und 10 °C eingeschaltet, wenn die Temperaturdifferenz zwischen F14 im Kollektor und der Sollwertkurve mindestens 12 °K beträgt. Wenn die Temperaturdifferenz kleiner als 5 °K ist, wird die Sonnenkollektoranlage ausgeschaltet. Wenn die Temperaturdifferenz F14 im Kollektor weniger als 3°K über dem Ist Wert beim Speicherfühler F16 liegt, wird die Sonnenkollektoranlage ausgeschaltet. Korr. 20.8.97 A. Jenni. ~~kleiner als 3 °K ist, wird die Sonnenkollektoranlage ausgeschaltet.~~ Der aktuelle Wert der Sollwertkurve ist gleichzeitig der Sollwert für die sekundärseitige, geregelte Vorlauftemperatur bei F13.*

Das Dreiwegventil B3 ist auf Durchgang gestellt, damit das aufgeheizte Wasser in den Hauptvorlauf gelangt. Das Ventil B8 ist geschlossen, damit die Wärmeerzeuger ihre Wärme den richtigen Wärmebezügern zuführen. Das Ventil B7 ist offen, damit überschüssige Sonnenwärme im Speicher S5 zwischengelagert werden kann.

- 10.7.97 *Wenn die Sonnenkollektoranlage wegen zu geringer Einstrahlung nicht eingeschaltet ist, wird der Energieinhalt von Speicher S5 geprüft. Wenn der Ist-Wert des Speicherfühlers F16 unter dem aktuellen Wert der Sollwertkurve liegt, reicht die Wärme nicht für den Heizbetrieb aus und es wird auf Winterbetrieb umgeschaltet. Die Rückstellung erfolgt automatisch, wenn die Sonnenkollektoranlage wieder eine genügend hohe Vorlauftemperatur erzeugen kann.*

Betriebsart "Winter "

Im Winter wird mit der Sonnenkollektoranlage das Rücklaufwasser von der Raumheizung und der Lüftungsanlage vorgewärmt. Der Hauptanteil der verlangten Wärme wird von der Holzschritzelfeuerung erzeugt.

10.7.97

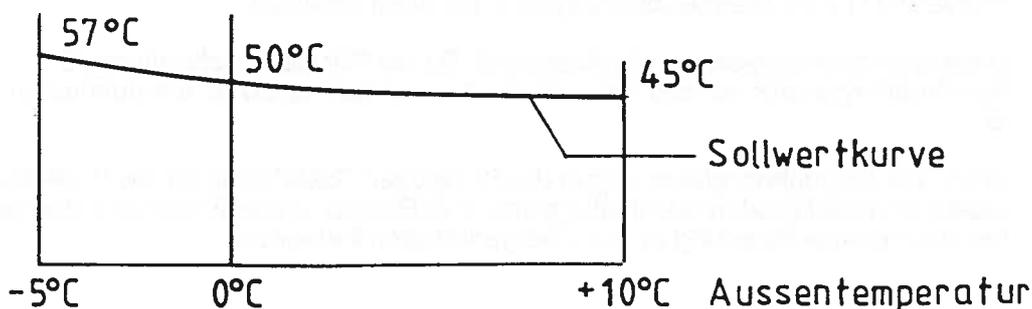
Die Sonnenkollektoranlage wird bei einer gedämpften Aussentemperatur von $< -5\text{ °C}$ eingeschaltet, wenn die Temperaturdifferenz zwischen F14 im Kollektor und dem Istwert im Hauptrücklauf F15 mindestens 12 °K beträgt. ~~Wenn die Temperaturdifferenz kleiner als 5 °K ist, wird die Sonnenkollektoranlage ausgeschaltet. Wenn die Temperaturdifferenz kleiner als 3 °K ist, wird die Sonnenkollektoranlage ausgeschaltet.~~

Das Dreiwegventil B3 ist auf Beipass gestellt, damit das aufgeheizte Wasser zurück in den Hauptrücklauf gelangt. Das Ventil B8 ist offen. Das Ventil B7 ist geschlossen, der Speicher S5 wird nicht genutzt.

Betriebsart "aus "

Die Betriebsart "aus" wird am Handschalter oder im automatischen Betrieb gewählt.

Die Pumpen P2 und P3 sind ausgeschaltet. Die Dreiwegventile B2 und B3 sind auf Beipass gestellt. Die Ventile B8 ist offen und B7 ist geschlossen.



Sollwertkurve von F13 in der Betriebsart „Übergang“

2. **Holzsnitzelfeuerung**

Die Regelung und Steuerung für den Holzsnitzelfeuerung Q1 wird vom Lieferanten geplant und beschafft.

Alle Signale zwischen der übergeordneten Steuerung und der Steuerung Holzsnitzelfeuerung werden (bei Bedarf) beim Ausgang galvanisch getrennt.

Die Holzsnitzelfeuerung gibt die folgenden Signale an die übergeordnete Steuerung aus.

| | |
|--------------------------------|------------------------|
| Betriebsmeldung "Kessel läuft" | digital |
| Betriebsmeldung "lokal" | digital |
| aktuelle Leistungsstufe | 0 - 10 V (= 0 - 100 %) |
| Sammelstörung | digital |

Die übergeordnete Steuerung gibt die folgenden Signale an die Steuerung Holzsnitzelfeuerung aus.

| | |
|---------------------|--------------------------------|
| Befehl "Kessel ein" | digital |
| Soll-Leistungsstufe | 0 - 10 V, stetig (= 0 - 100 %) |

3. **Kesselkreislauf**

Der Kesselkreislauf besteht aus der Kesselpumpe P1 und dem Vor- und Rücklaufhochhalteventils B1.

Die Kesselpumpe P1 wird von der Steuerung Holzsnitzelfeuerung angesteuert. Mit einem Handschalter werden die Betriebsarten "ein", "aus" und "Automatik" gewählt.

Das Dreiwegventil B1 ist das Stellglied der Vorlaufregelung und wird von der übergeordneten Steuerung angesteuert. Durch Beimischen von heissem Vorlaufwasser in den Rücklauf zum Kessel wird in jeder Laststufe des Kessels die Vorlauftemperatur (Fühler F11) zum Wärmeabgabesystem konstant gehalten.

Übergeordnet arbeitet das Dreiwegventil B1 als Rücklaufhochhaltung. Die Rücklauftemperatur auf den Holzsnitzelkessel darf nie 60 °C unterschreiten (F10) und ist

Wenn die Holzsnitzelfeuerung in der Betriebsart "lokal" läuft, ist die Vorlaufregelung inaktiv und die Rücklaufhochhaltung immer in Betrieb, unabhängig vom Handschalter für die Holzsnitzelfeuerung an der übergeordneten Steuerung.

4. Leistungsregelung Holzsnitzelfeuerung

Die Leistung des Holzsnitzelfeuerung kann im Bereich von 30 - 100 % geregelt werden. Die Leistungsstufe wird der Steuerung der Holzfeuerung anhand der gedämpften Aussentemperatur und dem Ladezustand von Speicher S4 vorgegeben. Der Ladezustand von Speicher S4 wird mit 5 von 9 Thermoelementen erfasst.

Grundsätzlich soll der Speicher S4 immer bis zur Hälfte durchgeladen sein. Wenn der Speicher von diesem Zustand her entladen wird, wird die Kesselleistung erhöht. Im umgekehrten Sinne wird die Kesselleistung reduziert. Anhand der gedämpften Aussentemperatur wird eine Leistungsstufe bestimmt, die sogenannte Grundstufe. Sie deckt theoretisch den Wärmebedarf bei der aktuellen Aussentemperatur. Die Grundstufe muss den Wärmebedürfnissen der Hotelanlage angepasst und während der ersten Heizperiode eingestellt werden.

Mit einem Handschalter an der übergeordneten Steuerung werden die Betriebsarten "ein", "aus" und "Automatik" gewählt.

Mit einem Handschalter an der Steuerung der Holzsnitzelfeuerung werden die Betriebsarten "extern" und "lokal" und "aus" gewählt. In der Betriebsart "extern" wird die Laststufe für den Kessel von der übergeordneten Steuerung vorgegeben.

Eine Kesselleistungsstufe entspricht einer Leistung von 5 %.

Betriebsart "aus"

Die Betriebsart "aus" kann an der übergeordneten Steuerung und an der Steuerung Holzsnitzelfeuerung eingegeben werden.

An der übergeordneten Steuerung gibt in der Betriebsart "aus" kein Leistungssignal mehr an die Holzsnitzelfeuerung aus. Wenn die Steuerung Holzsnitzelfeuerung in der Betriebsart "extern" ist, ist die Holzsnitzelfeuerung über das "aus"-Signal ausgeschaltet. Wenn die Steuerung Holzsnitzelfeuerung in der Betriebsart "lokal" ist, ist das "aus"-Signal nicht wirksam.

