

1993 724.397.32.53 D

**Materialien zu RAVEL**

**Nachweis der  
Wirksamkeit der IGA  
und des Energie-  
managements**

**Einsatz von Optimier-  
programmen in der  
Haustechnik mit IGA  
mit Fallstudie  
Nachtauskühlung**

**Martin Züst  
Jobst Willers**



**Ressort 32:  
Integrale Gebäude-  
automatisierung**

**Bundesamt für Konjunkturfragen**

**Adressen:**

Herausgeber:  
Bundesamt für Konjunkturfragen (Bf K)  
Belpstrasse 53  
3003 Bern  
Tel.: 031/322 21 39  
Fax: 031/372 41 02

Geschäftsstelle: RAVEL  
c/o Amstein+Walthert AG  
Leutschenbachstrasse 45  
8050 Zürich  
Tel.: 01/305 91 11  
Fax: 01/305 92 14

Ressortleiter: Jean-Marc Chuard  
Enerconom AG  
Hochfeldstrasse 34  
3012 Bern  
Tel.: 031/301 97 23  
Fax: 031/302 63 53

Autoren: Martin Züst  
Jobst Willers

Jobst Willers  
Engineering AG  
Quellenstrasse 1  
4310 Rheinfelden  
Tel.: 061/831 17 87  
Fax: 061/831 28 83

Diese Studie gehört zu einer Reihe von Untersuchungen, welche zu Handen des Impulsprogrammes RAVEL von Dritten erarbeitet wurde. Das Bundesamt für Konjunkturfragen und die von ihm eingesetzte Programmleitung geben die vorliegende Studie zur Veröffentlichung frei. Die inhaltliche Verantwortung liegt bei den Autoren und der zuständigen Ressortleitung.

Copyright Bundesamt für Konjunkturfragen 3003 Bern, September 1993  
Auszugsweiser Nachdruck unter Quellenangabe erlaubt. Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern (Best. Nr. 724.397.32.53 D)

**Form. 724.397.32.53 D 09.93 500**

RAVEL - Materialien zu RAVEL

**Adressen:**

Herausgeber: Bundesamt für Konjunkturfragen (BfK)  
Belpstrasse 53  
3003 Bern  
Tel.: 031/322 21 39  
Fax: 031/372 41 02

Geschäftsstelle: RAVEL  
c/o Amstein+Walthert AG  
Leutschenbachstrasse 45  
8050 Zürich  
Tel.: 01/305 91 11  
Fax: 01/305 92 14

Ressortleiter: Jean-Marc Chuard  
Enerconom AG  
Hochfeldstrasse 34  
3012 Bern  
Tel.: 031/301 97 23  
Fax: 031/302 63 53

Autoren: Martin Züst  
Jobst Willers

Jobst Willers  
Engineering AG  
Quellenstrasse 1  
4310 Rheinfelden  
Tel.: 061/831 17 87  
Fax: 061/831 28 83

Diese Studie gehört zu einer Reihe von Untersuchungen, welche zu Handen des Impulsprogrammes RAVEL von Dritten erarbeitet wurde. Das Bundesamt für Konjunkturfragen und die von ihm eingesetzte Programmleitung geben die vorliegende Studie zur Veröffentlichung frei. Die inhaltliche Verantwortung liegt bei den Autoren und der zuständigen Ressortleitung.

Copyright Bundesamt für Konjunkturfragen 3003 Bern, September 1993  
Auszugsweiser Nachdruck unter Quellenangabe erlaubt. Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern (Best. Nr. 724.397.32.53 D)

Form. 724.397.32.53 D 09.93 500

RAVEL - Materialien zu RAVEL

Materialien zu RAVEL

# Nachweis der Wirksamkeit der IGA und des Energie- managementes

Einsatz von Optimierprogrammen in der Haustechnik mit IGA mit Fallstudie Nachtauskühlung

Martin Züst  
Jobst Willers



Impulsprogramm RAVEL  
RAVEL - Materialien zu RAVEL

Bundesamt für Konjunkturfragen

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>DAS WICHTIGSTE IN KÜRZE</b>	<b>5</b>
	Resume des points critiques	7
<b>2.</b>	<b>GRUNDLAGEN UND DEFINITIONEN</b>	<b>9</b>
2.1	Betriebsoptimierung	9
2.2	Optimierungsfunktionen	9
2.3	Begriffe und Definitionen	10
<b>3.</b>	<b>PROJEKTBE SCHRIEB</b>	<b>13</b>
3.1	Ausgangslage	13
3.2	Ziel der Untersuchung	13
3.3	Aufgabenstellung	13
3.4	Projektablauf	14
<b>4.</b>	<b>UNTERSUCHTE OPTIMIERFUNKTIONEN</b>	<b>17</b>
4.1	Einbindung der Funktionen in die IGA	17
4.2	Latentspeicherbewirtschaftung	17
4.3	Kältemaschinen für Tief kühlräume	20
4.4	Nachtauskühlung bei Lüftungsanlagen	23
<b>5.</b>	<b>ERFOLGSKONTROLLE NACHTAUSKÜHLUNG</b>	<b>25</b>
5.1	Allgemeines zur Erfolgskontrolle	25
5.2	Messkonzept	25
5.3	Erkenntnisse aus Messung	26
5.4	Auswertung der einzelnen Messwerte	29
5.5	Energiebilanz der Nachtauskühlung	40
5.6	Freigabe der Nachtauskühlung	42
<b>6.</b>	<b>HINWEISE FÜR OPTIMIERFUNKTIONEN</b>	<b>43</b>
6.1	Allgemeines	43
6.2	Betriebsoptimierung / Optimierungsfunktionen	48
6.3	Einsatz von Optimierungsfunktionen	51
6.4	Checkliste für Beurteilung	53
<b>7.</b>	<b>ANHANG</b>	<b>55</b>
7A	Messkonzept Nachtauskühlung (Auszug)	57
7B	Messprinzipschema L32	66
7C	Messstellenübersicht L32	67
7D	Diverse Messdaten und Graphiken	68
7E	Literaturverzeichnis	72



## 1. DAS WICHTIGSTE IN KÜRZE

Für die Ueberwachung, Steuerung und Regelung von Haustechnikanlagen (HTA) in mittleren und grösseren Gebäuden werden heute vermehrt dezentrale speicherprogrammierbare Steuer- und Regelsysteme mit einer übergeordneten Leitebene eingesetzt. Gleichzeitig, mit der Einführung dieser Systeme, bieten verschiedene MSR-Untemehmer zusätzliche Funktionen für die Optimierung des Energieverbrauches der Anlagen an.

Die Aufgabe dieses Projektes war es, die Einsparpotentiale an elektrischer Energie von realisierten Optimierungsfunktionen messtechnisch zu überprüfen. Die Resultaten dieser Messungen sollen für den Betreiber von haustechnischen Anlagen aufzeigen, ob zusätzliche Funktionen wirtschaftlich sind.

Die Abklärungen bei verschiedenen MSR-Untemehmern ergaben, dass bis heute für die Optimierung des elektrischen Energieverbrauches nur sehr wenige Standardfunktionen im Einsatz sind. Diese Funktionen werden meistens projektspezifisch für die entsprechenden HT-Anlagen entwickelt und können nur selten für weitere Objekte eingesetzt werden.

In der Projektbearbeitung wurden drei Optimierungsfunktionen (Latentspeicherbewirtschaftung, Nachtauskühlung und Einschaltoptimierung von Kältemaschinen) in einem Laborgebäude des Blutspendedienstes in Bern untersucht.

Bei den Vorbereitungsarbeiten für die Erstellung der einzelnen Messkonzepte wurde festgestellt, dass die Funktionen Latentspeicherbewirtschaftung und Einschaltoptimierung für Kältemaschinen kein oder nur ein sehr geringes Einsparpotential aufweisen. Aus diesem Grund wurden die Messungen auf die Funktion Nachtauskühlung beschränkt.

Die Erfolgskontrolle der Optimierungsfunktion Nachtauskühlung ergab:

\* Ein elektrisches Einsparpotential der Funktion konnte während der Messperiode nicht nachgewiesen werden.

\* Die gewählten Freigabekriterien der Nachtauskühlung reichen nicht aus, um die Optimierungsfunktion mit positiver Energiebilanz (Einsparung an elektr. Energie) einzusetzen.

Die gewählte Optimierung für die untersuchte Anlage ist somit nicht sinnvoll, da mit grösster Wahrscheinlichkeit eine negative Gesamtenergiebilanz im Vergleich zum Betrieb ohne die Nachtauskühlung resultiert. Das heisst, der elektrische Energiemehraufwand für die Lüftung der Räume in der Nacht ist grösser als die Einsparungen an Kälteenergie während des Tages.

Die Erwartung, dass aufgrund dieses Projektes die Sparpotentiale der obengenannten Funktionen quantifiziert werden können, konnte infolge einer unvollständigen Planung und der verfrühten Realisierung nicht erfüllt werden.

Die folgenden Schwachstellen bei der Auslegung der einzelnen Funktionen wurden festgestellt:

- \* Anlagebetrieb erfüllt nicht Vorgaben
- \* Fehlende Angaben über Anlageverhalten
- \* Fehlende Angaben über erwartetes Einsparpotential
- \* Überprüfung der Einsparung messtechnisch nicht möglich
- \* Funktion beeinträchtigt Betriebssicherheit der Anlage
- \* Funktion arbeitet nur im Ausnahmefall
- \* Vernetzung der Anlage so gross, dass Gesamtenergiebilanz nicht überprüfbar ist
- \* Standort der Erfassung von Umweltbedingungen falsch gewählt
- \* Freigabekriterien nicht eindeutig definiert

Diese und weitere Punkte müssen bei der Planung einer Optimierungsfunktion überprüft werden, um nicht im Voraus die Optimierung in Frage zu stellen.

Der Schlussbericht hat das Ziel, den Bauherren und Betreibern von haustechnischen Anlagen, die allgemeinen Grundsätze für Optimierungsfunktionen, deren Randbedingungen, Möglichkeiten und Varianten aufzuzeigen. Ebenfalls wird bezweckt, dass die festgestellten Schwachstellen bei weiteren Projekten frühzeitig erkannt und vermieden werden.

Um die Entscheidung, die Auswahl und die Kontrolle von Optimierungsfunktionen zu erleichtern, sind im Bericht die folgenden Hilfsmittel integriert:

- \* Auswahlkriterien (von Anlagen) für die Betriebsoptimierung
- \* Ablauf der Betriebsoptimierung
- \* Aufbau eines Messkonzeptes für die Erfolgskontrolle

Diese Vorschläge und Tips können für alle Arten von Optimierungsfunktionen angewendet werden.

= Der erfolgreiche Einsatz von Optimierungsfunktionen setzt voraus, dass die Anlagen zuvor mit den vorhandenen Steuer- und Regeleinrichtungen bereits optimiert wurden (Betriebsoptimierung).

= Die Klassifizierung der Anlagen, nach der Grösse der möglichen Einsparpotentiale für die Betriebsoptimierung, ist die Voraussetzung, dass der zusätzliche Einsatz von finanziellen und personellen Mitteln für Optimierungsfunktionen sinnvoll eingesetzt wird.

= Das Verhalten und die Abhängigkeiten der involvierten Anlagen müssen im Voraus exakt analysiert und bei der Planung einer Optimierung berücksichtigt werden.

= Der Einsatz von Optimierungsfunktionen darf den Betrieb nicht so komplizieren, dass das neue Verhalten der Anlage für den Betreiber nicht mehr nachvollziehbar ist (keine Black-Box).

## I. Das Wichtigste in Kürze

### RESUME DES POINTS CRITIQUES

Pour la surveillance, commande et régulations des installations techniques dans les bâtiments d'une certaine importance, on applique de nos jours des systèmes de commande et régulation numériques avec des sous-systèmes décentralisés (automates programmables). En même temps, certaines entreprises M.C.R. (mesure, contrôle et régulation) offrent à l'introduction de ces systèmes des fonctions d'optimisation visant à minimiser la consommation énergétique.

L'objectif de ce projet était de tester et de mesurer le potentiel d'économie d'énergie électrique avec des fonctions d'optimisation existantes. Les résultats de ces campagnes de mesures devraient montrer aux exploitants la rentabilité de ces types de fonctions.

Des informations fournies par les entreprises montrent que peu de fonctions standards sont actuellement opérationnelles pour l'optimisation de la consommation électrique. Ces fonctions sont souvent développées spécifiquement pour un projet donné et sont rarement utilisables pour d'autres installations.

Pendant le projet, trois fonctions d'optimisation (gestion énergétique du stockage latent, free-cooling et optimisation on-off (tout ou rien) des machines de froid) sont analysées dans le laboratoire du centre de transfusion à Berne.

Pendant les travaux de préparation des différents concepts de mesures, il a été établi que la fonction de stockage latent et la commande on-off ne génère qu'un faible potentiel d'économie d'énergie. Pour cette raison, seuls seront mesurés les résultats de la fonction free-cooling.

Les résultats de free-cooling sont les suivants:

\* Pendant les mesures aucun potentiel d'économie d'énergie est constaté.

\* Les critères de travail, d'enclenchement et de déclenchement de la fonction d'optimisation ne suffisent pas à obtenir un bilan positif (économie d'énergie électrique).

La fonction d'optimisation utilisée n'est pas adéquate et selon toute probabilité un bilan énergétique négatif serait à attendre, en comparaison avec une exploitation sans freecooling. Cela signifie que la consommation électrique pendant la nuit pour le free-cooling est plus élevée que l'économie en énergie frigorifique pendant la journée.

Dans le cadre de ce projet l'hypothèse d'un potentiel d'économie d'énergie obtenu grâce aux fonctions décrites ci-dessus n'a pu être vérifié. Ceci serait partiellement dû à une planification incomplète et une mise en exploitation prématurée.

Pendant la définition (élaboration) du projet les points critiques suivants ont été mis en évidence:

- \* L'exploitation des installations ne suit pas les consignes données.
- \* Des indications décrivant le comportement dynamique des installations manquent.
- \* Des indications quantifiées sur le potentiel d'économie d'énergie sont absentes.
- \* Il n'est pas possible de contrôler et mesurer avec exactitude l'économie d'énergie.
- \* La disponibilité des installations est négativement affectée par la fonction d'optimisation.
- \* L'algorithme d'optimisation ne fonctionne que sporadiquement.
- \* La complexité des installations ne permet pas d'établir des bilans énergétiques globaux.
- \* Des paramètres extérieures ou d'environnement ne sont pas captés au bon endroit.
- \* Les critères de déverrouillage ne sont pas clairement définis.

Les remarques ci-dessus doivent être prises en compte, afin de ne pas mettre en danger l'optimisation.

Le rapport final s'est fixé comme objectif de montrer aux maîtres d'oeuvre et à l'exploitant les règles générales valables pour les fonctions d'optimisation, ainsi que leurs conditions aux limites, possibilités et variantes possibles. Un autre but est de mettre suffisamment tôt en évidence les autres points faibles d'autres projets dans l'espoir d'éviter problèmes lors de l'exécution.

Pour faciliter les prises de décision, les choix et les contrôles des fonctions d'optimisation, les réflexions suivantes ont été intégrées:

- \* Critères de choix pour l'optimisation.
- \* Déroulement de l'optimisation.
- \* Etablissement de concepts de mesure ou contrôle d'efficacité.

Ces propositions et suggestions suivantes sont générales et s'appliquent à n'importe quel problème d'optimisation.

L'application efficace des fonctions d'optimisation présuppose que les systèmes de régulation et de commande sont déjà optimisés.

Une classification adéquate tenant compte de l'importante économie d'énergie réalisable est une condition sine qua non pour la mise en oeuvre rationnelle des moyens financiers et personnels.

Le comportement dynamique et les Interactions entre les diverses installations doivent au préalable être analysés et doivent être pris en compte lors de la planification d'une optimisation.

L'utilisation des fonctions d'optimisation ne devront pas compliquer l'exploitation de manière à ce que l'exploitant soit en mesure de vérifier la conduite exacte de ses Installations.

## 2. GRUNDLAGEN UND DEFINITIONEN

### 2.1 BETRIEBSOPTIMIERUNG

Seit der Energiediskussion ist der Begriff der Optimierung und des Energiemanagements anzutreffen. Diese Begriffe werden von Planern, Unternehmern und Lieferanten für unterschiedliche Arbeiten und Massnahmen verwendet.

Aus verschiedenen Arbeitsgruppen im Programm Energie 2000 hat sich die folgende Definition der Betriebsoptimierung durchgesetzt:

Mit der Betriebsoptimierung werden alle Handlungen und Massnahmen verstanden, die zum Ziel haben, die haustechnischen Anlagen eines Gebäudes mit einem möglichst geringen Energieverbrauch zur Deckung des ausgewiesenen Energiebedarfes zu betreiben.

Handlungen und Massnahmen umfassen manuelle Funktionen, d. h. Handeingriffe wie Sollwertänderungen oder Schaltfunktionen aber auch automatische Funktionen.

### 2.2 OPTIMIERFUNKTIONEN

Der Begriff Optimierungsfunktion wird für diesen Bericht wie folgt festgelegt:

Optimierungsfunktionen sind alle manuellen und automatischen Massnahmen für zusätzliche Regel- und Steuereinrichtungen, welche nach der Inbetriebsetzung und Abnahme von Anlagen für die Betriebsoptimierung eingesetzt werden.

Die Optimierungsfunktionen umfassen die folgenden Teilgebiete:

- 1) Messung / Beobachtung
- 2) Auswertung
- 3) Massnahmen

Während des Betriebs der Anlagen werden die Energieverbrauchszahlen sowie die Nutzung der Anlage erfasst und protokolliert (1.). Die Messwerte werden mit statistischen Werten verglichen und bewertet (2.). Wird ein Sparpotential festgestellt, werden die notwendigen Änderungen an den Betriebsparametern der Anlage vorgenommen (3.). Die Auswirkung der Massnahme auf den Energieverbrauch wird gemessen und protokolliert (1.). Dieses Muster wird periodisch wiederholt.

Die einzelnen Schritte können vom Betreiber selbst, oder auch automatisiert ausgeführt werden.

Beispiel:

Automatische Energiebilanz pro Monat  
Auswertung der Zahlen durch Betreiber  
Korrektur der Prioritäten der Wärmeerzeuger/Kälteerzeuger  
Auswahl der Erzeuger durch automatische Funktion abhängig vom Energiebedarf.

Der Einsatz von Optimierungsfunktionen ist nicht nur auf Gebäude mit Integraler Gebäudeautomation beschränkt.

## **2.3 BEGRIFFE UND DEFINITIONEN**

In der Energie- und Haustechnik werden für dieselben Funktionen verschiedene Begriffe verwendet. Dies macht es dem Benutzer oder Bauherrn schwer, sich zurechtzufinden. Der Grund liegt darin, dass in der Schweiz keine Norm besteht.

Von SIA und Bundesämtern werden die folgenden Begriffe verwendet:

**IGA** Unter der Integrale Gebäudeautomation (IGA) wird verstanden, dass alle Automatisierungsfunktionen (Erfassen, Messen, Steuern, Regeln, Leiten, Optimieren usw.) aller haustechnischen Anlagen manuell durch den Betreiber und automatisch mit einem System ausgeübt werden können.

**Haustechnik** Haustechnik (HT) und Haustechnische Anlagen (HTA) sind Sammelbegriffe für alle technischen Anlagen der Bereiche Heizung, Lüftung, Kälte, Sanitär, Elektro, Sicherheit usw.

**Führungsebene** Ebene der übergeordneten Betriebsführung für den Betreiber und Benutzer. Meldungen und Daten der Gebäudeautomation werden mit der Aufgabe der Energieverbrauchskontrolle, Ueberprüfung der Dokumentation, Optimierung, Betriebsführung und Statistik ausgewertet.

**Leitebene** Ebene für die direkte automatische und manuelle Führung der haustechnischen Anlagen. Sie umfasst Monitoren, Drucker und andere Ein- und Ausgabegeräte für die Betriebsführung, Ueberwachung, Beeinflussung und Kontrolle der einzelnen Anlagen.

**Kommunikation** Verbindung von der Leitebene zur MSR-Ebene mit Busverbindungen oder zu Subsystemen mit seriellen Verbindungen.

**MSR-Ebene** Steuerung und Regelung der HT-Anlagen in DDC-Technologie mit allen Zähl-, Zeit-, Rechen- und Regelfunktionen. Werden keine MSR-Funktionen realisiert, wird ebenfalls von der Prozessebene gesprochen.

**Subsysteme** Alle Anlagen mit autonomer MSR-Ebene werden als Subsysteme oder Kompaktanlagen bezeichnet. In der Regel werden die Subsysteme mit systeminterner DDC-Technologie ausgerüstet.

**Peripherie** Unter diesem Begriff werden alle Feldgeräte in der Anlage verstanden, die zur Umwandlung der Signale in Prozessgrößen installiert werden.

**MSRL** Messen (M), Steuern (S), Regeln (R), Leiten (L)

## 2. Grundlagen und Definitionen

DDC Direct digital control, Digitale Steuerung und Regelung mit Mikroprozessortechnologie

Die folgenden Begriffe werden im Schlussbericht wie folgt verwendet:

Betreiber Verantwortlicher für den Betrieb und Unterhalt aller haustechnischen Anlagen eines Gebäudes.

Unterstation Autonome Erfassungs-, Steuer- und Regeleinheit der MSREbene.

Standardfunktionen Funktionen, welche für verschiedene Objekte ohne relevante Anpassungen verwendet werden können.

Randbedingungen Randbedingungen sind Voraussetzungen, welche erfüllt werden müssen, damit die Messresultate nicht verfälscht werden (z.B. kein Handbetrieb der Anlage).

Umwelteinflüsse Alle Grössen, welche den Betrieb der Anlagen beeinflussen. Darunter fallen klimatische Bedingungen (Aussenlufttemperatur, Feuchte, Sonneneinstrahlung etc.) und Nutzungsverhalten (Interne Lasten, Belegung der Räume, Arbeitszeit etc.)

Messkonzept Beschreibung über den Aufbau, Ablauf und die Auswertung einer Messkampagne inklusive der erforderlichen Arbeiten und Kosten.



### 3. Projektbeschreibung

## 3. PROJEKTBECHRIEB

Das RAVEL-Untersuchungsprojekt 32.53 "Wirksamkeit der IGA und des Energiemanagements" ist ein Projekt aus dem Ressort 32 "Integrale Gebäudeautomatisierung". Die Erkenntnisse aus dieser Untersuchung werden in den Kurs und das Handbuch des Umsetzungsprojektes 32.04 "Einsatz der Gebäudeautomation (IGA) - Optimierung und Betrieb" integriert.

### 3.1 AUSGANGSLAGE

In der Haustechnikbranche werden vermehrt Integrale Gebäudeautomation-Systeme für mittlere und grössere Gebäude eingesetzt.

Verschiedene Funktionen werden gleichzeitig für die Optimierung des Energieverbrauches der Haustechnikanlagen angeboten. Es ist jedoch sehr schwer, für den Betrieb und Unterhalt von bestehenden Anlagen zu entscheiden, ob und in welchem Umfang der Einsatz dieser Optimierungsfunktionen den Betrieb der Anlagen optimiert und dadurch der Energieverbrauch sowie die Betriebskosten gesenkt werden können.

Aufgrund fehlender Entscheidungskriterien und Kenntnisse über den strukturierten Ablauf, kann meistens das Energiemanagement für die Anlagen, vom Betreiber nur beschränkt überprüft werden.

### 3.2 ZIEL DER UNTERSUCHUNG

Das Ziel dieses Projektes ist es, den Betreibern von Haustechnikanlagen die Wirksamkeit von Optimierungsfunktionen und deren Sparpotentiale aufzuzeigen.

Ebenfalls soll der Bericht die notwendigen Schritte zur Überprüfung der Wirksamkeit dieser Funktionen vermitteln. Mittels dieser Grundlagen können Optimierungsfunktionen vom Betreiber selbst ausgeführt oder durch ihn konkret in Auftrag gegeben werden.

