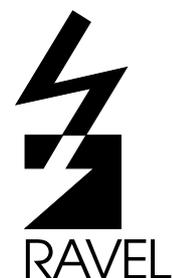


Einsatz der integralen Gebäudeautomation

Optimierung und Betrieb



Impulsprogramm RAVEL
Bundesamt für Konjunkturfragen

Trägerschaft:

SVI Schweizerischer Verein für Instandhaltung

FKR Fachverband für Komfortregelung

Patronatsorganisationen:

SBHI Schweizerische Beratende Haustechnik- und Energieingenieure

EFBB Energiefachleute beider Basel

Koordination Arbeitsgruppe:

Reto Cajacob, Graf & Reber AG,
Arnold-Böcklin-Strasse 40, 4011 Basel

Autoren:

U. Burkart, Winterthur Versicherungen,
Paulstrasse 12, 8401 Winterthur

Reto Cajacob, Graf & Reber AG,
Arnold-Böcklin-Strasse 40, 4011 Basel

Stefan Graf, Alfacel AG,
Riedstrasse 3, 6330 Cham

Beat Nussbaumer, Eicher & Pauli AG,
Viktoriastrasse 69, 3000 Bern

Jobst Willers, Willers Engineering AG,
Quellenstrasse 1, 4310 Rheinfelden

Text und Grafik

Stefan Blattmann, Graf & Reber AG, Arnold
Böcklin-Strasse 40, 4011 Basel

Stefan Langhammer, Graf & Reber AG, Arnold
Böcklin-Strasse 40, 4011 Basel

Gestaltung

APUI, Hochfeldstrasse 113, 3000 Bern 26

Copyright Bundesamt für Konjunkturfragen
3003 Bern, April 1994.

Auszugsweiser Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt. Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale (Best.-Nr. 724.362 d)

Form. 724.362 d 4.94 2000 U17942

Vorwort

Das Aktionsprogramm «Bau und Energie» ist auf sechs Jahre befristet (1990 - 1995) und setzt sich aus den drei Impulsprogrammen (IP) zusammen:

- IP BAU – Erhaltung und Erneuerung
- RAVEL – Rationelle Verwendung von Elektrizität
- PACER – Erneuerbare Energien.

Mit den Impulsprogrammen, die in enger Kooperation von Wirtschaft, Schulen und Bund durchgeführt werden, soll der qualitative Wertschöpfungsprozess unterstützt werden. Dieser ist gekennzeichnet durch geringen Aufwand an nicht erneuerbaren Rohstoffen und Energie sowie abnehmende Umweltbelastung, dafür gesteigerten Einsatz von Fähigkeitenkapital.

Im Zentrum der Aktivität von RAVEL steht die Verbesserung der fachlichen Kompetenz, Strom rationell zu verwenden. Neben den bisher im Vordergrund stehenden Produktions- und Sicherheitsaspekten soll verstärkt die wirkungsgradorientierte Sicht treten. Aufgrund einer Verbrauchsmatrix hat RAVEL die zu behandelnden Themen breit abgesteckt. Neben den Stromanwendungen in Gebäuden kommen auch Prozesse in der Industrie, im Gewerbe und im Dienstleistungsbereich zum Zuge. Entsprechend vielfältig sind die angesprochenen Zielgruppen: Sie umfassen Fachleute auf allen Ausbildungsstufen wie auch die Entscheidungsträger, die über stromrelevante Abläufe und Investitionen zu befinden haben.

Kurse, Veranstaltungen, Publikationen, Videos, etc.

Umgesetzt werden sollen die Ziele von RAVEL durch Untersuchungsprojekte zur Verbreiterung der Wissensbasis und – darauf aufbauend – Aus- und Weiterbildung sowie Informationen. Die Wissensvermittlung ist auf die Verwendung in der täglichen Praxis ausgerichtet. Sie baut hauptsächlich auf Publikationen, Kursen und Veranstaltungen auf. Es ist vorgesehen, jährlich eine RAVEL-Tagung durchzuführen, an der jeweils – zu einem Leitthema – umfassend über neue Ergebnisse, Entwicklungen und Tendenzen in der jungen, faszinierenden Disziplin der rationellen Verwendung von Elektrizität informiert und diskutiert wird. InteressentInnen können sich über das breitgefächerte, zielgruppenorientierte Weiterbildungsangebot in der Zeitschrift IMPULS informieren. Sie erscheint viermal jährlich und ist (im Abonnement) beim Bundesamt für Konjunkturfragen, 3003 Bern, gratis erhältlich.

Jedem/r Kurs- oder VeranstaltungsteilnehmerIn wird jeweils eine Dokumentation abgegeben. Diese besteht zur Hauptsache auf der für den entsprechenden Anlass erarbeiteten Fachpublikation. Die Publikationen können auch unabhängig von Kursbesuchen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), 3000 Bern, bezogen werden.

Zuständigkeiten

Um das ambitionöse Bildungsprogramm bewältigen zu können, wurde ein Organisations- und Bearbeitungskonzept gewählt, das neben der kompetenten Bearbeitung durch SpezialistInnen auch die Beachtung der Schnittstellen im Bereich der Stromanwendung sowie die erforderliche Abstützung bei Verbänden und Schulen der beteiligten Branchen sicherstellt. Eine aus Vertretern der interessierten Verbände, Schulen und Organisationen bestehende Kommission legt die Inhalte des Programmes fest und stellt die Koordination mit den übrigen Aktivitäten, die den rationellen Einsatz der Elektrizität anstreben, sicher. Branchenorganisationen übernehmen die Durchführung der Weiterbildungs- und Informationsangebote. Für deren Vorbereitung ist das Programmleitungsteam (Dr. Roland Walthert, Werner Böhi, Dr. Eric Bush, Jean-Marc Chuard, Hans-Ruedi Gabathuler, Jürg Nipkow, Ruedi Spalinger, Dr. Daniel Spreng, Felix Walter, Dr. Charles Weinmann sowie Eric Mosimann, BfK) verantwortlich. Die Sachbearbeitung wird im Rahmen von Ressorts durch Projektgruppen erbracht, die inhaltlich, zeitlich und kostenmässig definierte Einzelaufgaben (Untersuchungs- und Umsetzungsprojekte) zu lösen haben.

Dokumentation

Das vorliegende Handbuch wendet sich an Betreiber von Gebäudeautomationsanlagen oder an Betreiber, die einen Einsatz von Gebäudeautomation planen. Es soll dem Leser, wie auch dem Teilnehmer des Kurses das Angehen und Umsetzen von Massnahmen für die Optimierung im Betrieb erleichtern.

Diese Dokumentation zeigt, wo und wie in der integralen Gebäudeautomation Sparpotentiale an elektrischer Energie gefunden und ausgeschöpft werden können. Die so gefundenen Sparmassnahmen sind auf ihre Wirtschaftlichkeit zu prüfen. Allfällige Investitionen und deren Amortisation sollen nachhaltig aufgezeigt und begründet werden können.

Nach einer Vernehmlassung und dem Anwendungstest in einer Pilotveranstaltung ist die vorliegende Dokumentation sorgfältig überarbeitet worden. Dennoch hatten die AutorInnen freie Hand, unterschiedliche Ansichten über einzelne Fragen nach eigenem Ermessen zu beurteilen und zu berücksichtigen. Sie tragen denn auch die Verantwortung für die Texte. Unzulänglichkeiten, die sich bei der praktischen Anwendung ergeben, können bei einer allfälligen Überarbeitung behoben werden.

Anregungen nehmen das Bundesamt für Konjunkturfragen oder der verantwortliche Projektleiter (vgl. S. 2) entgegen.

Für die wertvolle Mitarbeit zum Gelingen der vorliegenden Publikation sei an dieser Stelle allen Beteiligten bestens gedankt.

April 1994 Bundesamtes für Konjunkturfragen
Dr. B. Hotz-Hart
Vizedirektor für Technologie

Inhaltsübersicht

1	Einleitung	7
<hr/>		
2	Integrale Gebäudeautomation, Übersicht und Begriffe	11
2.1	Was ist mit IGA gemeint?	11
2.2	Aufbau von Gebäudeautomationskonzepten	11
2.3	Begriffe	14
2.4	Konzept der IGA anhand eines Musterobjektes	15
2.5	Ausführung der Leittechnik	18
2.6	Betrieb	18
2.7	Schlussbetrachtung	18
<hr/>		
3	Betriebsführung/Betriebsorganisation	21
3.1	Einleitung	21
3.2	Was ist bei der Planung zu tun?	21
3.3	Wie kann eine effiziente Betriebsführung erreicht werden?	24
3.4	Betriebserfahrung	25
<hr/>		
4	Erkennen und Analysieren von Fehlfunktionen	29
4.1	Einleitung	29
4.2	Ausreichende Sensorik	30
4.3	Datenerfassung und Weiterleitung	30
4.4	Fehlerbehebung/ Fehleranalyse	31
4.5	Rapporte	32
<hr/>		
5	Ablauf einer Optimierung	35
5.1	Auswahl der Anlage	35
5.2	Messkonzepte	40
5.3	Beispiel Nachtauskühlung	42
<hr/>		
6	Erkennen von Fehlfunktionen	49
6.1	Beispiel Luftherhitzerpumpe	50
6.2	Beispiel Computer-Klimagerät	52
<hr/>		
7	Betriebsoptimierung/Optimierfunktionen	57
7.1	Definition	57
7.2	Einsatz von Optimierfunktionen	58
7.3	IGA als Werkzeug für die Betriebsoptimierung	60
7.4	Abnahme und erste Betriebsphase	62
7.5	Beispiele von Optimierfunktionen	65

8	Wirtschaftlichkeit	73
8.1	Einleitung	73
8.2	Vergleich konventionell und IGA	74
8.3	Grundannahmen	75
8.4	Sparpotentiale mit IGA	76
8.5	Ertrag durch die Optimierung einer Pumpensteuerung	77
8.6	Wirtschaftlichkeit einer gesamten IGA-Anlage	79

9	Einfluss von internen Lasten	85
9.1.	Erfassung und Bedeutung	85
9.2.	Messresultate	87
9.3.	Diskussion der Ergebnisse	88
9.4.	Auswirkungen für die Betreiber von Klimaanlage	92
9.5	Sparpotentiale	92

Literaturverzeichnis	95
-----------------------------	-----------

Publikationen des Impulsprogrammes RAVEL	97
---	-----------

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Das Aktionsfeld **INTEGRALE GEBÄUDEAUTOMATION (IGA)** befasst sich mit dem Einsatz der IGA um den Elektro- Energieverbrauch von Anlagen zu optimieren. Optimieren bedeutet, dass der gesamtheitliche (Energie-) optimale und aufeinander abgestimmte Betrieb aller Anlagen im Gebäude unter Einschluss der Einflüsse des Betriebes sichergestellt werden muss.

Die integrale Gebäudeautomation wird bei mittleren und grossen Gebäuden seit ca. 10 Jahren eingesetzt. Die Zielsetzung an solche Anlagen war ursprünglich die vormals aus Einzelkomponenten aufgebauten Mess-, Steuer- und Regelkomponenten in ein Automationssystem zu verknüpfen, damit die haustechnischen Anlagen zentral gesteuert und überwacht werden können.

Durch die hohe Leistungsfähigkeit der Komponenten und die dadurch mögliche Integration, können jedoch auch erhebliche Mengen elektrische Energie eingespart werden. Durch die Optimierung der integralen Zusammenhänge und Funktionen lässt sich der (Elektro)-Energieverbrauch, ohne Einbusse in den Primärfunktionen senken. Um diese Potentiale auszuschöpfen, muss ein breites Wissen sowie Erfahrung über die grundsätzlichen Möglichkeiten, über das Vorgehen und über die vernetzten Zusammenhänge vorhanden sein.

1.2 Zielsetzung

Für die Verantwortlichen der Bereiche Betrieb und Unterhalt sollen die Möglichkeiten aufgezeigt werden, welche eine IGA- Anlage für die Senkung des (Elektro)-Energieverbrauches bietet.

Betriebsleiter, bzw. ihre technischen Fachspezialisten im Bereich Betrieb und Unterhalt, aber auch Unternehmer, Planer und Verantwortliche von Serviceorganisationen der Bereiche HKLS und MSRE sollen anhand von Beispielen lernen, wie IGA-Anlagen unter dem Aspekt der elektrischen Energieeinsparung eingesetzt und energierelevante Führungsmassnahmen und die dazugehörigen Informationen zustande kommen, vorbereitet, ausgewertet und nutzbringend weiterverwendet werden können.

1.3 Zielpublikum

Zielgruppe	Fachgebiet	Funktion	Berufsabschluss
Betriebsleiter	aller zu den betriebstechnischen Ausrüstung gehörenden Fachgebiete	Gesamtverantwortlicher für Betrieb und Unterhalt von Immobilien mit IGA	
Fachspezialisten	eine oder mehrere Haus-technikdisziplinen (HLKSMSRE)	Betriebsverantwortlicher für gebäudetechnische Ausrüstung in Objekten mit IGA	mindestens Lehrabschluss in einem der zu betreuenden Fachgebiete mit mehrjähriger Erfahrung in Betrieb und Unterhalt
Serviceorganisationen	eine oder mehrere Haus-technikdisziplinen (HLKSMSRE)	Verantwortlicher Spezialist für den Betrieb und Unterhalt der gebäudetechnischen Ausrüstung von Objekten mit IGA	mindestens Lehrabschluss in einem der zu betreuenden Fachgebiete mit mehrjähriger Erfahrung in Betrieb und Unterhalt
Energiebeauftragte	Energiefachmann	Spezialisten, welche innerhalb einer Institution im Bereich Gebäudetechnik die Funktion des Energiefachmannes innehaben.	HTL oder ETH

sekundär:

Planer:

Planer von HLKS- oder MSRE-Anlagen. Diese sollten Kenntnisse erhalten, wie Anlagen geplant werden sollten, damit für die Optimierung und den Betrieb (Elektro)-Energieeinsparungen möglich werden.

Unternehmer:

Unternehmer von HKLSE- oder MSR-Anlagen.

Für alle Zielgruppen wird im Minimum eine Berufsausbildung im Bereich HKLSE mit mehrjähriger Erfahrung vorausgesetzt.

2 Integrale Gebäudeautomation, Übersicht und Begriffe

2.1	Was ist mit IGA gemeint?	11
------------	---------------------------------	-----------

2.2	Aufbau von Gebäudeautomationskonzepten	11
2.2.1	Anlagen- und Feldgeräte	11
2.2.2	MSR-Ebene	11
2.2.3	Kommunikationsebene	13
2.2.4	Leitebene	13
2.2.5	Obere Kommunikationsebene/Fachführung	13

2.3	Begriffe	14
------------	-----------------	-----------

2.4	Konzept der IGA anhand eines Musterobjektes	15
2.4.1	Einleitung	15
2.4.2	Grundlage zum Konzept	15
2.4.3	Zielsetzungen Leittechnik	15
2.4.4	Gesamtkonzept Leittechnik	15
2.4.5	Aufgabenbereich des Leitsystems HLK	17
2.4.6	Aufgabenbereich des Leitsystems Elektro	17
2.4.7	Architektur der Leitsysteme	17
2.4.8	Numerierungskonzept	17

2.5	Ausführung der Leittechnik	18
------------	-----------------------------------	-----------

2.6	Betrieb	18
2.6.1	Betriebsorganisation	18

2.7	Schlussbetrachtung	18
2.7.1	Konzept Leittechnik	18
2.7.2	Betrieb	18

2 Integrale Gebäudeautomation, Übersicht und Begriffe

2.1 Was ist mit IGA gemeint?

Mit integralen Gebäudeautomationskonzepten können zunehmend Energiesparpotentiale genutzt werden, die aufgrund der technischen Entwicklung bisher nicht zugänglich waren. Insbesondere kommen Potentiale zum Tragen, die nur mit einer ganzheitlichen Sichtweise aller in einem Objekt verwendeten Ressourcen ausgeschöpft werden können. Die integrale Gebäudeautomation soll als Werkzeug zur Optimierung dieser Ressourcen betrachtet werden. Die dafür geschaffenen Automationssysteme müssen dem Benutzer während ihrer gesamten Amortisationszeit oder gar während der gesamten Lebensdauer des Objektes dienen. Das setzt voraus, dass sie offen sind und an veränderte Bedürfnisse angepasst werden können.

2.2 Aufbau von Gebäudeautomationskonzepten

Im Unterschied zur klassischen Haustechnik wird bei der ganzheitlichen, d.h. integralen Gebäudeautomation in zunehmenden Masse alles vernetzt, was zu den technischen Einrichtungen innerhalb des Gebäudekomplexes gehört. Zum Beispiel wird zur Begrenzung der Spitzenlast die Stromversorgung mit der Kälteproduktion verknüpft.

Für den Aufbau entsprechender Konzepte stehen verschiedene Bausteine und Teilsysteme zur Verfügung (Bild 2.1).

2.2.1 Anlagen- und Feldgeräte

Für die Lösung der Mess-, Steuer- und Regelaufgaben der einzelnen betriebstechnischen Anlagen werden heute immer genauere in-line Komponenten eingesetzt. Bei den Gebern (Temperatur, Druck, Feuchte etc.) kommen aktive Bausteine mit Standardausgangssignalen (z.B. 0-10 V oder 4-20 mA) und direkter Anschaltmöglichkeit an eine Unterstation oder an ein Automatisierungsgerät zur Anwendung. Stellgeräte (Ventile, Frequenzumformer etc.) sind mit Antrieben ausgerüstet die Stellbefehle als Standardsignale von einer Unterstation oder einem Automatisierungsgerät direkt übernehmen und verarbeiten können. Energiezähler geben entweder in Form von Analogsignalen direkt die Momentanleistung weiter oder die gemessene Energie wird als Impuls pro Einheit als digitales Signal weitergegeben.

2.2.2 MSR-Ebene

Die MSR-Ebene bildet die unterste Ebene eines Gebäudeautomationssystems. Diese besteht aus einem oder mehreren Subsystemen. Die Subsysteme setzen ankommende Signale in digitale Informationen um, verarbeiten, übertragen und speichern diese. Umgekehrt empfängt und wandelt das Subsystem die digitalen Informationen und gibt diese als Schalt- oder Stellbefehl ab. Die Subsysteme werden in der Regel da platziert, wo die MSR-Aufgaben anfallen, nämlich in den einzelnen betriebstechnischen Anlagen.

Kleinere und auch ältere Systeme sind mit einer zentralen Datenverarbeitung ausgerüstet, in welcher alle MSR-Funktionen abgearbeitet werden.

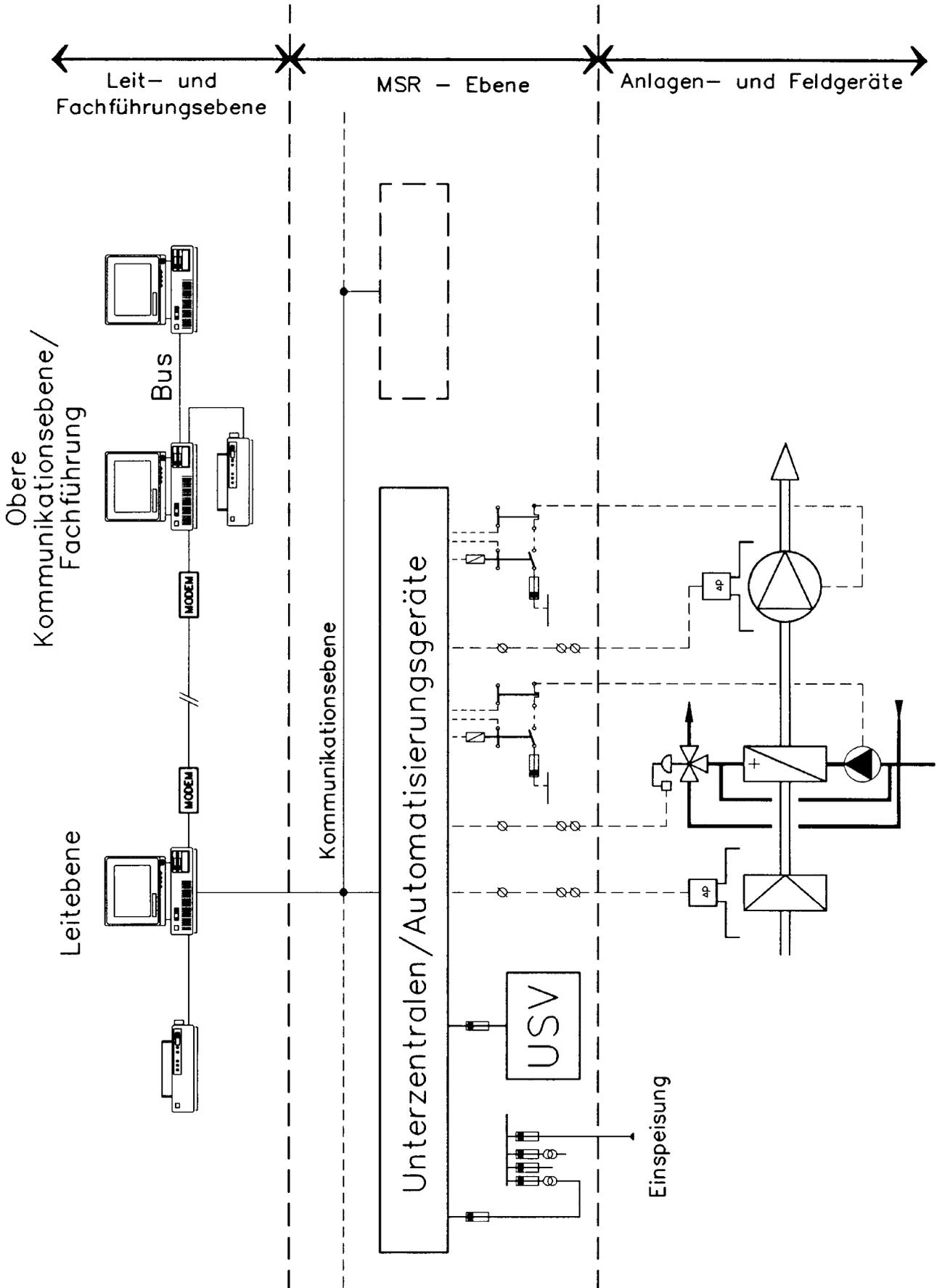


Bild 2.1

Die Funktion der Subsysteme beschränkt sich auf das Umsetzen der ankommenden Signale in digitale Informationen und umgekehrt.