Wenn die Steuerung Holzsnitzelfeuerung in der Betriebsart "aus" ist, ist die Holzsnitzelfeuerung ausgeschaltet und die Signale von der übergeordneten Steuerung sind ohne Wirkung.

Betriebsart "ein"

In der Betriebsart "ein" wird die Laststufe für den Kessel an der übergeordneten Steuerung von Hand vorgegeben.

Betriebsart "lokal"

In der Betriebsart "lokal" ist die Leistungsvorgabe durch die übergeordnete Steuerung ohne Wirkung. Die Kesselleistung wird von der Steuerung der Holzfeuerung intern geregelt.

Betriebsart "extern / Automatik"

Fünf Temperaturfühler F1, F3, F5, F7 und F9 im Speicher S4 melden die Ist-Temperatur. Die Soll-Temperatur der einzelnen Fühler liegt um (...) Grad Kelvin unter der geregelten Vorlauftemperatur nach dem Kessel. Der Begriff "Fühler hat warm" heisst aktuelle Temperatur \geq Soll-Temperatur, "Fühler hat kalt" heisst aktuelle Temperatur $<$ Soll-Temperatur.

Der Kessel wird eingeschaltet wenn Fühler F1 "kalt" meldet und der Kessel ausgeschaltet ist.

Nach dem Einschaltbefehl wird der Kessel automatisch gezündet. Der ganze Zündvorgang wird von der Steuerung Holzsnitzelfeuerung gesteuert. Die Zündzeit variiert je nach Kesseltemperatur und Feuchtigkeit der Holzsnitzel zwischen einer und dreissig Minuten.

Die Laststufen des Kessels dürfen nur eine nach der anderen geschaltet werden. Diese Aufgabe übernimmt die Steuerung Holzsnitzelfeuerung.

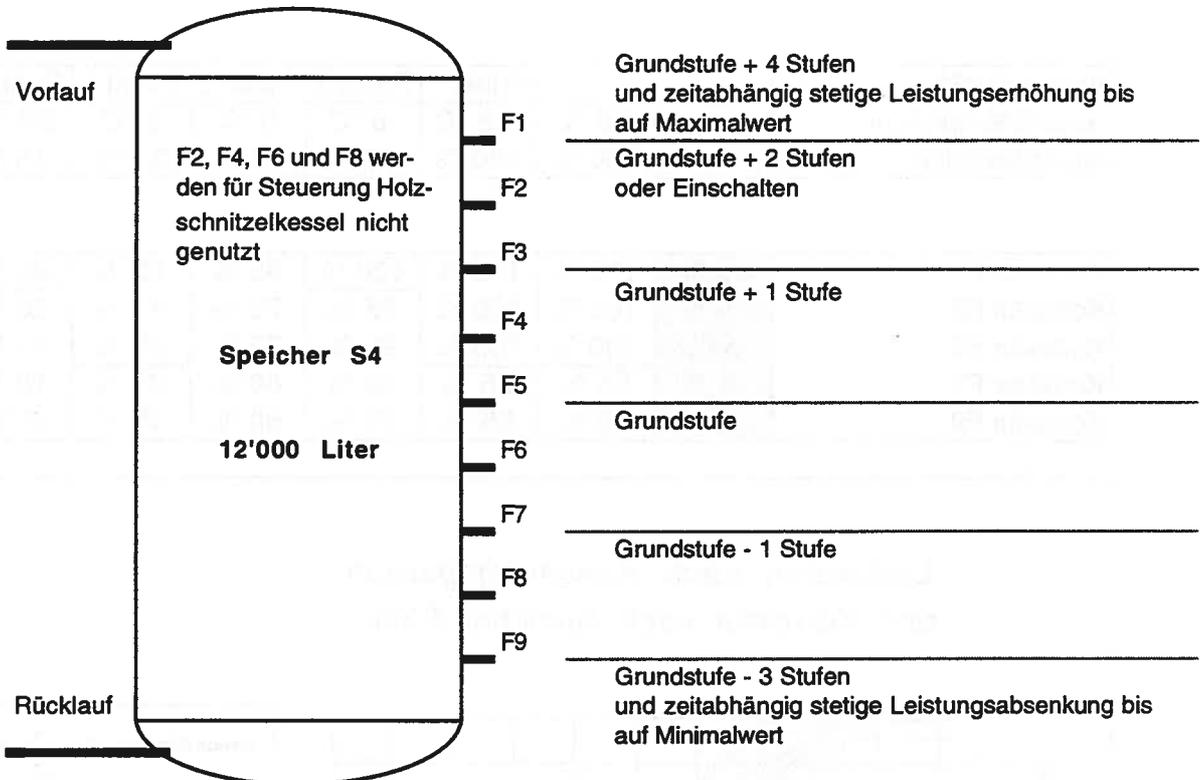
Die gedämpfte Aussentemperatur wird mit dem Fühler G1 gemessen. Über eine Heizkurve wird anhand der gedämpften Aussentemperatur die Leistungsstufe für die Holzsnitzelfeuerung, die sogenannten Grundstufe, bestimmt. Sie entspricht dem durchschnittlich erwarteten Wärmebedarf. Auf dieser Stufe läuft die Feuerung, wenn Fühler F1, F3 und F5 "warm" und Fühler F7 und F9 "kalt" melden.

Wird der Speicher entladen, signalisiert Fühler F5 mit der Zeit "kalt". Dann wird die Kesselleistung um eine Laststufe erhöht. Wenn Fühler F5 wieder "warm" meldet, wird wieder eine Stufe zurückgeschaltet. Bei Fühler F1 und F3 geschieht das selbe. Fühler F7 und F9 wirken im umgekehrten Sinne, siehe auch Prinzipskizze Speicher S4.

Wenn alle Fühler "kalt" melden und die Holzsnitzelfeuerung eingeschaltet ist, setzt eine Zeitprogramm ein. Wenn nach (...) Minuten Fühler F1 immer noch kalt hat, wird in die nächste Laststufe geschaltet. Dieses Zeitprogramm läuft bis Fühler F1 wieder "warm" hat. Wenn alle Fühler "warm" haben geschieht das selbe im umgekehrten Sinne.

20.5.99 Die Holzsnitzelfeuerung wird auf der vorgegebenen Leistungsstufe ausgeschaltet, wenn bei einer Aussentemperatur von
> 8°C der Fühler F5 im Speicher S4 "warm" meldet.
< 8°C der Fühler F9 im Speicher S4 "warm" meldet.
Die Minimalleistung der Holzsnitzelfeuerung ist auf 30% begrenzt.

Prinzipskizze Speicher S4

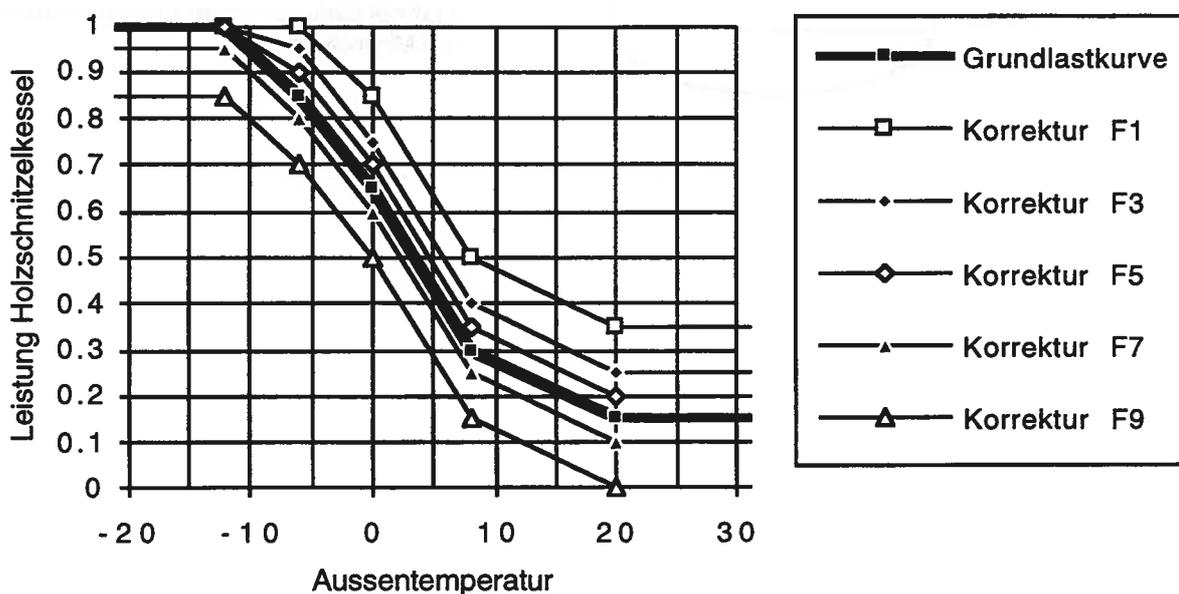


Heizkurve Leistungsregelung Holzschnitzelkessel Q1

| Kurvenpunkt | | | Punkt 1 | Punkt 2 | Punkt 3 | Punkt 4 | Punkt 5 | |
|------------------|--|--------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Aussentemperatur | | -30 °C | -12 °C | -6 °C | 0 °C | 8 °C | 20 °C | 50 °C |
| Grundlastkurve | | 100 % | 100 % | 85 % | 65 % | 30 % | 15 % | 15 % |

| | | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| Korrektur F1 | 20 % | 100 % | 100 % | 100 % | 85 % | 50 % | 35 % | 35 % |
| Korrektur F3 | 10 % | 100 % | 100 % | 95 % | 75 % | 40 % | 25 % | 25 % |
| Korrektur F5 | 5 % | 100 % | 100 % | 90 % | 70 % | 35 % | 20 % | 20 % |
| Korrektur F7 | -5 % | 95 % | 95 % | 80 % | 60 % | 25 % | 10 % | 10 % |
| Korrektur F9 | -15 % | 85 % | 85 % | 70 % | 50 % | 15 % | 0 % | 0 % |

Laststufen nach Aussentemperatur
und Korrektur nach Speicher Fühler



5. Wassererwärmeranlage / Zirkulation

Die Wassererwärmeranlage besteht hauptsächlich aus zwei 2'000 Liter Speicher S1 und S2 und einem Plattenwärmetauscher WT 3.

Das Brauchwarmwasser wird im Speicher S1 vorgewärmt, indem verschiedene Abwärmen genutzt werden. In zwei Registern wird die Abwärme der beiden Kälteanlagen, in einem dritten Register wird die Wärme aus dem Abwasser des Geschirrspülers genutzt. Das letzte Register wird eventuell den Eigenschaften des Geschirrspülers angepasst und durch ein geeigneteres ersetzt. An diesem Anlagenteil wird regeltechnisch nicht eingegriffen. Erfahrungsgemäss wird das Wasser auf ca. 35 °C vorgewärmt.

Im Plattenwärmetauscher WT3 wird das vorgewärmte Warmwasser mit Heizungswasser auf die Soll-Temperatur erwärmt und in den Speicher S2 eingebracht oder direkt verbraucht. Die Ladezeiten werden mit einer Schaltuhr gesteuert.

Primärseitig wird das Heizungswasser mit der Umwälzpumpe P4 durch den Plattenwärmetauscher WT3 gefördert. Der Durchfluss wird mit einem Strangventil einreguliert. Mit dem Dreiwegventil B4 wird durch Beimischen von kaltem Rücklaufwasser die Vorlauftemperatur (Fühler F20) zum Plattenwärmetauscher WT3 auf Soll-Temperatur geregelt.

Sekundärseitig ist die Warmwasser-Vorlauftemperatur nach dem Plattenwärmetauscher WT3 mit einem Dreiwegventil B5 geregelt. Das Ventil B5 lässt nur soviel Heizungswasser aus dem Pumpenkreislauf P5 zum Plattenwärmetauscher WT3 strömen, dass die geforderte Warmwasser-Vorlauftemperatur (F21) erreicht wird. Wenn die Regelung mit Ventil B5 und Fühler F21 in Betrieb ist, darf das Ventil B5 nie ganz geschlossen sein. Diese minimale Ventilstellung muss justierbar sein.

Da der Volumenstrom sekundärseitig variabel ist, kann im Plattenwärmetauscher WT3 laminare Strömung auftreten. Kalkablagerungen sind unter diesem Umstand eher zu erwarten als bei turbulenter Strömung. Um dies zu verhindern, soll die Vorlauftemperatur primärseitig (Fühler F20) höchstens 60 °C betragen. Damit kann sekundärseitig eine Warmwassertemperatur von 55 °C (Fühler F21) erreicht werden.

Mit einem Handschalter werden die Betriebsarten "ein", "aus" und "Automatik" gewählt.

Betriebsart "ein"

Betriebsart "ein" startet den Ladevorgang unabhängig von der Schaltuhr und vom Ladezustand. Die Ladung wird abgebrochen, wenn der Fühler F23 den Sollwert erreicht hat.

Betriebsart "aus"

Die Betriebsart "aus" ist der Speicher S2 unabhängig vom Ladezustand bei F22 und F23 immer ausgeschaltet. Eine Ladung des Speichers S2 wird erst wieder möglich, wenn auf die Betriebsart "ein" oder "Automatik" eingestellt wird.

Betriebsart "Automatik"

In der wird der Ladevorgang bei Bedarf durch die Fühler F22 und F23 freigeben oder gesperrt.

Der Ladevorgang wird gestartet, wenn der Fühler F22 den Soll-Wert unterschritten hat. Die Pumpe B4 wird eingeschaltet und die Vorlaufregelung mit Ventil B4 und Fühler F20 wird in Betrieb genommen. Sobald primärseitig der Sollwert erreicht ist, wird die Sekundärpumpe P5 eingeschaltet und die Warmwasserregelung bestehend aus Ventil B5 und Fühler F21 wird gestartet.

Der Ladevorgang wird abgebrochen, wenn der Fühler F23 die Soll-Temperatur erreicht hat. Dann Ventil B4 wird geschlossen und Pumpe P4 ausgeschaltet. Die Pumpe P5 läuft weiter und das Ventil B5 regelt die Vorlauftemperatur (Fühler F21) bis der Soll-Wert nicht mehr erreicht wird. Dann wird das Ventil B5 ganz geschlossen und die Pumpe P5 wird ausgeschaltet.

Zirkulation

Der Zirkulationsrücklauf wird unten im zweiten 2'000 Liter Speicher S2 eingespiesen. Die Rücklauftemperatur beträgt ca. 40 °C, ähnlich der Temperatur nach dem Speicher S1. Die Zirkulationspumpe P6 wird mit einem Taktgeber (ein/aus) und einer Zeitschaltuhr gesteuert.

6. Wassererwärmer Geschirrspüler

Der Wassererwärmer S3 für den Geschirrspüler ist mit einem Glattrohrregister ausgerüstet.

Das Heizungswasser wird mit der Umwälzpumpe P7 in einem Durchgang ungerregelt durch das Glattrohrregister gefördert. Der Durchfluss wird mit einem Strangventil einreguliert. Die Ladezeiten können mit einer Schaltuhr gesteuert werden.

Mit einem Handschalter werden die Betriebsarten "ein", "aus" und "Automatik" gewählt.

Betriebsart "ein"

Betriebsart "ein" startet den Ladevorgang unabhängig vom Ladezustand bei F25. Der Ladevorgang wird abgebrochen, wenn der Fühler F25 den Sollwert erreicht hat.

Betriebsart "aus"

Die Betriebsart "aus" ist der Wassererwärmer S3 unabhängig vom Ladezustand bei F24 und F25 immer ausgeschaltet. Eine Ladung wird erst wieder möglich, wenn auf die Betriebsart "ein" oder "Automatik" eingestellt wird.

Betriebsart "Automatik"

In der Betriebsart "Automatik" wird der Ladevorgang bei Bedarf durch den Fühler F25 freigegeben oder gesperrt. Mit einer Schaltuhr können die Ladezeiten eingeschränkt werden.

Der Ladevorgang wird gestartet, wenn der Fühler F25 den Soll-Wert unterschritten hat. Das Ventil B6 wird geöffnet und die Pumpe P7 wird eingeschaltet.

Der Ladevorgang wird abgebrochen, sobald Fühler F25 die Solltemperatur (Schaltdifferenz) erreicht hat. Die Pumpe P7 wird ausgeschaltet und das Ventil B6 wird geschlossen.

7. Heizwärmebezüger V1 / Lüftungsanlage V2

Die verschiedenen Wärmebezüger werden sowohl hydraulisch wie regeltechnisch nicht verändert. Die bestehenden Heizgruppenregler bleiben im bestehenden Schaltschrank eingebaut.

8. Expansionsanlage E1

Die Expansionsanlage wird mit Spannung versorgt und abgesichert. Die Expansionsanlage ist mit einer eigenen, intern Steuerung ausgerüstet. Ein Sammelalarm wird an die übergeordneten Steuerung ausgegeben.