Bei der Fallstudie werden die vorhandenen Möglichkeiten der Leitebene für die Messwerterfassung und Auswertung genutzt und zusätzliche Messstellen nur im Ausnahmefall eingesetzt.

Dem Betreiber sollen, aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse, die Möglichkeiten und Probleme beim Einsatz von Optimierungsfunktionen nähergebracht werden.

### 3.3 AUFGABENSTELLUNG

Die Wirksamkeit von Optimierungsfunktionen für den Betrieb von haustechnischen Anlagen soll mit Hilfe von Messungen untersucht werden. Der elektrische Energieverbrauch wird beim Betrieb der Anlagen ohne Optimierungsfunktion erfasst und mit dem Verbrauch nach der Realisierung der Funktion verglichen (- Erfolgskontrolle).

Zusätzlich soll untersucht werden, ob mit Hilfe von theoretischen Berechnungen die Einsparungen an elektrischer Energie im voraus näherungsweise bestimmt werden können.

## **3.4 PROJEKTABLAUF**

### **3.4.1 AUSWAHL DES UNTERSUCHUNGSOBJEKTES**

Bei der Suche nach Objekten mit Integraler Gebäudeautomation, bei welchen zusätzliche Funktionen für die Optimierung des elektrischen Energieverbrauches bereits realisiert wurden, stellte sich heraus, dass zum heutigen Zeitpunkt in der Schweiz nur sehr wenige Gebäude für eine Untersuchung zur Verfügung stehen.

Weiter wurde festgestellt, dass keine spezielle Standardfunktionen für die Reduktion des elektrischen Energieverbrauches existieren. Die Optimierung wird von den einzelnen Anbietern meist objektspezifisch geplant und sind nur in den Grundgedanken für weitere Objekte anwendbar.

Für das Projekt wurden die haustechnischen Anlagen eines Laborgebäudes des Blutspendedienstes SRK (Schweizerisches Rotes Kreuz) in Bern ausgewählt. Das Gebäude und die Anlagen wurden im Frühling 1992 in Betrieb gesetzt und abgenommen.

### **3.4.2 AUSWAHL DER OPTIMIERFUNKTIONEN**

Die Optimierfunktionen für die HTA des SRK wurden vor der Fertigstellung der betroffenen Anlagen geplant. Die Realisierung der Funktionen sollte kurz nach der Inbetriebsetzung und Abnahme der Anlagen erfolgen.

Die folgenden Funktionen wurden aufgrund der vorliegenden Pflichtenhefte für die messtechnische Untersuchung ausgewählt:

- \* Laufzeitreduktion der Kälteerzeuger in Tief kühlräumen
- \* Optimierung Speicherbewirtschaftung für Latentspeicher
- \* Nachtauskühlung bei Lüftungsanlagen

Die Zielsetzung dieser Funktionen ist, mit einer Reduktion der Betriebszeiten und einer Veränderung der Sollwerte der Anlagen, den Verbrauch an elektrischen Energie zu reduzieren. (Beschreibung der Funktionen siehe Kapitel 4).

### **3.4.3 ANALYSE DER OPTIMIERFUNKTIONEN**

Beim Zusammenstellen der vorhandenen Grundlagen wurde festgestellt, dass bei der Planung

- \* Keine Daten über das Anlageverhalten im Betrieb
- \* Keine Angaben über die zu erwartende Einsparung an Energie
- \* Keine Unterlagen über Abdärungen für die neuen Anlageparameter (Sollwerte, Grenzwerte etc.)

vorhanden waren resp. ausgearbeitet wurden. Die Funktionen wurden aufgrund von Erfahrungswerten aus anderen Objekten festgelegt.

Aufgrund der fehlenden Angaben über das Anlageverhalten und der Tatsache, dass die angestrebten Energieeinsparungen nicht quantifiziert wurden, mussten die Funktionen vor der Ausarbeitung der einzelnen Messkonzepte mit Hilfe der HKL-Planungsunterlagen analysiert werden.

### 3. Projektbeschreibung

Die Resultate der einzelnen Grobanalysen sind im Kapitel 4 beschrieben. Die Erkenntnisse führten dazu, dass das Steuer- und Regelkonzept der Anlagen im Normalbetrieb nochmals überprüft und teilweise angepasst wurde.

Von der Realisierung der Optimierungsfunktion für die Kälteversorgung des Tiefkühlraumes wurde nach Besprechungen mit dem Betreiber und dem Kälteplaner abgesehen.

Die Optimierung des Latentspeichers wurde trotz sehr fraglichem Einsparpotential realisiert, konnte aber aufgrund von Problemen bei der Speicherladung (Speicher kann nicht nach Vorgaben geladen werden) messtechnisch nicht überprüft werden.

#### **3.4.4 AUSARBEITEN DER MESSKONZEPTE**

Aufgrund der Analysen wurde nur für die Optimierungsfunktion Nachtauskühlung ein Messkonzept in Zusammenarbeit mit der Firma Basler & Hofmann erarbeitet.

Die Zielsetzung der Messungen war es, mit möglichst wenigen Messstellen den Energieverbrauch und das Umfeld der Lüftungsanlage zu erfassen. Zur Messwerterfassung wurden die Möglichkeiten der Leitebene ausgenutzt.

Aufgrund der Messresultate wird der Einfluss der Funktion auf den Energieverbrauch der Anlage untersucht. Die Steuer- und Regelstrategien werden bei der Untersuchung nicht gewertet.

#### **3.4.5 MESSUNGEN AN DER ANLAGE**

Die Messungen an der Lüftungsanlage wurden vom 9. August 1992 bis zum 17. September 1992 durchgeführt und aufgrund der tiefen Aussenlufttemperaturen und somit fehlendem Kältebedarf abgebrochen.

Während der Messperiode wurde der Betrieb der Anlage mit und ohne Optimierungsfunktion jeden Tag gewechselt.

#### **3.4.6 GROBANALYSE DER MESSRESULTATE**

Die Messresultate wurden im November 1992 grob ausgewertet. Bei der Analyse der Resultate zeigte sich, dass ein Minderverbrauch an elektrischer Energie während der Messperiode nicht nachgewiesen werden konnte. Eine detaillierte Auswertung der Energieverbrauchszahlen konnte aufgrund stark schwankender Aussenlufttemperaturen und somit fehlender Vergleichstage nicht durchgeführt werden.

Weiter wurde anhand der Kälteverbrauchswerte und der Raumtemperaturen festgestellt, dass die Anlage die Anforderungen an die Raumtemperaturen bei hoher Aussentemperatur mit und ohne Optimierungsfunktion nicht erfüllt. Infolge dieser Erkenntnisse wurde die Regulierung der Anlage anschliessend angepasst.

### **3.4.7 ZIELSETZUNG SCHLUSSBERICHT**

Entsprechend dem Verlauf des Untersuchungsprojektes mussten die Ziele des Schlussberichtes angepasst werden.

Der Schlussbericht informiert über folgende Punkte:

- \* Aufzeigen von Problemen beim Einsatz von Optimierungsfunktionen
- \* Erkenntnisse beim Vorgehen für die Erfolgskontrolle
- \* Einsatz der Leitebene für die Messwerterfassung

Mit dem aufgezeigten Vorgehen bei der Betriebsoptimierung sollen für den Betreiber ähnliche Probleme vermieden werden können.

#### 4. Untersuchte Optimierungsfunktionen

## 4. UNTERSUCHTE OPTIMIERFUNKTIONEN

### 4.1 EINBINDUNG DER FUNKTIONEN IN DIE IGA

Die Optimierungsfunktionen wurden bei diesem Objekt auf einem separaten Energiemanagement-Rechner mit Bildschirm und Tastatur (handelsüblicher PC) für die Überwachung der Funktionen und Handeingriffe realisiert.

Die Eingriffe (Schaltbefehle und Parameterveränderungen) werden über die vorhandene Kommunikationsebene (Bus) an die MSR-Ebene (Unterstation) weitergeleitet.

Für Funktionen, welche nur die Regulierung und Steuerung von Anlagen beeinflussen, die durch dieselbe Unterstation betrieben werden, ist kein zusätzlicher Rechner notwendig. Bei Abhängigkeiten von Anlagen, welche durch verschiedene Unterstationen betrieben werden, erfolgt der Austausch von Meldungen über den Bus und die Funktion wird auf einer dieser Unterstationen implementiert. Allfällige Handeingriffe erfolgen in diesem Fall über die Leitebene.

Der Einsatz eines zusätzlichen Rechners für die Optimierungsfunktionen weist die folgenden Vor- resp. Nachteile auf:

- Vorteile
- \* Zentraler Standort der Optimierung
  - \* Implementation Optimierungsfunktionen ohne Änderung der Software des Leitrechners für die HT-Anlagen
  - \* Entlastung des Leitrechners für die HT-Anlagen
  - \* Anpassungen auf Unterstation nur teilweise notwendig
  - \* Software für Auswertung (z.B. Excel) vorhanden
- Nachteile:
- \* Bei Rechner- oder Busstörungen sind sämtliche Funktionen ausser Betrieb
  - Zusätzliche Kosten für Rechner
  - \* Zusätzlicher Platzbedarf und Installationen

Wichtig bei der Auswahl der Variante ist, dass die Art der Funktionen und der Meldungs-austausch zwischen den Anlagen sowie die Verfügbarkeitsanforderungen vorgängig bekannt sind.

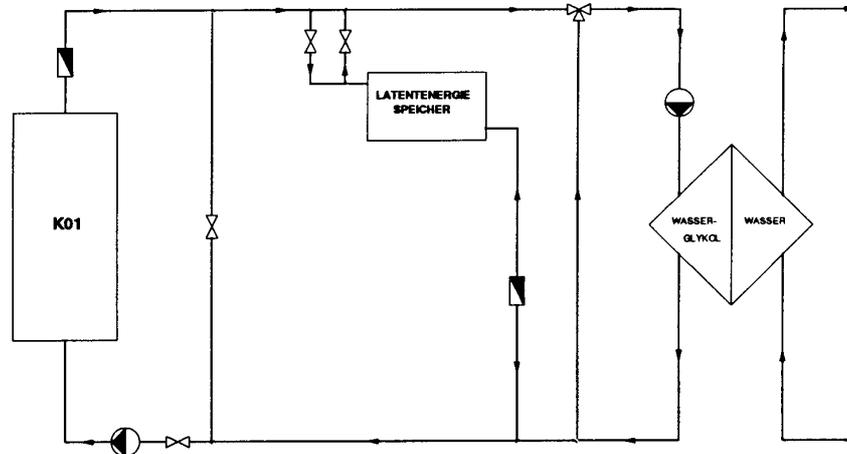
### 4.2 LATENTSPEICHERBEWIRTSCHAFTUNG

#### 4.2.1 ANLAGEBESCHREIBUNG

Die Klimaanlage im Laborgebäude werden von einer Kälteanlage versorgt. Aufgrund der Auflagen für die Grösse der Kältemaschine musste für die Deckung des Kältebedarfes im Hochsommer ein Kältespeicher (Latentspeicher, d.h. Speicherung der Kälteenergie durch Aggregatzustandsänderung des Speichermediums) eingebaut werden.

Die Kälteanlage wird in der Nacht für die Speicherladung mit einer Temperatur von -5°C und -1°C im Vor- resp. Rücklauf betrieben. Während des Tages werden die Temperaturen auf 6°C resp. 12°C angehoben, um den Wirkungsgrad der Kälteerzeugung zu erhöhen.

**Bild 4.1.1/1:  
Prinzipschema  
Kälteanlage**



Der Latentspeicher wird immer während der Niedertarifzeit mit der Kältemaschine voll geladen. Die gespeicherte Kälte wird während des Tages aufgrund der Verbrauchswerte entladen. Die Kältemaschine wird nur ab einem festgelegten Verbrauch während des Tages freigegeben.

#### 4.2.2 BESCHREIBUNG DER OPTIMIERFUNKTION

Mit der Funktion zur Optimierung der Bewirtschaftung des Latentspeichers sollen die Speicherverluste im Latentspeicher während der Uebergangszeit (Kälteverbrauch ist kleiner als der Speicherinhalt) durch eine verbrauchsabhängige Ladung während der Nacht verringert werden.

Die Reduktion der Speicherverluste sollte mit der folgenden zusätzlichen Funktion erreicht werden:

Der Tageskälteverbrauch der Klimaanlage wird erfasst und protokolliert. Unterschreitet der Verbrauch des letzten Tages das Speichervolumen des Latentspeichers wird dieser nur auf den Verbrauchswert des letzten Tages plus 20% Reserve geladen.

Beispiel:	Speichervolumen	1970 kWh
	Tagesverbrauch	1200 kWh
	ergibt eine Speicherladung	$1200 \text{ kWh} \times 1.2 = 1440 \text{ kWh}$

#### 4. Untersuchte Optimierungsfunktionen

Da deshalb die Zeit für die Ladung des Speichers variiert, rechnet die Funktion aufgrund des Zustandes des Speichers und des benötigten Speicherinhaltes den spätest möglichen Einschaltzeitpunkt für die Kältemaschine zur Nachladung aus.

##### 4.2.3 RESULTATE DER ANALYSE

Die Grundlagen-Überprüfung der oben erwähnten Funktion ergab folgende Resultate:

- 1) Die Optimierungsfunktion wurde, ohne das Anlageverhalten genau zu kennen, festgelegt. Eine Größenordnung der eingesparten Speicherverluste und somit die erhofften Einsparungen an elektrischer Energie wurden bei der Planung der Funktion nicht quantifiziert.
- 2) Die Verbrauchszahlen der Klimaanlage und somit das Anlageverhalten war im Sommer 1992 noch nicht bekannt, da die Anlagen erst zu diesem Zeitpunkt in Betrieb genommen wurden.

Aufgrund der Herstellerdaten des Latentspeichers und der Kältemaschine wurde vor der Erstellung des Messkonzeptes die Größenordnung der Speicherverluste theoretisch abgeschätzt. Die Abschätzung ergab durch die sehr kleine Temperaturdifferenz zwischen geladenem und entladene Zustand (im Gegensatz zum Wasserspeicher) eine maximale Reduktion der Speicherverluste pro Tag von:

$$\text{Einsparung/Tag} = \text{Speicherverlust (voll)/Tg} - \text{Speicherverlust (leer)/Tg}$$
  
ca 0.25 % des gesamten Speichervolumens.

Da der Speicher im teilweise geladenen Zustand infolge der Kältespeicherung in Latentkugeln nur eine geringe Schichtung aufweist (abhängig von der Durchflussgeschwindigkeit bei der Entladung), ändern sich die Verluste erst merklich im entladenen Zustand.

Steigt der Kälteverbrauch bei aufeinanderfolgenden Tagen aufgrund grosser Aussenlufttemperaturschwankungen (in der Uebergangszeit sehr wahrscheinlich) mehr als 20 % an, muss die Kälteanlage freigegeben werden, obwohl der Tagesverbrauch mit dem Speichervolumen gedeckt werden könnte. Dieser Tagesbetrieb ist bei der Speicherbewirtschaftung ohne Optimierungsfunktion nicht notwendig.

Die Sicherheit der Kälteversorgung wird bei einer Störung oder Abschaltung der Kälteanlage während des Tages durch die reduzierte Ladung des Speichers vermindert.

Die weitere Analyse für das Messkonzept ergab:

Der exakte Speicherinhalt des Latentspeichers kann mit vertretbarem Aufwand nicht gemessen werden. Mit den vorhandenen Messstellen (Ungenauigkeit bei der Messung Ladung- resp. Entladung des Speichers) können die Speicherverluste nicht erfasst werden.

In Anbetracht dieser Erkenntnisse wurde nach Absprachen in der Ringgruppe des FP 32.53 auf eine messtechnische Untersuchung dieser Funktion abgesehen. Die Messungen konnten ebenfalls aufgrund von Problemen bei der Speicherladung nicht durchgeführt werden.

## 4.2.4 FAZIT FÜR OPTIMIERFUNKTIONEN

Bei der Auslegung von Optimierfunktionen muss darauf geachtet werden, dass

- \* die Erwartungen an die Einsparung im voraus festgelegt und theoretisch abgeschätzt werden.
- \* Sollwerte, die aufgrund von Vortageswerten festgelegt werden, bei der Bewertung der Verfügbarkeit und der Beurteilung der Energieeinsparungen berücksichtigen, dass sich die Nutzungs- und Witterungseinflüsse relevant ändern können.
- \* die Einsparpotentiale messtechnisch mit vertretbarem Aufwand nachgewiesen werden können.

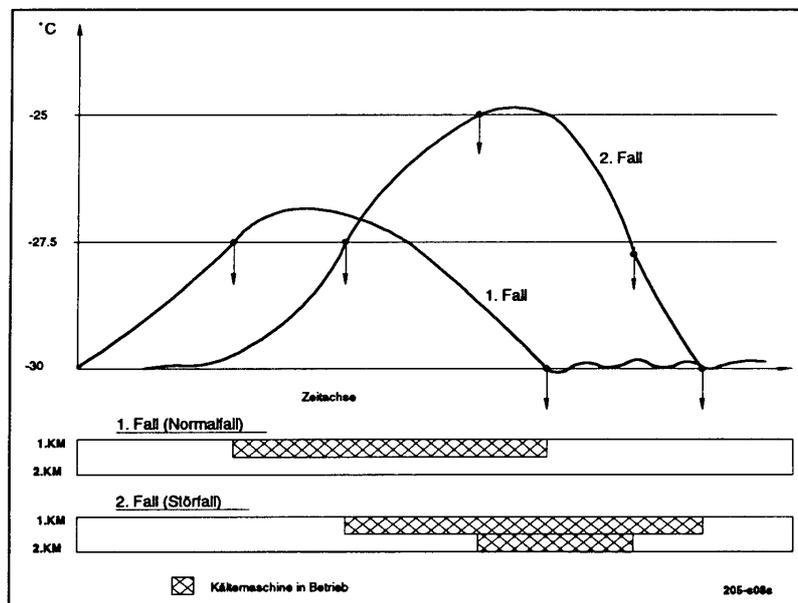
Werden diese Punkte bei der Planung der Funktion nicht berücksichtigt, ist vom Einsatz solcher Funktionen abzuraten.

## 4.3 KÄLTEMASCHINEN FÜR TIEFKÜHLRÄUME

### 4.3.1 ANLAGEBESCHREIBUNG

Für die Kühlung des Tiefkühlraums wurden aus Sicherheitsgründen zwei unabhängige Kälteanlagen mit Ventilatoren am Verdampfer eingebaut, da die Raumtemperatur auch beim Ausfall einer Kälteanlage nicht die vorgeschriebene Tempera-

**Diag. 4.3.1/1:**  
Einschaltpunkte  
der Kälteanlagen



tur von -20 °C überschreiten darf.

Die Ein- resp. Ausschaltungen der beiden Anlagen werden über einen 2-stufigen Raumthermostat gesteuert. Erreicht die Raumtemperatur  $-27.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  wird die erste KM (Auswahl nach Betriebsstunden) eingeschaltet und bei  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  wieder ausgeschaltet. Steigt die Raumtemperatur trotz dem Betrieb der ersten KM über  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  wird die zweite KM ebenfalls zugeschaltet. Diese KM wird nach dem Erreichen von  $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$  wieder abgeschaltet.

Beim Öffnen der Türe zum Raum, schalten die Ventilatoren ab. Die beiden Verdampfer werden 2-mal täglich mit einer Heizung abgetaut.

#### 4.3.2 BESCHREIBUNG DER OPTIMIERFUNKTION

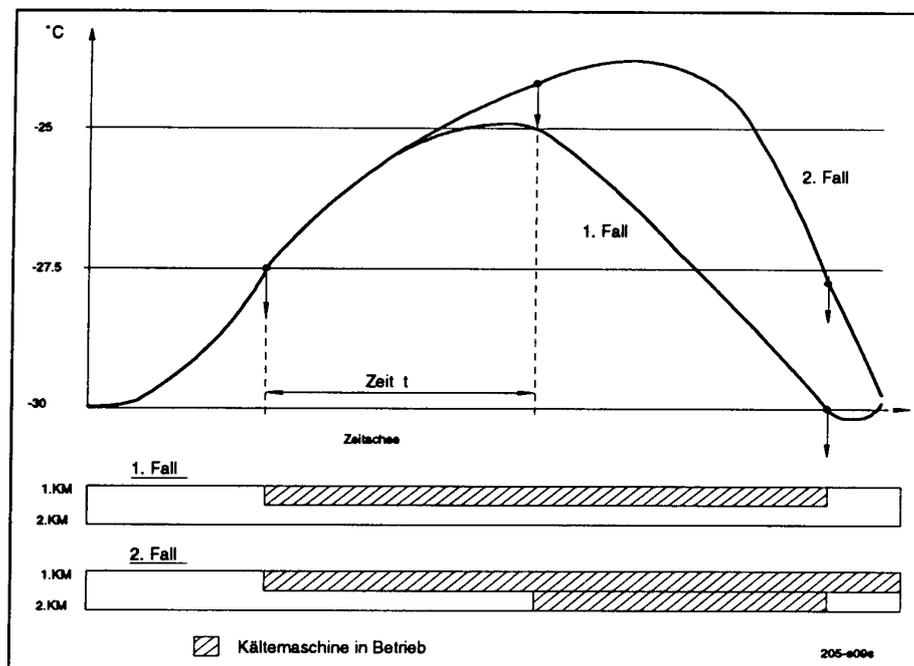
Die Aufgabe der zusätzlichen Steuerungsfunktion ist es, die Zuschaltung der zweiten Kälteanlage zu optimieren, das heisst, die zweite KM nur dann einzuschalten, wenn die erste Kältemaschine nicht ausreicht, den minimal geforderten Sollwert von  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  zu haften.

Dadurch sollen die Ein- und Ausschaltungen der Kälteanlagen minimiert und somit der elektrische Energieverbrauch reduziert werden.

Für diese Optimierung wurde auf einer Unterstation folgende zusätzliche Funktion vorgesehen:

Die Raumtemperatur im Tiefkühlraum wird zusätzlich durch einen Temperaturfühler erfasst und laufend der Temperaturgradient (l. Ableitung der Kurve) gebildet. Im Temperaturbereich zwischen  $-27.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  und  $-25.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  wird mit der Temperaturänderung geprüft, ob die Zuschaltung der zweiten KM beim Ueberschreiten von  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  notwendig wird, um den geforderten minimalen Sollwert nicht zu überschreiten.

**Bild 4.3.2/1:**  
**Einschaltver-**  
**zögerung**



Sinkt die Raumtemperatur innerhalb einer vorgegebenen Zeit nach der Ueberschreitung von  $-27.5^{\circ}\text{C}$  wieder, so wird die 2. KM nicht freigegeben, obwohl die Raumtemperatur  $-25^{\circ}\text{C}$  unterschritten hat, anderenfalls wird sie eingeschaltet.

#### 4.3.3 RESULTATE DER ANALYSE

Die Ueberprüfung der Grundlagen für oben erwähnte Funktion ergab die folgenden Resultate:

- 1) Die Planung der Funktion erfolgte ohne detaillierte Kenntnisse über das Anlageverhalten Die Anzahl der eingesparten Einschaltungen von der zweiten Kältemaschine und die erhofften Einsparungen an elektrischer Energie wurden nicht mit der Auslegung der Funktion abgeschätzt.
- 2) Die Benutzung der Tiefkühlräume (Anzahl Türöffnungen) und somit das Anlageverhalten war im Sommer 1992 noch nicht bekannt, da die Anlagen erst zu diesem Zeitpunkt in Betrieb waren.

Aufgrund der fehlenden Daten über das Anlageverhalten, wurde versucht, die Häufigkeit der Einschaltungen der zweiten KM auf theoretischem Weg zu bestimmen. Diese Analyse ergab die folgenden Erkenntnisse:

- 1) Die Optimierungsfunktion wird mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit bei der normalen Nutzung des Tiefkühlraumes nicht aktiv in die Kältemaschinensteuerung eingreifen. Die einzelnen Kälteanlagen wurden so ausgelegt, dass eine Anlage die Raumtemperatur im geforderten Bereich haften kann.