Zu den MSR-Aufgaben können folgende Funktionen gehören:

- bilden von logischen Verknüpfungen
- Zeit- und Zählerfunktionen
- Speichern von Daten
- Grundrechenoperationen
- Regelalgorithmen
- Alarmbehandlung.

2.2.3 Kommunikationsebene

Für den Datenaustausch zwischen den Subsystemen und dem Leitsystem dient die Kommunikationsebene. Je nach Bus-System lassen sich Subsysteme verschiedener Hersteller miteinander verbinden.

Einige Bus-Standards: PROFIBUS in der Gebäudeautomation, Feldbus, MAP, Token-Bus, Bitbus. Diese Standards sind jedoch in der Gebäudeautomation noch kaum verbreitet und bilden die Ausnahme.

2.2.4 Leitebene

Die Leitebene besteht aus einem Leitreechner mit der dazu gehörenden Peripherie wie Drucker, Bildschirm, Trackball, usw. Sie dient der Betriebsführung eines oder mehrerer Gebäude. Die Aufgaben der Leitebene kann folgende Funktionen umfassen:

- Aufbereiten der für den Betrieb und Überwachung aller Anlagen notwendigen Informationen.
- Geführter Zugriff für die Bedienung und Überwachung der Anlagen.
- Anzeige und Ausdruck von Störmeldungen.
- Weitergabe der Störmeldungen an externe Stellen.
- Zeitschaltprogramme für tägliches, wöchentliches Ein- und Ausschalten oder für Ausnahmeschaltprogramme.
- Betriebsstundenerfassung.

- Energie- und Unterhaltskostenabrechnung.
- Energieverbrauchsstatistik.
- Trendaufnahme zur Erfassung von Betriebsgrößen über längere Zeit.
- Vorbeugende Instandhaltung durch entsprechende Hilfsprogramme.
- Schnittstelle zu übergeordneten Systemen, wie z.B. das betriebsinterne EDV-Netz.
- Schnittstelle für externe Überwachungs- und Serviceorganisationen via öffentlichem Telefonnetz.

2.2.5 Obere Kommunikationsebene/Fachführung

Falls mehrere Gebäude, d.h. auch mehrere Leitreechner von der gleichen Organisation betrieben werden, ist es sinnvoll, durch eine zentrale Fachführung die Betriebsführung zu unterstützen. Die zentrale Fachführung verfügt über einen eigenen Rechner, welcher z.B. über das öffentliche Telefonnetz oder das betriebsinterne EDV-Netz angeschlossen wird. Die Fachführung kann folgende Aufgaben übernehmen:

- Informationsdrehscheibe zwischen Planung, Betrieb und Markt.
- Schulung und Information des Betrieb und Unterhalts.
- Umsetzung und Weitergabe von Erkenntnissen aus Betrieb und Unterhalt.
- Führen von Statistiken (Kosten, Ereignisse, Energie und Medien, usw.).
- Schwachstellenanalyse/Ursachenforschung.
- Analyse und Bewertung bestehender Anlagen und Systeme.
- Betriebsoptimierung.
- Betriebskostenabrechnung.
- Instandhaltung.

2.3 Begriffe

In der Energie- und Haustechnik werden für dieselben Funktionen verschiedene Begriffe verwendet. Dies macht es allen Betroffenen schwer, sich zurechtzufinden. Im Gegensatz zu Deutschland besteht in der Schweiz (noch) keine einheitliche Norm. Im allgemeinen haben sich folgende Begriffe eingebürgert:

Betreiber	Verantwortlicher für den Betrieb und Unterhalt aller haustechnischen Anlagen.
DDC	Direct digital control, Digitale Steuerung.
Führungsebene	Betreiber und Nutzer der Meldungen und Daten der Gebäudeautomation mit den Aufgaben der Energie-Verbrauchskontrolle, Überprüfung der Dokumentation, Optimierung, Betriebsführung und Statistik.
Haustechnik (HT)	Sammelbegriff für alle betriebstechnischen Anlagen wie Heizung, Lüftung, Klima, Kälte, Sanitär, Elektro, Sicherheit usw. eines Gebäudes.
Integrale Gebäudeautomation (IGA)	Überbegriff für sämtliche Systeme, Funktionen und Dienstleistungen, die für die Überwachung, Führung, Messung, Steuerung und Regelung der haus- und sicherheitstechnischen Prozesse benötigt werden.
Kommunikationsebene	Verbindung zur MSR-Ebene mit Busverbindungen oder zu Subsystemen (Kompaktanlagen) mit seriellen Verbindungen.
Leitebene	Monitor, Drucker als Bedieneroberfläche der Betriebsführung zur Überwachung, Beeinflussung und Kontrolle.
MSR(E)	Messen, Steuern, Regeln (Elektro).
MSR-Ebene	Steuerung und Regelung der Anlagen mit allen Zähl-, Zeit-, und Regelfunktionen.
Unterzentrale/Automationsgerät	Automatisierungsgeräte in der MSR-Ebene, auch DDC-Systeme genannt, welche die Steuer- und Regelfunktionen sowie die Schnittstellen zur Peripherie und Kommunikationsebene beinhalten.
Peripherie	Unter diesem Begriff werden alle Feldgeräte in der Anlage verstanden, die zur Umwandlung der Signale in Prozessgrößen installiert werden.
Subsysteme	Alle Anlagen mit autonomer MSR-Ebene werden als Subsysteme oder Kompaktanlagen bezeichnet.

2.4 Konzept der IGA anhand eines Musterobjektes

2.4.1 Einleitung

Als Musterobjekt wird in der Folge das Rechenzentrum der Winterthur-Versicherungen vorgestellt.

Leitsysteme sind für den Betreiber von Haustechnikanlagen ein Werkzeug zur Ausführung der täglichen Arbeiten. Dieses Werkzeug ist den Aufgaben des Betreibers möglichst optimal anzupassen.

Um eine optimale Planung und Ausführung des Leitsystems zu gewährleisten, ist es entscheidend, dass die Betriebsführung und Betriebsorganisation vor dem Erstellen des Automationskonzeptes festgelegt wird.

Das Automationskonzept ist der Betriebsorganisation anzupassen. Dies bedeutet, dass die Bedien- und Signalisierenebenen (Schaltschrank, zentral, fern) sowie deren Anzeige- und Eingriffstiefe dem Betrieb angepasst werden. Ebenfalls muss ein den Bedürfnissen des Betriebes entsprechendes Bezeichnungskonzept für Gebäude, Ortsangaben, Schaltschränke, Anlagen und Apparate ausgearbeitet werden.

Erst auf einer solchen Grundlage kann eine optimale Planung und Ausführung der Leittechnik gewährleistet werden.

2.4.2 Grundlage zum Konzept

Die in der Einführung erwähnten Grundlagen «Betriebsführungskonzept und Betriebsorganisation» waren beim Entwurf des Automationskonzeptes für das Rechenzentrum der Winterthur Versicherungen nicht vorhanden.

Daten/Fakten zum Gebäude

Gebäudelänge	100 m
Gebäudebreite	33 m
Gebäudetiefe	20 m
Gebäudehöhe	22 m
Computerraumfläche	4500 m ²
Thermischer Energieverbrauch im Vollausbau	3'600'000 kWh
Elektrischer Energieverbrauch im Vollausbau	7'500'000 kWh

2.4.3 Zielsetzungen Leittechnik

- Bedienung und Überwachung der angeschlossenen Infrastrukturanlagen HLKS-Technik, Sicherheit, Elektro.
- Einfache, praktische Anpassungsmöglichkeiten der Systemverbindungen an die ständig wechselnden Anforderungen des Betriebes.
- Bei Ausfall eines der beiden Leitsysteme resp. der Datenkommunikation, muss eine reduzierte Information automatisch auf das andere System übertragen werden.

2.4.4 Gesamtkonzept Leittechnik

Leitsysteme:

- Das Leitsystem HLK der Firma L&G für die Überwachung, Bedienung, Steuerung und Regelung der Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage (HLK-Anlagen).
- Das Leitsystem Elektro (Schaltanlagenleitsystem) der Firma ABB für die Bedienung, Überwachung und Steuerung der Elektroanlagen (zentrale Starkstromanlagen).

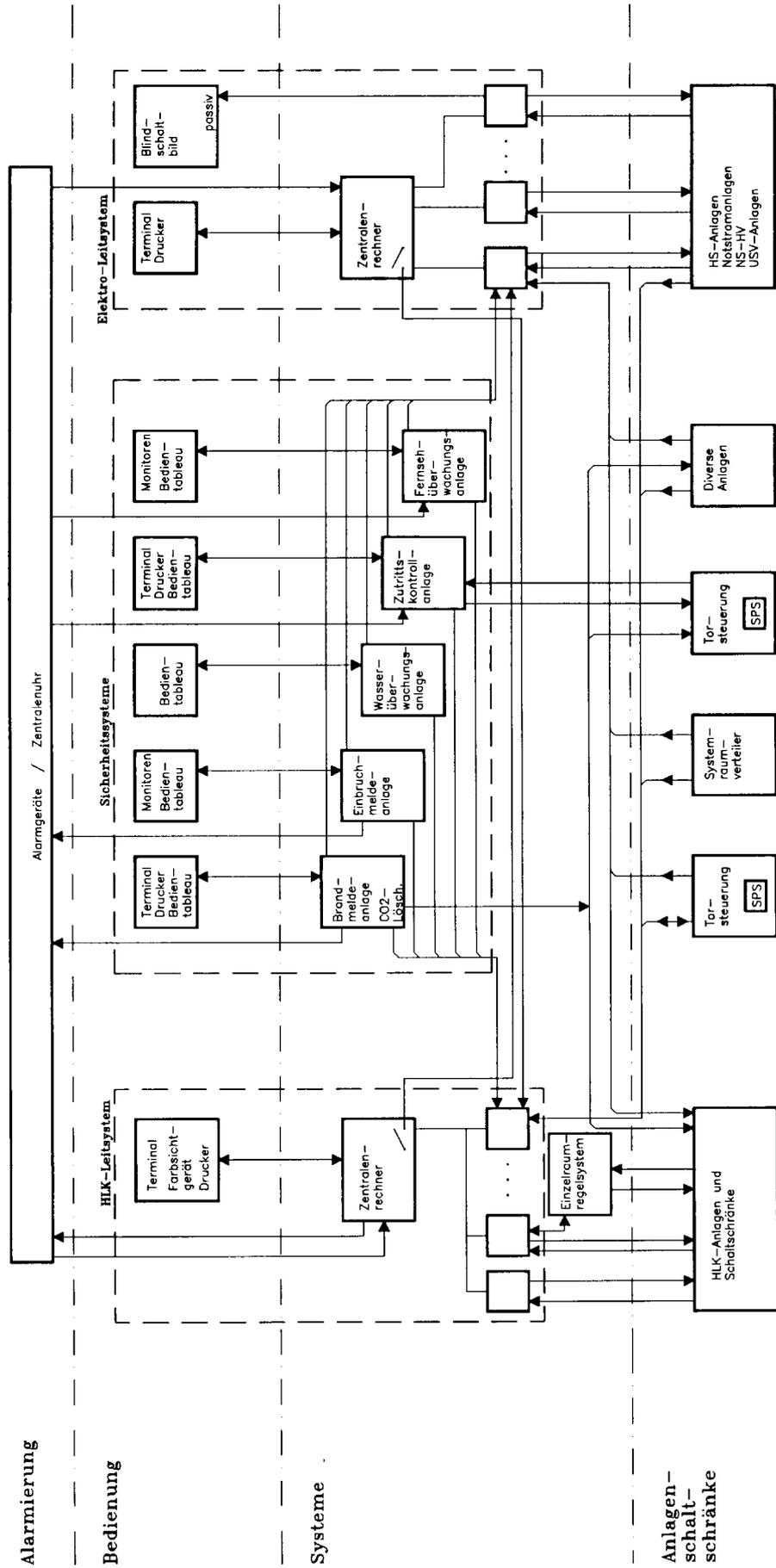


Bild 2.2

Sicherheitssysteme:

- Die Gruppe der Sicherheitssysteme der Firma Securiton umfasst Brandmeldeanlage, Einbruchmeldeanlage, Zutrittskontrollanlage, Fernsehüberwachungsanlage, Wasseralarmanlage und CO₂-Löschung.

Andere Automatisierungssysteme:

- Einzelraumregelsystem der Firma Landis & Gyr.
- Pro Stockwerkverteiler eine autonome SPS (Siemens) für die Steuerung der Beleuchtung.
- Div. SPS (AEG und Bircher) für die Steuerung der Toranlagen.

2.4.5 Aufgabenbereich des Leitsystemes HLK

- Steuern, Regeln und Überwachen der HLKS-Anlagen
- Überwachen der Sicherheitsanlagen, Stockwerkverteiler, Systemraumverteiler, Liftanlagen, Kommunikationsanlagen, Storenanlage, Torsteuerungen und die diversen Anlagen (im wesentlichen sind dies Sammelmeldungen).
- Zeitgesteuerte Ausschaltbefehle für die Beleuchtung.
- Überwacht das Leitsystem Elektro und bei Ausfall desselben, werden redundante Sammelmeldungen aus den Elektroanlagen verarbeitet.

2.4.6 Aufgabenbereich des Leitsystems Elektro

- Steuern und Überwachen der zentralen Starkstromanlagen.
- Überwachen des Leitsystems HLK und bei Ausfall desselben, werden redundante Sammelmeldungen aus den vom Leitsystem HLKS überwachten Anlagen verarbeitet.

2.4.7 Architektur der Leitsysteme

Leitsystem HLKS:

- 4 Zentralrechner mit Multiuser-Betriebssystem
- 7 Farbgrafik-Bildschirme
- 3 Datensichtgeräte
- 6 Protokolldrucker
- 75 Modular aufgebaute, autonome Unterstationen, über Datenringleitungen an den Leitrechner angeschlossen.

Leitsystem Elektro:

- 1 Zentralrechner
- 3 Farbgrafik-Bildschirme
- 3 Protokolldrucker
- 1 Blindschaltbild
- 6 Modular aufgebaute, autonome Unterstationen, über serielle Verbindungen an den Kommunikationsrechner angeschlossen.

2.4.8 Numerierungskonzept

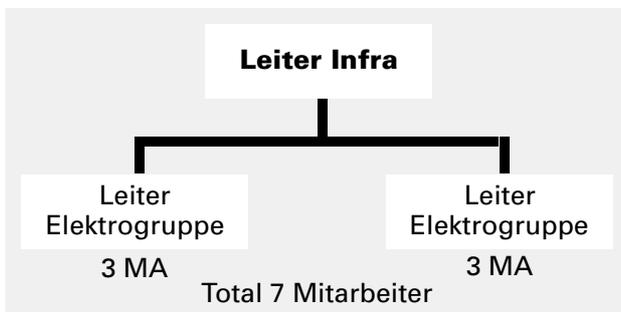
Für die Numerierung von Anlagen, Apparaten, Schaltschränken und Datenpunkten wurde ein detailliertes Konzept erarbeitet.

2.5 Ausführung der Leittechnik

- Alle MSR-integrierten Anlagen (HLKS und Elektro) sind gemäss Konzept in die Leittechnik eingebunden.
- Die im Konzept festgelegten Überwachungsfunktionen wurden nicht vollumfänglich ausgeführt. Hier kommt die spartenbezogene Denkweise zum Ausdruck. Viele Anlagen, welche mit einer autonomen Steuerung und Regelung ausgerüstet sind, werden von den Leitsystemen nur mangelhaft oder überhaupt nicht überwacht.
- Ebenfalls wurden die im Konzept festgelegten Befehle für die Beleuchtungssteuerung nicht ausgeführt.

2.6 Betrieb

2.6.1 Betriebsorganisation



- Im Betrieb hat es sich gezeigt, dass die Numerierung von Anlagen Apparaten und Datenpunkten nicht gemäss Konzept umgesetzt wurde.
- Die Betriebsdaten werden nur teilweise und zum Teil nur als Momentanwerte erfasst (fehlendes Messkonzept). Sie sind zudem nur spartenbezogen auf den Leitsystemen (HLKS und Elektro) vorhanden.
- Das Leitsystem HLKS verfügt über sehr gute Leitfunktionen. Diese sind auf dem Leitsystem Elektro nicht vorhanden.

2.7 Schlussbetrachtung

2.7.1 Konzept Leittechnik

- Ein Betriebsführungskonzept muss erstellt werden.
- Zentrale Steuerung von Storen, Tore, Umluftkühlgeräte, usw. muss definiert werden.
- Ein Messkonzept für die Energiedatenerfassung muss erstellt werden.
- Wenn die Haustechnikanlagen von zwei hierarchisch gleich gestellten Leitsystemen gesteuert und überwacht werden, muss die Funktionalität der Systeme ausgeglichen sein.

2.7.2 Betrieb

- Die mangelnde Beachtung der Planer, die Leittechnik auch für Aufgaben der Gebäudesteuerung einzusetzen, hat beim Betreiber schon einige Zusatzinvestitionen verursacht.
- Das eingesetzte Leitsystem Elektro ist in seiner Funktion ziemlich starr und verfügt über keine Leittechnikfunktionen.
- Das eingesetzte Leitsystem HLK bietet dem Betreiber vielfältige Möglichkeiten für die betriebliche Optimierung der Anlagen.

3 Betriebsführung/Betriebsorganisation

3.1	Einleitung	21
<hr/>		
3.2	Was ist bei der Planung zu tun?	21
3.2.1	Grundlagen für die technische Koordination	22
3.2.2	Wesentliche Bestandteile der technischen Koordination	23
<hr/>		
3.3	Wie kann eine effiziente Betriebsführung erreicht werden?	24
3.3.1	Festhalten des Automatisierungsgrades	24
3.3.2	Kontrolle während der Planung	24
3.3.3	Umsetzung im Betrieb	24
<hr/>		
3.4	Betriebserfahrung	25

3 Betriebsführung/Betriebsorganisation

3.1 Einleitung

Die Betriebsführung verfolgt primär zwei Ziele:

1. Für Menschen und Sachwerte geforderte Umgebungsbedingungen mittels optimalem Energieeinsatz erzeugen.
2. Überwachung der Erreichung und Einhaltung dieser Bedingungen.

Die Effizienz der Betriebsführung ist weitgehend davon abhängig, wie weit es gelingt, die Visualisierung und Bedienung der haustechnischen Anlagen den Bedürfnissen und Fähigkeiten des Betreibers anzupassen. Der Abklärung und Formulierung der Bedürfnisse innerhalb der Bauherrschaft kommt deshalb bei Beginn der Planung grösste Bedeutung zu. Die Planungsleistung wird als «Technische Koordination» bezeichnet und ist gemäss SIA 108/1 eine Hauptaufgabe des MSR-Planers.

3.2 Was ist bei der Planung zu tun?

In Fachkreisen ist es heute unbestritten, dass die Haustechnik in Bauvorhaben die grössere Bedeutung hat als noch vor zehn Jahren. Diese Zunahme hat verschiedene Gründe:

1. Gesteigerte Komfortansprüche der Benutzer.
2. Abhängigkeit der Sachwerte und Arbeitsprozesse von der Haustechnik.
3. Wirtschaftlichkeit der Betriebsführung.

Zusammen mit der gesellschaftlichen Forderung nach einem stabilisierten oder gar geringerem Energieverbrauch resultiert eine immer dichtere Vernetzung der Haustechnikanlagen durch Gebäudeautomationssysteme.

Aus dieser Tatsache kann man ableiten, dass sich nicht nur die haustechnischen, sondern auch die koordinatorischen Aufgaben schwerpunktmässig vom Architekten hin zum Spezialingenieur bewegt. Der frühe Einbezug der Spezialisten kann deshalb nicht genug betont werden. So müssen bereits beim Projektpflichtenheft Überlegungen über die Anforderungen und über das Betriebskonzept der Haustechnik einfließen.

Für den Investor und Bauherrn stehen in der Phase der Bedürfnisermittlung und Projektdefinition vor allem finanzielle Aspekte im Vordergrund. Das Betriebskonzept hat eine untergeordnete Rolle, ist aber letztlich dominanter Einflussfaktor für die Entwicklung der Betriebskosten.

Für grössere Um- oder Neubauvorhaben stellt sich die Frage, wer in der Phase der Bedürfnisermittlung in das Projektteam berufen werden soll. Eine gute Lösung aus der Praxis besteht darin, einen Generalisten für Haustechnik mit der Aufgabe zu betrauen, der später innerhalb der Projektorganisation die technische Koordination und die Planung und Ausführung der Gebäudeautomation wahrnimmt.