9. Silobelüftung

Eine Silobelüftung ist nicht erforderlich.

10. Brandschutzeinrichtungen

Der Heizraum wird mit der bestehenden Brandmeldeanlage der gesamten Hotelanlage überwacht. Von dieser Anlage wird der Brandalarm an die übergeordnete Steuerung ausgegeben. Die übergeordnete Steuerung schaltet dann alle in diesem Moment von ihr gesteuerten Anlagenteile aus.

11. Datenaufzeichnung

Die Anlage soll nach der Inbetriebnahme anhand der Betriebswerte optimiert werden. Die Optimierungsphase dauert ein Jahr ab der Inbetriebnahme. Es werden während zehn über das Jahr ausgewählte Wochen die folgenden Daten aufgezeichnet.

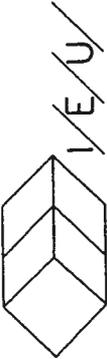
- Allgemein
 - Temperaturfühler F1, F3, F5, F7, F9, F10, F11, F13, F14, F15, F16, F20, F21, F22, F23, F25
 - Aktuelle Zeit und Datum
- Sonnenkollektoranlage
 - gedämpfte Aussentemperatur G1
 - Strahlungsmesser SM1
- Holzsnitzelfeuerung
 - Vorgegebene Betriebsart So, ÜZ, Wi, aus
 - Vorgegebene Laststufe für Holzsnitzelfeuerung
 - aktuelle Laststufe von Holzsnitzelfeuerung

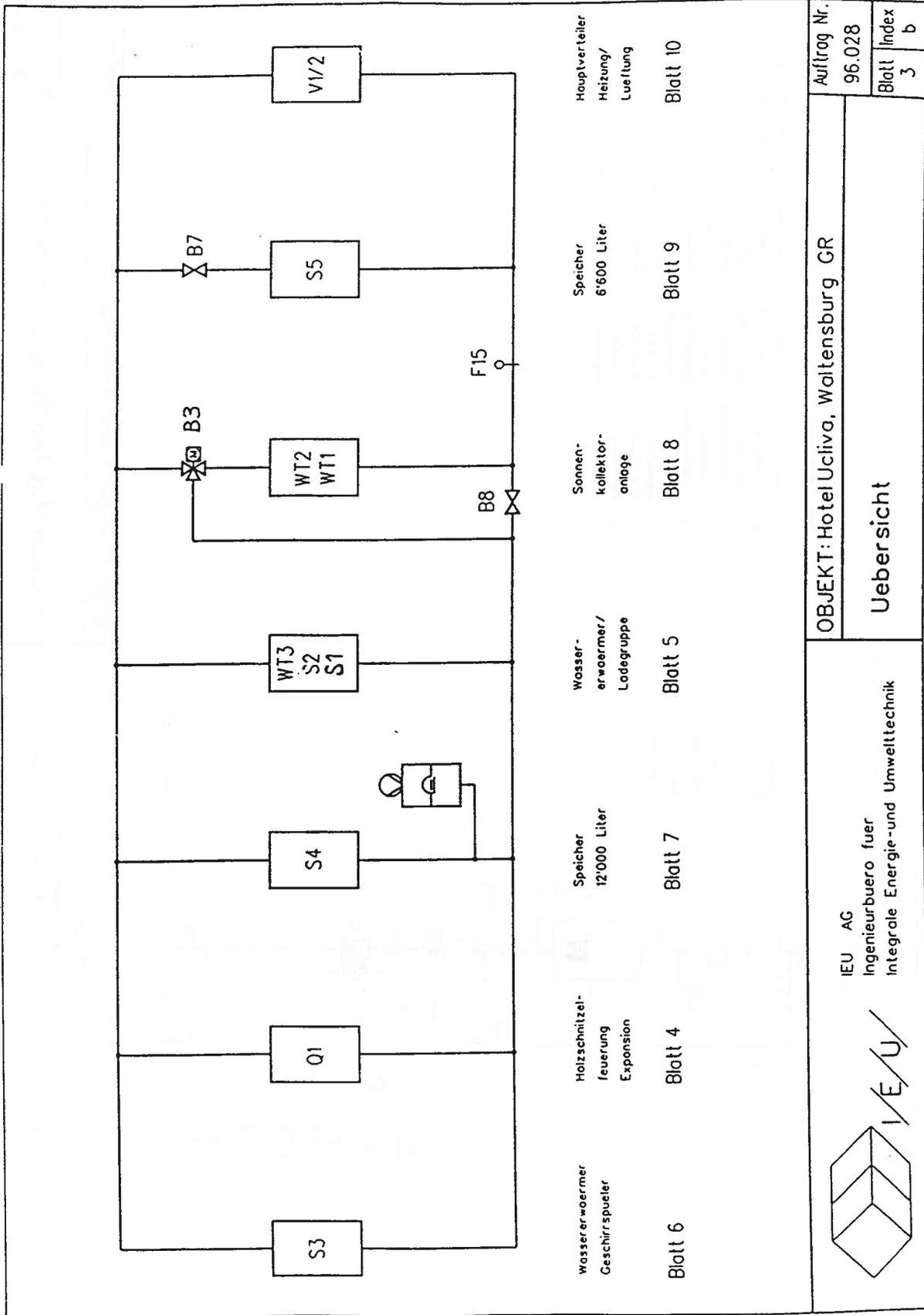
Die Zeitabstände der Messwertaufnahme sind einstellbar zwischen 1 - 30 Minuten.

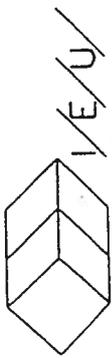
Anhang D

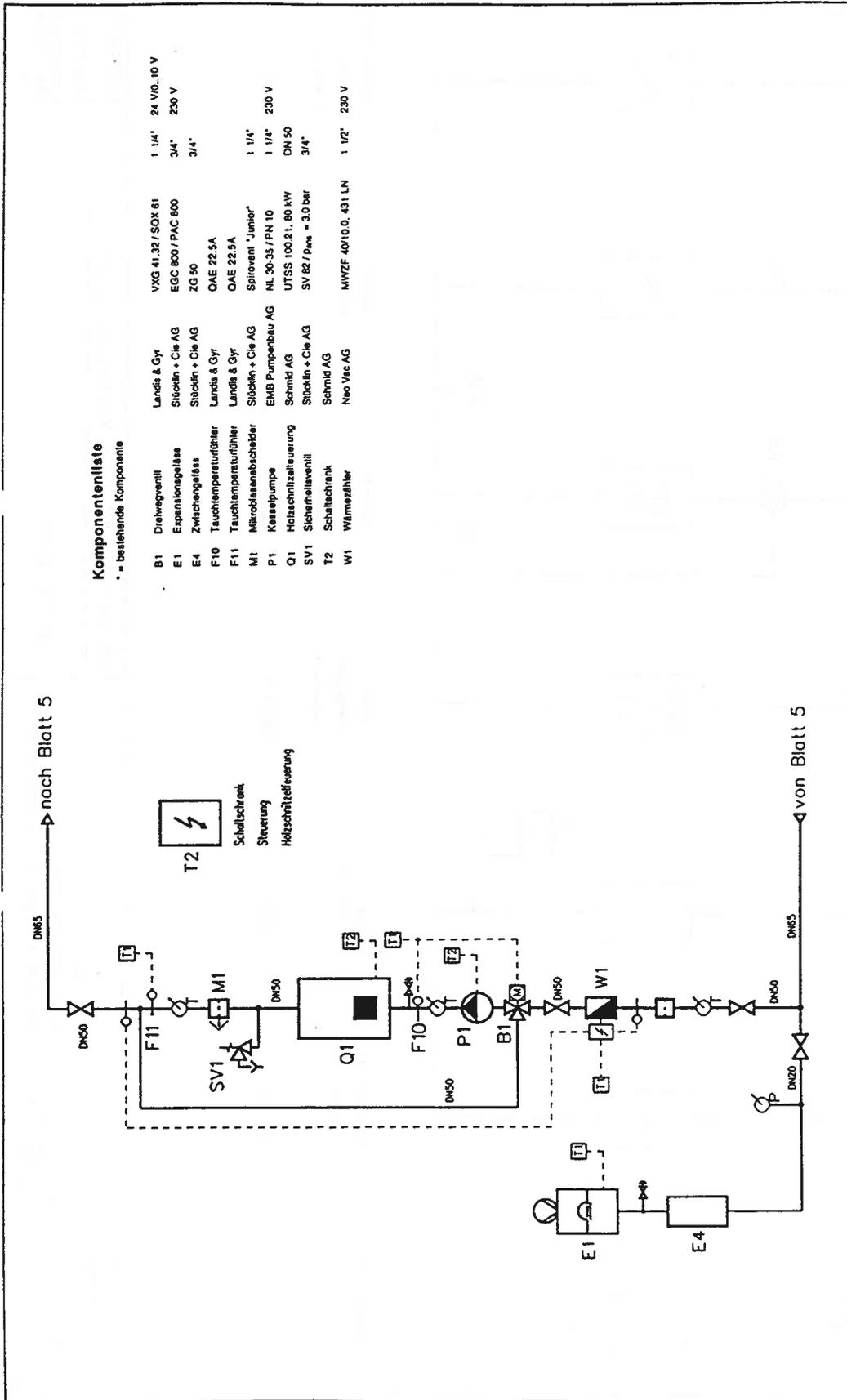
Hydraulikschema 96.028/10 b

| Blatt Benennung | | Auftrag Nr.
96.028 | |
|-----------------|--|---|--|
| Nr. | | Blatt Index
2 b | |
| 1 | Titelblatt Hotel Ucliva, Waltensberg GR | OBJEKT: Hotel Ucliva, Waltensberg GR