Steigt die Temperatur im Ausnahmefall trotzdem über  $-25^{\circ}\text{C}$ , ist der Einsatz der Optimierung zusätzlich vom speziellem Verlauf der Temperaturschwankung abhängig.

- Optimierung für Ausnahmefälle nicht sinnvoll

- 2) Die Sicherheit der Anlage wird durch die Verzögerung der Einschaltung der zweiten Kältemaschine beeinträchtigt, da die Einschaltung der KM von einer festgelegten Zeit und nicht von der tatsächlichen Raumtemperatur abhängig ist.

- Erhöhtes Sicherheitsrisiko in Ausnahmefällen

Nach Absprache mit dem Kälteplaner und dem Bauherrn wurde aus den oben aufgeführten Gründen auf die Realisierung dieser Funktion verzichtet.

#### 4.3.4 FAZIT FÜR OPTIMIERFUNKTIONEN

Bei der Auslegung von Optimierfunktionen muss darauf geachtet werden, dass

- \* die Funktionen im Normalbetrieb eingreifen (Einsparpotential)
- \* die Funktionen im Ausnahmebetrieb oder Störfall die Sicherheit der Anlagen nicht beeinflussen.

Werden diese Punkte bei der Planung der Funktion nicht berücksichtigt, ist vom Einsatz solcher Funktionen abzuraten.

## 4.4 NACHTAUSKÜHLUNG BEI LÜFTUNGSANLAGEN

### 4.4.1 ANLAGEBESCHREIBUNG

Die Untersuchung der Optimierungsfunktion Nachtauskühlung wurde an der Lüftungsanlage L32 Luftkonditionierung LA-BORS/INNENRAEUME OST durchgeführt.

Diese Lüftungsanlage dient einerseits der Be- und Entlüftung der angeschlossenen Räume, andererseits zur Begrenzung der maximalen Raumtemperatur im Sommer für speziell ausgewiesene Räume. Um in den Nacht- und Wochenend-Stunden das Umwälzen grosser Luftmengen einzuschränken, wird das ABUFOL-Netz durch einen DAUER-Betrieb ergänzt, über welchen permanent ca. 25 % der Kapellen-ABL sowie die Chemikalienräume abgeführt bzw. entlüftet werden.

Die einstufige Anlage läuft während der Normalarbeitszeit im Dauerbetrieb. Die Ventilatoren sind mittels Frequenzumformer drehzahlregulierbar. Die Anlage wird auf einem konstanten statischen Druck gehalten.

Die Anlage enthält 2 Temperatur-Regelkreise, sowie eine Feuchterege lung. Der 1. Temperatur-Regelkreis wird in Abhängigkeit der Aussen- und Ablufttemperatur geschoben. Der 2. Temperatur- Regelkreis ist für die Laborräume mit Nachkühler. In Abhängigkeit der Aussentemperatur wird der Sollwert dieser Räume geschoben. Der Feuchte-Regelkreis ist mit einer Maximalbegrenzung versehen und regelt die Feuchtigkeit der Zuluft auf 6,5 g/kg. Die WRG wird abhängig von der Differenz der Abluft zur Aussenlufttemperatur als Vorwärmer resp. Vorkühler betrieben.

### 4.4.2 BESCHREIBUNG DER OPTIMIERFUNKTION

Die intensive Nachtlüftung, soll bei allen Laborlüftungen und Teilklimaanlagen, durch den Betrieb der Anlage (ohne die Temperaturregelkreise) während der Nacht die benötigte Kälteenergie des nächsten Tages reduzieren und die Komfortbedingungen verbessern.

Die Raumtemperatur des Referenzraumes wird laufend registriert und ein Soll/Ist-Vergleich erstellt. Der Raumsollwert ist dabei nicht fest, sondern wird in jedem Fall mit einer Sommerkompensation geführt. Daraus ergeben sich folgende Aussagen:

- \* Istwert Sollwert + 2 K (am Abend)
- \* Sollwert wurde während mehr als 4 Stunden im Tag überschritten.

Nach Mitternacht wird entschieden, ob eine Nachtkühlung effizient ist. Die Einflussgrössen sind:

- \* Heute ist ein Arbeitstag
- \* Aussenlufttemperatur ist 6 K niedriger als Raumtemperatur (Referenzraum).
- \* Raumtemperatur-Istwert ist grösser als der Sollwert plus 3 K.

Unterschreitet die Temperatur des Referenzraumes während der Nachtauskühlung den Sollwert, schaltet die Anlage aus.

#### 4.4.3 RESULTATE DER ANALYSE

Die Ueberprüfung der Grundlagen für die oben erwähnte Funktion ergab folgende Resultate:

- 1) Die Optimierungsfunktion wurde ohne das Anlageverhalten genau zu kennen festgelegt. Bei der Auslegung der Funktion wurden keine Angaben über das erwartete Einsparpotential an elektrischer Energie gemacht.
- 2) Die Vernetzung der Haustechnikanlagen im Laborgebäude ist sehr umfangreich. Die Kälteanlagen für die Erzeugung der Klimakälte sind mit WRG-Kondensatoren ausgerüstet. Dadurch kann die Abwärme bei der Kälteerzeugung zur Erwärmung des Brauchwassers genutzt werden. Die fehlende Wärmeenergie für die Wasseraufbereitung wird mit den Heizkesseln oder BHKW's (Blockheizkraftwerk) erzeugt.

Daraus folgt, dass eine Reduktion des Kälteverbrauches bei den Klimaanlageanlagen einen Einfluss auf den Energieverbrauch der Wärmeerzeugungsanlagen ausübt.

Reduzierte Kälteerzeugung - Erhöhte Wärmeerzeugung (gleicher WW- Verbrauch)

Die Auswirkungen durch diese Änderungen auf die gemeinsame Energiebilanz der Kälte- und Wärmeanlagen wurden bei der Planung der Funktion nicht untersucht.

Da die Funktion der Nachtauskühlung bei verschiedenen Objekten diskutiert wird, wurde entschieden, eine Messung durchzuführen, obwohl auch bei dieser Funktion die notwendigen Grundlagen nur sehr rudimentär vorhanden waren.

Die Abhängigkeit zur Wärmeversorgung wurde nur mit einer sehr groben Abschätzung in der Auswertung der Messresultate berücksichtigt, da die Vernetzung der Anlagen untereinander eine aufwendige Messung und Analyse der einzelnen Energieverbrauchswerte voraussetzt.

#### 4.4.4 FAZIT FÜR OPTIMIERFUNKTIONEN

Bei der Auslegung von Optimierungsfunktionen muss darauf geachtet werden, dass  
\* die Funktionen den gesamten Energieverbrauch aller vernetzten Anlagen reduzieren.

Wird dieser Punkt bei der Planung der Funktion nicht berücksichtigt, ist vom Einsatz solcher Funktionen abzuraten.

## 5. ERFOLGSKONTROLLE NACHTAUSKÜHLUNG

### 5.1 ALLGEMEINES ZUR ERFOLGSKONTROLLE

Die Erfolgskontrolle für Optimierungsfunktionen basiert auf dem Vergleich der Energieverbrauchswerte nach dem Einsatz dieser Funktionen mit den Werten vor der Optimierung. Entspricht oder übersteigt die Differenz der Verbrauchswerte die bei der Planung festgelegte Grösse der Energieeinsparungen, so wurde die Funktion mit Erfolg eingesetzt.

Bei dieser Kontrolle ist es sehr wichtig, dass dieselben Randbedingungen (z.B. Aussentemperatur, Sonneneinstrahlung, Anzahl Benutzer, etc.), welche den Energieverbrauch der Anlagen merklich beeinflussen, bei beiden Energieverbrauchsbestimmungen (Messungen) erfasst werden. Der Vergleich der Verbrauchszahlen ist nur dann aussagekräftig, falls diese Bedingungen sich nicht relevant unterscheiden.

Aus diesem Grund müssen die Messstellen, welche die Randbedingungen erfassen, schon bei laufender Betriebsüberwachung und Ausarbeitung der Optimierungsfunktionen festgelegt und berücksichtigt werden.

### 5.2 MESSKONZEPT

#### 5.2.1 GENERELLES

Der Aufbau und der Inhalt des Messkonzeptes kann analog für alle Erfolgskontrollen verwendet werden. Wichtig ist, dass das Konzept nach dem Entscheid für eine Betriebsoptimierung an Anlagen erstellt wird, damit später nicht unnötige Zeit für zusätzliche Messungen investiert werden muss.

Das Messkonzept für eine Erfolgskontrolle umfasst die folgenden Angaben:

- |                              |                                                                                                                                                      |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Ziel der Untersuchung     | Zu welchem Zweck werden die Messungen durchgeführt?                                                                                                  |
| 2. Untersuchungsobjekt       | Festlegen der Anlagen, welche bei der Messung erfasst werden.<br>Zusammenstellen der vorhandenen Anlagedokumente (Beschriebe, Pläne, Datenblätter).  |
| 3. Vorgehen                  | Wie wird das im Kapitel 1 festgelegte Ziel erreicht (Ablauf, Tätigkeiten)?                                                                           |
| 4. Randbedingungen           | Welche Bedingungen müssen für die Messungen erfüllt werden? Wie werden sie überwacht?                                                                |
| 5. Erfassung Umwelteinflüsse | Welche Umwelteinflüsse beeinflussen den Energieverbrauch der Anlagen?<br>Welche müssen parallel zur Energiemessung erfasst und protokolliert werden? |
| 6. Messstellen               | Welche Messstellen werden benötigt, und wo werden diese ev. eingebaut?                                                                               |

- |                                  |                                                                                                               |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7. Protokollierung der Messungen | Wie werden die Messwerte und spezielle Betriebsangaben der Anlagen erfasst und protokolliert?                 |
| 8. Beeinflussung des Betriebes   | Wird der Betrieb der Anlagen für die Nutzung beeinflusst? Wenn ja, welche Massnahmen müssen getroffen werden? |
| 9. Zeitpunkt/Dauer der Messung   | Wann und wie lange werden die Messungen durchgeführt?                                                         |
| 10. Messablauf                   | Welche Tätigkeiten werden während den Messungen durch wen durchgeführt?                                       |
| 11. Auswertung                   | Wie werden die Messungen ausgewertet?<br>Welche Hilfsmittel werden benötigt?                                  |
| 12. Kosten für die Messung       | Mit welchen Kosten und Zeitaufwand ist die Durchführung der Messkampagne inkl. Auswertung verbunden?          |

Die Bearbeitung und die detaillierte Beschreibung der oben aufgeführten Kapitel ist die Basis für eine erfolgreiche Erfassung und Auswertung der Energieverbrauchszahlen von Anlagen.

Es ist dabei zu beachten, dass das gesetzte Ziel mit möglichst wenigen Messstellen erreicht wird. Dadurch reduzieren sich die Kosten für die Messungen. Ebenfalls wird dadurch die Erfassung und Auswertung der Messwerte erleichtert.

### **5.2.2 BEISPIEL NACHTAUSKÜHLUNG**

Um den Informationsgehalt und den Umfang eines Messkonzeptes aufzuzeigen, wurden die wichtigsten Kapitel auf dem Konzept für die Nachtauskühlung als Hilfsmittel für den Anwender im Anhang 7A beigelegt.

## **5.3 ERKENNTNISSE AUS MESSUNG**

### **5.3.1 MESSPERIODE**

Die Messperiode für die Erfolgskontrolle Nachtauskühlung (bestimmt durch die Fertigstellung der Anlagen und den Endtermin des Untersuchungsprojektes) war aufgrund der unterschiedlichen Aussenlufttemperaturen und Störungen beim Betrieb der Anlagen zu kurz.

Bei der Festlegung der Periodenlänge ist es wichtig, die Abhängigkeiten von nicht beeinflussbaren Umwelteinflüssen (Aussenlufttemperatur, Sonneneinstrahlung etc.) im voraus zu kennen. Je grösser diese Abhängigkeiten sind, umso länger muss die Periode gewählt werden.

### 5.3.2 MESSSTELLEN

Das Ziel einer Untersuchung sollte sein, das Anlageverhalten mit einem Minimum an Messstellen erfassen zu können (Kosten, aufwendige Auswertung).

Aufgrund der wenigen Messstellen (ausgelegt auf das Ziel der Untersuchung), können jedoch bei komplexeren Anlagen nicht mehr die einzelnen Funktionen ausgewertet werden. (z.B. Untersuchung der einzelnen Regelsequenzen WRG/LE/LK).

Es ist sinnvoll, nach dem Start der Messungen aufgrund der ersten Messwerte nochmals die Anzahl der Messungen und die Messintervalle zu überprüfen.

### 5.3.3 MESSWERTERFASSUNG UND PROTOKOLLIERUNG

Die einzelnen Messfühler wurden auf die vorhandenen MSR-Unterstationen aufgeschaltet. Die Protokollierung der Werte erfolgte auf der Leitebene. Die einzelnen Daten wurden nachträglich auf Diskette abgespeichert und mittels eines Auswerteprogrammes auf einem unabhängigen PC ausgewertet.

Nachfolgend sind die wesentlichen Vor- und Nachteile der Aufschaltung auf MSR-Unterstationen gegenüber unabhängigen Erfassungssystemen mit Speichermöglichkeit der Daten auf Diskette zusammengestellt:

- Vorteile :
- \* Keine zusätzlichen Erfassungsgeräte notwendig
  - \* Zentrale Speicherung und Protokollierung der Daten auf Leitebene
  - \* Viele Messungen parallel möglich (abh. von Reserven der Unterstation)
- Nachteile:
- \* Anpassungen in bestehenden Schaltschränken (Hard- und Software)
  - \* Abhängigkeit vom Standort der MSR-Unterstationen
  - \* Messwerterfassung ist abhängig von Störungen und IBS-Arbeiten (Mängelbehebung) an den MSR-Unterstationen und Leitsystem.
  - \* Einschränkungen der Anpassungsarbeiten an anderen Anlagen, welche ebenfalls von den in die Messung eingebundenen Systemen betrieben werden.

Allgemein kann festgestellt werden, dass sich die Messwerterfassung mit vorhandenen MSR-Systemen für Messkampagnen mit mehreren Parallelmessungen und über lange Beobachtungsperioden eignet. Die Voraussetzungen dafür sind, dass an den Unterstationen und auf der Leitebene während der Messperiode keine zeitintensiven Änderungen durchgeführt werden.

Für kurzzeitige Einzelmessungen und während Anpassungsarbeiten an der MSR- und Leitebene ist die Erfassung mit unabhängigen Systemen sinnvoll.

### 5.3.4 AUSWERTUNG DER MESSRESULTATE

Durch eine periodische Auswertung der Messwerte während der Messperiode werden Unregelmäßigkeiten (Messfehler, Anlagestörungen etc.) frühzeitig erkannt.

Das folgende Vorgehen wird für die Auswertung mit Hilfe eines PC empfohlen:

Vor der Messperiode:

- 1) Überprüfen Datenaustausch Erfassungsgerät auf PC (falls notwendig Hilfsprogramme schreiben).
- 2) Auswerteprogramm auswählen und Auswertemasken vorbereiten.

Start der Messungen

- 3) Datenerfassung kontrollieren
- 4) Messwerte auf Plausibilität prüfen

Kontrolle Messungen (nach z.B. 1 Woche)

- 5) Messdaten in Auswerteprogramm laden. Kontrolle, ob aufgrund dieser Daten eine Auswertung möglich ist.
- 6) ev. Anpassen der Messeinrichtung und der Auswertemasken.

Periodische Kontrolle

- 7) Daten periodisch im Auswerteprogramm einlesen und die wichtigsten Messwerte kontrollieren.

Abbruch der Messungen

- 8) Entscheid Abbruch aufgrund der periodischen Kontrollen (genügend Messdaten erfasst, zu untersuchende Funktion noch aktiv)
- 9) Auswerten der Daten

### **5.3.5 HILFSMITTEL**

Verarbeitung Messwerte

Bei langen Messperioden mit mehreren Messstellen ist die Aufbereitung der Daten für die Auswertung (Tabellen, Diagramme) mittels eines Tabellenkalkulationsprogrammes zu empfehlen.

Die Voraussetzung dazu ist, dass die einzelnen Messdaten direkt vom Protokollierungsgerät auf eine Diskette gelesen werden können. Müssen die Daten von Hand eingegeben werden, wird die Auswertung sehr zeitintensiv.

Bei der Verarbeitung ist ebenfalls darauf zu achten, dass nur die relevanten Daten berücksichtigt werden. Bei grossen Datenmengen ist sonst die Bearbeitung je nach PC-Hardware (Speicherplatz, Rechengeschwindigkeit) sehr arbeitsintensiv.

Messjournal

Es ist wichtig, dass während der gesamten Messperiode ein Messjournal geführt wird (durch Betriebspersonal), worin alle Störungen und Änderungen an der Anlage, welche nicht aus den Messwerten ersichtlich sind, protokolliert werden.

Das Journal sollte periodisch mit dem Betreiber der Anlagen überprüft werden, damit bei Unklarheiten die notwendigen Hintergrundinformationen nicht vergessen gehen.

## 5. Erfolgskontrolle Nachtauskühlung

### 5.4 AUSWERTUNG DER EINZELNEN MESSWERTE

#### 5.4.1 STANDORT AUSSENLUFTTEMPERATURFÜHLER

Die Auswertung des Einschafftkriteriums der Nachtauskühlung um 00.00 ergab, dass die Aussentemperatur mittels eines Temperaturfühlers im Aussenluftkanal der Anlage L32 gemessen wird.

Die Erwärmung der Luft im Aussenluftkanal des Gebäudes während der Zeit von 20.00 bis 00.00 (Anlage ausgeschaltet) führt dazu, dass die gemessene Temperatur nicht mehr mit der effektiven Aussenlufttemperatur übereinstimmt. Die Freigabe der Funktion Nachtauskühlung erfolgt deshalb trotz tiefen Aussenlufttemperaturen nicht immer wie vorgesehen um 00.00.

Während dem Anlagebetrieb tagsüber (06.00 bis 20.00 Uhr) wird der Fühler von der Aussenluft umströmt, welche der Anlage L32 zugeführt wird. Der Messwert entspricht in dieser Zeit der effektiven Aussenlufttemperatur.

Der gemessene Aussenluft-Temperaturverlauf vom 28.08.92 zeigt, dass der Messwert der Aussenlufttemperatur nach dem Einschalten der Anlage um ca. 02.10 Uhr innerhalb von 10 Minuten um 2 °C sinkt.

Dieser Sprung wurde bei jedem Einschalten der Anlage in der Nacht oder am Morgen festgestellt.

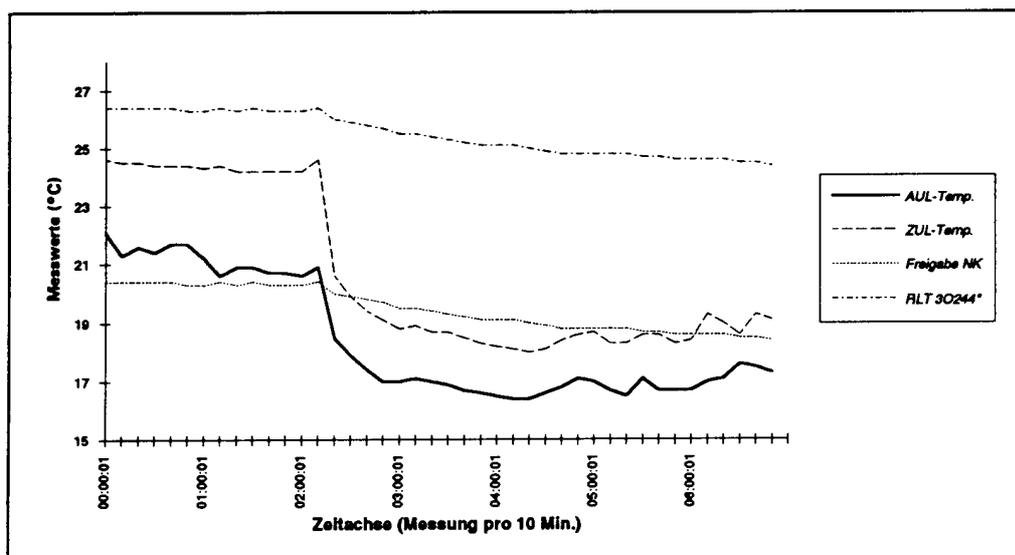
Bemerkungen zum Diagramm:

Der genaue Zeitpunkt, bei dem das Freigabekriterium der Nachtauskühlung erfüllt wurde (Differenz 6°C), ist aufgrund des Messintervalls von 10 Min. nicht erfasst worden.

Ein Temperatursturz von 2 °C der Aussenlufttemperatur innerhalb von 10 Min. wurde im Betrieb der Anlage während der Nacht nicht festgestellt.

gestellt.

**Diagr. 5.4.1/1:  
Temperaturen  
vom 28.08.92**



## Fazit für Nachtauskühlung

Aufgrund der verfälschenden Aussentemperaturmessung, wird die Freigabe der Nachtauskühlung verzögert oder ganz gesperrt.

Für Freigabekriterien sind geeignete Messstandorte zu wählen. Für die Nachtauskühlung heisst das, dass eine zusätzliche Aussentemperaturmessung, welche nicht durch das Gebäude beeinflusst wird, notwendig ist.

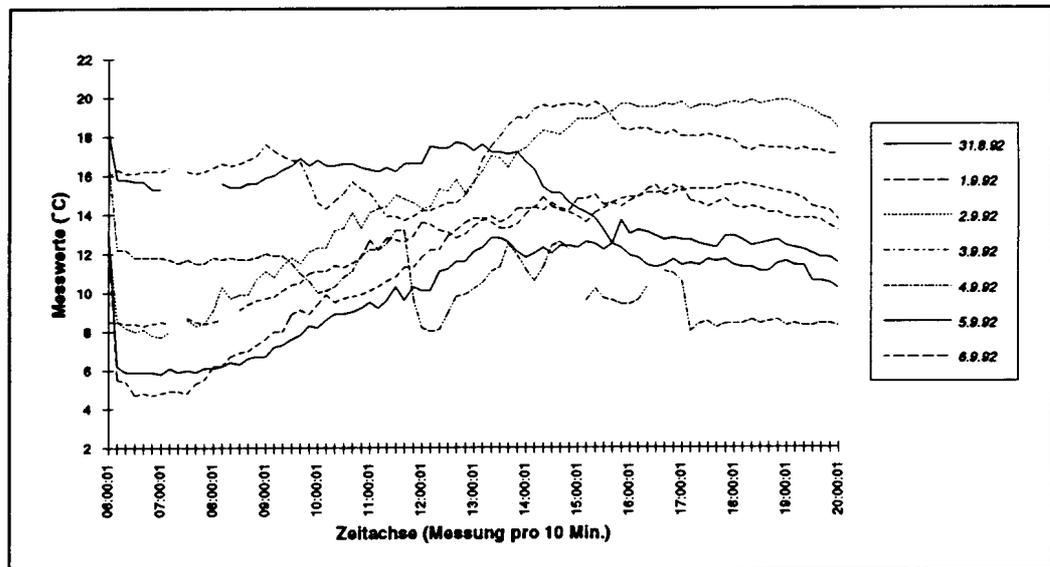
### 5.4.2 AUSSENLUFTTEMPERATURVERLAUF

Die Aussenlufttemperaturen und deren Tagesprofile änderten sich während der Betriebszeit der Anlage (06.00 und 20.00) in der Zeitspanne vom August bis September 1992 laufend.

**Tab. 5.4.2/1:**  
**Mittelwerte der**  
**Aussenlufttem-**  
**peraturen (AUL)**

Datum	Mittelwert AUL-Temp. 06.00 - 12.00	Mittelwert AUL-Temp. 12.00 - 18.00	Mittelwert AUL-Temp. 06.00 - 20.00
31.08.92	16.17	18.41	14.55
01.09.92	18.86	18.49	18.64
02.09.92	11.10	18.00	15.36
03.09.92	15.82	17.86	16.93
04.09.92	11.74	10.08	10.54
05.09.92	07.59	12.29	10.30
06.09.92	07.28	14.28	11.64

**Diagr. 5.4.2/1:**  
**Beispiel der**  
**Aussenlufttem-**  
**peraturprofile**



## 5. Erfolgskontrolle Nachtauskühlung

Diese Temperaturänderungen führten dazu, dass keine Vergleichstage (Abweichungen 1 °C der Einzelwerte und ein vergleichbares Tagesprofil) mit und ohne Nachtauskühlung der Anlage gefunden wurden. Somit sind die im Messkonzept festgelegten Bedingungen für die Auswertung nicht erfüllt, da der Sollwert der ZUL-Temperatur, direkt abhängig von der AUL-Temperatur, verändert wird (Sommerschiebung).