Im folgenden werden wir uns im Detail mit der technischen Koordination auseinandersetzen, weil wir glauben, dass von vielen Investoren und Bauherren nicht erkannt wird, dass es sich bei der technischen Koordination um die wichtigste Vorleistung für den späteren Betrieb und Unterhalt handelt.

Die technische Koordination befasst sich mit den gegenseitigen Einflüssen der verschiedenen Haustechniksysteme und hat einen wirtschaftlichen Bau und Betrieb der haustechnischen Anlagen zum Ziel. Sie ist objektorientiert und liefert alle Rahmenbedingungen für die Detailprojektierung in den einzelnen Sparten HLKS, Elektro und Sicherheit.

3.2.1 Grundlagen für die technische Koordination

● Planungs- und Bauablauf	Bauherrschaft	Vorprojektphase
● Betriebs- und Nutzungsdaten	Bauherrschaft	Vorprojektphase
● Bedürfnisse der verschiedenen Benutzer	Bauherrschaft	Vorprojektphase
● Anforderungen der Arbeitsprozesse	Bauherrschaft	Vorprojektphase
● Vorgaben Organisation und Betrieb	Bauherrschaft	Vorprojektphase
● Energiekonzept	HT-Planer	Projektphase

3.2.2 Wesentliche Bestandteile der technischen Koordination

Das Automationskonzept

- Ziel Die Abgrenzung der verschiedenen Sparten und Festlegung der Informationsschnittstellen.
- Zeitpunkt Ab Projektphase 2
- Inhalt Übersichtliche Darstellung der IGA in einem Prinzipschema, Gliederung in 4 Ebenen: Fernalar-
mierung, Bedienung/Signalisierung, Leit-/Anlagenebene.

Das Dokumentationskonzept

- Ziel Festlegung der Verantwortung und Form von Anlagendokumentationen aller Sparten.
- Zeitpunkt Ab Projektphase 2
- Inhalt
- Festlegung der Bearbeitungshilfsmittel
 - Festlegung der Verantwortung pro Sparte für die Dokumente
 - Aufstellung der im Dokument enthaltenen Informationen
 - Beispiel der Form von Dokumenten.

Das Komponentenkonzept

- Ziel Einheitliche Fabrikate und Schnittstellen
- Zeitpunkt Ab Projektphase 2
- Inhalt
- Allgemeine Hinweise
 - Signalpegel
 - Geräteliste/Fabrikate.

Das Anlagen- und Schaltschrankverzeichnis

- Ziel Zentrale Erfassung sämtlicher haustechnischer Anlagen und Schaltschränke.
- Zeitpunkt Ab Projektphase 2
- Inhalt Tabellarische Auflistung der Gesamtheit der haustechnischen Anlagen mit konkreten Anga-
ben über die Eingriffstiefe der IGA.

Das Bedienkonzept

- Ziel Einheitliche Anlagenbedienung
- Zeitpunkt Ab Projektphase 2
- Inhalt Aufstellung der Bedienorte und der Bedienhandlungen für
- HLKS-Anlagen
 - Elektroanlagen
 - Sicherheitsanlagen.

3.3 Wie kann eine effiziente Betriebsführung erreicht werden?

Eine effiziente Betriebsführung ist heute nur durch einen hohen Automatisierungsgrad erreichbar. Die Zielsetzung wird gewährleistet, wenn alle Haustechnikbereiche automatisiert werden.

Von Seiten der Bauherrschaft ist der Automatisierungsgrad im Vorprojekt bekanntzugeben, wobei der Stil der Formulierung grosse Unterschiede aufweisen kann. Der Automatisierungsgrad kann einerseits mündlich als Absichtserklärung dargestellt werden oder im Fall eines Grossbauherren (Banken, Versicherungen, usw.) von internen Spezialistenteams detailliert erarbeitet und dargestellt werden.

3.3.1 Festhalten des Automatisierungsgrades

Definition der Anforderungen aus betrieblicher Sicht

- Sicherheit
- Sparsamkeit
- Kompatibilität
- Verfügbarkeit
- Flexibilität

Systemabgrenzung aus organisatorischer Sicht

- Wie wird die haustechnische, sicherheitstechnische und betriebstechnische Infrastruktur betrieben?

Definition der Aufgaben der Betriebsführung

- Störbehebung bei der gesamten technischen Infrastruktur.
- Überwachen des Betriebsverhaltens der technischen Infrastruktur.

- Energiedatenerfassung und Aufbereitung.
- Bewirtschaftung der gesamten Dokumentation.

Aufgaben externer Spezialisten

- Wartung und Reparaturen.
- Störbehebung bei Kompaktanlagen: Kältemaschine, Lift, usw.

3.3.2 Kontrolle während der Planung

Periodische Erfolgskontrolle, Qualitätssicherung, Meilensteine.

3.3.3 Umsetzung im Betrieb

Der Betreiber hält sich an die Vorgaben, die er vormals definiert hat. Mittels Störfallszenarien werden die schwierigen oder vielschichtigen Abläufe Jahr für Jahr durchgespielt, evtl. mit externen Spezialisten. Der Betreiber hält sich dadurch in Schwung und ist immer up to date.

3.4 Betriebserfahrung

Erlebnisbericht eines Betreibers

Seit ca. 1980 dachte man an einen Neubau des Rechenzentrums am Sitz der Generaldirektion der Winterthur Versicherungen in Winterthur.

Schon früh erkannte man die Notwendigkeit, dass Infrastrukturmitarbeiter (HLKS, Elektro, Sicherheit, GA, etc.) im Rechenzentrum integriert werden müssen, um erfolgreich operieren zu können.

Aus politischen Gründen wurden für die Arbeiten verschiedene Firmen beigezogen. So wurden Verträge mit dem Architekten, dem GU (Bau, Bauleitung, etc.) sowie mit einem Elektro- und einem HLKS-Planer gemacht. Die Koordination lag beim GU.

Dass dies gerade in unserem Fall nicht optimal war, erkannten wir leider zu spät.

Die Arbeit war, vor allem in der ersten Phase, nicht immer leicht. Keiner der anwesenden Mitglieder hatte viel Erfahrung im Bau eines grossen Rechenzentrums. Mit Ausnahme des externen Architekten zeigte kaum jemand Verständnis für unsere Anliegen.

Die Raumplanungsphase verlief genau nach unserer Vorstellung und war als unproblematisch zu bezeichnen.

Bei den technischen Konzepten funktionierte die Planung nicht mehr wie gewünscht, da den Planern zum Teil das Verständnis für übergeordnete Steuerungen, automatisierte Abläufe oder einfach das notwendige Wissen für einen modernen Hightech-Betrieb fehlte. Sehr oft kam es daher zu Meinungsverschiedenheiten.

Wir erkannten sehr früh die Komplexität der Planung auf dem Automationssektor. Daher verlangten wir, dass eine Planungsfirma für Gebäudeautomation beigezogen wird. Relativ schnell wurde entschieden, dass dies nicht nötig wäre und das Projekt nur unnötig verteuern würde. Die Zeit war also noch nicht reif dazu!

Die technisch relevanten Konzeptarbeiten gestalteten sich anfänglich erfreulich. Jedermann war motiviert, an einem nicht alltäglichen Projekt mitarbeiten zu dürfen. Die Situation wurde zusehends

schwieriger für uns, denn neu ins Projekt integrierte Sachbearbeiter stellten sich nicht mehr hinter die ursprünglichen Konzepte oder wussten ganz einfach nichts davon. Wir mussten viel Zeit aufwenden, um immer wieder unsere Ideen darzulegen.

Obwohl bei uns ein grosses Erfahrungspotential auf dem Gebiet der Gebäudeautomation vorhanden ist, haben wir mit einem externen Ingenieurunternehmen einen Vertrag zur jährlichen Überprüfung folgender Punkte abgeschlossen:

- Anlagenkonzept
- Wartungsverträge
- Messkonzept
- Dokumentation aller Handbücher

Nur durch den Beizug einer neutralen Stelle wird es möglich sein, dass alle Infrastrukturanlagen für einen sicheren Rechenzentrumsbetrieb optimiert, dokumentiert und kontrolliert sind (Revisionsstelle).

Alle noch nicht befriedigenden Punkte werden noch in diesem Jahr überprüft, überarbeitet und korrigiert.

4 Erkennen und Analysieren von Fehlfunktionen

4.1	Einleitung	29
<hr/>		
4.2	Ausreichende Sensorik	30
<hr/>		
4.3	Datenerfassung und Weiterleitung	30
<hr/>		
4.4	Fehlerbehebung/Fehleranalyse	31
4.4.1	Kennen der Anlagenfunktionsweise	31
4.4.2	Programmhilfen	31
4.4.3	Dynamische Prozessbilder in den Sparten HLKSE	31
<hr/>		
4.5	Rapporte	32
<hr/>		

4 Erkennen und Analysieren von Fehlfunktionen

4.1 Einleitung

Auswirkungen von Fehlfunktionen können so eingegrenzt werden, dass sie für Menschen und Sachwerte im erträglichen Mass bleiben. Bedingung ist, dass die Planer die Aufgaben des künftigen Betreibers zur Kenntnis nehmen und versuchen, eine möglichst optimale Ausgangslage für dessen Arbeit zu schaffen.

Wir sind der Meinung das die folgenden vier Punkte die Basis sind, ohne die das Erkennen und Analysieren von Fehlfunktionen mehr zufällig als gezielt funktioniert.

1. Ausreichende Sensorik
2. Sichere Erfassung, Registrierung und Ausgabe von Störmeldungen in Abhängigkeit von Priorität und Zeit.
3. Dokumentations- und Programmhilfen als Unterstützung für schnelle Fehleranalyse.
4. Rapporte als Informationsträger für Benutzer und Bedienerbedürfnisse.

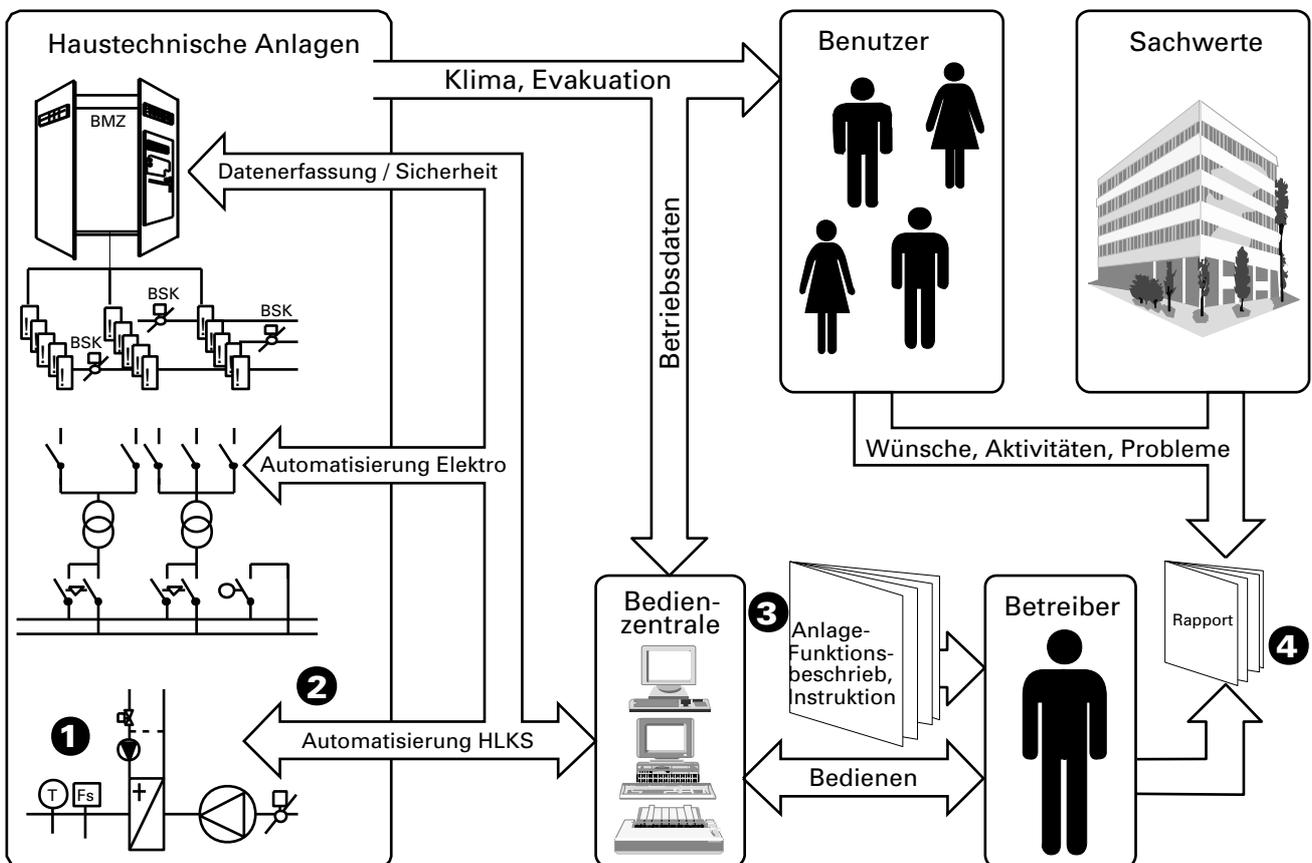


Bild 4.1

4.2 Ausreichende Sensorik

Nur Fehler, die detektiert werden, werden auch erkannt. In der Projektphase ist dringend darauf zu achten, dass neben den Aktoren und Sensoren für die Steuerung und Regelung auch Sensoren und Melder zur Überwachung der Betriebsbedingungen eingesetzt werden.

Beispiel HLKS-Anlagen

- Rückmeldung Revisionsschalter.
- Überwachung der Betriebsbereitschaft von Erzeugern.
- Überwachung von Steuerspannungen
- Netzausfall- und Netzwiederkehrüberwachung.
- Überwachen von Grenzwerten von Temperaturen, Drücken, usw.

Beispiel Elektroanlagen

- Überwachen von Betriebszuständen wie Netzbetrieb, Notnetzbetrieb, Netzparallelbetrieb, usw.
- Überwachen von Grenzwerten von Leistungen, $\cos\phi$, usw.
- Überwachen von Schalterstellungen.
- Überwachen von Steuerungen.

Beispiel Sicherheitsanlagen

- Betriebszustandsüberwachung der Zentralen: Tag/Nacht/Gruppe Aus, usw.
- Überwachen von Batteriespannungen.

4.3 Datenerfassung und Weiterleitung

Sobald die Automatisierungseinheiten eine Stör- oder Alarmmeldung erfasst haben, muss in der Leitebene ein entsprechendes Störungsprozedere in Gang gesetzt werden.

Grundsätzlich handelt es sich dabei um die Verknüpfung einer Ursache mit einer Reaktion. Die Ursache kann eine Übertemperatur, Netzausfall oder ein Brandalarm sein. Die erwartete Reaktion ist die Alarmierung von zuständigen Personen unabhängig von Zeit und Ort. In modernen Gebäuden ist das grösstenteils die Aufgabe von Automationssystemen.

Das Störungsprozedere erfährt oft Änderungen, so dass der flexiblen Anpassung der Verknüpfungen während dem Betrieb grosse Bedeutung zukommt.

Von Seiten der Bauherrschaft ist die Vergabe der Störpriorität klar zu regeln. Alle haustechnischen Anlagen und deren Meldungen sind gemäss ihrer Bedeutung für den Betrieb einzustufen.

Anlagekategorien

Kategorie A
Anlagen, deren Versagen eine starke Beeinträchtigung des Betriebes zur Folge haben.

Kategorie B
Anlagen, deren Versagen den Betrieb auf die Dauer beeinträchtigen.

Kategorie C
Anlagen, deren Versagen den Betrieb nur unwesentlich beeinträchtigen.

Meldungskategorien

Priorität 1
Alarmmeldung, sofortige Intervention erforderlich.

Priorität 2
Störmeldung, Intervention während der Arbeitszeit erforderlich.

Priorität 3
Statusmeldung, keine Intervention erforderlich.

Letzlich werden jeder Meldungskategorie ein oder mehrere Ausgabegeräte zugewiesen.

Priorität 1
Alarmdrucker, PSA, Telealarm oder Pager

Priorität 2
Protokolldrucker, PSA

Priorität 3
Wartungsdrucker

4.4 Fehlerbehebung/ Fehleranalyse

4.4.1 Kennen der Anlagenfunktionsweise

Nachdem eine Fehlermeldung erfasst und dem Betreiber gemeldet ist, folgt die Fehlerbehebung. Die genaue Kenntnis der Anlagenfunktionsweise ist die Voraussetzung zur Fehlerbehebung und -analyse. Erst wenn der Betreiber weiss, was jedes Aggregat und jeder Apparat in der Anlage bewirkt, kann er die Störung beheben und geeignete Massnahmen zur Vermeidung von erneuten Störungen ergreifen.

Der Betreiber übernimmt neu erstellte Anlagen meistens in oft unverhältnismässig kurzer Zeit, weil die Überschneidung von Planung und Betrieb je länger je kleiner wird. Umso wichtiger sind präzise und vollständige Beschreibungen aller Anlagen.

In den Anlagen, die bei der Fehlersuche eine bestimmte Vorgehensweise erfordern, sind neben den üblichen Anlagendokumentationen zusätzliche Instruktionsanweisungen zu erstellen.

4.4.2 Programmhilfen

Moderne Automationssysteme bieten dem Betreiber eine Vielzahl von Programmhilfen für die Fehlersuche und Analyse. Die Erfahrung zeigt, dass diese nur in wenigen Fällen wirkungsvoll ausgenutzt werden. Das liegt zum Teil daran, dass viele Lieferanten ihre eigenen Programme nur lückenhaft kennen und den Betreiber dadurch unvollständig informieren. Zum anderen sind die Betreiber mit vielen unterschiedlichen Aufgaben so stark ausgelastet, dass sie nur oberflächlich mit den Automationssystemen arbeiten. Es ist sehr wichtig, dass eine objektorientierte Schulung von Systemfunktion noch während der Überschneidung von Planung und Betrieb, das heisst vor den Abnahmen, stattfindet!

4.4.3 Dynamische Prozessbilder in den Sparten HLKSE

In komplexen Anlagen und bei bestimmten Gebäudestrukturen bieten dynamische Prozessbilder dem Betreiber eine transparente Beobachtung und geführte Bedienung. Neben der Darstellung der Anlagen mit ständig aktualisierten Betriebszustandsanzeigen können auch aktive Eingriffe ausgeführt werden.

4.5 Rapporte

Rapporte sind eine sehr nützliche aber zugleich sehr unbeliebte Art, Vorgänge zu dokumentieren und bedeuten dadurch für viele einen vermeintlich vermeidbaren Aufwand.

Vergegenwärtigen wir uns die zwei Ziele der Betriebsführung:

1. Für Menschen und Sachwerte geforderte Umgebungsbedingungen mittels optimalem Energieeinsatz erzeugen.
2. Überwachung der Erreichung und Einhaltung dieser Bedingungen.

Dabei sind die geforderten Umgebungsbedingungen keine konstante Grösse. Sie ändern in Abhängigkeit von den Wünschen, Aktivitäten und Problemen der Benutzer oder Sachwerte. Die Anpassung von Sollwerten und Betriebszeiten ist mit den heutigen Automationssystemen eine relativ einfache Angelegenheit. Die Stolpersteine liegen bei der Erfassung und der Koordination. Wir unterscheiden dabei zwischen:

- Offene Probleme.
- Anstehende Aktivitäten und Wünsche während der Arbeitszeit.
- Anstehende Aktivitäten und Wünsche ausserhalb der Arbeitszeit.

Die aufgabengerechte Gestaltung von Rapporten und deren Aktualisierung ist Aufgabe des Betreibers (siehe auch Beispiel eines Logbuches in Tabelle des Abschnittes 7.4).

5 Ablauf einer Optimierung

5.1	Auswahl der Anlage	35
5.2	Messkonzepte	40
5.3	Beispiel Nachtauskühlung	42

5 Ablauf einer Optimierung

5.1 Auswahl der Anlage

Problemstellung

Jeder Betreiber eines Gebäudes oder von Anlagen steht früher oder später vor der Aufgabe, den Energieverbrauch zu senken. Da es keine allgemeine Methoden für das Gesamtgebäude gibt, muss eine Systematik zur Festlegung der Priorität erarbeitet werden.

Um das Ziel, eine Energieverbrauchs-Reduktion im gesamten Objekt zu erreichen, ist es wichtig, bei der Anlage mit dem grössten Sparpotential zu beginnen.

Grobklassierung

Zwei Hauptkriterien sind dabei mit grossem Gewicht massgebend:

1. Betriebszeiten der Anlage.
2. Grösse des Energieverbrauches.

Es sollen also Anlagen mit langer Betriebszeit und hohem Energieverbrauch gefunden werden. An diesen Anlagen sollen dann Massnahmen zur Optimierung durchgeführt werden.

Massnahmen Heizung/Lüftung/Sanitär

Lufttechnische Massnahmen

- Sollwerte Raum/Zuluft/Abluft
- Führungskurve nach Raum- oder Aussentemperatur
- Befeuchtung/Entfeuchter, Freigabepunkte
- Sollwerte Befeuchtung
- Laufzeit der Anlage
- Nutzungsabhängige Stufenschaltung I/II
- Luftmengenoptimierung durch Drehzahländerung
- Luftmengenverteilung in den Räumen anpassen
- Luftherhitzer-Pumpenlaufzeiten reduzieren
- Kanalnetz den Bedürfnissen anpassen
- Wärmerückgewinnung verbessern
- Klappen-Dichtheit verbessern
- etc.