Inhaltsverzeichnis | |
| 2 | Inhaltsverzeichnis | | |
| 3 | Uebersicht | | |
| 4 | Holzsnitzelfeuerung/Expansionsanlage | | |
| 5 | Wassererwarmer S2 mit Ladegruppe/Zirkulation | | |
| 6 | Wassererwarmer S1/Wassererwarmer Geschirrspueler | | |
| 7 | Speicher S4/12000 Liter | | |
| 8 | Sonnenkollektoranlage | | |
| 9 | Speicher S5/6600 Liter | | |
| 10 | Hauptverteilung Heizung V1/Lueftung V2 | | |
| | | IEU AG
Ingenieurbuero fuer
Integrale Energie-und Umwelttechnik | |
| | |  | |



| | | | |
|---|--------------------------------------|--|-----------------------|
| 
IEU AG
Ingenieurbuero fuer
Integrale Energie-und Umwelttechnik | OBJEKT: Hotel Ucliva, Waltersburg CR | | Auftrag Nr.
96.028 |
| | Uebersicht | | Blatt Index
3 b |



Komponentenliste

* = bestehende Komponente

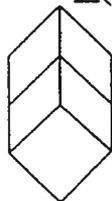
| | | | | | |
|-----|-----------------------|-------------------|------------------------------------|--------|---------------|
| B1 | Drehventil | Landis & Gyr | VXG 41.32 / SOX 61 | 1 1/4" | 24 V/0...10 V |
| E1 | Expansionsgefäß | Stöcklin + Cie AG | EGC 800 / PAC 800 | 3/4" | 230 V |
| E4 | Zwischengefäß | Stöcklin + Cie AG | ZG 50 | 3/4" | |
| F10 | Tauchtemperaturfühler | Landis & Gyr | OAE 22.5A | | |
| F11 | Tauchtemperaturfühler | Landis & Gyr | OAE 22.5A | | |
| M1 | Mikroblassenscheider | Stöcklin + Cie AG | Spirorem "Junior" | 1 1/4" | 230 V |
| P1 | Kesselpumpe | EMB Pumpenbau AG | NL 30-35 / PN 10 | 1 1/4" | DN 50 |
| Q1 | Holzschnitzfeuerungs | Schmid AG | UTSS 100.21, 80 kW | | |
| SV1 | Sicherheitsventil | Stöcklin + Cie AG | SV 82 / P _{max} = 3.0 bar | 3/4" | |
| T2 | Schalttechnik | Schmid AG | | | |
| W1 | Wärmezähler | Neo Vec AG | MWZF 40/10.0, 431 LN | 1 1/2" | 230 V |

OBJEKT: Hotel Ucliva Waltenburg GR

Holzschnitzfeuerungs/Expansionsanlage

Auftrag Nr. 96.028

Blatt Index 4 b



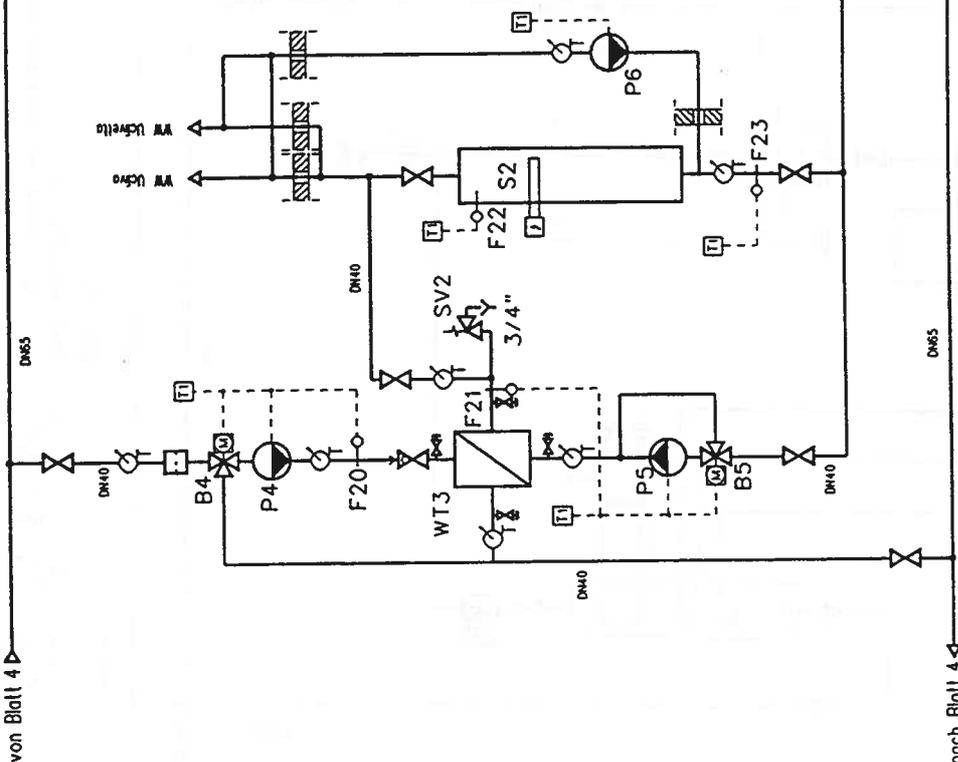
IEU AG
Ingenieurbüro fuer
Integrierte Energie-und Umwelttechnik

nach Blatt 5

von Blatt 5

von Blatt 4

nach Blatt 6



Komponentenliste

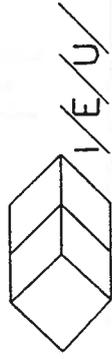
* = bestehende Komponente

| | | | | | |
|-----|-----------------------|--------------------|---------------------------|--------|--------------|
| B4 | Drehventil | Landis & Gyr | VXG 41.25 / SQX 61 | 1" | 24 V/0..10 V |
| B5 | Drehventil | Landis & Gyr | VXG 41.25 / SQX 61 | 1" | 24 V/0..10 V |
| F20 | Teuchtemperaturfühler | Landis & Gyr | QAE 22.5A | | |
| F21 | Anlegtemperaturfühler | Landis & Gyr | QAD 21 | | |
| F22 | Käbeltemperaturfühler | Landis & Gyr | QAP 21.3 | | |
| F23 | Anlegtemperaturfühler | Landis & Gyr | QAD 22 | | |
| P4 | Umwältpumpe | EMB Pumpenbau AG | NL 30-18 / PN 10 | 1 1/4" | 230 V |
| P5 | Umwältpumpe | EMB Pumpenbau AG | NSW 25-20 / PN 10 | 1 1/4" | 230 V |
| P6 | Umwältpumpe | EMB Pumpenbau AG | NSW 25-30 / PN 10 | 1" | 230 V |
| S2 | Speicher | Indap AG | 2000 Liter / El. Register | | 2 x 0.8 kW |
| SV2 | Sicherheitsventil | Fabrikat unbekannt | | 3/4" | |
| WT3 | Plattenwärmetauscher | Runtal Kälton AG | V15.21-1-1-CH / 50 kW | 2" | |

nach Blatt 4

von Blatt 6

von Blatt 6



IEU AG
Ingenieurbuero fuer
Integrale Energie-und Umwelttechnik

OBJEKT: Hotel Ucliva, Waltersburg GR

Wassererwarmer S2 mit
Ladegruppe/Zirkulation

Auftrag Nr.