Die Aussagen und Erkenntnisse, welche in den folgenden Kapiteln beschrieben werden, basieren somit auf einer Grob-analyse der Messwerte.

### Fazit für Nachtauskühlung

Aufgrund der grossen Temperaturschwankungen aufeinanderfolgender Tage ist der Vergleich des Anlagebetriebes, trotz der Sperrung der Nachtauskühlung jeden zweiten Tag nicht möglich.

Für Messungen an Anlagen, welche eine direkte Abhängigkeit zur Aussentemperatur aufweisen, müssen sehr lange Beobachtungsperioden gewählt werden, um vergleichbare Tage zu finden.

### 5.4.3 TEMPERATUREN IM REFERENZRAUM

Im Folgenden wird die Änderung der Raumtemperatur im Referenzraum 30244, mit und ohne Nachtauskühlung, während der Zeit zwischen 00.00 bis 06.00 Uhr ausgewertet.

#### Temperaturänderung ohne Nachtauskühlung

Aufgrund der Problematik des Aussenlufttemperaturfühlers (siehe 5.4.1) kann für die Auswertung der Temperaturen ohne Nachtauskühlung nur die Temperatur um 06.10 (nach Einschalten der Anlage) verwendet werden.

Datum	AUL-Temp.			Raum-Temp.				Differenz RT-AUL
	um 0:00	um 6:00	MTW	um 0:00	um 6:00	MTW	Diff. RT	
25.8	*	15.3	*	26.4	26.2	26.4	-0.2	*
27.8	*	19.0	*	26.6	26.4	26.5	-0.2	*
19.8	*	18.1	*	26.6	25.8	26.2	-0.8	*
21.8	*	17.2	*	26.1	26.0	26.1	-0.1	*
7.9	*	12.6	*	22.0	21.9	22.0	-0.1	*
8.9	*	14.1	*	23.0	22.7	22.7	-0.3	*
10.9	*	17.4	*	22.3	22.2	22.2	-0.2	*
12.9	*	14.7	*	23.5	23.3	23.4	-0.2	*
31.8	*	15.8	*	23.4	23.6	23.5	0.2	*
2.9	*	8.5	*	22.8	22.6	22.6	-0.2	*
4.9	*	12.2	*	22.6	22.6	22.6	0	*
6.9	*	5.5	*	22.1	22.0	22.1	-0.1	*

**Tab. 5.4.3/1:**  
**Raumtemperaturänderungen**  
**(beliebige Tage)**

Diese Messresultate zeigen, dass sich die Raumtemperatur während der Nacht ohne Belüftung nicht relevant ändert. Die Temperatur sinkt während der Zeit zwischen 00.00 bis 06.00 um ca. 0.2 Grad.

#### Temperaturänderung mit Nachtauskühlung

Das Ziel der Nachtauskühlung ist es, die Raumtemperaturen der belüfteten Räume zu senken. Dies wird erreicht, indem die Räume mit Aussenluft (ohne Kühlung- resp. Erwärmung) von 00.00 bis 06.00 belüftet werden.

In der folgenden Tabelle sind die Raumtemperaturänderungen bei einer Nachtauskühlung von ca. 6 Std. zusammengestellt.

**Tab. 5.4.3/2:  
Raumtemperaturänderungen  
(beliebige Tage)**

Datum	AUL-Temp.			Raum-Temp.				Differenz RT-AUL
	um 0:00	um 6:00	MTW	um 0:00	um 6:00	MTW	Diff. RT	
12.8	17.5	13.9	15.2	25.5	23.5	24.3	-2.0	9.1
16.8	14.8	11.1	12.4	23.3	21.2	22.0	-2.1	9.6
20.8	21.8	18.5	20.0	26.4	25.1	25.7	-1.3	5.7
30.8	14.8	14.0	14.0	24.2	22.7	23.3	-1.7	9.3
1.9	9.9	8.5	9.5	22.9	20.2	21.2	-2.7	11.7
3.9	14.3	16.3	15.3	23.1	21.7	22.0	-1.6	6.7
9.9	13.5	11.4	12.2	22.6	20.4	21.2	-2.2	9
17.9	13.6	10.5	11.7	23.5	20.8	21.7	-2.7	10

#### Fazit für Nachtauskühlung

Je grösser die Differenz zwischen der Aussenluft- und Raumtemperatur ist, desto grösser wird die Temperaturänderung.

Da die Nachtauskühlung bei einer Differenz grösser 6°C freigegeben wird, kann mit einer Temperaturabsenkung von grösser 1.5 °C gerechnet werden.

Die Temperaturdifferenz zwischen der Raum- und Aussenlufttemperatur wird im Hochsommer gegenüber der Uebergangszeit kleiner, das heisst, die Temperaturabsenkung wird ebenfalls kleiner.

Der Sollwert der Raumtemperatur von 20 °C wurde während der Messperiode nicht erreicht.

#### Einfluss der Temperaturabsenkung auf den Kälteverbrauch

Um die Auswirkungen der Nachtauskühlung bei Betrieb der Anlagen während des Tages zu berücksichtigen, muss die Raumtemperatur bei der Regulierung der Zulufttemperatur berücksichtigt werden. Das heisst, der Zuluft-Sollwert wird bei tieferen Raumtemperaturen nach oben geschoben und somit der Kälteverbrauch reduziert.

Einfluss der Temperaturabsenkung auf den Wärmeverbrauch

Muss die Aussenluft am Morgen nach der Nachtauskühlung aufgrund tiefer Aussentemperatur erwärmt werden, so ist die Heizleistung der WRG aufgrund der tieferen Raum- und somit Ablufttemperaturen reduziert.

**5.4.4 ELEKTROVERBRAUCH DER ANLAGE L32**

Elektroverbrauch während der Zeit zwischen 00.00 bis 06.00 Uhr

Die Messungen des elektrischen Energieverbrauches während der Nacht von 00.00 bis 06.00 an der Anlage L32 ergaben die folgenden Messresultate:

Datum	Dauer der NK [h]	Ei. Verbrauch [kWh]	Leistung [kW]
12.8.92	5 50'	166.6	28.5
14.8.92	5	147.6	29.2
16.8.92	5 50'	168.7	28.9
20.8.92	6	179.6	29.9
26.8.92	4	107.8	26.9
30.8.92	5 50'	161.0	27.6
01.9.92	5 50'	157.4	27.0
03.9.92	5.50'	157.5	27.0
09.9.92	5 40'	153.56	26.9
17.9.92	5 50'	160.0	27.4
<b>Mittelwert</b>			<b>27.9</b>

**Tab. 5.4.4/1:  
E-Verbrauch  
mit NK**

Der elektrische Verbrauch für die Nachtauskühlung zwischen 00.00 und 06.00 ist abhängig von der Einschaltung der Anlage (Freigabe) und der Druckdifferenz in den Lüftungskanälen.

Aufgrund der Messungen wurde eine mittlere Leistung von ca. 27.9 kW während dem Betrieb der Lüftungsanlage ermittelt. Bei einer Nachtauskühlung von 6h liegt der Elektroenergieverbrauch somit bei ca. 167.4 kWh.

Datum	Dauer der NK	Ei. Verbrauch [kWh]	Leistung [kW]
9.8.92	-	9.4	1.57
13.8.92	-	9.2	1.53
15.8.92	-	9	1.5
17.8.92	-	8.5	1.42
19.8.92	-	8.7	1.45
21.8.92	-	9	1.5

**Tab. 5.4.4/2:  
E-Verbrauch  
ohne NK**

Datum	Dauer der NK	Ei. Verbrauch [kWh]	Leistung [kW]
25.8.92	-	8.9	1.48
27.8.92	-	9	1.5
29.8.92	-	8.7	1.45
31.8.92	-	8.9	1.48
02.9.92	-	8.6	1.43
08.9.92	-	8.6	1.43
10.9.92	-	8.3	1.38
12.9.92	-	8.7	1.45
14.9.92	-	8.6	1.43
16.9.92	-	9	1.5
<b>Mittelwert</b>			<b>1.47</b>

Der Verbrauch an elektrischer Energie liegt während der Zeit von 00.00 bis 06.00, ohne die Nachtauskühlung, im Mittel bei ca. 6h x 1.47 kW = 8.8 kWh. Diese Energie wird durch die Steuerung und den Dauerbetrieb des separaten Abluftventilators verbraucht.

Mehraufwand für Nachtauskühlung

Somit ergibt sich ein Mehraufwand an ei. Energie für die Nachtauskühlung (NK) von:

Mehraufwand NK = Ei. Verbrauch (mit NK) - Ei. Verbrauch (ohne NK)  
Mehraufwand NK = 167.4 kWh - 8.8 kWh  
Mehraufwand NK = 158.6 kWh

Elektroverbrauch während der Zeit zwischen 06.00 bis 20.00 Uhr

Mit den vorliegenden Messreihen kann aufgrund der aussentemperaturabhängigen ZuluftSollwerte kein Mehr- oder Mindeerverbrauch der beiden Betriebsarten während der Betriebszeit (06.00 bis 20.00) ausgewertet werden. Die Messungen zeigen aber, dass angenommen werden kann, dass der Verbrauch sich im Vergleich zum Mehraufwand der Nachtauskühlung nicht merklich ändert und somit für die Grobanalyse nicht berücksichtigt werden muss.

### 2.3.2 ELEKTROVERBRAUCH KÄLTEERZEUGUNG K01

Aufgrund der Probleme der Ladung des Latentspeichers während der Nacht (Gefrierpunkt der Latentkugeln zu tief), ist die Rücklauf-Temperatur der Kältemaschine zu tief. Der Verdichter arbeitet somit nicht mit der festgelegten Temperaturdifferenz.

Aus diesem Grund wurde auf eine Elektroverbrauchsmessung am Kompressor verzichtet. Für die Grobanalyse werden die Energiedaten des Lieferanten herbeigezogen.

Für die Auswertung wird angenommen, dass die Kälteenergie in der Nacht produziert und im Latentspeicher zwischengespeichert wird.

<b>Daten KM (Datenblatt) :</b>	$t_{\text{Eintritt}}$	-1.05	°C	<b>Nachtbetrieb der Kälteerzeugung</b>
	$t_{\text{Austritt}}$	-5	°C	
	$Q_o$	282	kW	
	$P$	84.5	kW	

Bei der Bestimmung der Kälteleistungsziffer muss zusätzlich der elektrische Verbrauch der Hilfsbetriebe der Kältemaschine (Verteilung, Rückkühlung) berücksichtigt werden. Dieser Verbrauch ist abhängig von der Aussentemperatur (für Kühlturm), sowie von der benötigten WRG-Produktion. Aufgrund einer groben Analyse der Leistungen der betroffenen Antriebe (Pumpen, Ventilatoren....) wird angenommen, dass die Hilfsbetriebe ca. 30% des elektrischen Verbrauches des Kompressors benötigen.

Daraus folgt eine Kälteleistungsziffer (100% Last) von:

$$\varepsilon = Q_o / (1.3 \times P)$$

$$\varepsilon = 282 \text{ kW} / (1.3 \times 84.5 \text{ kW})$$

$$\varepsilon = 2.57$$

Wird die Kälteenergie während des Tages produziert, ändert sich die Kälteleistungsziffer des Kompressors aufgrund der höheren Vorlauf- und Rücklauftemperaturen und der grösseren Temperaturdifferenz.

<b>Daten KM (Datenblatt) :</b>	$t_{\text{Eintritt}}$	12	°C
	$t_{\text{Austritt}}$	6	°C
	$Q_o$	427	kW
	$P$	95.8	kW

Daraus folgt eine Kälteleistungsziffer (100% Last) von:

$$\varepsilon = 427 \text{ kW} / (1.3 \times 95.8 \text{ kW})$$

$$\varepsilon = 3.43$$

Vergleich Nacht- /Tagesproduktion

Die Kälteproduktion am Tag hat gegenüber der Produktion in der Nacht die folgenden Vorteile:

- \* Die Kälteleistungsziffer (100% Last) ist um 33 % höher
- \* Die Verluste für die Speicherung entfallen

Um die maximale, geforderte Kälteleistung am Tag direkt zu decken, müsste jedoch eine grosse Kältemaschine installiert werden (Bewilligung notwendig).

## 5.4.6 KÄLTEVERBRAUCH

### Allgemein

Für die Auswertung des Kälteenergieverbrauches wird nur der Vorkühler berücksichtigt. Die 5 Nachkühler werden vernachlässigt. Die Anordnung der einzelnen Luftkühler ist aus dem Prinzipschema ersichtlich (siehe Anhang 7B).

Kühlleistungen:	Vorkühler	135.2 kW
	Nachkühler 10202	1.00 kW
	10203	1.37 kW
	10241	1.15 kW
	20244	1.7 kW
	30243	1.37 kW
	Total NK	6.59 kW

Der Kälteverbrauch der Anlage L32 ist bei gleichbleibender Nutzung von den folgenden Parametern abhängig:

- \* Aussenlufttemperatur (Sommerschiebung)
- \* Temperatur des Referenzraumes
- \* Ablufttemperatur (WRG)

Die Aussenlufttemperatur schiebt den Sollwert der Raumtemperatur ab 20 °C nach oben. Ueberschreitet die Aussenlufttemperatur die Ablufttemperatur wird die WRG als Vorkühler eingeschaltet (WRG-Vorkühler-Betrieb).

Die Nachkühler werden aufgrund der entsprechenden Raumtemperatur geregelt. Der Sollwert wird ebenfalls in Abhängigkeit zu der Aussenlufttemperatur ab 20 °C nach oben geschoben.

### Kälteverbrauch Vorkühler L32

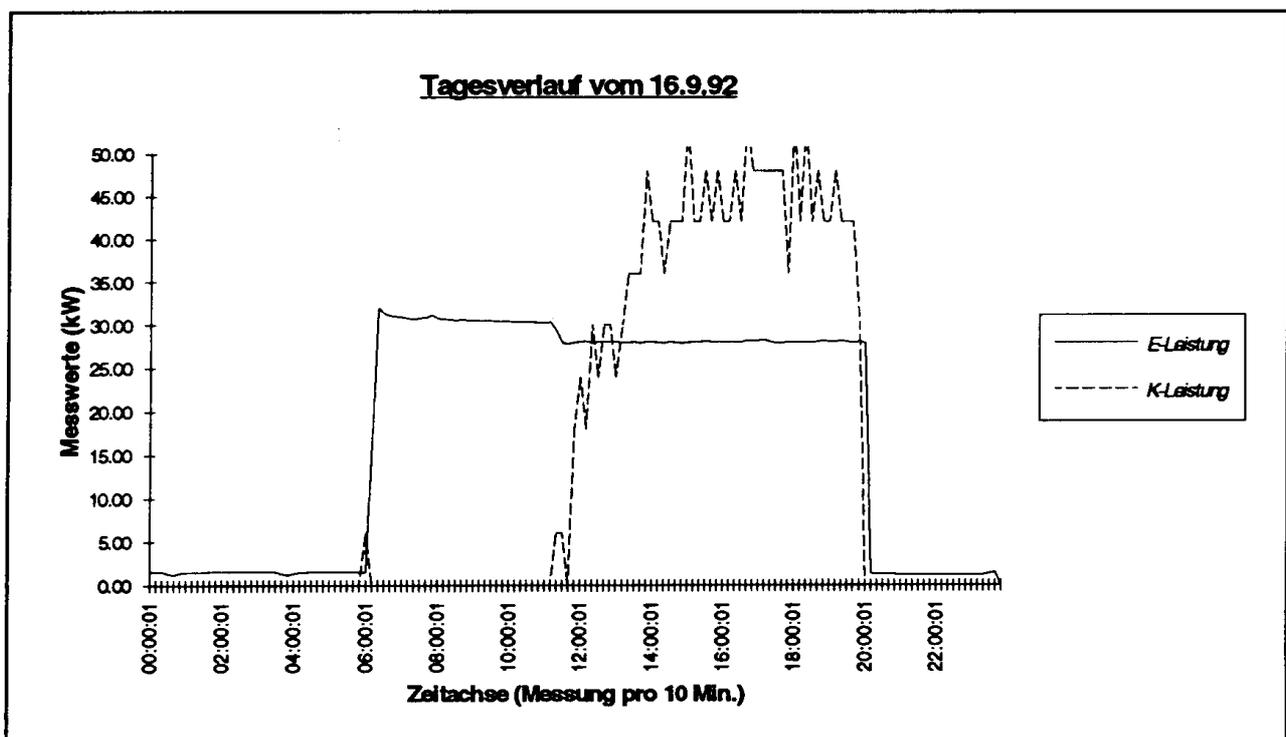
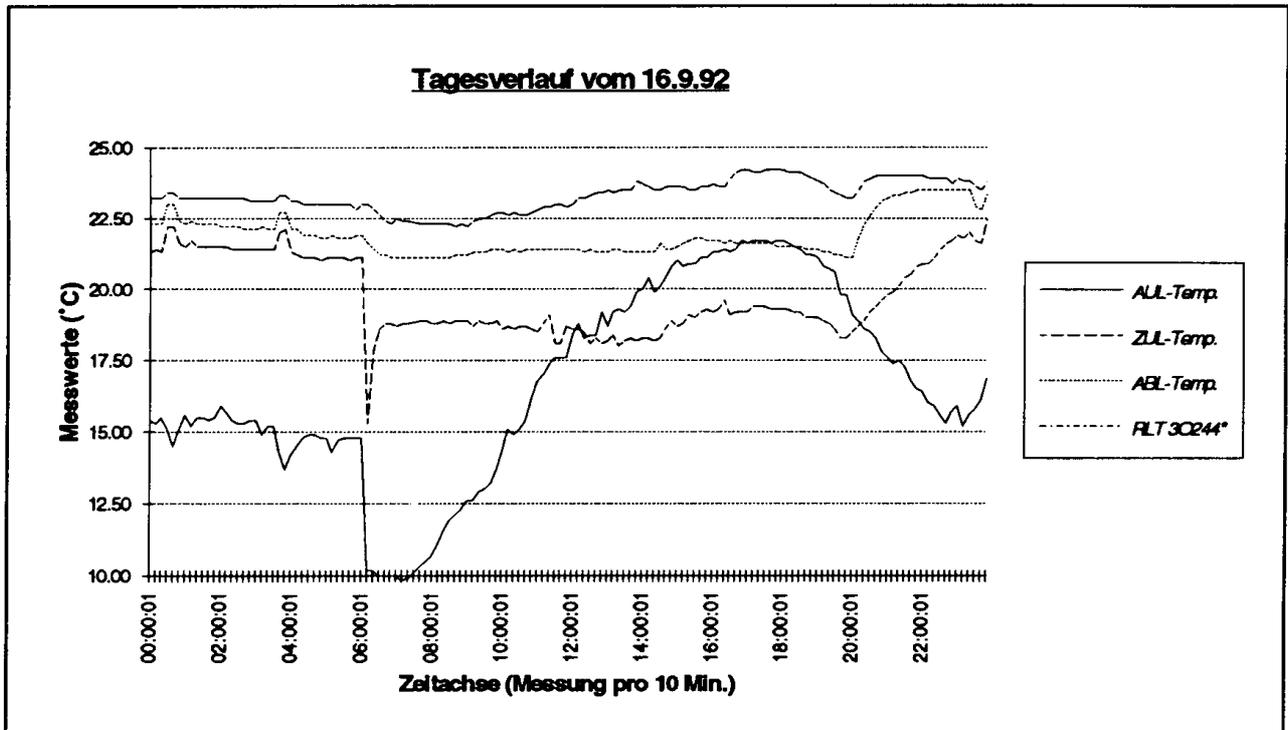
Steigt die Aussenlufttemperatur über ca. 17,5 °C (Bereich: 17.2 bis 18.0 °C) wird die Zuluft mittels des Vorkühlers gekühlt.

Der Kälteverbrauch ist somit abhängig von:

- \* Zeitspanne Aussentemperatur 17.5 °C
- \* Differenz Aussenlufttemperatur zu 17.5 °C

Aus diesem Grund, können für die Auswertung nicht nur die Mittelwerte der Aussenlufttemperatur verwendet werden.

Diagr. 5.4.6/1 und 2: Beispiel Kälteverbrauch



In den folgenden Tabellen ist der Kälteverbrauch des Vorkühlers pro Tag mit der Zeitdauer und dem Mittelwert der Aussenlufttemperatur während des Kühlbetriebes zusammengestellt.

**Tab. 5.4.6/1:  
Kälteverbrauch  
ohne NK**

Datum	NK	ab ca. [°C]	Kühlzeit [h]	AUL-Temp. [°C]	Kälteverb./Tag [kWh]
31.8.92		17.5	1	17.5	9
15.8.92		17.75	6 00'	19.2	244
2.9.92		17.25	6 10'	19.2	246
16.9.92		17.5	8 30'	20.3	333
29.8.92		17.25	12 20'	19.1	388
25.8.92		17.25	11 50'	25.1	548
27.8.92		*	14	23.6	643

**Tab. 5.4.6/2:  
Kälteverbrauch  
mit NK**

Datum	NK	ab ca. [°C]	Kühlzeit [h]	AUL-Temp. [°C]	Kälteverb./Tag [kWh]
3.9.92	x	17.5	4 30'	18.7	99
15.9.92	x	17.5	7 10'	18.3	163
13.9.92	x	18.0	6 40	20.0	191
7.9.92	x	17.25	6 50'	20.4	234
16.8.92	x	18.0	9 20'	22.0	372
26.8.92	x	17.25	12 50'	24.8	507
28.8.92	x	*	14	25.3	769

Der Verbrauch der Kälteenergie steigt mit der Dauer der Kühlzeit (Aussenlufttemperatur ca. 17.5 °C) und dem Aussenluft-Temperaturmittelwert während dieser Zeit an.

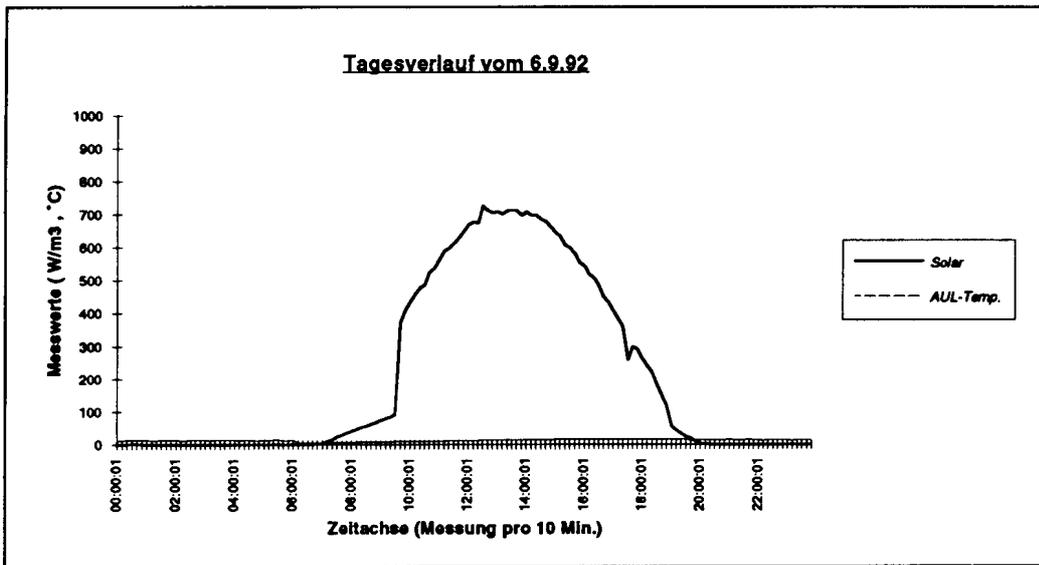
### 5.4.7 SOLARIMETER

Aufgrund der Probleme mit dem Vergleich der Aussenlufttemperaturen, wird auf die Auswertung der Messungen des Solarimeters in der Grobanalyse verzichtet.