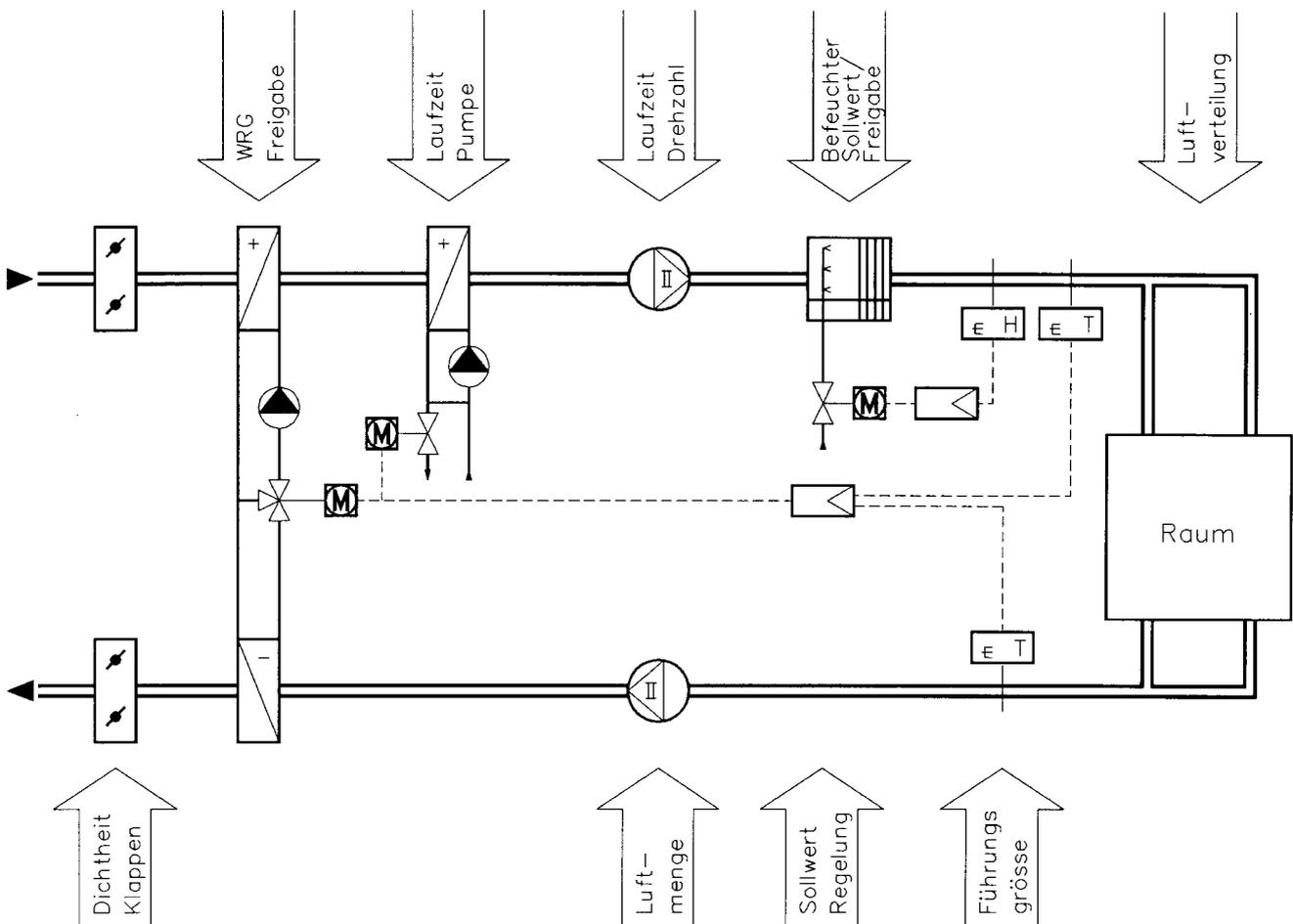


Bild 5.1: Betriebsoptimierung, Massnahmen, Lüftung

Heiztechnische Massnahmen

- Kesseltemperatur-Sollwert nach Bedarf führen
- Ausschaltung Wärmeerzeugung bei Nullbedarf (Nacht...)
- Reduktion Haupt-/Fernleitungspumpen
- Verbesserung Wärmedämmung
- Heizgrenze bzw. Sommer/Winter-Schaltung optimieren
- Thermostatventile einsetzen
- Verbrennung/feuerungstechnischen Wirkungsgrad verbessern
- Verbraucherregelung bez. Heizkurve und Schaltzeiten optimieren
- etc.

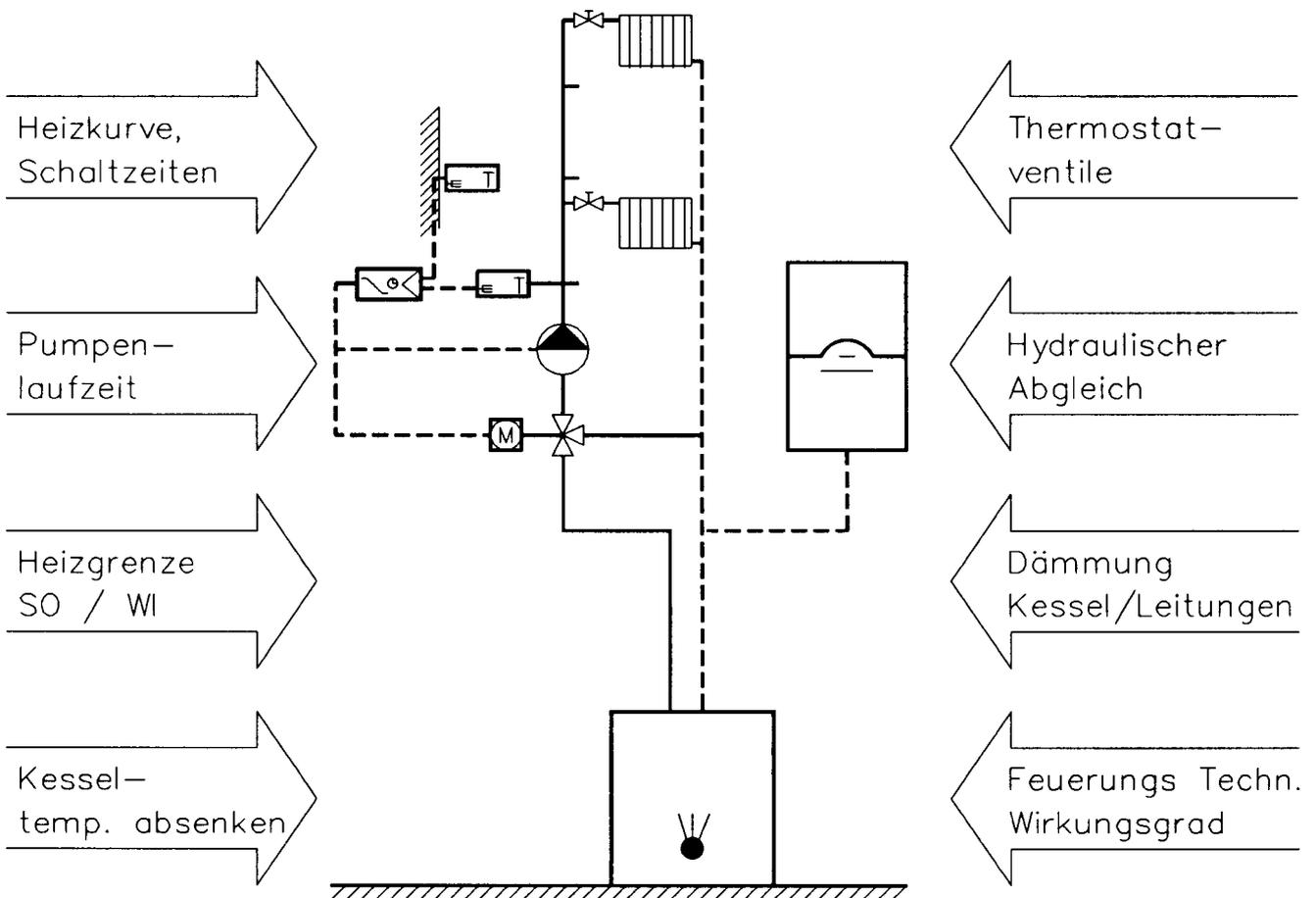


Bild 5.2: Betriebsoptimierung, Massnahmen, Heizung

Sanitärtechnische Massnahmen

- Wassermenge bei den Zapfstellen reduzieren (Warmwasser/Kaltwasser)
- Zirkulationspumpe mit Zeitschaltuhr optimieren
- Sollwert auf 50 °C für Warmwasser reduzieren
- Boiler-Ladung auf Niedrigtarif (Strom) oder Abwärmenutzung (Wirkungsgrad) anpassen
- Dämmung der Hauptleitungen
- etc.

Anlagen vor Optimierung überprüfen

In der folgenden Zusammenstellung sind 10 Kriterien, welche Einfluss auf den Erfolg der Sparmassnahme haben, zusammengestellt.

- 1) Betriebszeit der Anlage
- 2) Grösse des Energieverbrauches
- 3) Vorgesehene Umbauten
- 4) Sicherheitsanforderungen/Vorschriften
- 5) Abhängigkeit der Anlage von Umwelteinflüssen
- 6) Anlageverluste
- 7) Abhängigkeiten zu anderen Anlagen
- 8) Anzahl identischer oder vergleichbarer Anlagen
- 9) Benutzerverhalten
- 10) Vorhandene Hilfsmittel Messungen

Im folgenden werden diese Punkte kurz angeschnitten und allgemeingültige Hinweise aufgeführt:

1) Betriebszeit der Anlage

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

Bei Anlagen, welche 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 Zeiten benötigt, ist es wichtig, dass die Ein- resp. Ausschaltung auf die Nutzung abgestimmt ist.

2) Grösse des Energieverbrauches

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

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

3) Vorgesehene Umbauten

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

4) Sicherheitsanforderungen/Vorschriften

Unterliegt der Betrieb der Anlagen-Sicherheitsanforderungen oder gesetzlichen Vorschriften, so dass keine oder nur geringe Anpassungen zugelassen sind, sollte zuerst die Vorschrift genau geprüft werden (Lifte, Alarmanlagen, Brandschutz, etc).

5) Abhängigkeit von Umwelteinflüssen

Wird eine Anlage stark von der Umwelt (Beispiel Aussentemperatur) beeinflusst, um eine Optimierung an die vorhandenen Bedürfnissen abzustimmen, so können sich Optimiermassnahmen leicht auf den Komfort auswirken.

6) Anlageverluste

Jeder Prozess erzeugt sekundär Energieformen, welche für die eigentlichen Zwecke nicht genutzt werden können → Verluste. Neben dem Bestreben, diese Verluste möglichst klein zu halten, soll

versucht werden, dass auch diese Energien teilweise genutzt werden (z.B. zur Unterstützung der Heizung).

Besondere Beachtung sollte Anlagen gegeben werden, bei welchen diese Verluste einen negativen Einfluss auf andere Anlagen ausüben und bei diesen einen zusätzlichen Energieverbrauch bewirken.

Beispiel:
Eine Kältemaschine steht im Heizraum, und die hohe Heizraumtemperatur verschlechtert den Wirkungsgrad der Kältemaschine.

7) Abhängigkeit zu anderen Anlagen

Um den Energieverbrauch zu reduzieren ist es wichtig, dass alle Anlagen, welche energetische Abhängigkeiten aufweisen, gleichzeitig bearbeitet werden.

Beispiel:
Freigabe der Kältemaschine durch die Klimaanlage.

8) Anzahl identischer oder vergleichbarer Anlagen

Sind in einem Objekt mehrere identische oder vergleichbare Anlagen vorhanden, können mit einer Untersuchung gleichzeitig die Grundlage für die Optimierung von mehreren Anlagen geschaffen werden.

Weisen solche Anlagen eine grosse Abhängigkeit zum Benutzerverhalten auf, kann mit dem Energievergleich versucht werden, gezielte Informationen an den Benutzer zu geben (z.B. Energiezahlen pro Monat am Anschlagbrett).

9) Benutzerverhalten

Bei Anlagen, welche eine grosse Abhängigkeit zum Benutzerverhalten aufweisen (z.B. Beleuchtung) sollten jene Anlagen, welche durch engagierte Benutzer beeinflusst werden können, nicht in erster Priorität bearbeitet werden. Ein motivierter Benutzer erreicht hier mehr als eine Automatik.

10) Vorhandene Hilfsmittel

Sind alle notwendigen Instrumente und Messeinrichtungen vorhanden resp. innerhalb kurzer Zeit

verfügbar, so soll die Anlage bevorzugt bearbeitet werden.

Die Anlagen sollten in die folgenden 3 Gruppen unterteilt werden können:

- 1) Überprüfung möglichst rasch durchführen
- 2) Überprüfung sinnvoll, aber nicht vordringlich
- 3) Überprüfung nicht unbedingt notwendig.

Die Zuordnung einer einzelnen Anlage ist nur dann optimiert, wenn das gesamte Umfeld berücksichtigt wird. Die Gewichtung ist umso wichtiger, je kleiner der finanzielle und personelle Rahmen ist.

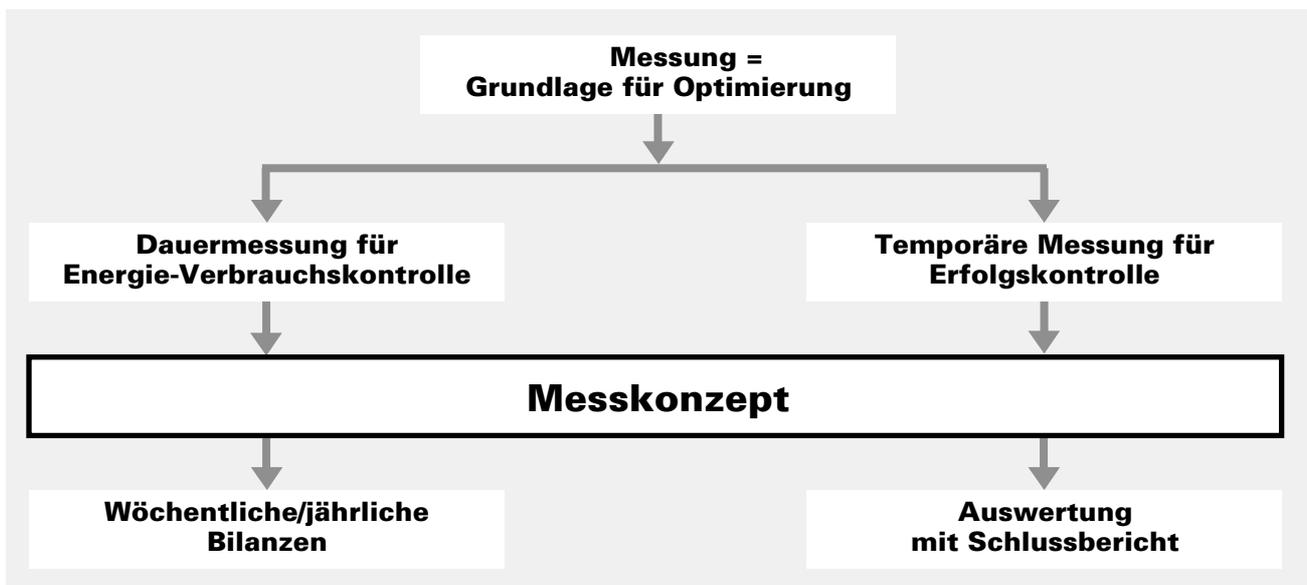
5.2 Messkonzepte

Der Grund für die Erstellung eines Messkonzeptes erfolgt meist aufgrund folgender Motive:

- 1) Messung der Energieverteilung für Verbrauchskontrolle.
- 2) Messung der Einsparung nach einer Sparmassnahme (= Erfolgskontrolle).

Eine Messkampagne nach dem Motiv 1) wird zur reinen Verbrauchsstatistik, wenn nicht Massnahmen zur Optimierung, Sanierung oder Renovation eingeleitet werden.

Messkonzepte



Inhalt Messkonzept

Der folgende Inhalt eines Messkonzeptes kann allgemein eingesetzt werden. Wichtig ist, dass das Ziel der Untersuchung festgelegt wird.

- 1. Ziel der Untersuchung** Zu welchem Zweck werden die Messungen durchgeführt (Beispiel vor/nach Massnahme)?
- 2. Untersuchungsprojekt** Festlegen der Anlagen, welche bei der Messung erfasst werden. Zusammenstellen der vorhandenen Anlagedokumente (Beschreibung, Pläne, Datenblätter).
- 3. Vorgehen** Wie wird das Ziel erreicht (Ablauf, Tätigkeiten, Projektbeschreibung)?
- 4. Randbedingungen** Welche Bedingungen müssen für die Messungen erfüllt werden? Wie werden sie überwacht?
- 5. Erfassung Umwelteinflüsse** Welche Umwelteinflüsse beeinflussen den Energieverbrauch der Anlagen? Welche müssen parallel zur Energiemessung erfasst und protokolliert werden (Storen, Sonne, Belegung)?
- 6. Messstellen** Welche Messstellen werden benötigt, und wo werden diese eingebaut?
- 7. Protokollierung der Messung** Wie werden die Messwerte und spezielle Betriebsangaben der Anlagen erfasst und protokolliert?
- 8. Beeinflussung des Betriebes** Wird der Betrieb während der Messung 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? Welche Hilfsmittel werden benötigt?
- 12. Kosten für die Messung** Mit welchen Kosten und Zeitaufwand ist die Durchführung der Messkampagne inkl. Auswertung verbunden?

5.3 Beispiel Nachtauskühlung

Ziel der Untersuchung

Mit der Messung soll die Einsparung an elektrischer Energie bei der Kälteerzeugung durch Nachtauskühlung erfasst werden.

Untersuchungsobjekt

Genaue Beschreibung der ausgewählten Anlage:

- Zweck der Anlage
- Steuerung/Regelung
- Optimierungsfunktion Nachtauskühlung
- Techn. Daten (Leistungen etc.) aus Revisionsunterlagen.

Vorgehen

Die Einsparung an elektrischer Energie für die Lüftungsanlage wird durch Vergleich der Messungen bei

- Betrieb ohne Nachtauskühlung
- Betrieb mit Nachtauskühlung

bestimmt.

Energieeinsparung

Die Einsparung an elektrischer Energie wird durch eine Bilanz dargestellt. Die Formel dafür lautet als Beispiel bei einer Nachtauskühlung:

$$\begin{aligned} \text{Einsparung} &= [\text{Elektr. Verbrauch (ohne NK)} \\ &\quad - \text{Elektr. Verbrauch (mit NK)}] \\ &\quad + \text{Kälte-Leistungsziffer} \\ &\quad \times [\text{Kälteverbrauch (ohne NK)} \\ &\quad - \text{Kälteverbrauch (mit NK)}] \end{aligned}$$

Randbedingungen

Die energiewirksamen Bedingungen dürfen während der Messperiode nicht verändert werden. Mit Datum und Zeitangabe müssen protokolliert werden:

- Handbetrieb der Anlage (EIN-AUS-schalten)
- Störungen
- Änderungen von Sollwerten/Parametern
- Änderungen am Zeitprogramm
- Zu- und Wegschalten von Räumen (variables Volumen).

Erfassen von Umwelteinflüssen

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.

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.

Messstellen

Die folgenden Messstellen werden für die Untersuchung benötigt (siehe auch Abbildung):

-
- **Temperaturmessungen:**
 - Aussentemperatur
 - Zulufttemperatur
 - Ablufttemperatur
 - Raumtemp./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. Auf einem Grundrissplan sollen die Messstellen genau eingetragen werden.

Protokollierung der Messungen

Hier kommt der Einsatz der IGA nun voll zum tragen. Folgende Reports werden erstellt und pro Tag auf Diskette abgespeichert:

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 30244
 - Betrieb der Fortluftanlage
 - Betrieb der Lüftungsanlage
-

Report Nr. 2: Interne Lasten/Sonneneinstrahlung

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

● Zeitschritt	15 Minuten
● Messwerte	<ul style="list-style-type: none"> – Aussentemperatur – Sonneneinstrahlung – Mittelwert der 5 Raumtemperaturen – Raumtemperatur 30244 – Fortlaufender Zählwert des elektr. Energieverbrauches des Laborgebäudes

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
● Messwerte	<ul style="list-style-type: none"> – Fortlaufender Zählwert der Kälteenergie (kWh) – Fortlaufender Zählwert der Elektroenergie der Lüftungsanlage (kWh)

Journal

Die Belegung der Räume wird nach Absprache mit den Benützern einmal pro Woche (Montag) vom XXXXXX 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.

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.

Zeitpunkt / Dauer der Messungen

- **Langzeitmessungen:**
Report 1
- **Messungen in Messperiode:**
Report 2+3
- **Dauer:**
Montag 00.00 Uhr - Freitag 24.00 Uhr

Für die Detailphasen wird ein Terminplan erstellt.