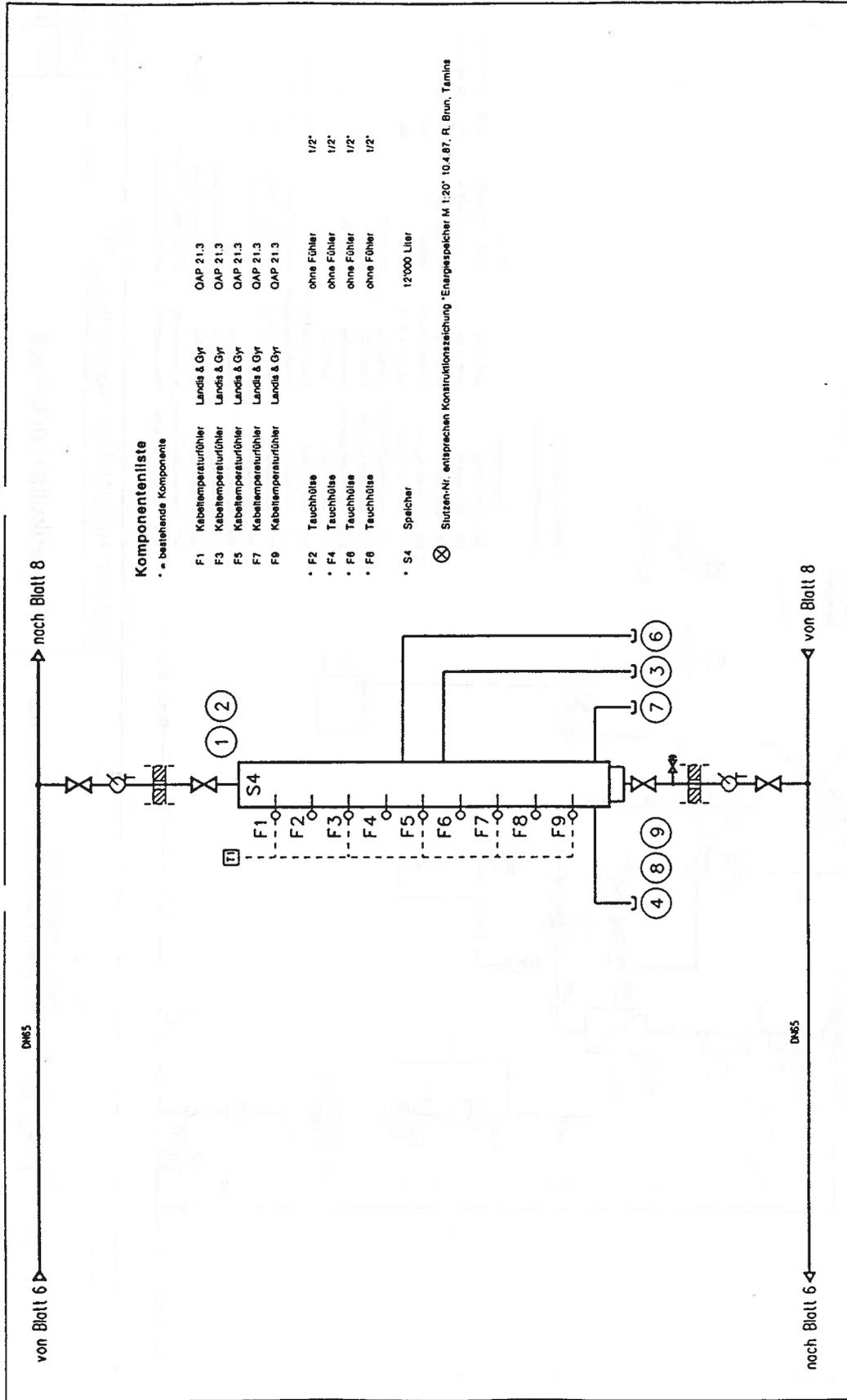
96.028

Blatt

5

Index

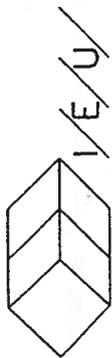
b



Komponentenliste
 * = bestehende Komponente

| | | | | |
|------|-----------------------|-------------|--------------|------|
| F1 | Kabeltemperaturfühler | Lands & Gyr | OAP 21.3 | 1/2" |
| F3 | Kabeltemperaturfühler | Lands & Gyr | OAP 21.3 | 1/2" |
| F5 | Kabeltemperaturfühler | Lands & Gyr | OAP 21.3 | 1/2" |
| F7 | Kabeltemperaturfühler | Lands & Gyr | OAP 21.3 | 1/2" |
| F9 | Kabeltemperaturfühler | Lands & Gyr | OAP 21.3 | 1/2" |
| * F2 | Tauchhölzer | | ohne Fühler | 1/2" |
| * F4 | Tauchhölzer | | ohne Fühler | 1/2" |
| * F6 | Tauchhölzer | | ohne Fühler | 1/2" |
| * F8 | Tauchhölzer | | ohne Fühler | 1/2" |
| * S4 | Speicher | | 12'000 Liter | |

⊗ Stutzen-Nr. entsprechen Konstruktionszeichnung "Energiespeicher M 1:20" 10.4.87, R. Brun, Tamina

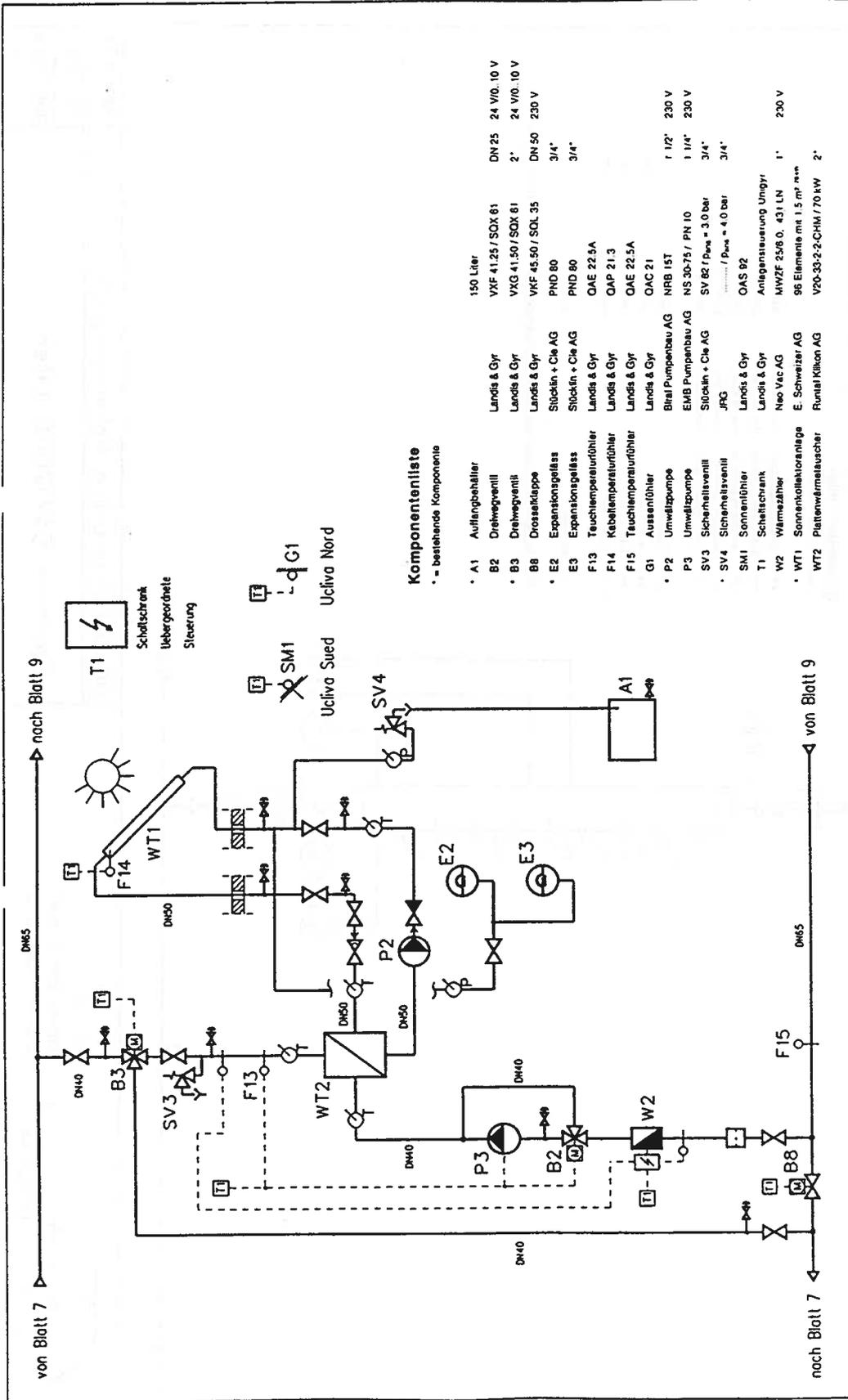


I/E/U
 Ingenieurbüro fuer
 Integrale Energie- und Umwelttechnik

OBJEKT: Hotel Ucliva, Waltersburg GR

Speicher S4/12000 Liter

| | |
|--------------------|--------------------|
| Auftrag Nr. | 96.028 |
| Blatt Index | Blatt 7
Index b |