Die Untersuchung dieser Messungen ist nur dann sinnvoll, falls Tage mit vergleichbaren Aussenlufttemperaturen vorhanden sind.

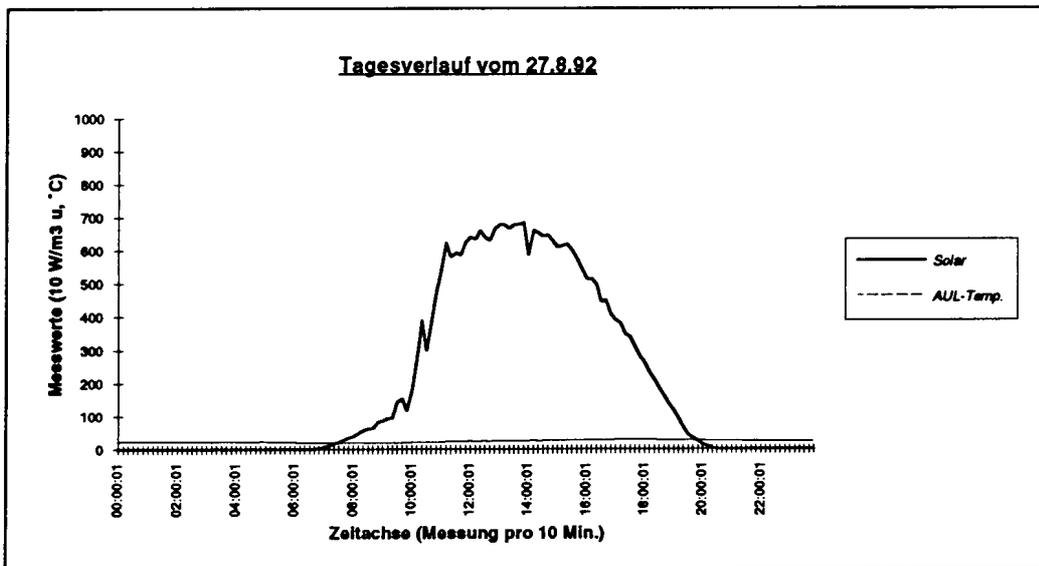
**Tag mit Aussenlufttemperatur-Mittelwert (06.00-20.00) von 11.6 °C**

**Diagr. 5.4.7/1:  
Tagesverlauf  
vom 06.09.92**



**Tag mit Aussenlufttemperatur-Mittelwert (06.00-20.00) von 24 °C**

**Diagr. 5.4.7/2:  
Tagesverlauf  
vom 27.08.92**



## 5.5 ENERGIEBILANZ DER NACHTAUSKÜHLUNG

Durch den Einsatz der Nachtauskühlung kann dann elektrische Energie eingespart werden, wenn der zusätzliche elektrische Verbrauch während der Nacht durch den Minderverbrauch an elektrischer Energie bei der Kälteerzeugung abgedeckt wird.

Mittels dem einfach zu bestimmenden Mehrverbrauch und den Herstellerangaben der Kältemaschine kann somit die Größenordnung der minimal erforderlichen Kälteeinsparungen während des Tages abgeschätzt werden.

Bei der Anlage L32 müssen somit ca.

Einsparung $Q_o$ =	el. Mehrverbrauch NK x Kälteleistungsziffer
Einsparung $Q_o$ =	158.6 kWh x 2.57 (3.43)
Einsparung $Q_o$ =	407.6 (544) kWh/Tg

Kälteenergie pro Tag eingespart werden.

Als weiteres Kriterium wird der Kälteverbrauch der Anlage in Abhängigkeit zur Aussentemperatur benötigt. Bei allen Temperaturen, bei welchen der Kälteverbrauch unterhalb der minimalen Einsparung liegt, ist die Nachtauskühlung energetisch nicht sinnvoll.

Das heisst für die Anlage L32:

Diese Anforderungen erfüllen

25.8.92 11.8 h AUL-MTW von 25.1 °C 548 kWh/Tg 27.8.92 14 h AUL-MTW von 23.6 °C 643 kWh/Tg

Aus Erfahrung wird angenommen, dass mit der Nachtauskühlung nicht mehr als 50% des Kälteverbrauches eingespart werden kann. Das heisst, alle Tage mit einem Kälteverbrauch kleiner 2 mal der minimal benötigten Einsparung können ebenfalls ausgeschlossen werden.

Bei unserer Anlage muss der min. Kälteverbrauch somit bei ca.

Verbrauch $Q_o$ =	2 x (el. Mehrverbrauch NK x Kälteleistungsziffer)
Verbrauch $Q_o$ =	815.2 (1'088) kWh/Tg

liegen. Bei den gemessenen Tagen lag der Kälteverbrauch immer unter diesem Wert.

Fazit für Nachtauskühlung:

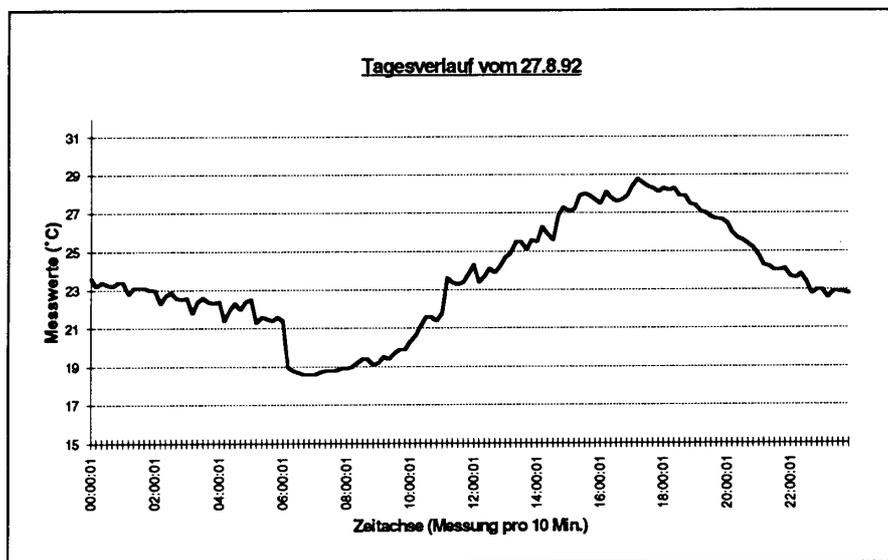
Ein elektrisches Einsparpotential für die Funktion Nachtauskühlung konnte nicht nachgewiesen werden.

Damit eine Energieeinsparung erreicht werden kann, müssten extrem warme Tage vorliegen (mit vorhandenen Messdaten nicht definierbar).

Da jedoch mit den Kriterien für die Freigabe der Nachtauskühlung nicht nur diese Extremtage erfasst werden, ist eine Einsparmöglichkeit an el. Energie sehr fraglich. Bei "kälteren Tagen" mit elektrischem Energiemehraufwand für die Nachtauskühlung werden die Einsparungen der "heissen Tage" wieder verbraucht.

**Beispiel für Tag mit "negativer" Energiebilanz**

**Diagr. 5.5/1:  
AUL-Temperatur  
vom 27.08.92**



An diesem Sommertag wurde ohne die Funktion Nachtauskühlung während des Tages 643 kWh Kälteenergie für die Kühlung der Räume aufgewendet.

Um mindestens den el. Mehraufwand für die Nachtauskühlung zu decken, dürften nach der Lüftung in der Nacht nur noch ca. 235 kWh Kälteenergie benötigt werden. Das heisst, der Kälteverbrauch wurde um mehr als 60 % reduziert.

## **5.6 FREIGABE DER NACHTAUSKÜHLUNG**

### **5.6.1 AKTIVIEREN DER NACHTAUSKÜHLUNG**

Die Funktion Nachtauskühlung wird durch den Betreiber der Anlage von Hand im Sommer aktiviert und in den Uebergangszeiten sowie im Winter gesperrt.

Für die Entscheidung sind ausser dem Wetter der letzten Tage und den Prognosen keine weiteren Kriterien vorhanden.

### **5.6.2 FREIGABE DER NACHTAUSKÜHLUNG**

Ist die Funktion aktiviert, wird immer ab 00.00 aufgrund der folgenden Funktionen entschieden, ob die Nachtauskühlung freigegeben wird.

- \* Soll-/Istwertvergleich der Raumtemperatur ( 3°C)
- \* Temperaturvergleich AUL- zu Raumtemperatur (6°C)

Ist die Funktion freigegeben wird sie erst wieder gesperrt, wenn die Raumtemperatur des Referenzraumes unter den Raumsollwert (20 °C) sinkt.

Bei den Messungen wurde festgestellt, dass die oben genannten Kriterien nicht genügen. Das heisst, die Nachtauskühlung wird auch bei Tagen mit negativer Elektro-Energiebilanz freigegeben.

### **5.6.3 FAZIT FÜR NACHTAUSKÜHLUNG**

Damit mit der Nachtauskühlung elektrische Energie eingespart werden kann, darf die Funktion nur dann freigegeben werden, falls am nächsten Tag genügend Kälteenergie eingespart werden kann.

Die folgenden Punkte erschweren diese Entscheidung:

- \* Wetter-Prognose für nächsten Tag muss berücksichtigt werden.
- \* Unterschiedliche Aussenluft-Temperaturverläufe nachfolgender Tage

Ist die Nachtauskühlung bei Tagen ohne positive Energiebilanz freigegeben, wird somit mehr elektrische Energie aufgewendet.

Für die Aktivierung resp. Sperrung der Optimierung in der Uebergangszeit müssen dem Betreiber Entscheidungshilfen bereitgestellt werden.

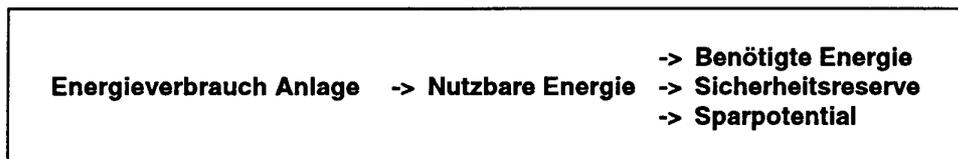
Nur freigeben, wenn eine positive Energiebilanz erzielt wird. Die dafür notwendigen Freigabekriterien müssen neu formuliert werden.

Der Einsatz von Funktionen, bei welchen nicht mit einfachen Kriterien entschieden werden kann, ob die Energiebilanz positiv ausfällt, ist sehr fraglich.

## 6. HINWEISE FÜR OPTIMIERFUNKTIONEN

In diesem Kapitel werden die Erkenntnisse aus den Analysen und Messungen der Optimierungsfunktionen zusammengefasst. Diese Erfahrungen und Schlussfolgerungen werden allgemeingültig für die Beurteilung und den Einsatz von Optimierungsfunktionen umgesetzt.

Der Einsatz von Optimierungsfunktionen ist ein Bestandteil der Betriebsoptimierung der Haustechnikanlagen. Er unterstützt die Reduktion des Energieverbrauches für den Fall, dass mit den vorhandenen Steuer- und Regeleinrichtungen der Anla-gebetrieb nicht optimal mit der geforderten Nutzung abgestimmt werden kann.



Das Ziel ist, den Wirkungsgrad (Benötigte Energie/Energieverbrauch der Anlage) zu optimieren, ohne die geforderten Si-cherheitsreserven zu beeinflussen. Dieses Ziel kann in drei Schritten erreicht werden:

1. Erzeugte Energie auf benötigte Energie abstimmen.
2. Auswahl der geeigneten Anlage
3. Verbesserung des Wirkungsgrades der Anlage

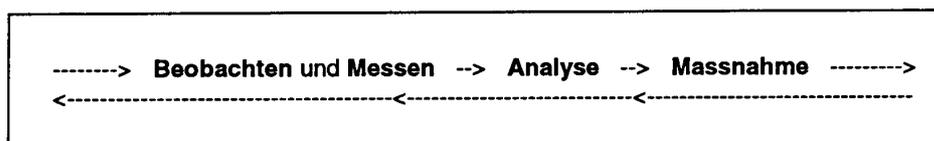
Die Voraussetzung für den optimalen Energieeinsatz ist, dass die Nutzungsanforderungen (z. Bsp. Raumtemperatur, Dauer der benötigten Energie, etc.) aufgrund von Richtwerten und Vergleichen mit ähnlichen Anlagen überprüft und wenn notwendig angepasst werden. Ebenfalls sind die geforderten Sicherheitsreserven und Komfortansprüche zu hinterfragen und falls möglich zu reduzieren.

### 6.1 ALLGEMEINES

#### 6.1.1 EINSATZ DER IGA BEI DER BETRIEBSOPTIMIERUNG

Der Einsatz der IGA ist keine Voraussetzung dafür, dass an Anlagen eine periodische Betriebsoptimierung durchgeführt werden kann. Sie ist ein Hilfsmittel, welches bei gezieltem Einsatz die Optimierung erleichtern kann. Der Betreiber der Anlagen über die Möglichkeiten der IGA informiert sein (Schulung) und diese auch einsetzen.

Die Betriebsoptimierung kann grundsätzlich in folgende drei Teile unterteilt werden, welche sich periodisch wiederholen.



**Einzelschritte  
und Ablauf der  
BO**

Im Folgenden werden die Vorteile der IGA für die Durchführung dieser Schritte aufgezeigt:

#### Beobachten und Messen

Die zusätzlichen Messstellen können auf jede Unterstation der IGA (Bedingung: Reserve vorhanden) aufgeschaltet und die Messwerte über den Bus an die Leitebene zur Protokollierung und Darstellung übermittelt werden. Die zusätzlichen und bereits bestehenden Messstellen der haustechnischen Anlagen sind dadurch zentral erfasst und untereinander kombinierbar.

Die Erfassung von Messdaten einer neuen Messstelle setzt die folgenden Arbeiten voraus:

- \* Installation Messfühler und Verdrahtung auf Unterstation
- \* Aufschaltung hardwaremässig auf Unterstation
- \* Generierung von neuen Datenpunkten auf Unterstation und Leitebene
- \* Anpassen der Dokumentationen (Unterstation und Leitebene)

Auf der Leitebene sind die Hilfsprogramme und Ausgabeeinheiten für Protokollierung und Darstellung der Messungen meist vorhanden. Für die Protokollierung werden meist Reports (definierte Protokolle von Messdaten), Histogramme (Darstellung zeitlicher Messverläufe) und die Historik (Datenbank: Mess- und Zählwerten sowie Anlagezuständen werden in festgelegten Zeftschriften abgelegt) verwendet.

#### Analyse

Die Auseinandersetzung mit den erfassten Anlagedaten und die Suche nach Sparpotentialen kann auch die IGA dem Betreiber nicht abnehmen. Die Verarbeitung der einzelnen Resultate, Vergleiche von Anlagen und die Untersuchung von Abhängigkeiten wird jedoch durch das einheitliche Datenformat und Darstellung der Informationen erleichtert und der Einsatz von PC-Auswertungsprogrammen (Excel, Lotus etc.) unterstützt.

#### Massnahmen

Der Aufwand und somit die Kosten für notwendige Anpassungen an den Regel- und Steuerstrategien von Anlagen wird aus den folgenden Gründen meist reduziert:

- \* Mehrfachnutzung von Messstellen
- \* Hardwareanpassungen an Anlagen gering (meist muss nur die Software angepasst werden).
- \* Vorhandene Kommunikationsverbindungen (Bus) können für die Schaffung von Abhängigkeiten der Anlagen untereinander genutzt werden.

#### Wichtig:

Durch die Vernetzung der Anlagen untereinander wird das Risiko, dass bei Anpassungen Störungen verursacht werden, grösser als bei Anlagen, welche unabhängig betrieben sind.

Die Anpassungen müssen deshalb mit grösster Sorgfalt in die bestehenden Strukturen eingefügt werden.

### 6.1.2 AUSWAHL VON ANLAGEN FÜR DIE BO

Beim Entscheid, eine Betriebsoptimierung der haustechnischen Anlagen durchzuführen, stellt sich meistens die Frage, mit welcher Priorität die verschiedenen Anlagen abgearbeitet werden sollen.

Um das Ziel zu erreichen, den Energieverbrauch des gesamten Objektes mit den vorhandenen Mitteln und Arbeitskapazität zu reduzieren, ist es wichtig, mit der Ueberprüfung der Anlagen zu beginnen, weiche mit der grössten Wahrscheinlichkeit relevante Sparpotentiale aufweisen.

In der folgenden Zusammenstellung sind 10 Kriterien für die Prioritäts-Zuordnung einer Anlage zusammengestellt:

- \* Betriebszeit der Anlage
- \* Grösse des Energieverbrauches
- \* Vorgesehene Umbauten
- \* Sicherheitsanforderungen/Vorschriften
- \* Abhängigkeit der Anlage von Umwelteinflüssen
- \* Anlageverluste
- \* Abhängigkeiten zu anderen Anlagen
- \* Anzahl identischer oder vergleichbarer Anlagen
- \* Benutzerverhalten
- \* Vorhandene Hilfsmittel

Um die Bewertung dieser Punkte zu erleichtern, werden die wichtigsten Abklärungen nachfolgend aufgeführt:

#### Betriebszeit der Anlagen

Arbeitet die Anlage im Dauerbetrieb oder wird die Anlage nur periodisch benötigt?

Bei Anlagen, weiche im Dauerbetrieb arbeiten, wirken sich Einsparungen aufgrund der langen Betriebszeit stärker aus als bei Anlagen, welche nur zeitweise betrieben werden. Aus diesem Grund sind Dauerverbraucher bevorzugt zu behandeln.

Werden Anlagen nur zu bestimmten Zehen benötigt, muss überprüft werden, ob die Einresp. Ausschaltzeiten der Anlagen und die Nutzung übereinstimmen.

#### Grösse des Energieverbrauches

Bei Anlagen mit grossem Energieverbrauch wirken sich Verbesserungen des Wirkungsgrades viel mehr aus als bei solchen mit kleinem Verbrauch. Diese sind deshalb bevorzugt zu behandeln.

Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass auch ein kleiner, permanenter Verbrauch über längere Zeit ein relevantes Sparpotential beinhalten kann (z.B. Standby-Schaltungen in der Unterhaltungselektronik).

## Vorgesehene Umbauten

Da die Untersuchungen an Anlagen meist längere Zeit beanspruchen, sollten Anlagen, welche in näherer Zukunft angepasst werden, nur im Ausnahmefall (sehr grosses Einsparpotential erhofft) bearbeitet werden.

## Sicherheitsanforderungen/Vorschriften

Unterliegt der Betrieb der Anlagen Sicherheitsanforderungen oder gesetzlichen Vorschriften, welche keine oder nur geringe Anpassungen zulassen, ist die Bearbeitung mit höchster Priorität meistens nicht sinnvoll.

## Abhängigkeit von Umwelteinflüssen

Um den Betrieb von Anlagen auf die vorhandenen Bedürfnisse abstimmen zu können, müssen die Umwelteinflüsse auf das Anlageverhalten erfasst werden. Aendern sich diese Einflüsse laufend, sind die Optimierungen meist mit sehr aufwendigen Massnahmen verbunden.

## Anlageverluste

Jeder Prozess erzeugt sekundäre Energieformen, welche für die eigentlichen Zwecke nicht genutzt werden können - Verluste. Neben dem Bestreben, diese Verluste möglichst klein zu halten, sollte versucht werden, auch diese Energien zu nutzen (z.B. WRG).

Besonders zu beachten sind Anlagen, bei welchen diese Verluste einen negativen Einfluss auf andere Anlagen ausüben und dadurch einen zusätzlichen Energieverbrauch bewirken (z.B. Abwärme der Beleuchtung in gekühlten Räumen).

## Abhängigkeit zu anderen Anlagen

Um den gesamten Energieverbrauch zu reduzieren, sind alle Anlagen, welche energetische Abhängigkeiten aufweisen, gleichzeitig zu bearbeiten. (z.B. eine Reduktion des Kälteverbrauches (Kälteerzeugung mit WRG) kann zu einem steigenden Energieverbrauch der Heizungsanlagen führen.)

## Anzahl identischer oder vergleichbarer Anlagen

Sind in einem Objekt mehrere identische oder vergleichbare Anlagen vorhanden, wird mit einer Untersuchung gleichzeitig die Grundlage für die Optimierung von mehreren Anlagen geschaffen. Diese Anlagen sind bevorzugt zu behandeln.

Weisen diese Anlagen eine grosse Abhängigkeit zum Benutzerverhalten auf, sollte zusätzlich mit Energieverbrauchsstatistiken versucht werden, eine energiebewusste Nutzung zu erreichen (z.B. Energiezahlen pro Monat am Anschlagbrett).

## Benutzerverhalten

Bei Anlagen, welche eine grosse Abhängigkeit zum Benutzerverhalten aufweisen (z.B. Beleuchtung), ist die Bearbeitung jener Anlagen, welche durch energiebewusste Benutzer genutzt werden, nicht vordringlich.

#### Vorhandene Hilfsmittel

Um die Betriebsoptimierung nicht zu behindern, sollten Anlagen, für welche die notwendigen Mess- und Auswertegeräte vorhanden resp. innerhalb kurzer Zeit verfügbar sind, zuerst bearbeitet werden.

#### Prioritätsgruppen für die BO

Die Anlagen werden nach der Beurteilung der einzelnen Kriterien in die folgenden 3 Gruppen unterteilt (z.B. Eintrag in vorhandene Anlageliste):

Priorität 1: Ueberprüfung möglichst rasch durchführen

Priorität 2: Ueberprüfung sinnvoll, aber nicht sehr dringend

Priorität 3: Ueberprüfung nicht unbedingt notwendig

Die Zuordnung und die Bildung von weiteren Gruppen ist umso wichtiger, je eingeschränkter der finanzielle und personelle Rahmen für die Betriebsoptimierung ist. Der Start der Betriebsoptimierung sollte erst nach abgeschlossener Beurteilung aller Anlagen erfolgen.

#### Hinweis:

Es ist zu empfehlen, die erste Optimierung an einer einfachen Anlage durchzuführen, um die einzelnen Schritte zu üben und Erfahrungen für komplexere Anwendungen zu sammeln.

### 6.1.3 MESSUNGEN UND MESSKONZEPTE

Für die Untersuchung des Energieverbrauches ist der Einsatz von Messungen meist unumgänglich. Die Messungen an Anlagen sind mit Kosten (Messstellen, Installationen) und Zeitaufwand verbunden. Um diese Kosten möglichst gering zu halten, werden nur die wichtigsten Grössen erfasst.

Die Voraussetzung für vergleichbare Messresultate ist, dass sich die Umwelteinflüsse während der Beobachtungsdauer nicht relevant ändern und die Randbedingungen eingehalten werden. Aus diesem Grund ist die Erfassung und Protokollierung dieser Grössen unerlässlich.

Eine Beurteilung eines Anlageverhaltens ist nur dann möglich, falls die Wahl des Zeitpunktes der Messungen und die Messdauer zweckmässig erfolgte. Die Auslegung dieser beiden Grössen ist von Anlage zu Anlage verschieden. Generell gilt:

Je grösser die Abhängigkeit der Anlage von Umwelteinflüssen, umso länger muss gemessen werden, um statistische Werte zu erhalten.

Die Planung und Durchführung von Messungen setzt detaillierte Kenntnisse über die Anlage und deren Abhängigkeiten voraus und muss gewissenhaft vorbereitet und durchgeführt werden.

## 6.2 BETRIEBSOPTIMIERUNG 1 OPTIMIERFUNKTIONEN

### 6.2.1 ABLAUF DER BETRIEBSOPTIMIERUNG

Wie schon im letzten Kapitel erwähnt, ist der Einsatz von Optimierfunktionen mit der Betriebsoptimierung der Anlagen (BO) verknüpft. Das Schwergewicht der Betriebsoptimierung liegt bei der Beobachtung und Analyse des Anlageverhaltens. Die Ergebnisse sind die Basis für den Einsatz zusätzlicher Optimierfunktionen (OF).