Messablauf

- **Vorbereitung:**
 - Instruktion Betreiber
 - Vorbereitung der Reports auf Leitsystem
- **Messablauf:**
 - Lieferung zus. Messgeräte
 - Anpassungen auf IGA
 - Kontrollmessungen
- **Messungen:**
 - Kontrolle der Datenerfassung
 - Führen Messjournal
 - Demontage

Auswertung

Mit der Auswertung soll die Einsparung an elektrischer Energie bei der Kälteerzeugung durch den Einsatz der Nachtauskühlung quantifiziert werden. Zu diesem Zweck wird analysiert, wie oft die Nachtauskühlung aufgrund der Aussentemperatur aktiv war.

Unter Berücksichtigung des Zeitpunktes des elektr. Energiebezuges im Hoch- und Niedertarif werden die eingesparten Energiekosten errechnet.

Kosten für Messung

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

Planung, Organisation	Fr. xx'xxx.–
Materialkosten (Messgeräte)	Fr. xx'xxx.–
Anpassungen IGA	Fr. xx'xxx.–
Montage/Demontage Messaufbau	Fr. xx'xxx.–
Kontrollarbeiten	Fr. xx'xxx.–
Auswertung	Fr. xx'xxx.–
Total	Fr. xx'xxx.–

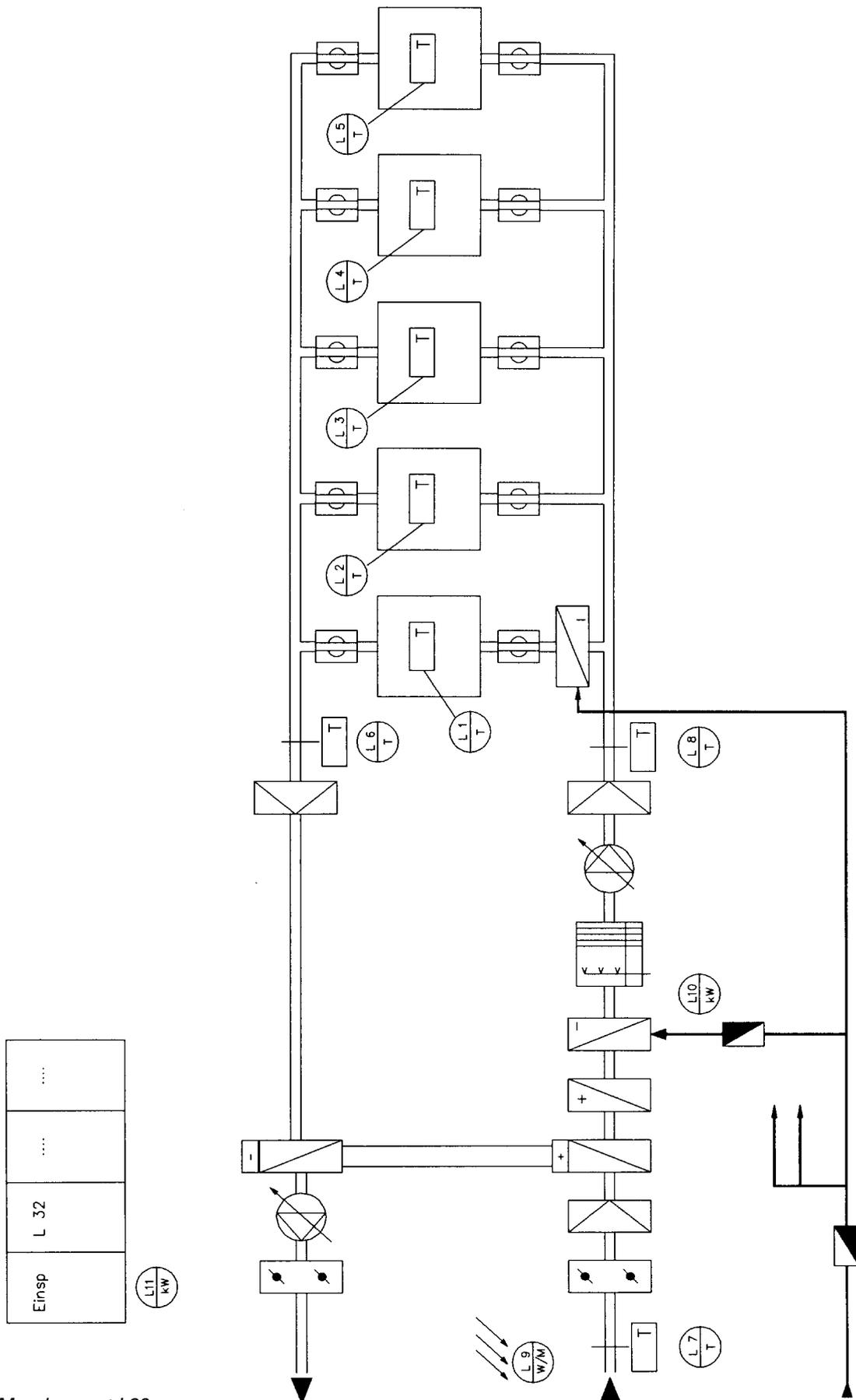


Bild 5.3: Messkonzept L32

6 Erkennen von Fehlfunktionen

6.1	Beispiel Luftherhitzerpumpe	50
6.2	Beispiel Computer-Klimagerät	52

6 Erkennen von Fehlfunktionen

Mit Fehlfunktionen werden alle Betriebsarten, Steuer- und Regelfunktionen verstanden, die zu **Energie-Mehrverbrauch** oder zu **hohem Verschleiss** der Anlagekomponenten führen. Die Ursachen können dabei folgende sein:

1. Nachträgliche Änderungen an der Anlage (Pumpendrehzahl reduzieren,
2. Verstellen von Regelparametern (Beispiel: Sollwert, Folgeregelung),
3. Verdrahtungs- oder Schaltschrankänderungen,
4. Störungen, Ausfall vom Komponenten,

Bei einer systematischen Inbetriebsetzung von Neuanlagen und der anschliessenden Abnahme könnten die meisten Fehlfunktionen festgestellt und einer Behebung zugeführt werden. Es wird also dringend empfohlen, detaillierte statische und dynamische Funktionskontrollen bei der Abnahme durchzuführen. Speziell die Abhängigkeiten zu anderen Anlagen (Beispiel: Freigabe Heizung) sollte bei verschiedenen Randbedingungen getestet werden.

Tägliche Kontrolle

- Komfortbedingungen prüfen (Temp./Feuchte)
- Anlageverhalten beobachten
- Unlogisches Anlageverhalten festhalten.

Beispiele:

- *Heizen bei hohen Aussentemperaturen*
- *Keine WRG-Freigabe bei tiefen Aussentemperaturen*
- *Kühlen bei tiefen Aussentemperaturen.*

Periodische Kontrolle (Beispiel alle 4 Monate)

- Zählerstand protokollieren
- Schalthäufigkeit prüfen (Brenner, Kältemaschine)
- Regelkreise auf Stabilität prüfen
- Soll-/Ist-Wert-Vergleich (Regelgüte).

6.1 Beispiel Lufterhitzerpumpe

Bei einer Lüftungsanlage für ein Warenhaus wurde ein häufiges EIN/AUS-Schalten der Lufterhitzerpumpe festgestellt. Die Raumtemperatur im Laden war mit 19,5 °C sehr konstant.

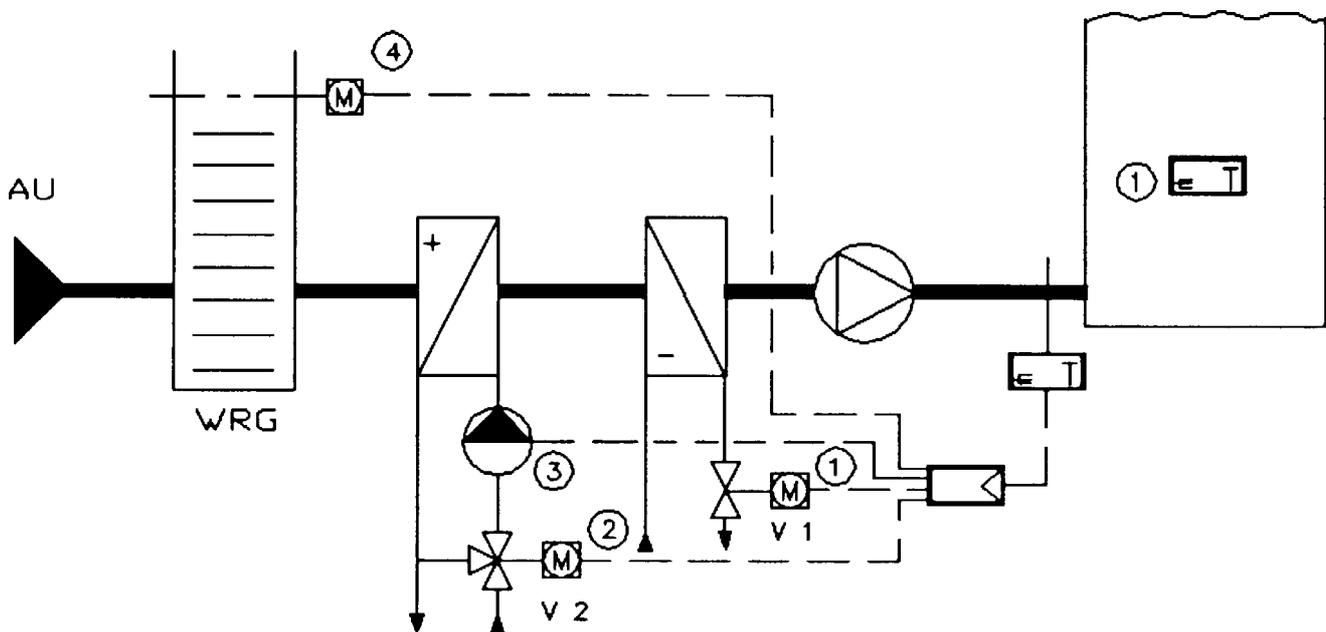


Bild 6.1: Prinzipschema Lüftungsregelung

Der Benutzer des Verkaufsraumes war auch zufrieden und hatte keine Beanstandungen angebracht. Auf Initiative des Hauswartes wurden die Möglichkeiten des Leitsystems für eine Messkampagne mit Überprüfung des Regelverhaltens genutzt und das Betriebsverhalten grafisch festgehalten.

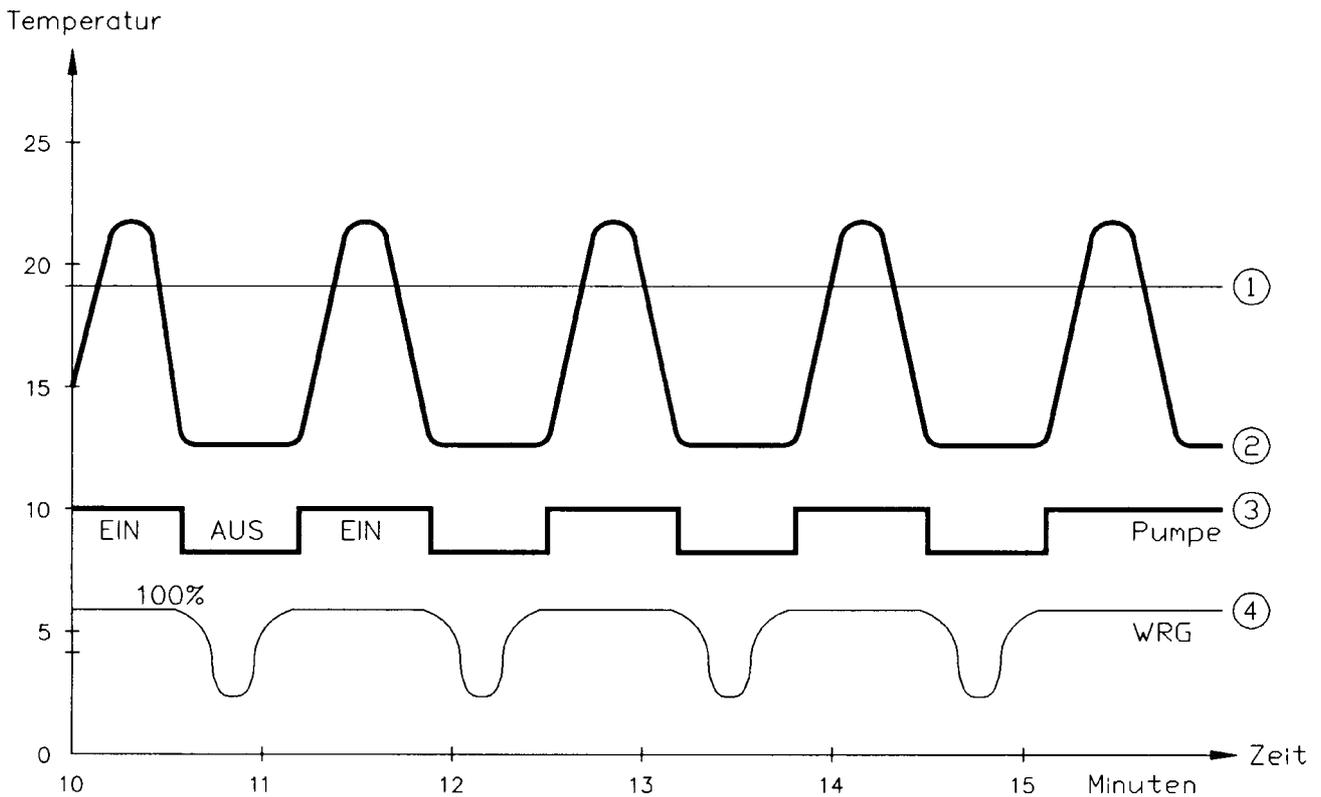


Bild 6.2: Report-Ausdruck

Wie dieses Beispiel aus der IGA-Praxis zeigt, konnte die schlechte Reglereinstellung nur mit der Aufzeichnung des dynamischen Betriebsverhaltens der Einzelkomponenten erkannt werden.

Ohne eine solche Überprüfung wäre diese Anlage während Jahren so weiterbetrieben worden und hätte unnötig viel Energie verbraucht.

Folgende Verbesserungen hat die Optimierung zur Folge:

- 1 Das Luftherzerventil verbleibt neu praktisch immer in derselben Stellung (Höhere «Lebenserwartung»).
- 2 Die Luftherzerpumpe schaltet nicht mehr häufig.
- 3 Die WRG bleibt für diesen Lastfall immer 100% in Betrieb, was den primären Wärmebedarf um 6% des Jahres-Energiebezuges von 5'000 kWh reduziert.

6.2 Beispiel Computer-Klimagerät

Ein Computerraum wird mittels einem Kompakt-Klimagerät konditioniert.

Der im Gerät eingebaute Kältekompressor schaltet häufig, was unnötige Anlaufströme verursacht und die Lebensdauer des Gerätes reduziert.

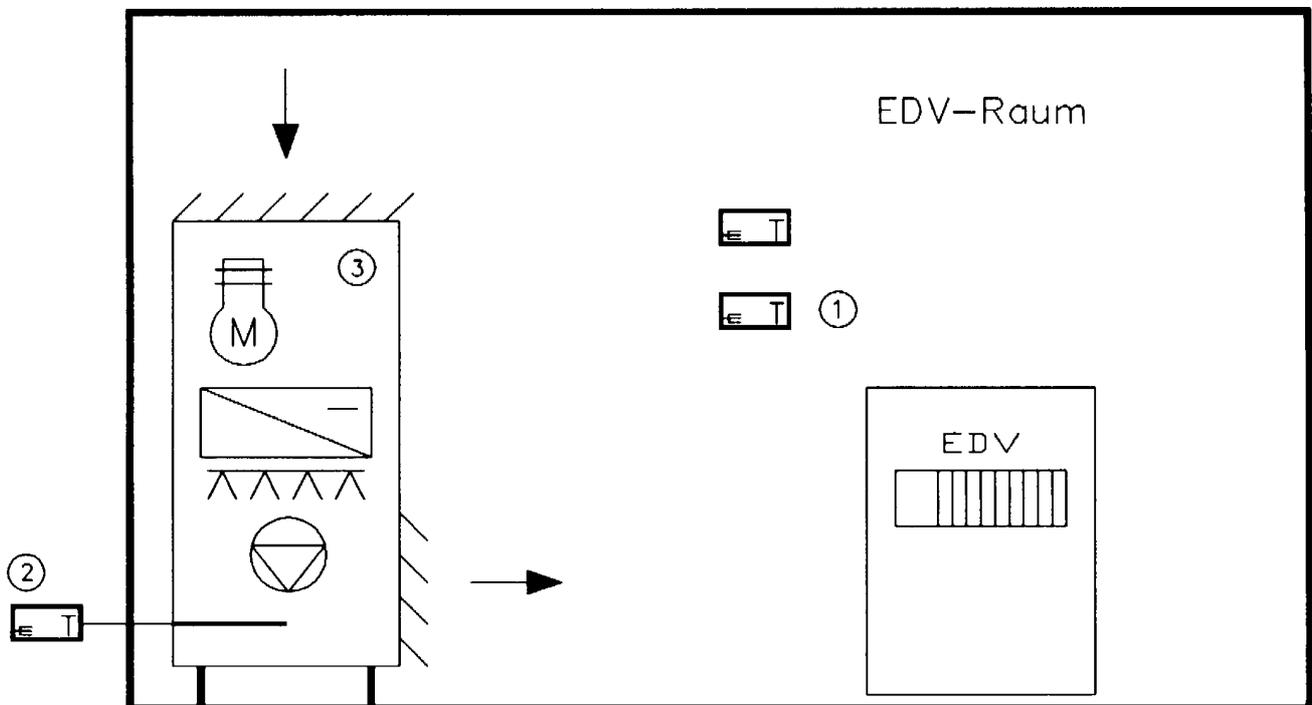


Bild 6.3: Klima-Kompaktgerät

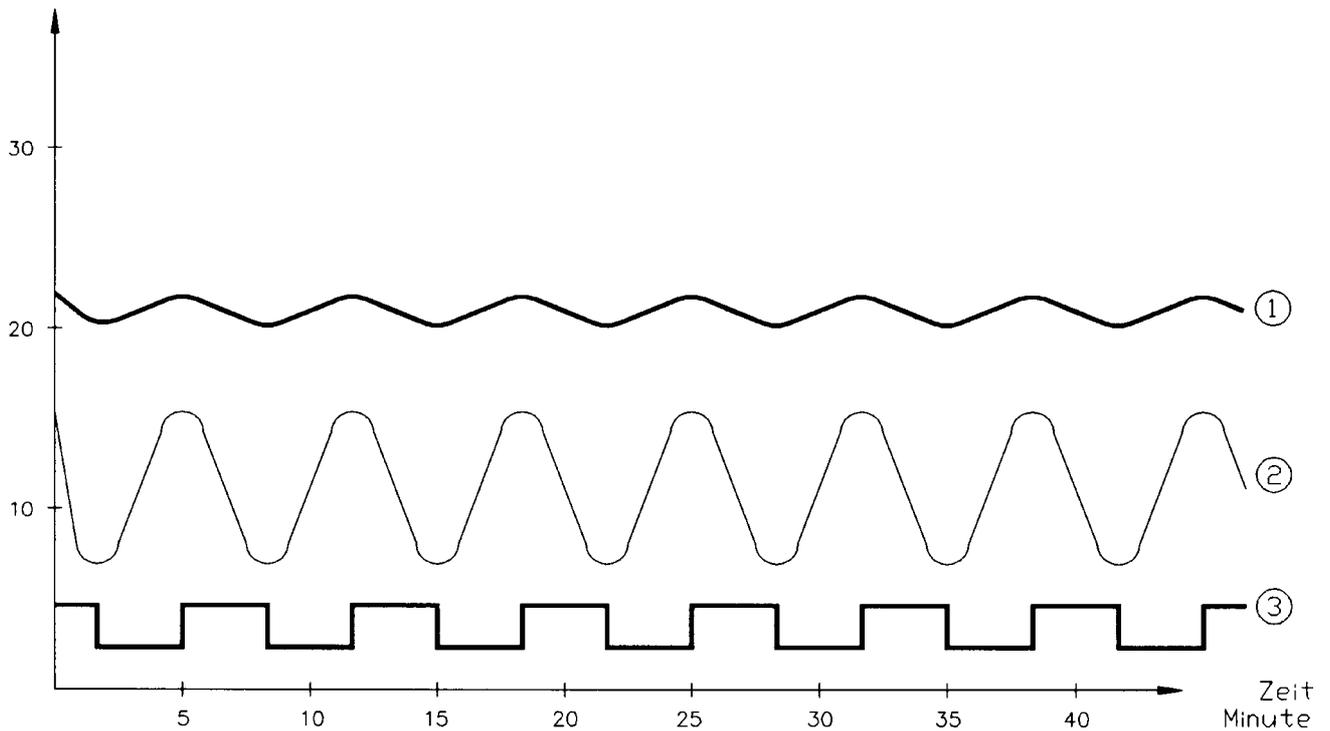


Bild 6.4: Report-Ausdruck

Eine Analyse mit zusätzlichen, temporär auf die IGA aufgeschalteten Temperatur- und Feuchtefühlern zeigte, dass das Klimagerät im Verhältnis zum EDV-Gerät 1,4 mal soviel elektrische Energie umsetzte.

Die Analyse der Trendkurven und ein Gespräch mit dem EDV-Betreiber zeigte, dass die Raumtemperatur anstatt 21 °C durchaus auch 24 °C betragen könnte.