Komponentenliste
 * = bestehende Komponente

| | | | |
|-----|-----------------------|---|------------------|
| A1 | Auffangbehälter | 150 Liter | |
| B2 | Drehventil | VXF 41.25 / SOX 61 | DN 25 24 V0.10 V |
| B3 | Drehventil | VKG 41.50 / SOX 61 | 2" 24 V0.10 V |
| B8 | Drosselklappe | VKF 45.50 / SOL 35 | DN 50 230 V |
| E2 | Expansionsgefäß | PND 80 | 3/4" |
| E3 | Expansionsgefäß | PND 80 | 3/4" |
| F13 | Temperaturfühler | OAE 22.5A | |
| F14 | Kabeltemperaturfühler | OAP 21.3 | |
| F15 | Temperaturfühler | OAE 22.5A | |
| G1 | Außenfühler | OAC 21 | |
| P2 | Umwälzpumpe | NRB 15T | 1 1/2" 230 V |
| P3 | Umwälzpumpe | NS 30-75 / PN 10 | 1 1/4" 230 V |
| SV3 | Sicherheitsventil | SV B2 r _{max} = 3.0 bar | 3/4" |
| SV4 | Sicherheitsventil | JRG / P _{max} = 4.0 bar | 3/4" |
| SM1 | Sonnenfühler | OAS B2 | |
| T1 | Schaltkasten | Anlagensteuerung Ungyr | |
| W2 | Wärmezähler | MWZF 256.0. 431 LN | 1" 230 V |
| WT1 | Sonnenkollektoranlage | 96 Elemente mit 1.5 m ² m ² | |
| WT2 | Plattenwärmetauscher | V20-30-2-2-CHM / 70 kW | 2" |