Die Untersuchung der 3 Optimierfunktionen hat gezeigt, dass beim Einsatz solcher Massnahmen ohne strukturierten Ablauf die erhofften Ergebnisse nicht erzielt werden.

Der folgende Ablauf wird für die Optimierung von Anlagen empfohlen:

	Phase	Schritt	Tätigkeit
<b>Projektphase</b>	Projekt	1.	Inbetriebsetzung, Abnahme und Mängelbehebung
	BO	2.	Beobachtung Betrieb der Anlage
<b>Durchführung der Betriebsoptimierung</b>	BO	3.	Beurteilung des Betriebes -> Anpassung Regel- und Steuerfunktionen
	BO	4.	Beobachtung Betrieb der Anlage (Energie)
	BO	5.	Analyse des Energieverbrauches
	BO	6.	Beurteilung und Entscheid für zusätzliche Optimierung. Falls keine Optimierung notwendig -> Schritt 2
<b>Realisierung der Optimierfunktion</b>	OF	7.	Planung und Realisierung der Optimierfunktion
	OF	8.	Beobachtung Betrieb der Anlage (Energie)
	OF	9.	Erfolgskontrolle der zusätzlichen Optimierung
<b>Zurück zur Betriebsoptimierung</b>	BO	10.	Beobachtung Betrieb der Anlage -> Schritt 2

Die wichtigsten Arbeiten in den einzelnen Schritten werden nachfolgend unter 6.2.2 beschrieben.

Mit diesem Vorgehen wird erreicht, dass zuerst die Möglichkeiten der vorhandenen Steuer- und Regeleinrichtungen ausgenutzt und zusätzliche Optimierfunktionen erst in 2. Priorität eingesetzt werden. Dadurch reduzieren sich die Kosten für die Optimierung, und die Steuerung und Regelung von Anlagen wird ebenfalls nicht mit unnötigen Zusätzen belastet.

Beim Arbeiten nach diesem Ablauf ist darauf zu achten, dass nach Änderungen in der Gebäudenutzung wieder beim Schritt 2 begonnen werden muss, damit das neue Anlageverhalten berücksichtigt wird.

Der Schritt 1 0 soll aufzeigen, dass auch nach erfolgreichem Einsatz von Optimierungsfunktionen die Betriebsoptimierung nicht abgeschlossen ist. Der Betrieb und die Energieverbrauchswerte müssen weiterhin fortlaufend erfasst und periodisch ausgewertet werden.

### **6.2.2 EINZELSCHRITTE DER BETRIEBSOPTIMIERUNG**

#### Schritt 1: Inbetriebsetzung und Abnahme

Alle Anlagen sind von den Unternehmern nach den Anforderungen der Pflichtenhefte in Betrieb gesetzt und abgenommen worden. Sämtliche Restmängel wurden behoben und die Dokumentationen (Schema, Beschriebe, Pläne usw.) sind bereinigt an den Bauherrn abgegeben worden.

#### Schritt 2: Beobachtung Betrieb der Anlage

Bei den Anlagen werden im Betrieb (Nutzung der Anlagen gemäss Pflichtenheft) die Betriebsdaten (Sollwerte, Betriebszeiten, etc.) und Anlagestörungen erfasst und bei Fehlverhalten protokolliert.

#### Schritt 3: Beurteilung des Betriebes mit ev. Anpassungen

Die im Schritt 2 gewonnenen Betriebserfahrungen werden vom Betreiber oder einer externen Stelle analysiert und falls notwendig die Parameter der Anlagen angepasst.

Ziel: Die Anlage arbeitet nach diesen Anpassungen mit den vorhandenen Steuer- und Regelfunktionen optimal.

#### Schritt 4: Beobachtung Betrieb der Anlagen

Am Anfang des 4. Schrittes wird das Messkonzept (analog Kap. 5.2) für die folgenden Beobachtungen erstellt und bei Bedarf die zusätzliche Messstellen eingebaut.

Alle Betriebsdaten, welche den Energieverbrauch der Anlagen beeinflussen, sowie der Energieverbrauch der Anlagen werden über eine Zeitspanne (abhängig von Anlage) erfasst und mit den zugehörigen Umwelteinflüssen (z.B. Aussentemperatur, Feuchte .... ) und Nutzung (Anzahl Personen, interne Lasten ... ) protokolliert.

#### Schritt 5: Analyse des Energieverbrauches

Die im Schritt 4 erfassten Werte werden analysiert und Sparpotentiale aufgrund von Vergleichswerten von ähnlichen Anlagen oder Richtwerten von Verbänden gesucht.

Können keine Sparpotentiale gefunden werden, sollten periodisch die Schritte 4 und 5, abgearbeitet werden.

#### Schritt 6: Beurteilung und Entscheid für zusätzliche Optimierung

Es wird untersucht, ob mit Hilfe von zusätzlichen Funktionen die vorhandenen Energieeinsparpotentiale reduziert werden können, ohne die Betriebsführung und Sicherheit der Anlagen zu beeinträchtigen.

Ist dies der Fall muss die erhoffte Energieeinsparung quantifiziert werden. Die Grundlagen für einen Entscheid sind somit vorhanden, und die Aufgabe der Optimierfunktion kann formuliert werden.

#### Schritt 7: Planung und Realisierung der Optimierfunktion

Die Vorgaben werden in eine Funktion umgesetzt und die Anlage wird nochmals für diesen neuen Teil in Betrieb genommen.

Schritt 8: Beobachtung Betrieb der Anlage Erfassung der Werte nach den Anpassungen analog Schritt 4.

#### Schritt 9: Erfolgskontrolle der Optimierfunktion

Die in den Schritten 4 und 8 erfassten Energieverbrauchsdaten werden bei gleichen Umwelt- und Nutzungsdaten verglichen.

Aufgrund der resultierenden Aenderung des Energieverbrauches wird beurteilt, ob die Zielsetzung aus Schritt 6 erfüllt wurde (- Erfolgskontrolle).

Schritt 10: Beobachtung Betrieb der Anlage Erfassung der Werte analog Schritt 2.

## 6.3 EINSATZ VON OPTIMIERFUNKTIONEN

### 6.3.1 FESTGESTELLTE SCHWACHSTELLEN

Während diesem Projekt wurden die folgenden Schwachstellen festgestellt:

- \* Anlagebetrieb erfüllt nicht Vorgaben
- \* Fehlende Angaben über Anlageverhalten
- \* Fehlende Angaben über erwartetes Einsparpotential
- \* Überprüfung der Einsparung messtechnisch nicht möglich
- \* Funktion beeinträchtigt Betriebssicherheit der Anlage
- \* Funktion arbeitet nur im Ausnahmefall
- \* Vernetzung der Anlage so gross, dass die Gesamtenergiebilanz nicht überprüfbar
- \* Standort der Erfassung von Umweltbedingungen falsch gewählt
- \* Freigabekriterien nicht eindeutig definiert

Aufgrund dieser Schwachstellen konnten die Erwartungen an die Optimierungsfunktionen nicht erfüllt werden.

### 6.3.2 HINWEISE FÜR DIE BEURTEILUNG

Bevor die detaillierte Planung einer Optimierungsfunktion in Auftrag gegeben wird, ist zu überprüfen, ob unter anderem die folgenden Aspekte erfüllt werden.

1) Die Optimierungsfunktion darf die Betriebssicherheit der Anlagen nicht beeinträchtigen. Es muss sichergestellt sein, dass Fehlfunktionen der Optimierung erkannt und die notwendigen Massnahmen eingeleitet werden.

Ebenfalls ist die Einhaltung der geltenden Sicherheitsanforderungen sowie der gesetzlichen Vorschriften zu überprüfen.

2) Bei Optimierungsfunktionen, welche nur aufgrund von bestimmten Umwelteinflüssen freigegeben werden (z.B. Aussenlufttemperatur), ist es wichtig, dass der Zeitpunkt der Aktivierung exakt bekannt ist oder automatisch erfasst werden kann.

Werden diese Funktionen durch den Betreiber manuell aktiviert, müssen die notwendigen Hilfsmittel, welche den Entschneider zur Freigabe resp. Sperrung ermöglichen, ebenfalls geschaffen und instruiert werden.

3) Bei Optimierungen an einzelnen Anlagen wurde öfters festgestellt, dass sich der Energieverbrauch dieser Anlagen reduziert, jedoch durch die Abhängigkeit zu anderen Anlagen ein Energiemehrverbrauch resultiert.

Aus diesem Grund müssen bei der Erstellung der Energiebilanz alle Anlagen mit Abhängigkeiten untereinander berücksichtigt werden, um das gemeinsame Optimum zu finden.

- 4) Werden für die Optimierung statistische Messwerte von Umwelteinflüssen verwendet, muss berücksichtigt werden, dass diese bei stark schwankenden Einflüssen zu einem Fehlverhalten der Anlage führen können.
- 5) Bei der Planung der Funktion muss berücksichtigt sein, dass die Ueberprüfbarkeit der Energiereduktion gewährleistet ist.

Die für den Vergleich benötigten Daten und Bedingungen müssen schriftlich festgelegt sein.

- 6) Können Anlagen ebenfalls manuell von Betreiber oder Benutzer beeinflusst werden, ist es wichtig, dass diese genau über den Betrieb und die Optimierung informiert werden.

Die Bedienungsgeräte sollten entsprechend beschriftet und wenn notwendig mit Hinweisen auf die Optimierung versehen werden.

- 7) Es ist darauf zu achten, dass trotz der Optimierung das Verhalten der einzelnen Anlagen nachvollziehbar bleibt. In Grenzfällen sollten dafür zweckmässige Hilfsmittel (z.B. Flussdiagramme) geschaffen werden.

- 8) Bei der Beurteilung des effektiven Einsparpotentials müssen ebenfalls alle Energieverbrauchswerte der zusätzlichen Massnahmen berücksichtigt werden. Das heisst, das Einsparpotential wird um diesen zusätzlichen Verbrauch reduziert.

### **6.3.3 UEBERPRÜFUNG EINSARPOTENTIAL**

Vor der Realisierung einer Optimierungsfunktion sollte überprüft werden, ob die automatischen Funktionen ebenfalls manuell mit einem vertretbarem Aufwand durchgeführt (oder simuliert) werden können.

Ist diese Möglichkeit vorhanden, sollten die Massnahmen oder Teile davon manuell durchgeführt und die Auswirkungen auf das Anlageverhalten gemessen werden.

Mit dieser Massnahme wird erreicht, dass die Berechnungen und Annahmen für die Optimierung an der Anlage überprüft und allfällige Änderungen bereits vor der Realisierung vorgenommen werden können.

## 6.4 CHECKLISTE FÜR BEURTEILUNG

Mit dieser Checkliste sollte vor der detaillierten Planung von Optimierungsfunktionen überprüft werden, ob die wichtigsten Abklärungen und Vorarbeiten durchgeführt wurden. Die optimale Voraussetzung für den Entscheid für die Optimierungsfunktion ist es, wenn alle Punkte mit ja beantwortet werden können.

Abklärung	ja	nein	Bemerkung
<p><b>1. Status der Anlagen</b></p> <p>Die Anlagen erfüllen die Anforderungen und arbeiten im vorgesehenen Betrieb.</p> <p>Die Anforderungen an die Anlage und die Komfortbedingungen wurden überprüft und falls notwendig angepasst.</p> <p>Die Regel- und Steuerparameter wurden aufgrund der Betriebserfahrung überprüft und falls notwendig angepasst.</p> <p>Die Möglichkeiten mit den vorhandenen Steuer- und Regeleinrichtungen wurden ausgeschöpft.</p> <p>Die Anlage und die Nutzung wird nicht relevant verändert.</p>			
<p><b>2. Betriebsdaten</b></p> <p>Das Messkonzept für die Anlagenoptimierung und die Erfolgskontrolle ist erstellt worden.</p> <p>Die Energieverbrauchswerte und die relevanten Umwelteinflüsse wurden nach der Betriebsoptimierung erfasst und können für die Erfolgskontrolle verwendet werden.</p> <p>Für die Ueberprüfung der Optimierungsfunktion sind keine zusätzlichen Messstellen notwendig.</p>			
<p><b>3. Sparpotential</b></p> <p>Bei der Suche nach dem Sparpotential wurden alle relevanten Abhängigkeiten zu anderen Anlagen berücksichtigt.</p> <p>Die Umwelteinflüsse, welche die mögliche Einsparung beeinflussen, sind bekannt.</p> <p>Das vorhandene Einsparpotential wurde quantifiziert.</p>			

Abklärung	ja	nein	Bemerkung
<p><b>4. Massnahmen für Optimierung</b></p> <p>Die Betriebssicherheit der Anlagen wird nicht beeinträchtigt.</p> <p>Die geforderten Komfortansprüche und Vorschriften werden eingehalten.</p> <p>Die notwendigen Hilfsmittel für die Optimierung wurden definiert.</p> <p>Die Aufteilung der Optimierung von manuellen und automatischen Massnahmen ist festgelegt.</p> <p>Art und Ort der Anpassung (Hard- und Software) ist festgelegt.</p> <p>Die energierelevanten Umwelteinflüsse können messtechnisch erfasst und verarbeitet werden.</p> <p>Das Einsparpotential durch die Optimierung ist quantifiziert.</p>			
<p><b>5. Optimierungsfunktion</b></p> <p>Der zusätzliche Energieverbrauch für die Optimierungsfunktion ist bekannt und berücksichtigt worden.</p> <p>Die Grösse der minimalen Energieeinsparungen durch die Optimierungsfunktion wurde schriftlich festgelegt (inkl. Basis für Vergleich).</p> <p>Beim Kostenvergleich (Einsparung zu Aufwand) wurden alle Folgekosten wie zusätzliche Wartung, Instruktionen usw. berücksichtigt.</p> <p>Eine manuelle Überprüfung der Funktion ist möglich.</p>			

## 7. ANHANG

Die folgenden Projekt-Unterlagen sind im Anhang beigelegt:

- |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7A Messkonzept          | Die wichtigsten Kapitel aus dem Messkonzept für die Nachtauskühlung sind als Beispiel für eine Umsetzung der Grundlagen aus dem Kapitel 5.2.1 nachfolgend zusammengefasst.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 7B Messprinzipschema    | Das Schema zeigt nur die Messstellen, welche für die Erfolgskontrolle der Optimierungsfunktion Nachtauskühlung in der Lüftungsanlage L32 ausgewertet werden. Diese Uebersicht ist ein Bestandteil des Messkonzeptes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 7C Messstellenübersicht | <p>In der Messstellenübersicht werden alle Messstellen, welche im Messprinzipschema eingezeichnet wurden, aufgeführt.</p> <p>Sie umfasst alle Informationen über die Art, den Einbauort sowie das Vorgehen für die Auswertung der einzelnen Messstelle und ist ebenfalls ein Bestandteil des Messkonzeptes.</p>                                                                                                                                                                                                                               |
| 7D Auszug Messdaten     | <p>Der Auszug aus den Messunterlagen der Erfolgskontrolle Nachtauskühlung zeigt die vom Leitsystem erfassten Messwerte für einen Tag ohne Freigabe der Nachtauskühlung (27. August 92).</p> <p>Die Darstellung der Messresultate (Tabelle, Diagramme) sowie die Berechnungen wurden mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogrammes mittels der von der Leitebene erfassten Daten erstellt.</p> <p>Die grosse Anzahl der Daten zeigt die Notwendigkeit, dass eine minimale Anzahl von Messstellen und ein grosses Zeitraster gewählt wird.</p> |
| 7E Literaturverzeichnis |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |



## 7. Anhang

### 7A MESSKONZEPT NACHTAUSKÜHLUNG (AUSZUG)

#### 1. Ziel der Untersuchung

Das Ziel der Untersuchung ist, die Einsparungen an elektrischer Energie, welche durch den Einsatz der Optimierungsfunktion Nachtauskühlung im Vergleich zum normalen Betrieb erreicht werden, mit Messungen an der Anlage zu erfassen.

Die Sollwerte und Regelparameter der Steuerung und Regulierung der Anlage werden während den Messungen nicht verändert.

#### 2. Untersuchungsobjekt

Die Untersuchung wird im Neubau des Zentrallaboratoriums des Blutspendedienstes in Bern an der Lüftungsanlage L32 Luftkonditionierung LABORS/INNENRAEUME OST durchgeführt.

Anlagebeschreibung

Zweck der Anlage

Die Anlage dient einerseits der Be- und Entlüftung der angeschlossenen Räume, andererseits zur Begrenzung der maximalen Raumtemperatur im Sommer für speziell ausgewiesene Räume. Um in den Nacht- und Wochenend- Stunden das Umwälzen grosser Luftmengen einzuschränken, wird das ABUFOL-Netz durch ein System DAUER-Betrieb ergänzt, über welches permanent ca. 25 % der Kapellen-ABL sowie die Chemikalienräume abgeführt bzw. entlüftet werden.

Steuerung und Regulierung der Anlage

Lüftungsanlage 1 Fortluftanlage

- Beschreibung siehe Kapitel 4.4.2

Optimierungsfunktion Nachtauskühlung

Die intensive Nachtlüftung soll bei allen Laborlüftungen und Teilklimaanlagen Kälteenergie sparen und die Komfortbedingungen verbessern.

- Beschreibung siehe Kapitel 4.4.2

Technische Daten der Anlage

Die technischen Daten der Anlage und der belüfteten Räume sind in der Beilage (nicht beigelegt) zusammengestellt.

- Revisionsunterlagen der Anlage (Beschriebe, Datenblätter, Lüftungspläne etc.).

#### 3. Vorgehen

Allgemeines

Die Einsparungen an elektrischer Energie für die Lüftungsanlage wird durch den Vergleich der Energiemessungen im Betrieb der Anlage

- Betrieb ohne Nachtauskühlung
- Betrieb mit Nachtauskühlung

bestimmt.

Die Einsparungen der Kälteenergie für die Kühlung der Aussenluft während des Tages wird mit dem zusätzlichen elektr. Energieverbrauch während der Nacht verglichen.

Um die Messresultate miteinander vergleichen zu können, dürfen die Randbedingungen (siehe 4.) und die Umwelteinflüsse (siehe 5.) keine relevanten Änderungen erfahren.

Die Messresultate aus den beiden Messungen können nur dann verglichen werden, wenn die Umweltbedingungen (siehe 6.) sich nicht wesentlich ändern.

Energievergleich

Abhängigkeiten

Die Wirkung der Nachtauskühlung ist von der Aussenluft während der Nacht abhängig. Aus diesem Grund müssen die Einsparungen in Funktion der Aussentemperatur bestimmt werden.

Bestimmung der Energieeinsparung

Die Einsparungen an elektrischer Energie durch die Nachtauskühlung wird wie folgt ausgerechnet:

Einsparung Elektr. Verbrauch (ohne NK) - Elektr. Verbrauch (mit NK) + Kälte-Leistungsziffer x [ Kälteverbrauch (ohne NK) - Kälteverbrauch (mit NK)]

Der elektrische Verbrauch der Lüftungsanlage wird direkt an der Einspeisung der Anlage gemessen.

Der Kälteverbrauch beinhaltet die benötigte Kälteenergie für den Vor- und die Nachkühler der Lüftungsanlage. Er wird mit einer Messstelle erfasst.

Bestimmung der Kosteneinsparung

Für die Bestimmung der Einsparungen an Energiekosten muss zusätzlich der Zeitpunkt des elektr. Energieverbrauches (NOT oder TH) berücksichtigt werden.

Bei der Kälteerzeugung wird angenommen, dass die Kälte in der Nacht erzeugt und im Latentspeicher zwischengespeichert wird.

#### **4. Randbedingungen**

Die folgenden Randbedingungen dürfen während der Messperiode nicht verändert werden, damit die Messresultate miteinander verglichen werden können. Wird trotzdem eine dieser Bedingungen verändert, dürfen die Messdaten, welche mit anderen Bedingungen erfasst wurden, bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden.

Fortluftanlage

Die Fortluftanlage muss während der Messperiode im Automatikbetrieb betrieben werden, und die Zuschaltung der Räume darf nicht verändert werden.

Die folgenden Änderungen müssen mit Datum und Zeitangabe protokolliert werden:

- Handbetrieb der Anlage (Ein- und Ausschalten)
- Störung der Anlage
- Zu- oder Wegschalten von Räumen.

## Lüftungsanlage

Die Lüftungsanlage muss während der Messperiode im Automatikbetrieb betrieben werden, und die Zuschaltung der belüfteten Räume darf nicht verändert werden.

Die folgenden Aenderungen müssen mit Datum und Zeitangabe protokolliert werden:

- Handbetrieb der Anlage (Ein- und Ausschalten)
- Störung der Anlage
- Aenderungen von Sollwerten und Regelparameter
- Aenderungen am Zeitprogramm
- Zu- oder Wegschalten von Räumen.

## Kontrolle der Randbedingungen

Um Aenderungen der Randbedingungen während der Messperiode bei der Auswertung berücksichtigen zu können, müssen alle Betriebsdaten der Anlage L32 während der Messperiode über das Leltsystem erfasst und protokolliert werden.

Alle Betriebsänderungen der Anlage werden für den Zeitraum der Messungen mit Zeit- und Datumsangabe auf Diskette abgelegt.

## 5. Erfassung von Umwelteinflüssen

Der Betrieb der Lüftungsanlage und somit der Energieverbrauch ist abhängig von der Nutzung der belüfteten Räume und klimatischen Bedingungen.

Die folgenden Einflüsse auf den Anlagebetrieb müssen während der Messperiode zusätzlich zu den Verbrauchsmessungen erfasst werden, damit bei der Auswertung der Messresultate die Verbrauchswerte mit gleichen Bedingungen verglichen werden können.

Aus Zeit- und Kostengründen können aber nicht alle Einflüsse mit Mess- und Ueberwachungsgeräten erfasst werden. Für diese Einflüsse müssen Massnahmen ergriffen werden, damit sie sich während den Messungen nicht relevant ändern.

### Raumnutzung

#### Belegung der Räume

Die Anzahl der Personen in den einzelnen Räumen wird mittels einer Belegungsliste während der Messperiode pro Tag protokolliert.

#### Interne Lasten

Für die Berücksichtigung der Erwärmung der Räume durch interne Lasten (Beleuchtung, PC usw.) wird der Gesamtverbrauch der elektrischen Energie für interne Lasten des Laborgebäudes während der Messperiode erfasst.

#### Storenstellung

Je nach Storenstellung ist die Erwärmung der Räume durch die Sonneneinstrahlung unterschiedlich. Die Storen der Räume werden einzeln, unabhängig voneinander durch die Benutzer eingestellt.

Alle Storen werden am Abend zentral geschlossen und am Morgen wieder geöffnet.

Die Stellung der einzelnen Storen wird nicht überwacht. Es wird angenommen, dass die Benutzer der Räume bei gleicher Sonneneinstrahlung die Storen in eine ähnliche Stellung bringen.

### Fensteröffnung

Für die Messungen wird vorausgesetzt, dass in den klimatisierten Räumen, keine Fenster geöffnet werden. Dies hätte eine Verschlechterung der klimatischen Bedingungen im Raum zur Folge.

Das Öffnen von Fenstern wird nicht überwacht.

Räume mit Nachkühler

Der Kälteverbrauch der Nachkühler kann aus messtechnischen Gründen nicht erfasst werden.

Der Einfluss der Nachkühler auf den Kälteverbrauch, muss während den Kontrollmessungen untersucht werden.

Raumtemperatur

Die Raumtemperaturen und Ventilstellungen der Nachkühler der 5 Räume mit Nachkühler sowie des Raumes 30244 werden zu Kontrollzwecken ebenfalls während der gesamten Messperiode erfasst und protokolliert.

Varlante:

Um den Einfluss der Nachkühler auf die Messresultate zu reduzieren, wird der Sollwert dieser Räume aufgrund der Raumtemperatur eines Raumes ohne Nachkühler (30244) gebildet. Der Sollwert wird jedoch bei 26 °C begrenzt.