Die Veränderung des P-Bandes bei der Regelung brachte einen bedeutend ruhigeren Lauf des Kompressors mit weniger Schaltungen.

	vorher	nachher
Raumtemperatur:	21 °C ± 1	24 °C ± 2
Raumfeuchte:	40% ± 3	45% ± 3

- 1 Die Raumtemperatur schwankt innerhalb 2 °C anstatt 1 °C.
- 2 Die Zulufttemperatur schwankt wie vorher, doch durch das reduzierte EIN/AUS-Schalten weniger häufig.
- 3 Der Kompressor schaltet weniger häufig.

7 Betriebsoptimierung/Optimierfunktionen

7.1	Definition	57
<hr/>		
7.2	Einsatz von Optimierfunktionen	58
7.2.1	Allgemeines	58
<hr/>		
7.3	IGA als Werkzeug für die Betriebsoptimierung	60
<hr/>		
7.4	Abnahme und erste Betriebsphase	62
<hr/>		
7.5	Beispiele von Optimierfunktionen	65
7.5.1	Latentspeicherbewirtschaftung	65
7.5.2	Kältemaschine für Tiefkühlräume	66
7.5.3	Nachtauskühlung	69

7 Betriebsoptimierung/Optimierfunktionen

7.1 Definition

Seit der Energiediskussion ist der Begriff Optimierung und Energiemanagement anzutreffen. Diese Begriffe werden von Planern, Unternehmern und Lieferanten für verschiedenste Arbeiten verwendet.

Die Begriffe wurden im Impulsprogramm RAVEL und in den Arbeitsgruppen Energie 2000 wie folgt festgelegt:

Unter **Betriebsoptimierung** werden alle Massnahmen verstanden, die für eine bestimmte Nutzung notwendige Endenergie zu minimieren.

Optimierfunktionen sind automatische oder selbstlernende Funktionen, die zum Ziel haben, die haustechnischen Anlagen eines Gebäudes mit einem möglichst geringen Energieverbrauch zu betreiben.

Die Betriebsoptimierung umfasst die folgenden Phasen:

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

Während dem Betrieb der Anlagen werden die Energieverbrauchszahlen und die Nutzung der Anlage gemessen und protokolliert (1). Diese Werte 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 automatisiert (= Optimierfunktion) ausgeführt werden.

Die Optimierfunktionen können auch in Gebäuden ohne IGA eingesetzt werden. Ist die IGA bereits vorhanden oder geplant, reduzieren sich jedoch häufig die Kosten für eine Optimierfunktion.

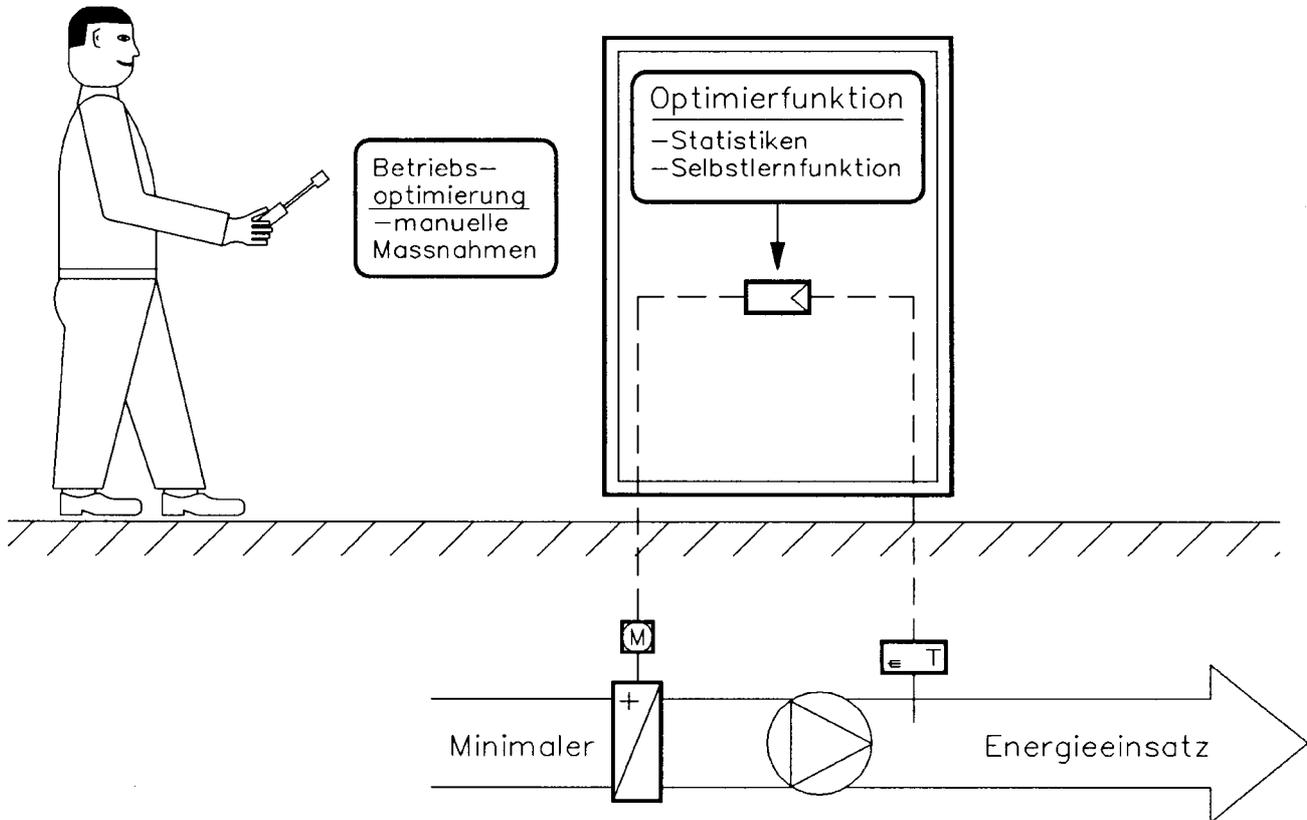


Bild 7.1: Betriebsoptimierung und Optimierfunktionen

7.2 Einsatz von Optimierfunktionen

7.2.1 Allgemeines

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

Energieverbrauch der Anlage -> Nutzbare Energie -> Benötigte Energie
 -> **Speicherverluste**
 -> **Energieverschwendung**
 = **Sparpotential**

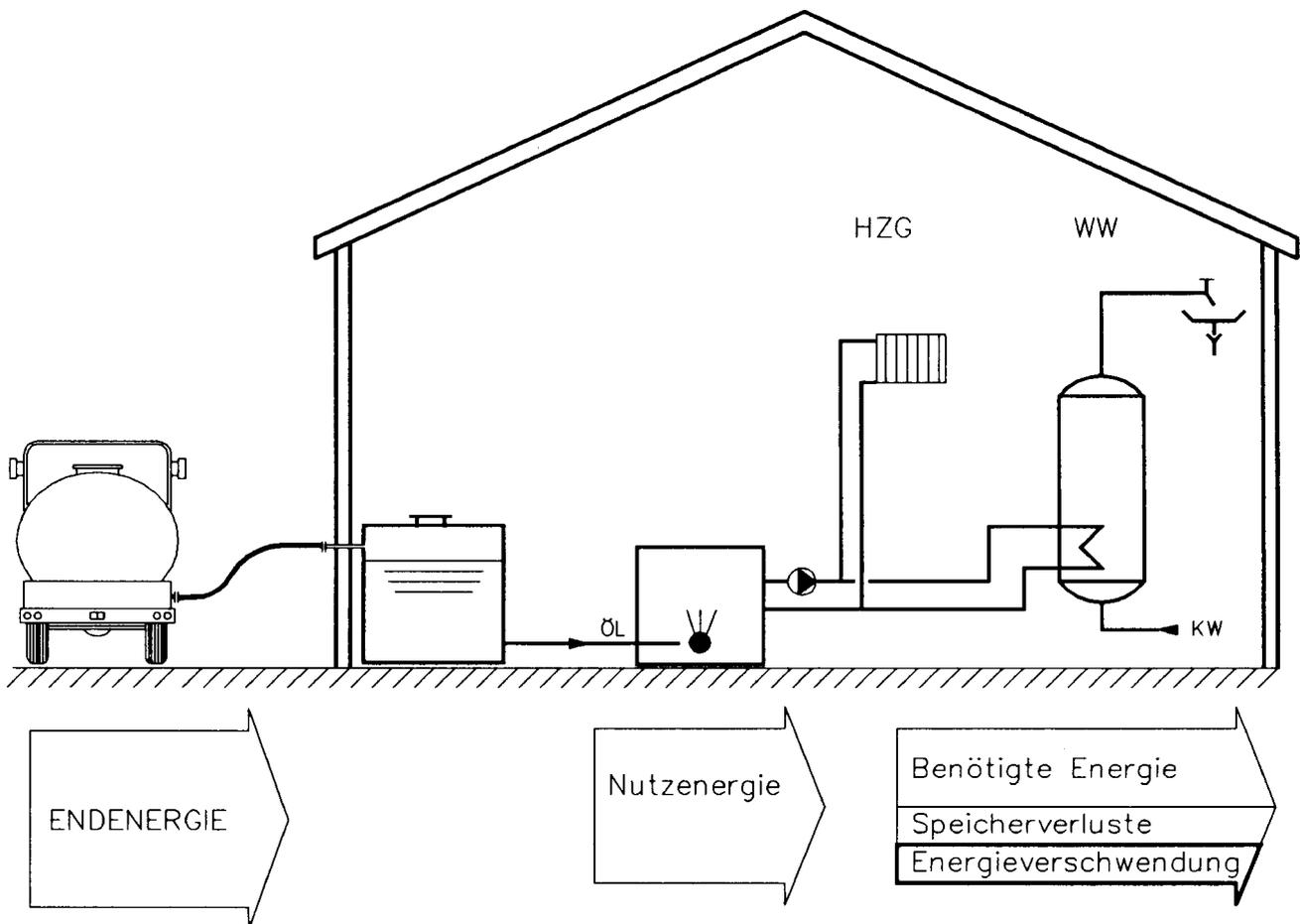


Bild 7.2: Energiefluss im Gebäude

Das Ziel ist es, den Energieverbrauch der Anlage zu minimieren, ohne die Sicherheitsreserven zu beeinflussen. Dieses Ziel kann in drei Schritten erfolgen:

- 1) Erzeugte Energie auf benötigte Energie abstimmen.**
- 2) Auswahl der geeigneten Anlage für die Optimierung.**
- 3) Verbesserung des Wirkungsgrades der Anlage.**

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

7.3 IGA als Werkzeug für die Betriebsoptimierung

Die IGA ist nicht Bedingung, dass an Anlagen eine periodische Betriebsoptimierung durchgeführt werden kann. Sie ist ein Hilfsmittel, welches bei richtigem Einsatz die Optimierung erleichtern kann. Die Voraussetzung dazu ist aber, dass der Betreiber der Anlagen über diese Möglichkeiten informiert ist und sie auch nutzt.

Die Betriebsoptimierung kann grundsätzlich in die folgenden drei Teile unterteilt werden, welche periodisch wiederholt werden:

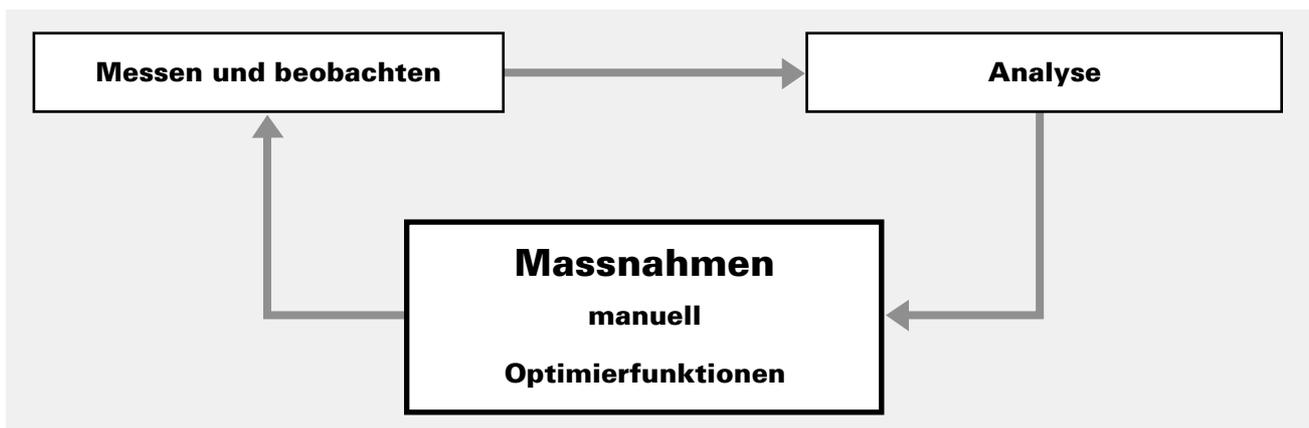


Bild 7.3a: Ablauf der Betriebsoptimierung

Im folgenden werden die Vorteile der IGA für diese Schritte aufgeführt.

Beobachten und Messen

Die zusätzlichen Messstellen können auf jede Unterstation (Bedingung: Reserve vorhanden) aufgeschaltet werden und über den Bus an das Leitsystem zur Protokollierung und Darstellung übermittelt werden. Die neuen und vorhandenen Messstellen aller haustechnischen Anlagen können somit kombiniert und zentral protokolliert werden.

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

- Installation Messfühler und Verdrahtung auf US
- Aufschaltung hardwaremässig auf Unterstation
- Generierung von neuen Datenpunkten auf US und ZLT

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 Hystorik (Datenbank in welcher Messwerte und Zustände in festgelegten Zeitschritten abgelegt werden) verwendet.

Analyse

Die Auseinandersetzung mit den erfassten Anlagendaten und die Suche nach Sparpotentialen kann die IGA dem Betreiber nicht abnehmen. Jedoch wird die Verarbeitung der einzelnen Resultate, Vergleiche von Anlagen und die Untersuchung von Abhängigkeiten 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 allfällige Anpassungen an den Regel- und Steuerstrategien von Anlagen wird aus folgenden Gründen meist reduziert:

- 1) Mehrfachnutzung von Messstellen.
- 2) Hardwareanpassungen an Anlagen klein (meist muss nur die Software angepasst werden).

- 3) Vorhandene Kommunikationsverbindungen (Bus) können für die Schaffung von Abhängigkeiten von Anlagen untereinander genutzt werden.

Wichtig:

Durch die Abhängigkeiten von verschiedenen Anlagen wird das Risiko, dass bei Anpassungen Störungen verursacht werden, grösser als bei Anlagen, welche unabhängig betrieben werden.

Das umfassende «Kennen und Verstehen» der Anlage ist somit eine Voraussetzung.

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

7.4 Abnahme und erste Betriebsphase

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 Optimierung (OF).

Die Untersuchung von Optimierfunktionen im Projekt RAVEL 32.53 hat gezeigt, dass mit dem Einsatz solcher Massnahmen ohne detaillierte Anlagekenntnisse die erhofften Ergebnisse verfehlt werden.

Der folgende Ablauf wird für die Optimierung von Anlagen empfohlen:

Phase	Schritt	Tätigkeit
Projekt	1.	Inbetriebsetzung, Abnahme und Mängelbehebung
BO	2.	Beobachtung, Betrieb der Anlage
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 zusätzl. Optimierung, falls keine Optimierung notwendig -> Schritt 2).
Projekt OF	7.	Planung und Realisierung der Optimierfunktion
Projekt OF	8.	Beobachtung, Betrieb der Anlage (Energie)
Projekt OF	9.	Erfolgskontrolle der zusätzlichen Optimierung
BO	10.	Beobachtung, Betrieb der Anlage (-> Schritt 2)

Die wichtigsten Tätigkeiten in den einzelnen Schritten werden nachfolgend beschrieben.

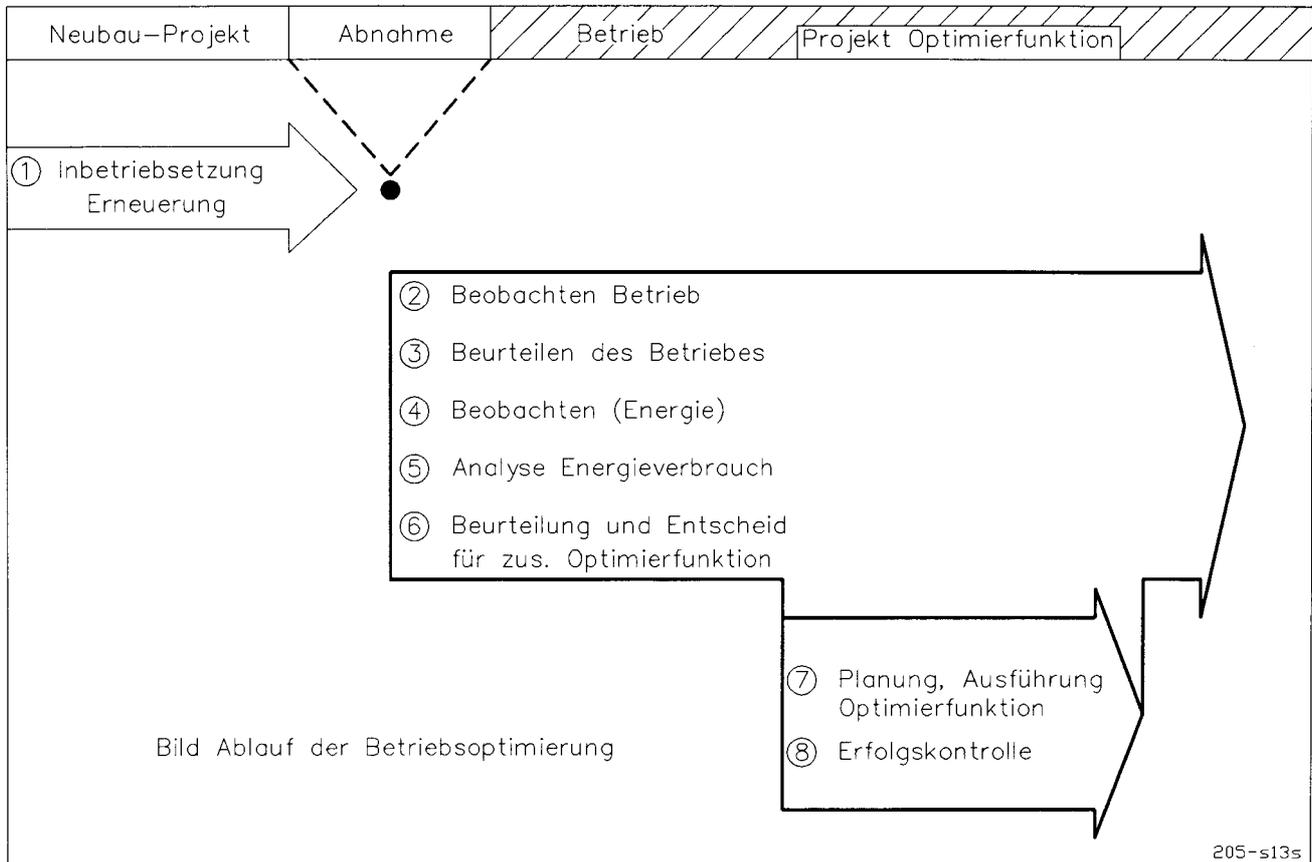


Bild 7.3: Ablauf der Betriebsoptimierung

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 werden Kosten für die Optimierung reduziert und die Steuerung und Regelung von Anlagen nicht unnötig komplexer.

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

Der Schritt 10 zeigt, dass nach erfolgreichem Einsatz der Optimierfunktion, die Betriebsoptimierung nicht abgeschlossen ist. Der Betrieb und die Energieverbrauchswerte sollen weiterhin fortlaufend erfasst und periodisch ausgewertet werden.

Eintragungen ins Logbuch

23. 3. 1993	Heizung manuell auf AUS	Salib E
24. 3. 1993	Sollwerte Lüftung 1 + 2 auf 21 °C (auf Leitebene)	Weber E
24. 3. 1993	Trendkurve Lüftung 1 an Ing. Büro JWE	Salib E
25. 3. 1993	Reklamationen Zugscheinungen Frau Müller	Salib E
26. 3. 1993	Stillegung der Luftauslässe über Zone A-B	Salib E

Tabelle: Eintragungen im Logbuch

Schritt 1:

Inbetriebsetzung und Abnahme

Alle Anlagen sind von den Unternehmern nach den Anforderungen des Pflichtenheftes in Betrieb gesetzt und abgenommen worden. Sämtliche Mängel und die Dokumentation sind bereinigt und dem Bauherren 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 wenn notwendig protokolliert. Als Empfehlung soll ein Logbuch verwendet werden.

Schritt 3:

Beurteilung des Betriebes mit evtl. Anpassungen

Die im Schritt 2 erfassten Betriebsdaten 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 Energie

Am Anfang des 4. Schrittes wird das Messkonzept für die folgenden Beobachtungen erstellt und falls notwendig zusätzliche Messstellen eingebaut.

Alle Betriebsdaten, welche den Energieverbrauch der Anlagen beeinflussen sowie der Energieverbrauch der Anlagen wird 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, sollte periodisch der Schritt 4 abgearbeitet werden.

Schritt 6:

Beurteilung und Entscheid für zusätzliche Optimierung

Es wird untersucht, ob mit Hilfe von zusätzlichen Funktionen die vorhandenen Energiesparpotentiale reduziert werden können, ohne die Betriebsführung und die Sicherheiten zu beeinträchtigen.