IEU AG
 Ingenieurbüro fuer
 Integrale Energie-und Umwelttechnik

OBJEKT: Hotel Ucliva, Waltersburg GR

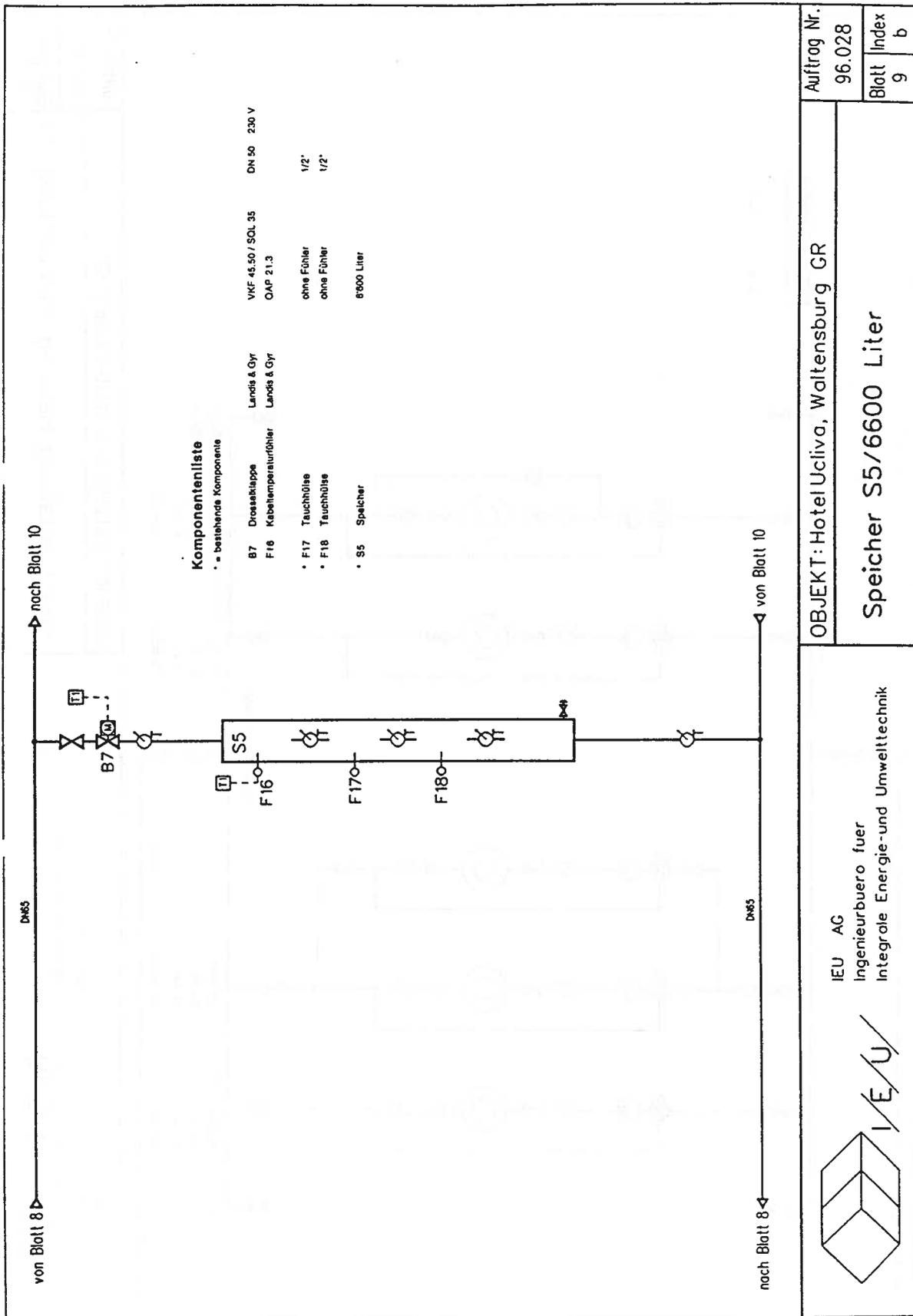
Sonnenkollektoranlage

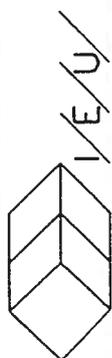
von Blatt 7

nach Blatt 9

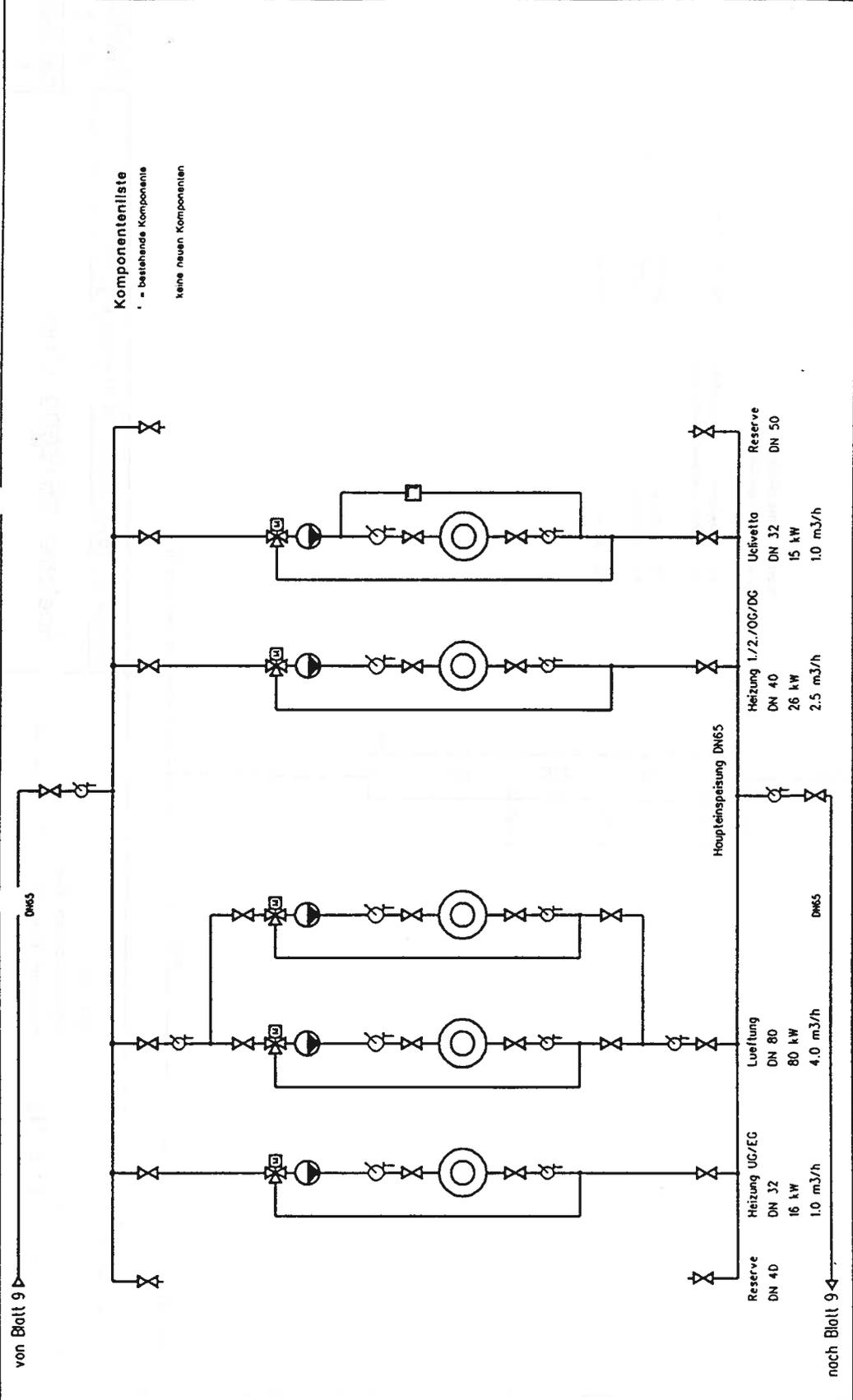
Auftrag Nr. 96.028

Blatt Index 8 b



| | | |
|---|--|--|
|  | IEU AG
Ingenieurbüro fuer
Integrale Energie-und Umwelttechnik | OBJEKT: Hotel Ucliva, Waltersburg GR

Speicher S5/6600 Liter |
| Auftrag Nr.
96.028 | | Blatt Index
9 b |



Komponentenliste
 * = bestehende Komponente
 keine neuen Komponenten

von Blatt 9

nach Blatt 9

| | | | |
|--|--|------------------------------|-------------------|
| OBJEKT: Hotel Ucliva, Waltersburg GR
Hauptverteilung Heizung V1/Lueftung V2 | | Auftrag Nr.
96.028 | |
| | | Blatt
10 | Index
b |
| IEU AG
Ingenieurbuero fuer
Integrale Energie- und Umwelttechnik | | | |
| | | | |

Anhang E

Technische Daten Nov. 1996

1.5 Technische Daten

Bedarfszahlen pro Jahr

| | | | |
|------------------------|------------|--------|----------------------|
| • Wärmebedarf | Warmwasser | Sommer | 18'000 kWh/a |
| | | Winter | <u>37'000 kWh/a</u> |
| | | Total | 55'000 kWh/a |
| • Wärmeleistungsbedarf | Raumwärme | Winter | <u>101'000 kWh/a</u> |
| | | Total | 180'000 kWh/a |

ca. 80 kW

Wärmeerzeugung

| | | |
|----------------------|---|---------------------|
| • Wärmebedarf | Holzenergie
Sonnenenergie
Wärmerückgewinnung
Total | 118'000 kWh/a |
| | | 42'000 kWh/a |
| | | <u>20'000 kWh/a</u> |
| | | 180'000 kWh/a |
| Wärmeleistungsbedarf | Sonnenkollektoren
Holzschnitzelkessel | 0 - 70 kW |
| | | <u>80 kW</u> |
| | | 80 - 150 kW |

Schnitzelsilo

| | |
|----------------------|--------------------|
| • Silovolumen brutto | 50 Sm ³ |
| • Silovolumen netto | 40 Sm ³ |

Schnitzelbedarf

| | |
|--|---------------------------|
| • Warmwasser Winter | 20 Sm ³ |
| • Raumheizung | <u>180 Sm³</u> |
| • Total pro Jahr | ca. 200 Sm ³ |
| • Schnitzel bestellen wenn Restinhalt im Silo | 10 Sm ³ |
| • Restinhalt reicht bei Vollast | 4 Tage |
| • Anzahl Füllungen à 30 Sm ³ pro Jahr | 7 Mal |
| • kürzestes Füll-Intervall (Aussentemperatur minus 8 °C) | 12 Tage |

Aschemengen

| | |
|--|------------|
| • Aschemenge pro Jahr | ca. 500 kg |
| • Anzahl volle Aschebehälter à 50 Liter pro Jahr | 10 Stück |
| • kürzestes Ascheentleerungs-Intervall | 10 Tage |

Verwertung der Asche

- gemäss Holzenergie-Bulletin VHe, Nr. 38/Dez. 1995 Dünger in Landwirtschaft

Brennstoffsortiment

- | | | |
|---|-------------------------------------|-------------|
| • <i>Holzsplitzel trocken, fein</i>
(z.B. Sägereiestholz) | Wassergehalt (w) | 20 - 30 % |
| | Abmessungen | 40/20/10 mm |
| | Endstücke mit Ueberlänge < 80 mm | max. 1 % |
| | Fremdanteile | keiner |
| | Feinanteil unter \varnothing 3 mm | max. 5 % |
| • <i>Holzsplitzel feucht, fein</i>
(z.B. Waldhacksplitzel) | Wassergehalt (w) | 30 - 45 % |
| | Abmessungen | 40/20/10 mm |
| | Endstücke mit Ueberlänge < 80 mm | max. 1 % |
| | Fremdanteile | keiner |
| | Feinanteil unter \varnothing 3 mm | max. 5 % |

Anhang F

Messwerttabelle Ausgabe 25.6.97

| Erfassung für | | Energiebilanz | | Funktionskontrolle | Anlage optimieren | Bemerkungen |
|------------------|---------------------------|---------------|----------------|--------------------|-------------------|-------------------------------|
| Erfassungssystem | | von Hand | | Uni-Gyr | Uni-Gyr | |
| | | 1 x pro Woche | 1 x pro Bilanz | 1 x pro Ereignis | 1 x pro Minute | |
| | Datum | x | x | x | x | |
| | Zeit | x | x | x | x | |
| | Schnitzzellieferungen | x | | | | Wirkungsgrad Kessel |
| | Betriebsstunden Q1 > 60 % | x | | | | Betriebsweise Kessel |
| | Betriebsstunden Q1 ≤ 60 % | x | | | | Betriebsweise Kessel |
| | Betriebsstunden Q1 Total | x | | | | Betriebsweise Kessel |
| | Kaltwasseruhr | x | | | | Energieinput WRG |
| | Betriebsstunden El. Reg. | x | | | | Energieinput |
| | Hotelbelegung | x | | | | Hinweis für Wärmebedarf |
| | Betriebsferien | x | | | | Hinweis für Wärmebedarf |
| | Schnitzelanalyse | | x | | | Wirkungsgrad Kessel |
| W1 | Wärmezähler Kessel | x | | | x | Energieinput |
| W2 | Wärmezähler Sonne | x | | | x | Energieinput |
| F23 | Vorwärmung WRG | x | | | x | Energieinput WRG |
| P1 | Kessel | | | x | | Ereignis = ein/aus |
| P2 | Sonnenkollektoren primär | | | x | | Ereignis = ein/aus |
| F22 | Brauchwarmwasser | | | | x | Komfort Hotelgäste |
| SM1 | Strahlungsmesser | | | x | x | Stufenschaltung Pumpe P2 |
| Betr | Betriebsart | | | x | x | Nutzung Sonnenenergie |
| F1 | | | | x | x | Temperatur Speicher S4 |
| F3 | | | | x | x | Temperatur Speicher S4 |
| F5 | | | | x | x | Temperatur Speicher S4 |
| F7 | | | | x | x | Temperatur Speicher S4 |
| F9 | | | | x | x | Temperatur Speicher S4 |
| F14 | | | | x | x | Kollektortemperatur |
| F15 | | | | x | x | Rücklauftemperatur |
| F13 | | | | x | x | Vorlauftemp. Solaranlage sek. |
| F16 | | | | x | x | Temperatur Speicher S5 |
| F25 | | | | | x | Temperatur Speicher S3 |
| F20 | | | | | x | Ladetemperatur S2 primär |
| F21 | | | | | x | Ladetemperatur S2 sekundär |
| Ist_Q1 | | | | | x | Leistung Kessel |
| Soll_Q1 | | | | | x | Leistung Kessel |
| F10 | | | | | x | Rücklauf Kessel |
| F11 | | | | | x | Vorlauf Kessel |