Klimatische Aussenbedingungen

Aussentemperatur

Die Aussentemperatur wird während der gesamten Messperiode erfasst und protokolliert.

Sonneneinstrahlung

Die Sonneneinstrahlung auf das Gebäude wird auf dem Dach mittels eines Solarimeters während der gesamten Messperiode erfasst und protokolliert.

## 6. Messstellen

Die folgenden Messstellen werden für die Untersuchung benötigt:

Temperaturmessungen:	- Aussentemperatur - Zulufttemperatur - Ablufttemperatur - Raumtemperaturen/Ventilstellung (mit Nachkühler) - Raumtemperatur 30244
Sonneneinstrahlung	
Elektr. Verbrauch:	- Lüftungsanlage L32 - Verbrauch Laborgebäude (interne Lasten)
Kältemessung:	- Kälteverbrauch Vorkühler der Lüftungsanlage L32

Die Temperaturen und Sonneneinstrahlung werden stetig gemessen, und der Verlauf wird protokolliert.

Bei den Verbrauchsmessungen wird der Energieverbrauch in festgelegten Zeitabständen erfasst und protokolliert.

#### Bestehende Messstellen

Die folgenden Messstellen sind bereits vorhanden und können über das Leitsystem protokolliert werden:

Temperaturmessungen:                   - Aussentemperatur  
                                              - Zulufttemperatur  
                                              - Ablufttemperatur  
                                              - Raumtemperaturen/Ventilstellungen (mit Nachkühler) - Raumtemperatur 30244

Elektr. Verbrauch:                   - Verbrauch Laborgebäude (interne Lasten)

#### Zusätzliche Messstellen

Die folgenden Messstellen sind nicht vorhanden. Es ist sinnvoll, diese auf eine Unterstation aufzuschalten, damit sie mit Hilfe des Leitsystems protokolliert werden können:

Sonneneinstrahlung  
Elektr. Verbrauch:                   - Lüftungsanlage L32  
Kältemessung:                        - Kälteverbrauch Vorkühler der Lüftungsanlage L32

Fest Installierte Messstellen  
Die Kälte-Messstelle wird fest           installiert und nach der Untersuchung vom Betreiber weiter genutzt.

#### Einbauorte der Messstellen Solarimeter

Das Solarimeter wird auf dem Dach des Laborgebäudes installiert. Somit kann die Gesamteinstrahlung auf die horizontale Fläche gemessen werden.

Der Messwert wird auf die Unterstation XXX im X. Obergeschoss aufgeschaltet. Die MSR-Bezeichnung für den Datenpunkt lautet XXXX.XXX.

#### Elektr. Verbrauchsmessung L32

Die Elektr. Verbrauchsmessung der Lüftungsanlage L32 wird im Schaltschrank US7 im Feld 03 nach dem Anlageschalter installiert.

Der Messwert wird auf die Unterstation XXX im X. Obergeschoss aufgeschaltet. Die MSR-Bezeichnung für den Datenpunkt lautet XXXX.XXX.

#### Kälte Verbrauchsmessung L32

Die Kälte-Verbrauchsmessung Lüftungsanlage L32 wird in der Kälteverteilung so platziert, dass nur der Verbrauch des Vorkühlers erfasst wird.

Der Messwert wird auf die Unterstation XXX im X. Obergeschoss aufgeschaltet. Die MSR-Bezeichnung für den Datenpunkt lautet XXXX.XXX.

## 7. Protokollierung der Messungen

Leitebene

Die Messwerte werden einzeln mit Hilfe der Leitebene protokolliert und auf einem Datenträger für die Auswertung abgespeichert.

Die folgenden Reports werden zusätzlich für die Auswertung erstellt.

Report Nr. 1: Temperaturen

In den Report Nr. 1 werden die folgenden Messwerte und Betriebsmeldungen während der Messperiode mit Datum- und Zeitangabe eingetragen.

Zeitschritt: 15 Minuten

Messwerte:

- Aussentemperatur
- Zulufttemperatur
- Ablufttemperatur
- Mittlere Raumtemperatur
- Raumtemperatur 3O244
- Betrieb der Fortluftanlage
- Betrieb der Lüftungsanlage

Der Report wird pro Tag auf Diskette abgespeichert.

Report Nr. 2: Interne Lasten 1 Sonneneinstrahlung

In den Report Nr. 2 werden die folgenden Messwerte und Betriebsmeldungen während der Messperiode mit Datum- und Zeitangabe eingetragen.

Zeitschritt: 15 Minuten

Messwerte:

- Aussentemperatur
- Sonneneinstrahlung
- Mittelwert der 5 Raumtemperaturen
- Raumtemperatur 3O244
- Fortlaufender Zählwert des elektr. Energieverbrauches des Laborgebäudes

Der Report wird pro Tag auf Diskette abgespeichert.

Report Nr. 3: Verbrauchszahlen

In den Report Nr. 3 werden die folgenden Messwerte und Betriebsmeldungen während der Messperiode mit Datum- und Zeitangabe eingetragen.

Zeitschritt: 15 Minuten

Werte:

- Fortlaufender Zählwert der Kälteenergie
- Fortlaufender Zählwert der Elektroenergie der Lüftungsanlage

Der Report wird pro Tag auf Diskette abgespeichert.

Separate Auswertegerät :

Für die Messungen sind keine speziellen Auswertegeräte notwendig, falls alle Messstellen über Unterstationen auf das Leitsystem aufgeschaltet werden können.

## Journal

Die Belegung der Räume wird nach Absprache mit den Benützern einmal pro Woche (Montag) vom XXXXX pro Raum ins Journal eingetragen.

Ebenfalls werden grössere Abweichungen vom normalen Betrieb und der Nutzung der Anlagen mit Datum- und Zeitangabe durch den Betreiber der Anlagen im Journal vermerkt.

### **8. Beeinflussung des Betriebes**

Die Nutzung der belüfteten Räume darf durch die Messungen nicht beeinträchtigt werden. Das heisst, der Betrieb der Lüftungsanlage darf während der Arbeitszeit (07.00 bis 18.00) nur kurzzeitig unterbrochen werden. Alle Aktivitäten an der Anlage müssen vorher mit dem Betreiber abgesprochen werden.

### **9. Zeitpunkt/Dauer der Messung**

Die Messungen an der Anlage können in 2 Gruppen aufgeteilt werden.

- 1) Langzeitmessungen
- 2) Messperiode

Die Messungen (Langzeitmessungen) ausserhalb der eigentlichen Messperiode werden benötigt, damit über das effektive Einsparpotential Aussagen gemacht werden können.

#### Langzeitmessungen

Die Aussentemperatur und der Mittelwert der 5 Raumtemperaturfühler wird ab:

Anfang Juni 92 bis Ende Okt. 92 ohne Unterbruch protokolliert.

#### Messperiode

Die eigentliche Messperiode an der Anlage beinhaltet alle im Kapitel 6. beschriebenen Messungen. Die Wahl des Zeitpunktes der Messungen muss so gewählt werden, dass die Bedingungen der Funktion für die Nachtauskühlung erfüllt werden.

Um vergleichbare Bedingungen der Messungen mit und ohne Optimierungsfunktion zu erhalten wird die Anlage während der Messperiode abwechslungsweise einen Tag mit und den nächsten Tag ohne Optimierung betrieben.

Zeitpunkt:	Juli/August/September 92
Dauer:	6 Wochen
Wochentage:	Montag 00.00 Uhr bis Freitag 24.00 Uhr
Die Umschaltung	der Betriebsart der Anlage muss vom Leitsystem automatisch in der Nacht vor 24.00 Uhr erfolgen.

#### Terminplan

Die Detailtermine der einzelnen Schritte für die Messungen sind in den folgenden Terminplänen ersichtlich. (Terminpläne nicht beigelegt)

Die Voraussetzung für den Zeitpunkt der Messperiode ist, dass die Optimierungsfunktion in Betrieb gesetzt und durch den Betreiber abgenommen wurde.

## 10. Messablauf

### Vorbereitung

Bei der Vorbereitung der Messungen müssen die folgenden Arbeiten erledigt werden:

- Instruktion des Betreibers
- Instruktion der Benutzer
- Besichtigung der Anlagen und Festlegen der Einbauorte mit Messpartner und Unternehmer
  
- Vorbereiten und Implementieren der zusätzlichen Reports auf das Leitsystem

Diese Arbeiten müssen vor der Kontrollmessung abgeschlossen und überprüft sein.

### Messaufbau

#### Lieferung der Messgeräte

Die folgenden Messgeräte werden von JWE geliefert:

- Solarimeter
- Elektromessstelle

Alle anderen zusätzlichen Messstellen werden vom MSR-Lieferanten geliefert.

### Einbau und Anpassungen an der Anlage

Die zusätzlichen Messstellen werden nach Angaben JWE durch den HKL- und MSR-Lieferanten an der Anlage eingebaut und auf die Unterstation aufgeschaltet.

Die Anpassungen auf der Leitebene werden durch den MSR-Lieferanten durchgeführt.

### Kontrollmessungen

Nach Beendigung der Arbeiten für den Messaufbau, werden sämtliche Messungen während eines Tages beobachtet und auf Plausibilität überprüft. Ebenfalls werden die Einträge in die entsprechenden Reports auf dem Leitsystem kontrolliert.

Die Kontrollmessung findet vor der eigentlichen Messperiode statt, damit allfällige Fehler noch behoben werden können.

### Messnaen

#### Kontrolle der Messungen

Die Messresultate werden 1 mal pro Woche durch JWE vorort auf der Anlage überprüft.

#### Führen des Messjournals

Das Messjournal wird während der Messperiode durch den Betreiber der Anlagen geführt. Der Inhalt und Umfang der Eintragungen sind im Kapitel 7.3 beschrieben.

#### Demontage des Messaufbaus

Nach Abschluss der Messungen werden die temporären Messtellen durch den Lieferanten der Geräte wieder demontiert.

Die Anlage ist nach der Demontage wieder in denselben Zustand wie vor den Messungen gebracht, mit Ausnahme der neuen fest eingebauten Messstellen.

## 11. Auswertung

### Einsparungen durch Nachtauskühlung

Mit den erhaltenen Messresultaten wird ausgewertet, wie gross die Einsparungen an elektrischer Energie durch den Einsatz der Nachtauskühlung in Abhängigkeit der Aussentemperaturen während der Nacht ausfallen.

Für die Auswertung wird mit der mittleren Leistungszahl für die Kälteerzeugung gerechnet.

### Einsparpotential

### Elektrische Energie

Mit den erhaltenen Resultaten und den Messresultaten aus der Langzeitmessung wird ausgewertet, wie gross die Einsparungen an elektrischer Energie während der Sommermonate 1992 (Juni- Sept.) sind.

Zu diesem Zweck wird analysiert, wie oft die Nachtauskühlung aufgrund der Aussentemperaturen und den Raumtemperaturen um Mitternacht aktiviert worden wäre.

### Energiekosten

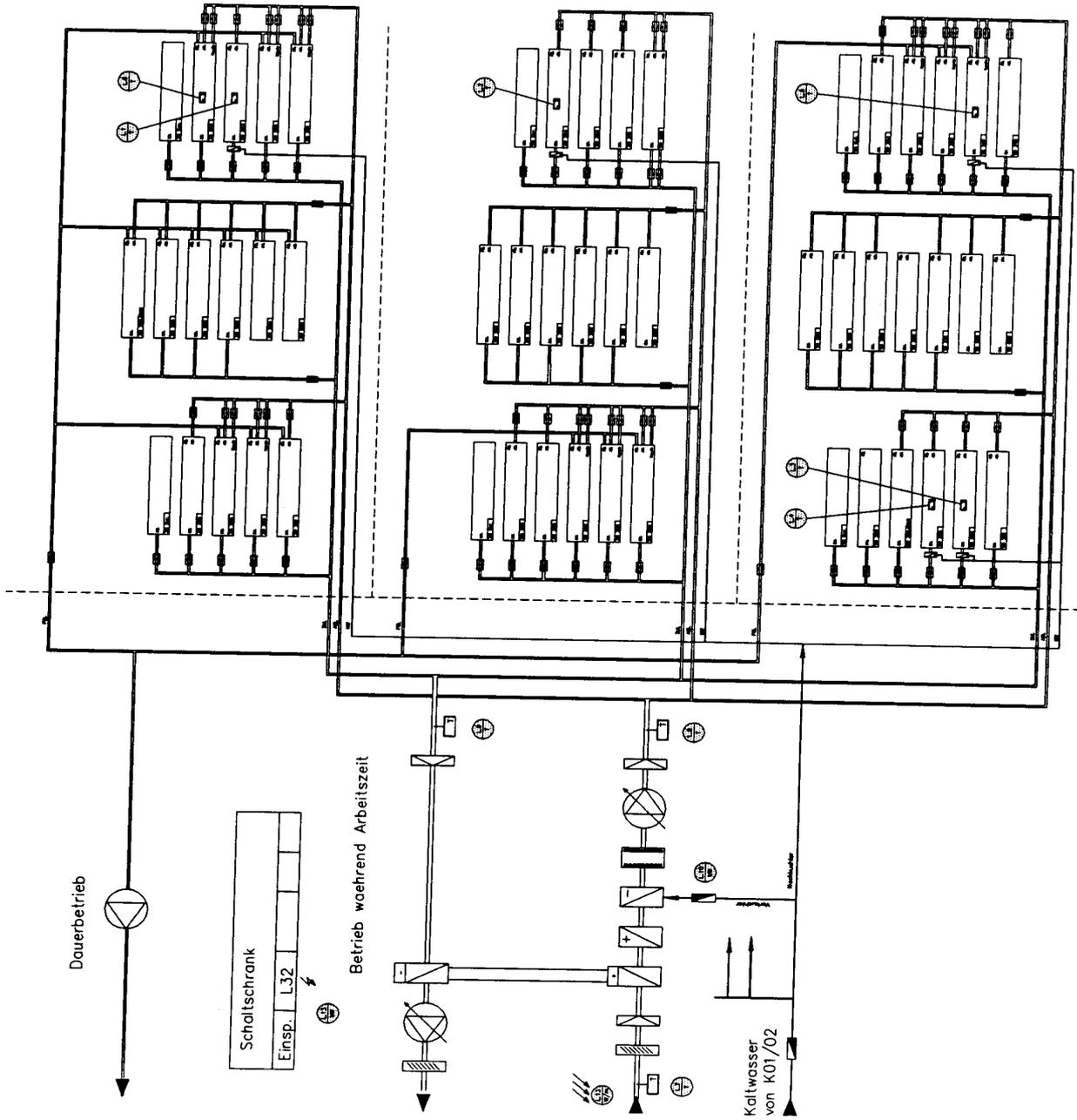
Unter Berücksichtigung des Zeitpunktes des elektrischen Energiebezuges (im Nieder- oder Hochtarif) werden die eingesparten Energiekosten berechnet.

## 12. Kosten für die Messung

Für die Durchführung der Messungen wird mit den folgenden Kosten gerechnet:

Planung, Organisation	Fr.	xx'xxx
Materialkosten (Messgeräte)	Fr.	xx'xxx
Anpassungen ZLT	Fr.	xx'xxx
Montage/ Demontage Messaufbau	Fr.	xx'xxx.
Kontrollarbeiten	Fr.	xx'xxx
Auswertung	Fr.	xx'xxx
Total	Fr.	<u>xx'xxx</u>

# 7B MESSPRINZIPSCHEMA L32



7C MESSSTELLENÜBERSICHT L32

Messung		Messfühler					Messprotokollierung				
Nr.	MSR-Bez.	Beschreibung	Signalart	Messbereich von bis	Einh.	Typ	Signal	Einbaort	Erfassung	Art	Intervall
L.1	TE 844	Raumtemperatur 30 243	stetig	-20 40	C	PT 100	4..20 mA	Anlage	Leitsystem	P/H	15 Min.
L.2	TE 845	Raumtemperatur 20 244	stetig	-20 40	C	PT 100	4..20 mA	Anlage	Leitsystem	P/H	15 Min.
L.3	TE 842	Raumtemperatur 10 202	stetig	-20 40	C	PT 100	4..20 mA	Anlage	Leitsystem	P/H	15 Min.
L.4	TE 843	Raumtemperatur 10 203	stetig	-20 40	C	PT 100	4..20 mA	Anlage	Leitsystem	P/H	15 Min.
L.5	TE 846	Raumtemperatur 10 241	stetig	-20 40	C	PT 100	4..20 mA	Anlage	Leitsystem	P/H	15 Min.
L.6	TE...	Raumtemperatur 30 244	stetig	-20 40	C	PT 100	4..20 mA	Anlage	Leitsystem	P/H	15 Min.
L.7	TE 802	Aussettemperatur	stetig	-20 40	C	PT 100	4..20 mA	Anlage	Leitsystem	P/H	15 Min.
L.8	TE 801	Zulufttemperatur	stetig	-20 40	C	PT 100	4..20 mA	Anlage	Leitsystem	P/H	15 Min.
L.9	TE 803	Ablufttemperatur	stetig	-20 40	C	PT 100	4..20 mA	Anlage	Leitsystem	P/H	15 Min.
L.10 *		Kälte Verbrauch Lüftung L32	Impuls		kWh	CALEC		Anlage	Leitsystem	P	15 Min.
L.11 *		Kälte Leistung Lüftung L32	stetig		kW	CALEC		Anlage	Leitsystem	P/H	15 Min.
L.12 *		Elektr. Verbrauch Lüftung L32	stetig	0 60	kW	VIPD3-AP	0...1 V	Schrank US	Leitsystem	P	15 Min.
L.13 *		Sonneneinstrahlung	stetig	0 1000	W/m2	Solar 118	0...100 mV	Dach	Leitsystem	P/H	15 Min.
L.14 xx xxx		Elektr. Verbrauch Gebäude LAB	Impuls		kWh			UV	Leitsystem	P	15 Min.

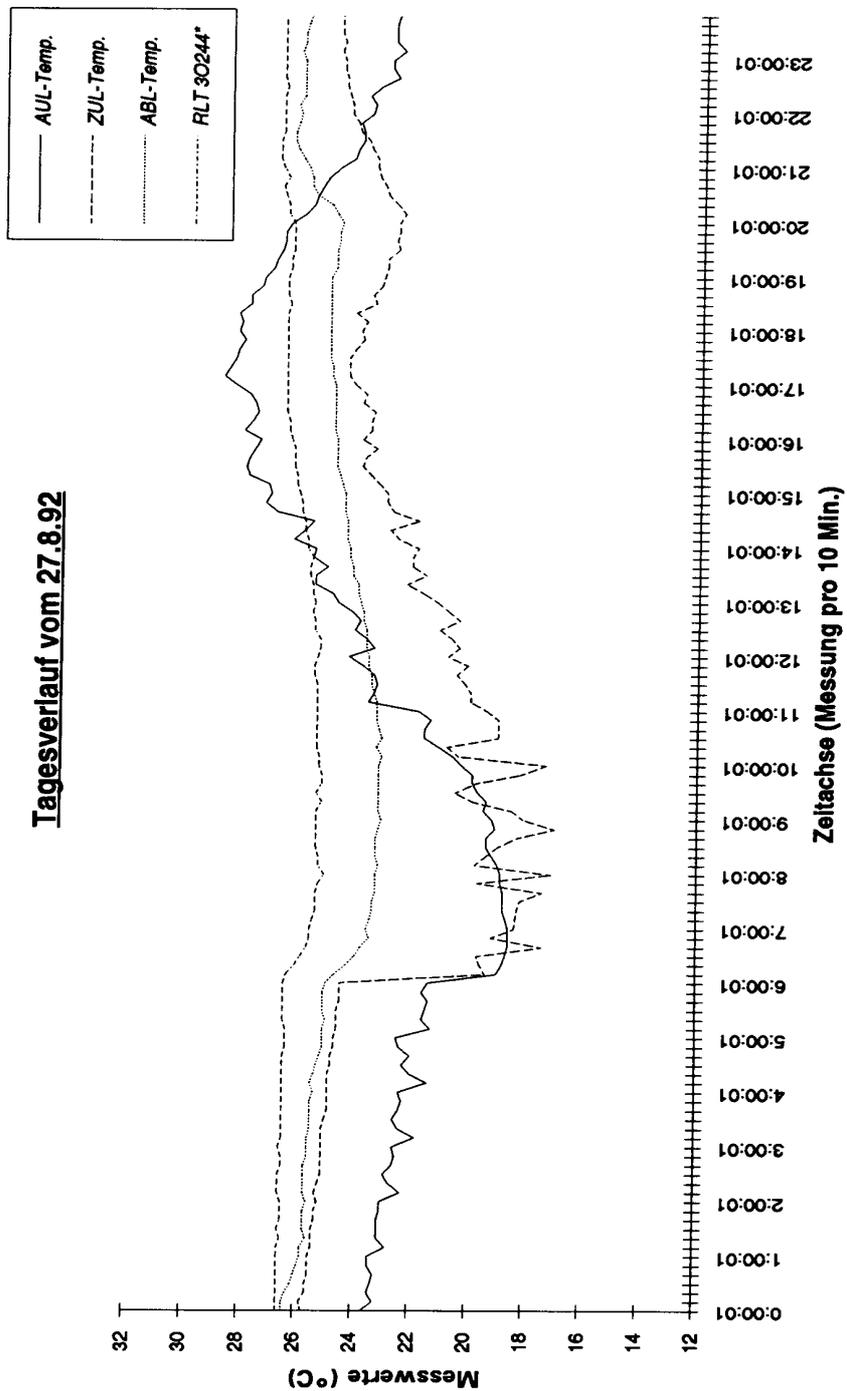
B-7C-T01.xls

Ravel FP 32.53

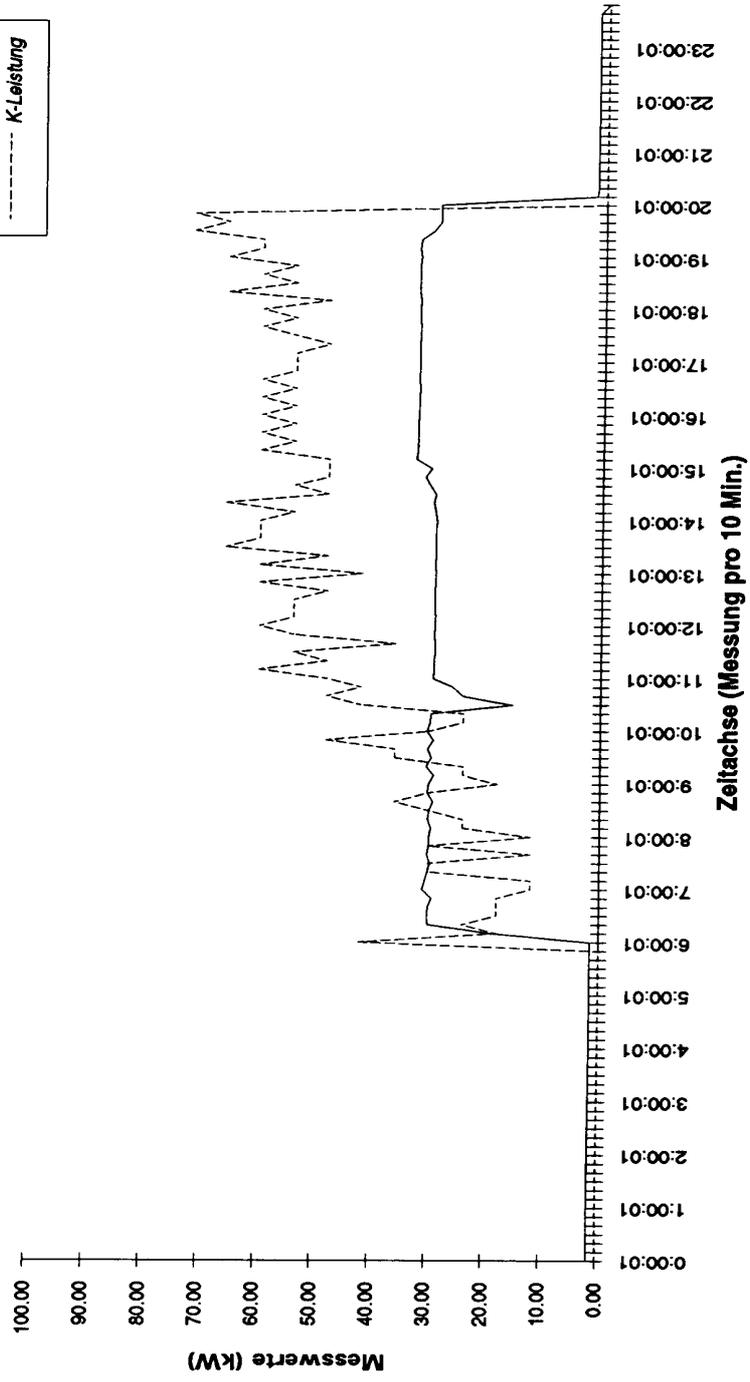
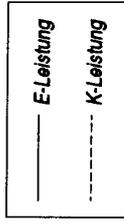
Mittelwerte/Energieverbrauch der Nachtauskühlung vom : **27.8.92**