Ist dies der Fall, muss die erwartete Energieeinsparung quantifiziert werden, damit die Grundlagen für einen Entscheid vorhanden sind und die Zielsetzung der Optimierfunktion formuliert werden kann (siehe Kapitel Wirtschaftlichkeit).

Schritt 7:
Planung und Realisierung der Optimierungsfunktion

Die Vorgaben werden in eine Funktion umgesetzt und die Anlage nochmals für diesen neuen Teil der Anlage in Betrieb gesetzt. Wichtig ist, dass die Dokumentation konsequent nachgeführt wird.

Schritt 8:
Beobachtung Energie

Erfassung der Werte analog Schritt 4.

Schritt 9:
Erfolgskontrolle der Optimierungsfunktion

Die in den Schritten 4 und 8 erfassten Energieverbrauchsdaten werden aufgrund gleicher Umwelt- und Nutzungsdaten verglichen. Mit den resultierenden Änderungen des Energieverbrauches wird beurteilt, ob die Zielsetzung aus Schritt 5 erfüllt wurde.

Schritt 10:
Beobachtung, Betrieb der Anlage

Erfassung der Werte analog Schritt 2.

7.5 Beispiele von Optimierungsfunktionen

7.5.1 Latentspeicherbewirtschaftung

Aufgabe der Anlage

Die Klimaanlage werden häufig von einer Kälteanlage versorgt. Aufgrund der gesetzlichen Auflagen für die Grösse der Kältemaschine muss für die Deckung des Kältebedarfes im Hochsommer in der Regel ein Kältespeicher eingebaut werden.

Damit der Speicher nicht ein zu grosses Volumen annimmt, kann die Energie mit einem Latentspeicher fest-flüssig gespeichert werden. Dabei wird der grösste Teil der Energie in der Phase der Eisbildung gespeichert.

Steuerung/Regulierung

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.

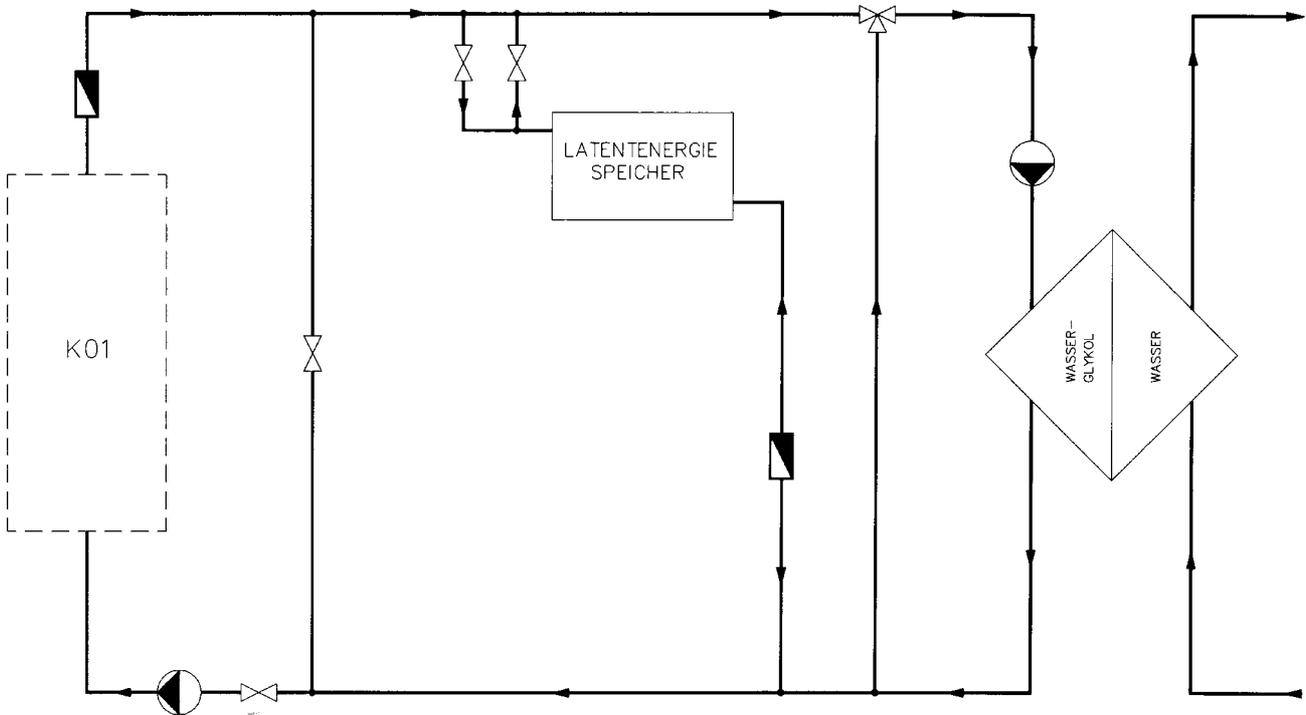


Bild 7.4: Prinzipschema

Speicherbewirtschaftung

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 bei einem momentanen Verbrauch grösser einer festgelegten Leistung zusätzlich während des Tages freigegeben.

Ziel

Mit der Optimierfunktion sollen die Speicherverluste während der Übergangszeit (Tagesverbrauch ist kleiner als der Speicherinhalt) durch eine verbrauchsabhängige Ladung während der Nacht verringert werden.

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

Der Tageskälteverbrauch der Klimaanlage wird statistisch erfasst. 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 $1200 \text{ kWh} \times 1.2 = 1440 \text{ kWh}$

Da dadurch die Zeit für die Ladung des Speichers variiert, rechnet die Funktion aufgrund des Zustandes des Speichers und des benötigten Speicherinhaltes die spätest mögliche Einschaltzeit für die Kältemaschine aus.

7.5.2 Kältemaschine für Tiefkühlräume

Anlagebescrieb

Für die Kühlung des Tiefkühlraumes wurden aus Sicherheitsgründen zwei unabhängige Kälteanlagen mit Ventilatoren am Verdampfer eingebaut, da die Raumtemperatur auch beim Ausfall einer Kälteanlage nicht die vorgeschriebene Temperatur von -25 °C überschreiten darf.

Steuerung der Anlagen

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.

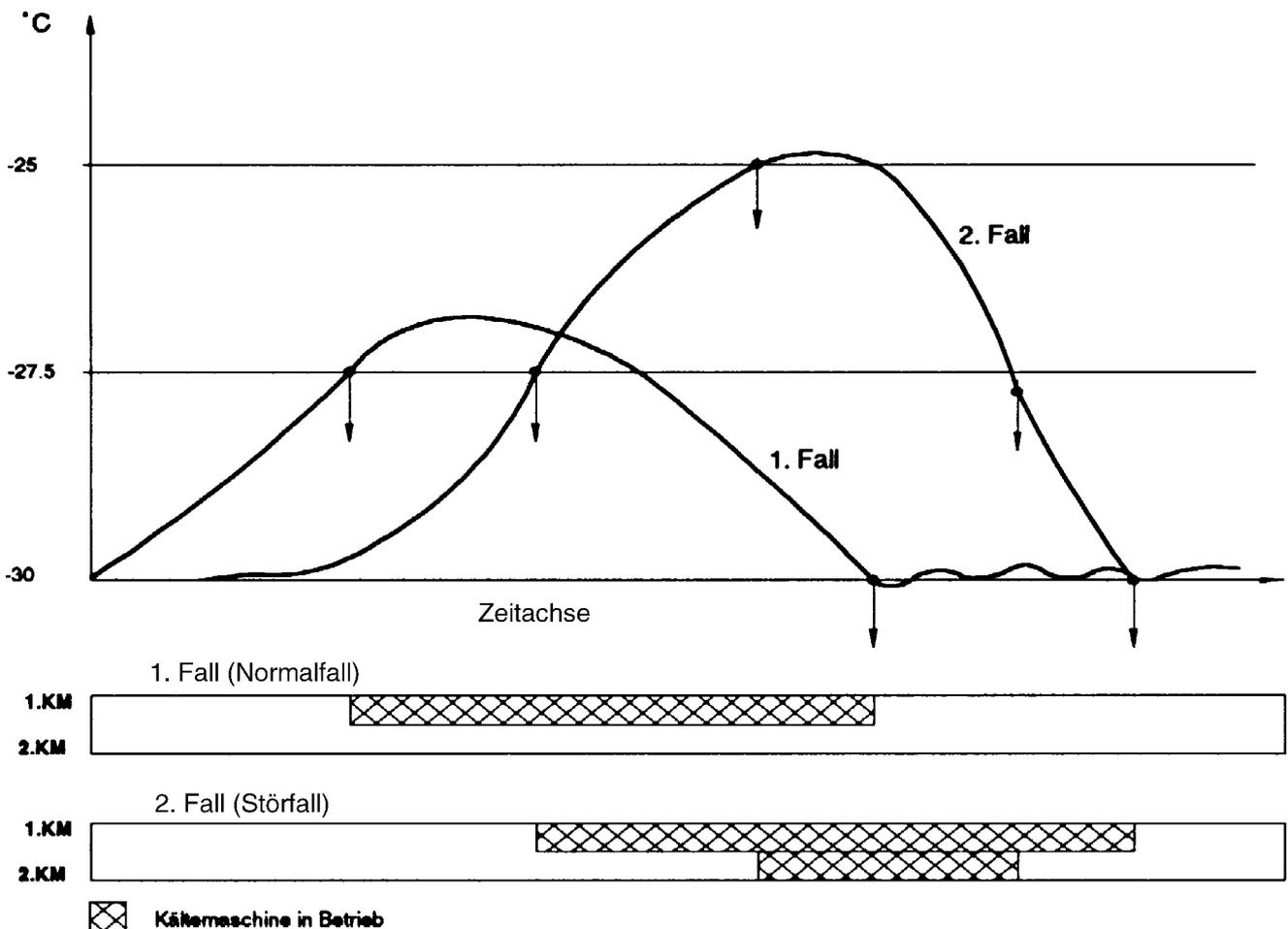


Bild 7.5: Dynamik der Temperatur im Tiefkühlraum

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 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ zu halten. 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 die Temperaturänderung pro Zeiteinheit laufend 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 Überschreiten von $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ notwendig wird.

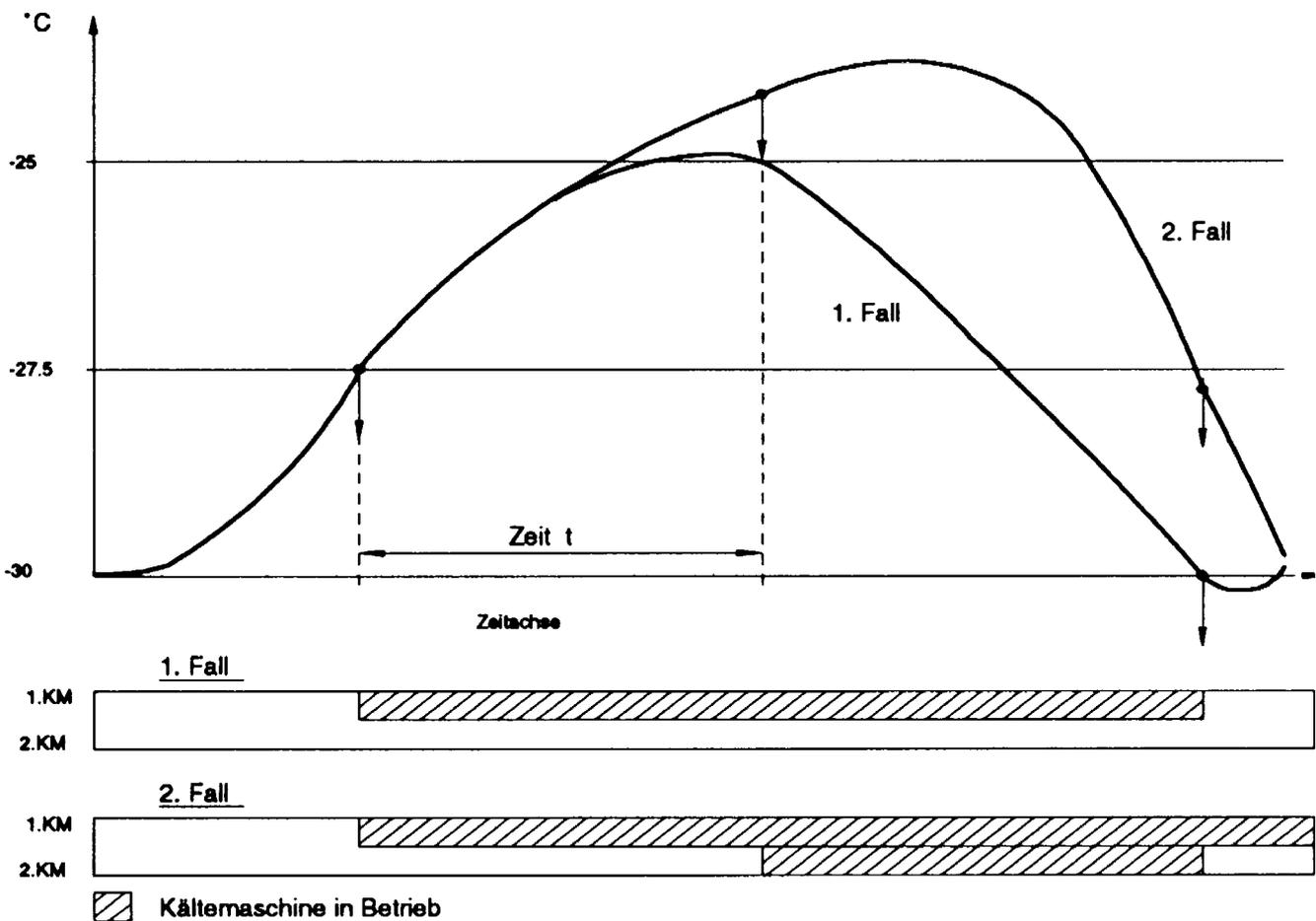


Bild 7.6: Dynamik der Raumtemperatur

Sinkt die Raumtemperatur innerhalb einer vorgegebenen Zeit nach der Überschreitung von $-27.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ wieder, so wird die 2. KM nicht freigegeben.

7.5.3 Nachtauskühlung

Die Nachtauskühlung, oder anders genannt, die intensive Nachtlüftung, soll den Gebäude-Feststoffspeicher bewirtschaften. Es sollen dabei alle Komponenten (Mauer, Möbel, etc.) in der Nacht mit der dann kühlen Aussenluft gekühlt werden. Damit können erhebliche Mengen Kälteenergie gespart und an Hitzetagen die Komfortbedingungen verbessert werden.

Wichtig ist aber auch, dass die Regelung im Tagbetrieb mit einer Aussenluftführung, der sogenannten Sommerkompensation, versehen ist. Dadurch kann die Effizienz wesentlich gesteigert werden. Freigabebedingungen sind:

- Ist-Wert > Soll-Wert + 2 K (am Abend).
- Soll-Wert wurde während mehr als 4 Stunden im Tag überschritten.

Nach Mitternacht wird entschieden, ob eine Nachtkühlung effizient ist. Einschaltbedingungen sind beispielsweise:

- Heute ist ein Arbeitstag.
- Aussentemperatur ist 6 K niedriger als Raumtemperatur.
- Raumtemperatur-Ist-Wert ist grösser als der Soll-Wert plus 3 K.

Wird während der Nachtkühlung der Temperatur-Soll-Wert erreicht, so wird die Anlage ausgeschaltet.

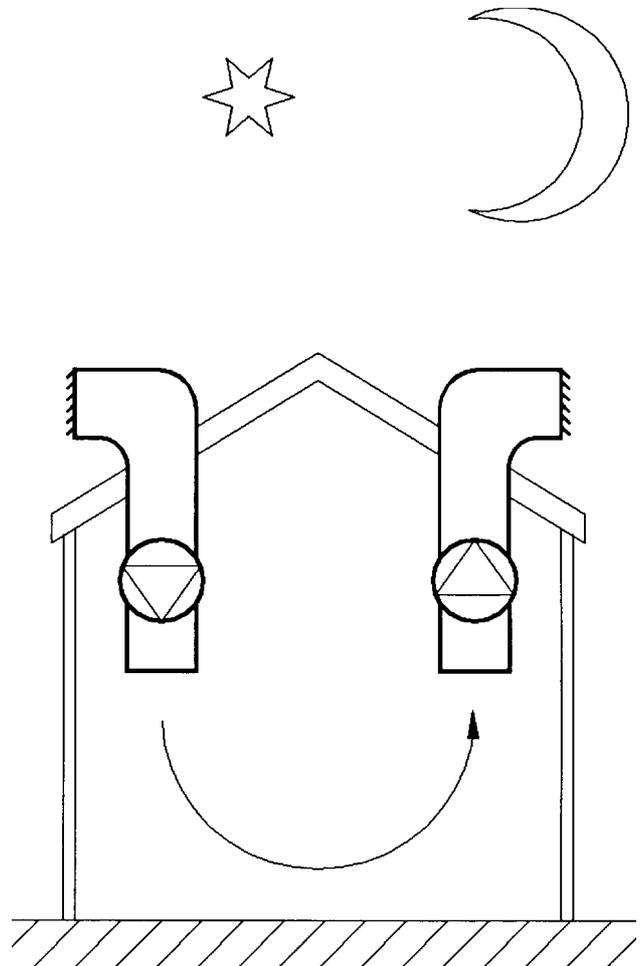


Bild 7.7: Prinzip der Nachtlüftung

8 Wirtschaftlichkeit

8.1	Einleitung	73
8.2	Vergleich konventionell und IGA	74
8.3	Grundannahmen	75
8.4	Sparpotentiale mit IGA	76
8.5	Ertrag durch die Optimierung einer Pumpensteuerung	77
8.6	Wirtschaftlichkeit einer gesamten IGA-Anlage	79

8 Wirtschaftlichkeit

8.1 Einleitung

Optimaler Energieeinsatz bedeutet weniger Energieverschwendung, besseres Funktionieren der Energiesysteme, weniger Umweltbelastung und eine Entlastung des Geldbeutels. Integrale Gebäudeautomation, IGA, ist das Werkzeug für einen rationellen Energieeinsatz. Der Entscheid für oder gegen die IGA hängt gerade in der heutigen Zeit in hohem Masse von der Wirtschaftlichkeit ab.

Aufwand	Ertrag
Investitionen	Kosteneinsparungen
Jährliche Betriebskosten	

Falls der Ertrag grösser ist als der Aufwand, hat sich die Investition gelohnt. Das heisst aber, die jährlichen Kosteneinsparungen im Laufe der ganzen Nutzungsdauer müssen grösser sein als die Kapital-, Unterhalts- und Servicekosten.

Ein Investitionsantrag für die Gebäudeautomation, worin der Ertrag der Investition einwandfrei nachgewiesen werden kann, hat sicher grosse Erfolgchancen. Aus diesem Grund werden wir am Schluss zwei nachvollziehbare Beispiele aus der Praxis vorstellen.

Das Kapitel 8.2 zeigt, was eigentlich miteinander verglichen werden kann. Im Kapitel 8.3 werden die verschiedenen Grundannahmen erklärt, worauf im Kapitel 8.4 die Sparpotentiale mit IGA aufgelistet werden.

Kapitel 8.5 zeigt ein Beispiel, worin eine Pumpensteuerung mit einem Zeitschaltprogramm ergänzt, weniger elektrische Energie verbraucht.

Im letzten Kapitel 8.6 wird gezeigt, wie die Wirtschaftlichkeit einer gesamten IGA-Anlage ermittelt werden kann.

Im Zusammenhang mit unseren Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und den dazu getroffenen Annahmen können wir Ihnen die RAVEL-Broschüre "RAVEL zahlt sich aus", Bestell-Nr. 724.397.42.01 empfehlen. Darin werden Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnung erklärt sowie praxisnahe Beispiele aus der Haustechnik gezeigt.

8.2 Vergleich konventionell und IGA

Konventionelle MSR-Technik und IGA unterscheiden sich nicht nur in den Anschaffungskosten (Investitionen), sondern auch in den Folgekosten (Kosten für Energie und Betrieb). Wie die Grafik zeigt, weist IGA höhere Investitionen auf als konventionelle Systeme, sind also in der Regel teurer in der Anschaffung. Dafür garantiert IGA ein optimaleres Energie- und Betriebsmanagement und zeichnet sich durch tiefere Energie- und Betriebskosten aus. Besonders die Betriebskosteneinsparungen können beträchtlich sein.

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit von IGA werden die Zusatzinvestitionen den Energie- und Betriebskosteneinsparungen gegenübergestellt. Die Wirtschaftlichkeit ist dann gegeben, wenn die Energie- und Betriebskosteneinsparungen größer sind als die Zusatzinvestitionen. Für den Vergleich von heutigen Investitionen mit künftigen jährlichen Kosteneinsparungen werden die Investitionsaufwendungen in jährliche Kapitalkosten (Aufwendungen für Zins und Amortisation) umgerechnet.