Zeitspanne	Vergleichsgrößen (Mittelwerte)				Elektro/Kälte				K. Energie kWh
	Solarim. W/m2	AUL-Temp. °C	ZUL-Temp. °C	ABL-Temp. °C	RL-Temp. °C	Ei. Leistung kW	Ei. Energie kWh	K. Leistung kW	
00:00-06:00	0.00	22.53	25.10	25.58	26.53	1.50	9.01	0.00	0.00
06:00-12:00	186.25	20.17	19.21	23.45	25.48	28.02	167.95	31.00	189.00
12:00-18:00	562.17	26.54	22.75	24.48	26.05	30.82	184.91	55.17	331.00
18:00-24:00	44.81	25.19	23.79	25.63	26.68	12.62	73.64	21.09	123.00
<b>Mittelwert T</b>	<b>196.31</b>	<b>23.61</b>	<b>22.71</b>	<b>24.78</b>	<b>26.19</b>	<b>18.28</b>	<b>*</b>	<b>26.85</b>	<b>*</b>
NT-Verbrauch	*	*	*	*	*	*	*	*	*
HT-Verbrauch	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<b>Tagesverb.</b>	<b>*</b>	<b>*</b>	<b>*</b>	<b>*</b>	<b>*</b>	<b>*</b>	<b>435.51</b>	<b>*</b>	<b>643.00</b>
0:00	0.00	23.60	25.70	26.40	26.60				
06:00-20:00	335.79	23.98	21.33	24.12	25.88	29.72	420.94	45.18	643.00

B-7D-T01.xls



**Tagesverlauf vom 27.8.92**



Ravel FP 32.53

**Messwerte der Nachtauskühlung vom: 27.8.92**

Messung Datum	Zeit	ZUL-Ventil MI 200 Betrieb (1)	ABL-Ventil MI 200 Betrieb (1)	Solarim. W/m2	AUL-Temp. TE 002 °C	ZUL-Temp. TE 001 °C	ABL-Temp. TE 003 °C	RLT 10202 TE 042 °C	RLT 10203 TE 043 °C	RLT 20243 TE 044 °C	RLT 20244 TE 045 °C	RLT 10241 TE 046 °C	RLT 20244 TE 047 °C	E-Verbrauch Zähler /100 kWh	K-Verbrauch Zähler kWh	E-Leistung Mittelwert kW	K-Leistung Mittelwert kW
27.8.92	10:40:01	1	1	378	21,6	19	23,2	23,1	23,5	25,8	25,6	23,7	25,4	1537669,00	17272	24,12	48,00
27.8.92	10:50:01	1	1	476	21,4	19	23,3	22,9	23,1	25,6	25,4	23,7	25,4	1538071,00	17280	25,98	42,00
27.8.92	11:00:01	1	1	537	21,8	19,4	23,3	22,9	23,5	25,4	25,6	23,7	25,4	1538501,00	17287	25,34	48,00
27.8.92	11:10:01	1	1	624	23,6	20	23,3	22,9	23,9	25,6	25,6	23,7	25,4	1538990,00	17295	29,22	60,00
27.8.92	11:20:01	1	1	581	23,4	20	23,4	22,9	23,9	25,6	26	23,9	25,4	1539477,00	17305	29,22	48,00
27.8.92	11:30:01	1	1	595	23,3	20,2	23,5	23,1	23,9	25,8	25,8	23,9	25,4	1539964,00	17313	29,15	54,00
27.8.92	11:40:01	1	1	587	23,4	20,5	23,5	23,7	24,1	25,8	26,2	23,9	25,5	1540450,00	17322	29,16	36,00
27.8.92	11:50:01	1	1	642	23,8	20,1	23,6	23,1	23,9	25,8	26,2	23,9	25,5	1540936,00	17328	28,22	54,00
27.8.92	12:00:01	1	1	628	23,4	20,8	23,6	23,5	23,9	26	26,4	24,1	25,4	1541423,00	17337	29,16	60,00
27.8.92	12:10:01	1	1	635	23,4	20,4	23,7	22,5	23,9	26,2	26,4	24,3	25,3	1541908,00	17347	29,16	54,00
27.8.92	12:20:01	1	1	661	23,7	20,7	23,7	22,3	24,1	26	26,4	24,3	25,3	1542393,00	17356	29,22	54,00
27.8.92	12:30:01	1	1	642	24,1	21,1	23,7	21,9	23,9	26,2	26,4	24,5	25,5	1542880,00	17365	29,22	54,00
27.8.92	12:40:01	1	1	632	23,9	20,4	23,8	22,3	23,9	26,4	26,8	24,5	25,5	1543367,00	17374	29,22	48,00
27.8.92	12:50:01	1	1	665	24,2	20,8	23,8	22,1	24,1	26,4	26,8	24,5	25,6	1543854,00	17382	29,16	60,00
27.8.92	13:00:01	1	1	679	24,7	21,2	23,9	22,1	24,3	26,6	27,4	24,7	25,5	1544340,00	17392	29,16	42,00
27.8.92	13:10:01	1	1	679	24,9	21,7	24	21,9	24,3	26,8	27,6	25	25,6	1544825,00	17399	29,22	60,00
27.8.92	13:20:01	1	1	667	25,5	22,3	24	22,1	24,1	26,8	27	25	25,6	1545312,00	17409	29,16	48,00
27.8.92	13:30:01	1	1	678	25,5	21,6	24,2	22,1	23,9	26,6	27	25,2	25,7	1545798,00	17417	29,16	56,00
27.8.92	13:40:01	1	1	679	25,1	22,1	24,2	22,1	24,1	26,8	27,2	25,4	25,7	1546283,00	17428	29,16	60,00
27.8.92	13:50:01	1	1	685	25,6	22,1	24,3	22,7	24,3	26,4	26,6	25,6	25,6	1546768,00	17438	29,16	60,00
27.8.92	14:00:01	1	1	587	25,5	21,9	24,3	22,5	24,3	26,4	26,6	25,6	25,8	1547253,00	17448	29,04	60,00
27.8.92	14:10:01	1	1	660	26,3	22,6	24,4	22,5	24,3	26,4	26,6	25,6	25,8	1547737,00	17458	29,22	54,00
27.8.92	14:20:01	1	1	656	25,9	22,9	24,4	22,5	24,3	26,2	26,8	26	25,9	1548224,00	17467	29,58	60,00
27.8.92	14:30:01	1	1	643	25,6	21,9	24,4	22,5	24,3	26,4	27	26,2	25,9	1548717,00	17478	29,22	48,00
27.8.92	14:40:01	1	1	647	26,9	22,8	24,5	22,5	24,1	26,8	26,8	26,8	26	1549204,00	17486	30,24	54,00
27.8.92	14:50:01	1	1	630	27,3	23	24,5	22,5	24,3	26,8	27	26,2	26	1549708,00	17495	31,08	48,00
27.8.92	15:00:01	1	1	611	27,1	23	24,5	22,7	24,3	26,8	27,2	26,6	26,1	1550228,00	17503	29,94	48,00
27.8.92	15:10:01	1	1	617	27,2	23,3	24,6	22,7	24,5	26,8	27	26,6	26,2	1550725,00	17511	32,76	48,00
27.8.92	15:20:01	1	1	620	27,9	23,6	24,7	22,7	24,7	26,8	27	26,6	26,2	1551271,00	17519	32,52	60,00
27.8.92	15:30:01	1	1	603	28	23,9	24,8	22,7	24,7	26,8	27,6	26,8	26,3	1551819,00	17529	32,48	54,00
27.8.92	15:40:01	1	1	576	27,9	23,8	24,8	22,9	24,9	27	27	26,8	26,3	1552364,00	17538	32,48	60,00
27.8.92	15:50:01	1	1	549	27,7	23,4	24,8	22,7	25	26,8	27	26,8	26,3	1552895,00	17548	32,52	54,00

## **7E LITERATURVERZEICHNIS**

Kursuntedagen Integrale Planung von Regel- und Leitsystemen, J. Willers, Impulsprogramm Haustechnik, Bundesamt für Konjunkturfragen 1986

Messen in der Haustechnik, Impulsprogramm Haustechnik, Bundesamt für Konjunkturfragen 1986.

Leitfaden für Messungen an Gebäuden und Haustechnikanlagen, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein SIA 1989.

Gebäudeautomation Inbetriebsetzung und Abnahme, Impulsprogramm Ravel, Bundesamt für Konjunkturfragen 1992.



**Bestellung von RAVEL-Dokumentationen:**

Name, Vorname: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Strasse: \_\_\_\_\_

PLZ, Ort: \_\_\_\_\_

Bundesamt für Konjunkturfragen

Impulsprogramm RAVEL

Belpstrasse 53

3003 Bern

Datum, Unterschrift: \_\_\_\_\_

FAX: 031/372 41 02

Titel	Autor	Bestellnummer	Preis	Bestellung
<b>Allgemeine Dokumentationen zu RAVEL</b>				
Broschüre "Neue Handlungsspielräume mit weniger Strom"		724.301 d	gratis	
Broschüre "L'économie d'électricité crée de nouveaux champs d'action"		724.301 f	gratis	
Broschüre "Nuove libertà d'azione con meno energia elettrica"		724.301 i	gratis	
Untersuchungsergebnisse: "47 heisse Spuren zu lohnenden Stromsparpotentialen"		724.301.3 d	gratis	
Untersuchungsprojekte		724.301.1 d	gratis	
Weiterbildung		724.301.2 d	gratis	
IMPULS - Zeitschrift für IP Bau, RAVEL und PACER			gratis	
Construction et Energie - Bulletin des 3 programmes d'impulsions			gratis	
IMPULSO - Bollettino per PI Edil, RAVEL e PACER			gratis	
<b>RAVEL-Lehrmittel</b>				
Strom rationell nutzen - RAVEL Handbuch		ISBN 3 7218 1830 3	76.-	Buchhandel
RAVEL-Tagung 1991: Start zu einer neuen fachlichen Kompetenz		724.300.1 d/f	25.-	
RAVEL-Tagung 1992: Mehr Büro mit weniger Strom		724.300.2 d/f	30.-	
RAVEL-Tagung 1993: Energie-Fitness in der Industrie		724.300.3 d/f	25.-	
RAVEL-Tagung 91-93: 3er Set		724.300.0 d/f	50.-	
RAVEL-Industrie-Handbuch	A. Huser	724.370 d		
Erfassung des Energieverbrauchs (2 Bücher und Bon für Diskette)	A. Huser	724.371.0 d	27.-	
Erfassung des Energieverbrauchs (Diskette und Band 1: Leitfaden für Ind. + DL)	A. Huser	724.371.1 d	12.-	
Erfassung des Energieverbrauchs (Band 2: Anleitung für den Beauftragten)	A. Huser	724.371.2 d	15.-	
Energie - ihre Bedeutung in der Industrie	D. Spreng	724.316 d		
Analyse des Energieverbrauchs	F. Wolfart	724.318 d	31.-	
Messen von Leistungen und Energien	C. Jaun	724.377 d		
Organisation und Energiemanagement	R. Hasenböhler	724.374 d		
Küche und Strom		724.322 d		
Elektrische Antriebe: Auslegung und Betriebsoptimierung	K. Reichert	724.331 d	38.-	
Umwälzpumpen: Auslegung und Betriebsoptimierung	E. Füglistner	724.330 d	33.-	
Energieeffiziente Lüftungstechnische Anlagen in der Haustechnik	U. Steinemann	724.307 d		
Elektroantriebe	A. Neyser	724.332 d	9.-	
Geräte zur Wassererwärmung	H. Hediger	724.349 d	36.-	
Elektroheizungen - Sanierung und Ersatz in Wohnbauten	H.P. Meyer	724.346 d	28.-	
Elektrizität und Wärme (Grundlagen)	H.R. Gabathuler	724.357 d		
Wärmepumpen	Th. Baumgartner	724.356 d	17.-	
Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung	R. Brunner	724.355 d	15.-	
Elektrizität im Wärmesektor (WKK, WP, WRG)	H.R. Gabathuler	724.354 d	8.-	
Electricité et chaleur	P. Renaud	724.354 f	8.-	
Gebäudeautomation - Inbetriebsetzung und Abnahme	J. Willers	724.363 d	24.-	



**Bestellung von RAVEL-Dokumentationen:**

Name, Vorname: \_\_\_\_\_  
 Firma: \_\_\_\_\_  
 Strasse: \_\_\_\_\_  
 PLZ, Ort: \_\_\_\_\_

Bundesamt für Konjunkturfragen  
 Impulsprogramm RAVEL  
 Belpstrasse 53  
 3003 Bern

Datum, Unterschrift: \_\_\_\_\_

FAX: 031/372 41 02

Titel	Autor	Bestellnummer	Preis	Bestellung
<b>RAVEL-Materialien</b>				
Renouvellement d'air: Extraction d'air des bains, WC, cuisines	G. Spoehrle	724.397.11.51 f	12.-	
Conditionnement des locaux: études de cas	C. Brunner	724.397.11.53 d/f	12.-	
Conditionnement des locaux: humidification, déshumidification	M. Borel	724.397.11.54 f	12.-	
Pompes de circulation - Diminuer la puissance installée et l'énergie cons.	L. Keller	724.397.11.55 f	12.-	
Fallstudie Betrieb und Unterhalt einer Lüftungsanlage	R. Naef	724.397.11.56 d	12.-	
Grundbegriffe der Energiewirtschaft (Glossar)	R. Leemann	724.397.12.51.1 d	12.-	
Methoden der Wirtschaftlichkeitsanalyse von Energiesystemen	R. Leemann	724.397.12.51.2 d	12.-	
Kennwerte betrieblicher Prozessketten	F. Wolfart	724.397.12.54 d	12.-	
Valeurs caractéristiques de processus industriels	F. Wolfart	724.397.12.54 f	12.-	
Elektrische Produktionsverfahren	Hp. Meyer	724.397.12.55 d	12.-	
Energetischer Vergleich pneumatischer, hydraulischer und e.m. Antriebe	J.E. Albrecht	724.397.12.56 d	12.-	
Energieverbrauch in gewerblichen Küchen	J. Tercier	724.397.13 d	12.-	
Fallstudie Testküche	L. Perincioli	724.397.13.52 d	12.-	
Energieverbrauch von Rechner- und Kommunikationsanlagen im Detailhandel	R. Moser	724.397.13.53 d	12.-	
Zuverlässigkeit und Energieverbrauch von elektronischen Geräten	A. Birolini	724.397.13.56 d	12.-	
Elektrizitätsbedarf von Textildruckmaschinen	W. Hässig	724.397.21.51 d	12.-	
Kühlmöbel im Lebensmittelhandel	U. Kaufmann	724.397.21.52 d	12.-	
Wirkungsgradoptimierung der Druckluftherzeugung und Verteilung	F. Münst	724.397.21.54 d	12.-	
Analyse du rendement énergétique de processus industr. de prod.	M. Bongard	724.397.21.55 f	12.-	
Elektrizitätsbedarf der Zementindustrie	U. Fischli	724.397.21.61 d	12.-	
Elektrizitätsbedarf von Industrielüftungen	U. Fischli	724.397.21.62 d	12.-	
Lumière, Licht: Etudes de cas, Fallstudien	R. Miloni	724.397.22.51 d/f	12.-	
Stromverbrauchserhebung in Haushalten	A. Huser	724.397.23.51 d	12.-	
Wäschetrocknen im Mehrfamilienhaus	J. Nipkow	724.397.23.52 d	12.-	
Kühlschränke für Hotelzimmer und Studios	M. Beer	724.397.23.53 d	12.-	
Energieverbrauch von elektronischen Bürogeräten	A. Huser	724.397.23.54 d	12.-	
Energierellevante Aspekte von elektronischen Bürogeräten	R. Strauss	724.397.23.55 d	12.-	
Energieverluste bei Büro- und Unterhaltungselektronikgeräten	U. Graune	724.397.23.56/57 d	12.-	
Warmwasserbedarfszahlen und Verbrauchscharakteristik	M. Blatter	724.397.23.58 d	12.-	
Sanierung und Ersatz von Elektroheizungen: Zusatzheizungen	Hp. Meyer	724.397.23.59 d	12.-	
WRG / AWN-Checkliste	R. Brunner	724.397.31.52 d	12.-	
Abgeschlossene und laufende Projekte in den Bereichen WKK und WP	Th. Baumgartner	724.397.31.55 d	12.-	
Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung	V. Kyburz	724.397.31.56 d	12.-	
Interne Wärmelasten von Betriebseinrichtungen	B. Nussbaumer	724.397.32.51 d	12.-	
Nachweis der Wirksamkeit der IGA und des Energiemanagements	M. Züst	724.397.32.53 d	12.-	
Einsatz der IGA für die Betriebsführung	S. Graf	724.397.32.54 d	12.-	
Fallstudie Tunnellüftung	H. Hatz	724.397.41 d	12.-	
Kühltemperaturen im Lebensmittelhandel	A. Kümin	724.397.41.52 d	12.-	
Erhebung des Elektrizitätsverbrauchs bestehender Strassentunnel	U. Steinemann	724.397.41.58 d	12.-	
RAVEL zahlt sich aus - Prakt. Leitfaden für Wirtschaftlichkeitsberechn.	A. Müller	724.397.42.01 d	12.-	
RAVEL, une économie d'argent - Guide prat. pour les calculs de rentabilité	A. Müller	724.397.42.01 f	12.-	
Energiesparstrategie für Versorgungsunternehmen	F. Spring	724.397.42.51 d	12.-	
Benutzerverhalten im Bürobereich	E. Nussbaumer	724.397.42.55 d	12.-	
Rationelle Stromnutzung - Einfl. neuer Technolog. auf künft. Weiterbildung	W. Baumgartner	724.397.46.51 d	12.-	
Rationelle Stromnutzung - Einfluss neuer Technologien: Kurzfassung	W. Baumgartner	724.397.46.52 d	12.-	

# Das RAVEL-Handbuch Strom rationell nutzen

**Umfassendes Grundlagenwissen und praktischer Leitfaden  
zur rationellen Verwendung von Elektrizität**

Das RAVEL-Handbuch ist die zur Zeit aktuellste und umfassendste Zusammenfassung des verfügbaren Wissens über den intelligenten Einsatz von Strom in praktisch allen Anwendungsbereichen. Über 40 Autoren zeigen in diesem Nachschlagewerk auf, wo und wie Strom intelligent genutzt werden kann. Die Erkenntnisse, Anregungen und Empfehlungen sind übersichtlich nach den einzelnen Anwendungsbereichen geordnet. Wer Strom rationell einsetzen will, findet klare Antworten auf Fragen wie: Was ist zu berücksichtigen bei der Planung oder Nutzung eines Gebäudes, einer Maschine, einer Installation usw.? Wo liegen die Stromsparpotentiale? Welche Lösungen gibt es bereits? Das RAVEL-Handbuch enthält eine Fülle von Checklisten, mit denen neue stromsparende Lösungen einfacher und sicherer geplant oder bestehende Lösungen auf ihre Stromverbrauchs-Intelligenz beurteilt werden können. Seine Vielseitigkeit erleichtert eine vernetzte Zusammenarbeit der einzelnen Berufsdisziplinen in den Bereichen Gestaltung, Planung, Entwicklung, Konstruktion, Fertigung, Nutzung, Investitionsbeurteilung und Energieberatung.

Umfang 312 Seiten, zahlreiche Tabellen und grafische Darstellungen, Format 16 x 24 cm, gebunden, Fr. 76.—

ISBN 3-7281-1880-3

Im Buchhandel erhältlich  
vdf, Verlag der Fachvereine, ETH,  
8092 Zürich, Fax 01 252 34 03

# Die drei Impulsprogramme des Bundesamtes für Konjunkturfragen 1990 bis 1995

*Impulsprogramme sind auf 6 Jahre befristete Massnahmen zur Vermittlung von neuem Wissen in die berufliche Praxis. Ansatzpunkte sind zielgruppengerechte Information, Aus- und Weiterbildung. Die Vorbereitung und Durchführung erfolgt in enger Kooperation von Wirtschaft, Bildungsinstitutionen und Bund.*



IP BAU

## IP BAU – Erhaltung und Erneuerung

Der volkswirtschaftliche Stellenwert der baulichen Erneuerung ist bedeutend; schon heute werden mehr als 50% der jährlichen Bauinvestitionen für die Bauerneuerung inkl. Ersatzneubau aufgewendet. Nur mit vermehrter fachlicher Kompetenz und ganzheitlichem Denken kann verhindert werden, dass die Qualität unserer Bauten und Anlagen, aber auch die wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Werte unserer Quartiere, Siedlungen, Dorf- und Stadtteile verloren gehen. Das Impulsprogramm Bau erarbeitet Wissen aus den Bereichen Hochbau, Tiefbau und Umfeld – gesamtheitlich und umweltgerecht –, um die Qualität der Erneuerung und Erhaltung zu verbessern und mit guten Lösungen die bestehende Bausubstanz an die heutigen und zukünftigen Anforderungen von Funktion und Nutzung heranzuführen.



RAVEL

## RAVEL – Rationelle Verwendung von Elektrizität

Forschungs- und Untersuchungsprojekte des Impulsprogrammes RAVEL über den Stromverbrauch in Industrie, Dienstleistung und Haushalt zeigen: Elektrische Energie wird heute oft nicht oder zu wenig intelligent genutzt. D. h. dieselbe Leistung könnte mit einem Bruchteil des bisherigen Stromverbrauches erzielt werden und das wirtschaftlich, ohne Komforteinbusse. Zudem werden mit Strom zum Teil Leistungen erzeugt, für die sich kein Bedürfnis nachweisen lässt. Wird der heute nicht intelligent genutzte Strom frei, erhält unsere Volkswirtschaft neue Spielräume. Damit diese Chance genutzt werden kann, müssen die RAVEL-Erkenntnisse in der Praxis wirksam werden. Dazu werden sie von Fachleuten in sofort anwendbares, praxisgerechtes Wissen aufgearbeitet und in Weiterbildungskursen, Informationsveranstaltungen und Publikationen an die Praxis vermittelt.



PACER

## PACER – Erneuerbare Energien

Erneuerbare Energien können – so die Beurteilung von Experten – einen nicht unwesentlichen Anteil an die Deckung des Energiebedarfs leisten. Sie zeichnen sich ausserdem durch ihre Umweltverträglichkeit aus. Trotzdem ist ihre Anwendung momentan noch gering. Hier setzt PACER an. Das Impulsprogramm will Techniken im Bereich erneuerbarer Energien fördern, die ausgereift sind und sich nahe an der Grenze zur Wirtschaftlichkeit befinden: passive und aktive Sonnenenergienutzung für die Wärmeerzeugung, Energiegewinnung aus Biomasse und solare Stromproduktion. Zu diesem Zweck bereitet PACER bestehendes Wissen auf, erarbeitet und vermittelt unter anderem Planungshilfen für Architekten, Ingenieure und Installateure sowie Entscheidungsgrundlagen für Bauleute und Behörden.