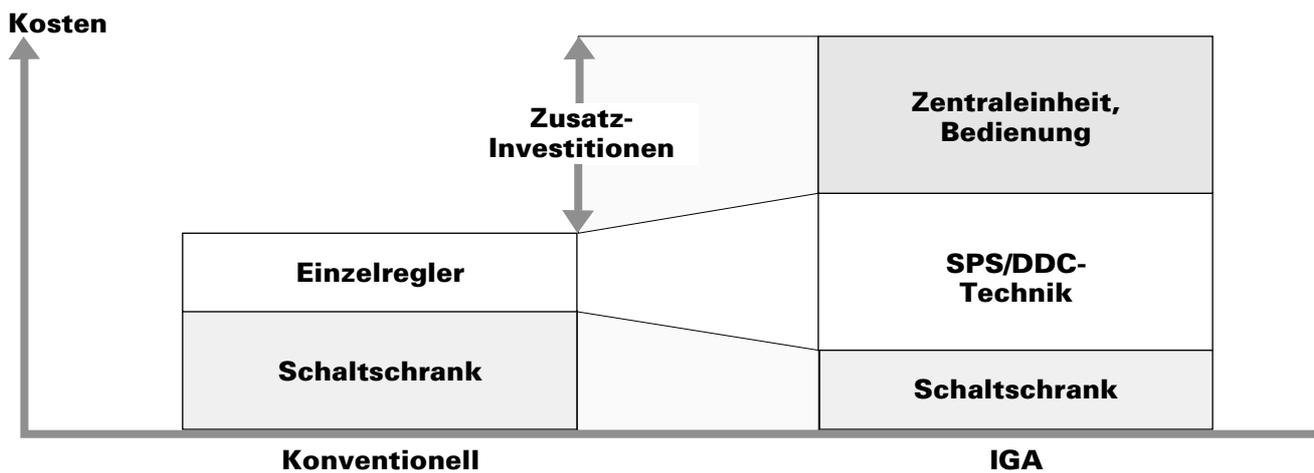


Bild 8.1

8.3 Grundannahmen

Für die Bestimmung der jährlichen Kapital-, Betriebs- und Energiekosten, müssen verschiedene Annahmen getroffen werden. Im einzelnen sind der Kalkulationszinssatz, die Nutzungsdauer der Anlage, Preissteigerungen und die Betriebskosten festzulegen.

Die folgenden Grundannahmen sind als Richtwerte zu verstehen und können durch eigene ersetzt werden.

Kalkulationszinssatz, Nutzungsdauer und Preissteigerung

Die Umrechnung der heutigen Investitionen in jährliche Kapitalkosten kann mit Hilfe des Annuitätsfaktors erfolgen. Der Annuitätsfaktor kann mit Hilfe einer Tabelle (siehe RAVEL-Broschüre «RAVEL zahlt sich aus») bestimmt werden. Dazu müssen die Nutzungsdauer und der Kalkulationszinssatz festgelegt werden:

- **Kalkulationszinssatz:** Für die Festsetzung des Kalkulationszinssatzes bei Dienstleistungs-, Gewerbe- und Industriebauten kann der Hypozins für Gewerbebauten (liegt in der Regel ca. 0,5% über dem Hypozins für Wohnbauten) als Grundlage dienen. Häufig wird der Kalkulationszinssatz aber vom Auftraggeber vorgegeben.
- **Nutzungsdauer:** Die Nutzungsdauer kann in der Regel mit Hilfe von Herstellerangaben erfolgen. Sie sind aber im Einzelfall immer zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen.

Auch wenn der jährliche Energieverbrauch und der Arbeitsaufwand für Betrieb und Wartung in jedem Jahr genau gleich hoch ist, werden die Energie- und vor allem die Betriebskosten in Zukunft steigen. Für die steigenden Energiekosten sind Energiepreissteigerungen, für die zunehmenden Betriebskosten die steigenden Löhne des Wartungspersonals und die steigenden Preise für Wartungsmaterial verantwortlich. Diese Kostensteigerung kann mit Hilfe des Mittelwertfaktors einberechnet werden. Der Mittelwertfaktor kann mit Hilfe einer Tabelle (siehe RAVEL-Broschüre "RAVEL zahlt sich aus") bestimmt werden. Dazu müssen zusätzlich noch die Preissteigerungen festgelegt werden:

- **Preissteigerungen:** Als grobe Richtgrösse kann die Preissteigerung wie folgt festgelegt werden:

Preissteigerung = Hypozins abzüglich 2,5 bis 3%.

Für die nachfolgenden Beispiele wird mit folgenden Grössen gerechnet:

- Kalkulationszinssatz = 8%
- Nutzungsdauer siehe Tabelle
- Preissteigerung = 5,5%

Betriebskosten

Die Bestimmung der Betriebskosten erfolgt in Prozenten des Anlagewertes. Die Angaben beziehen sich auf die Nutzungsdauer, während der ein Gebäudeautomationssystem amortisiert werden sollte.

Automations-system	Nutzungs-dauer in Jahren	Betriebs-kosten in % des Anlagewertes
Zentraleinheit	8	3
Terminal, Drucker	5	3
SPS/DDC-Technik	10	3
Schaltschrank	15	3

Spezifische Energiekosten

Die Energiepreise unterscheiden sich von Jahr zu Jahr und müssen für jede Wirtschaftlichkeitsberechnung immer wieder neu erhoben werden. Für das Beispiel wird mit den folgenden Energiepreisen gerechnet:

Thermische Energie	5 Rp./kWh
Elektrizität HT	11 Rp./kWh
Elektrizität NT	8 Rp./kWh

8.4 Sparpotentiale mit IGA

Beim Einsatz von IGA kann man von einem Sparpotential ausgehen. Die nachfolgend aufgeführten Sparpotentiale stammen aus einer 1991 durchgeführten Untersuchung von Objekten der Oberfinanzdirektion in Deutschland. Es sind Richtwerte, die je nach Objekt und persönlicher Einschätzung nach unten oder nach oben korrigiert werden müssen.

Energie	Einsparung
Thermische Energie, Mittelwert	7%
Elektrische Energie, Mittelwert	3,5%
Betriebskosten	
Einsparung Überwachungsaufwand pro Tag und Regelkreis	1 Minute
Einsparung bei der Betriebsführung pro Tag	2 Stunden
Minderung der Reparaturkosten, Mittelwert	1%
Minderung der Wartungskosten, Mittelwert	25%

8.5 Ertrag durch die Optimierung einer Pumpensteuerung

Als Untersuchungsbeispiel dient eine Pumpe, deren Laufzeit mit einer «zyklischen Schaltfunktion» um $\frac{1}{3}$ gesenkt werden kann.

Daten/Fakten zur Pumpensteuerung

El. Anschlussleistung	2,2 kW
Laufzeit	8h/Tag
Energieverbrauch/Jahr	6'424 kWh

Zyklische Schaltfunktion

Investition für Schaltfunktion	Fr. 400.–
--------------------------------	-----------

Sparpotential

Einsparung an elektrischer Energie

$\frac{1}{3}$ von 6'424 kWh ergibt 2'140 kWh/Jahr
Das entspricht bei einem Energiepreis von 11 Rp./kWh

Fr. 235.40/Jahr

Einsparung an Wartungskosten

Wartung alle 10'000 h à Fr. 350.– resp. Fr. 0.035 Fr./h
Eine Einsparung von 2'140 kWh/Jahr entspricht 972 Betriebsstunden à Fr. 0.035

Fr. 34.–/Jahr

Berechnung

Jährliche Kapitalkosten der Zusatzinvestition

Kapitalkosten bei einer Nutzungsdauer von 10 Jahren (8% Zins) ca.	Fr. 60.–
Betriebskosten bei einem Aufwand von 3% des Anlagewerts	Fr. 12.–
Total Kosten	Fr. 72.–

Mittlere jährliche Kosteneinsparungen

	Mittelwert- faktor	Einsparung im 1. Jahr	Mittlere Einsparung
Energieeinsparung pro Jahr	1,313	Fr. 235.40	Fr. 309.–
Minderung der Wartungskosten	1,313	Fr. 34.–	Fr. 45.–
Total Kosten		Fr. 269.40	Fr. 354.–

Wirtschaftlichkeit

Total Kosten	– Fr. 72.–
Mittlere Kosteneinsparungen	+ Fr. 354.–
Total Einsparung pro Jahr	+ Fr. 282.–

8.6 Wirtschaftlichkeit einer gesamten IGA-Anlage

Als Untersuchungsbeispiel dient das Automationsystem für HLKS-Anlagen im neuen Rechenzentrum der Winterthur Versicherungen in Winterthur.

Daten/Fakten zum Gebäude

Gebäuelänge	100 m	Gebäudehöhe	22 m
Gebäudebreite	33 m	Systemraumfläche	4500 m ²
Gebäudetiefe	20 m		
Thermischer Energieverbrauch im Vollausbau			3'600'000 kWh
Elektrischer Energieverbrauch im Vollausbau			7'500'000 kWh
Summe der Regelkreise			200 Stück
Reparaturkosten pro Jahr, geschätzt ohne IGA			Fr. 40'000.–
Wartungskosten pro Jahr, geschätzt ohne IGA			Fr. 150'000.–

Automationssystem

Anlagewert Zentraleinheit		Fr. 330'000.–
Anlagewert Bedienung		Fr. 120'000.–
Anlagemehrwert-Steuerung in SPS/DDC-Technik (konv. Technik + 20% = SPS/DDC-Technik)		Fr. 510'000.–
Wertberichtigung für Schaltschränke in SPS/DDC-Technik (konv. Schaltschr. -10% = SPS/DDC-Schaltschränke)		- Fr. 135'000.–

Berechnung der Aufwandminderung

Einsparung Überwachungsaufwand

1 Minute resp. $1/60 \times 200$ Regelkreise \times 225 Arbeitstage = 750 h/J

Der Überwachungsaufwand wird mit einem Stundenansatz von Fr. 80.– berechnet.

Einsparung Betriebsführung

2 h \times 225 Arbeitstage 450 h/J

Der Betriebsführungsaufwand wird mit einem Stundenansatz von Fr. 80.– berechnet.

Berechnung

Jährliche Kapitalkosten

Anlageteil	Investition	Nutzungsdauer	Kalk. Zins	Annuität in Jahren	Jährl. Kosten
Zentraleinheit	330 000.–	8	8%	0,174	57 424.–
Bedienung	120 000.–	5	8%	0,250	30 054.–
Datenkabelinstallation	30 000.–	20	8%	0,102	3 055.–
Mehrwert für Frontsystem in MSR-Technik	510 000.–	10	8%	0,149	76 005.–
Investitionseinsparung für Schalterschrank	-135 000.–	15	8%	0,117	-15 771.–
Total Kapitalkosten	855 000.–				150 768.–

Jährliche Betriebskosten

Anlageteil	Anlagewert	Jährl. Betriebskosten in % des Anlagewertes	Jährl. Kosten
Zentraleinheit	330 000.–	3%	9 900.–
Bedienung	120 000.–	3%	3 600.–
Mehrwert für Frontsystem in MSR-Technik	510 000.–	3%	15 300.–
Total Betriebskosten	960 000.–		28 800.–

Jährliche Betriebskosteneinsparungen

Betrieb	in % oder h		
- Überwachungsaufwand	80.–/h	750 h	60 000.–
- Betriebsführung	80.–/h	450 h	36 000.–
- Reparaturkosten	40 000.–	1%	400.–
- Wartungskosten	150 000	25%	37 500.–
Total Betriebskosteneinsparungen			139 900.–

Jährliche Energiekosteneinsparungen

Bereich	Gehalt/Kosten	Einsparung in Fr./kWh	spez. Kosten	Jähr. Einsp.
Energie	in kWh			
– Thermische Energie	3 600 000	7,00%	0,05	12 600.–
– Elektrische Energie	7 500 000	3,50%	0,09	23 625.–
Total Energiekosteneinsparung				36 225.–

Wirtschaftlichkeit

Kostenverursacher	Kalkulations- zinssatz	Preis- steigerung	Mittelwertfaktor bei Nutzdauer 10 J.	Einsparungen im 1. Jahr	Mittlere Ein- sparung/Jahr
Jährl. Kosten					
Kaptialkosten				–150 768.–	–150 768.–
Betriebskosten	8%	5,50%	1,313	–28 800.–	–37 814.–
Jährl. Einsp. Kosteneinsparungen					
– Betrieb	8%	5,50%	1,313	+133 900.–	+175 830.–
– Energie	8%	5,50%	1,313	+36 225.–	+47 563.–
Total				–9443.–	+34 811.–

9 Einfluss von internen Lasten

9.1	Erfassung und Bedeutung	85
9.1.1	Zielsetzung	85
9.1.2	Definitionen	85
<hr/>		
9.2	Messresultate	87
<hr/>		
9.3	Diskussion der Ergebnisse	88
9.3.1	Struktur der internen Lasten	88
9.3.2	Installierte, maximale und mittlere Leistungen	89
9.3.3	Typische Maximalwerte	90
9.3.4	Betriebsfaktoren	91
<hr/>		
9.4	Auswirkungen für die Betreiber von Klimaanlage	92
<hr/>		
9.5	Sparpotentiale	92
9.5.1	Beispiel	92
9.5.2	Betriebsoptimierung	93
9.5.3	Sanierungen	94
9.5.4	Erfolgskontrolle	94

9 Einfluss von internen Lasten

9.1 Erfassung und Bedeutung

Der Wärmeeintrag in Gebäuden durch die Nutzung elektrischer Energie sowie die Personenabwärme werden als «interne Lasten» bezeichnet.

Heute herrscht die Ansicht, dass in Büro- und Verwaltungsgebäuden mit grossen internen Lasten durch Bürogeräte, Beleuchtung und Personen gerechnet werden müsse und dem mit entsprechend dimensionierten Lüftungs- und Klimaanlage zu begegnen sei. Es waren bis heute in der Schweiz diesbezüglich keine gesicherten Daten verfügbar. Dadurch wurde bei der Dimensionierung von haustechnischen Anlagen von nichtzutreffenden Annahmen oder theoretischen Richtwerten ausgegangen.

Die Messungen effektiver interner Lasten zeigen, dass deren Höhe im allgemeinen stark überschätzt wird, was vielfach zu überdimensionierten oder sogar überflüssigen Lüftungs- oder Klimaanlage führt.

9.1.1 Zielsetzung

Ziel des Untersuchungsprojektes [1, 6] war es, Kenndaten über den tatsächlichen Anfall von internen Lasten in Nicht-Wohngebäuden zu ermitteln. Dazu erfolgte die Ausmessung von rund 40 typischen Räumen in Nicht-Wohngebäuden. Die internen Wärmelasten wurden dabei in folgende Gruppen aufgeteilt:

Bürogeräte

Computer, Drucker, Kopiergeräte, Schreibmaschinen, Tischrechner, allg. Kommunikationsgeräte etc.

Beleuchtung

Decken- und Arbeitsplatz-Beleuchtung

Sonstige

Kaffeemaschinen, Luftbefeuchter etc.

Personen

Die sensible Abwärme von Personen wird mit 70 W pro Person angenommen und mittels Präsenzlisten erfasst.

Durch das gewonnene Grundwissen über die Zusammenhänge von internen Lasten und den dazugehörigen haustechnischen Anlagen sollen die-

se optimiert und somit energiesparend betrieben werden können.

Zudem sollen die Messdaten zu allgemeingültigen Grundlagen für Klimaplaner aufbereitet werden.

9.1.2. Definitionen

Der relativ neue Begriff der «internen Lasten» macht eine genaue und verbindliche Definition der Kenngrössen notwendig. Es können grundsätzlich absolute (W, Wh) und spezifische (W/m^2 , Wh/m^2) Einheiten angegeben werden. Wenn möglich, wurden bestehende Definitionen der in Vorbereitung stehenden SIA-Empfehlung 380/4 (Entwurf 1.11.1992) berücksichtigt.

- Die installierte Leistung (P_{inst}) ist die Herstellerangabe zum Leistungs- oder Strombedarf der Geräte. Sie stimmt in der Regel nicht mit der effektiv aufgenommenen Leistung im Betrieb überein.
- Die maximale Betriebsleistung (P_{max}) ist die wirkliche gemessene Leistung bei Dauerbetrieb der Geräte (max. Stundenmittelwert).
- Die mittlere Leistung eines Gerätes errechnet sich aus dem gesamten Energieverbrauch während der Betrachtungszeit, dividiert durch die Nutzungszeit. Diese Nutzungszeit ist in der Regel die Standardnutzungszeit für eine Büronutzung, das heisst nach SIA 380/4: 11 Stunden.

$$P_m = \frac{\text{Elektroverbrauch während der Betrachtungszeit}}{\text{Standardnutzungszeit}}$$

- Der Betriebsfaktor f_b wird durch die Nutzung bestimmt und berechnet sich aus der maximalen Betriebsleistung dividiert durch die mittlere Leistung. Er ist ein Mass für die Betriebsart und die Regelung des Gerätes sowie für das Benutzerverhalten.

Der typische Tagesgang beschreibt den Verlauf der internen Wärmelasten während eines typischen Tages. Die Stundenwerte des typischen Tagesganges werden als arithmetisches Mittel aller Messwerte der entsprechenden Stunde

über die ganze Messperiode gebildet (nur Arbeitstage). Das typische Maximum bezeichnet dabei den maximalen Stundenwert im typischen Tagesgang.

Die nachfolgende Grafik soll den Zusammenhang der erfolgten Definitionen veranschaulichen:

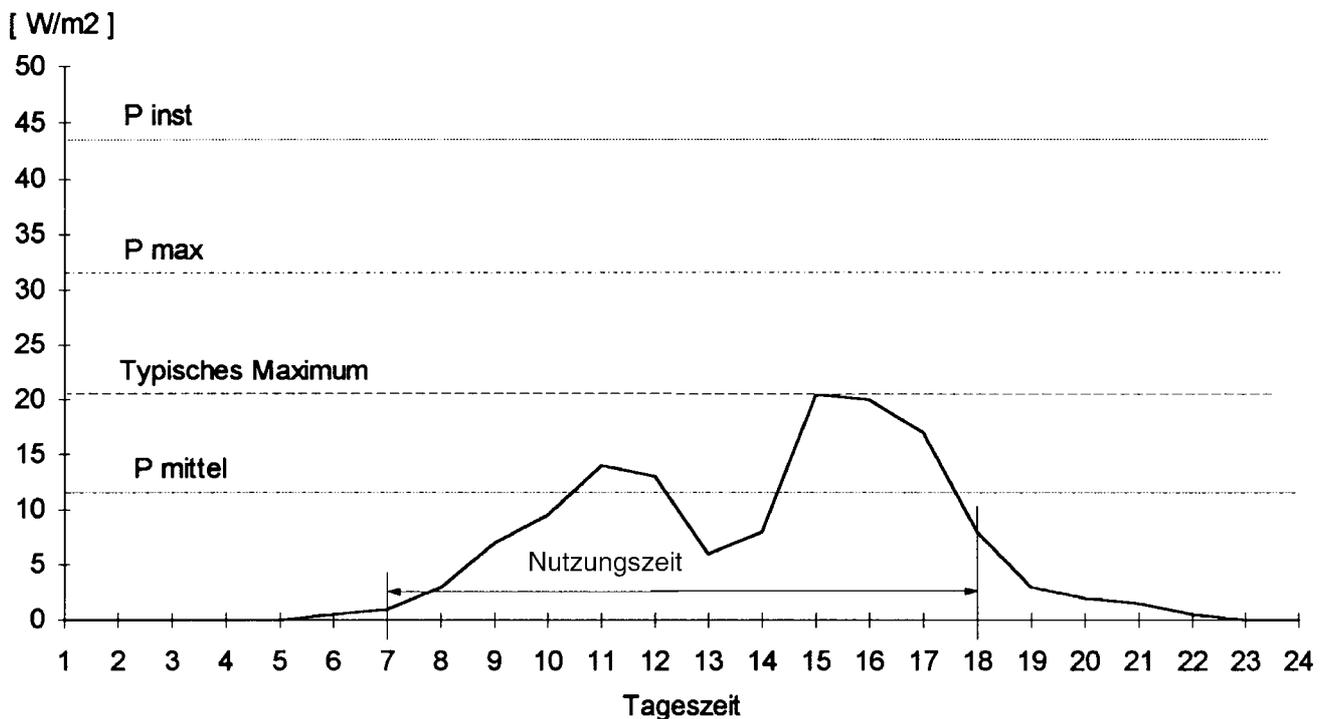


Bild 9.1

Darstellung wichtiger Begriffe.

Auf die Messmethode wird in der Ravel-Dokumentation «Interne Wärmelasten von Betriebseinrichtungen» [1] ausführlich eingegangen.

9.2 Messresultate

Die Streuung der Messresultate unter den einzelnen Objekten ist erfahrungsgemäss gross. Daher ist es sinnvoll, eine Einteilung der Messobjekte in folgende Technisierungsgrade vorzunehmen:

«tief»

Zum Beispiel Ingenieurbüros oder Konstruktionsbüros. Charakteristisch ist die relativ geringe Installation von Bürogeräten und die unregelmässige Anwesenheit der Benutzer.

«mittel»

Zum Beispiel Sekretariate, Banken oder Administration in Versicherungsgesellschaften. Charakteristisch ist eine Installation von einem oder mehreren Personalcomputer pro Arbeitsplatz und eine regelmässige Nutzung.

«hoch»

Vor allem CAD-Arbeitsplätze. In der Regel sind diese Arbeitsplätze sehr intensiv genutzt, die massgebende Leistung ist infolge einer hohen Rechnerleistung sehr hoch.

Anhand von Mittelwerten aus bisher 23 Messungen werden nachfolgend die Grössenordnungen der internen Wärmelasten der drei Technisierungsgrade in Wh/m²-Tag dargestellt:

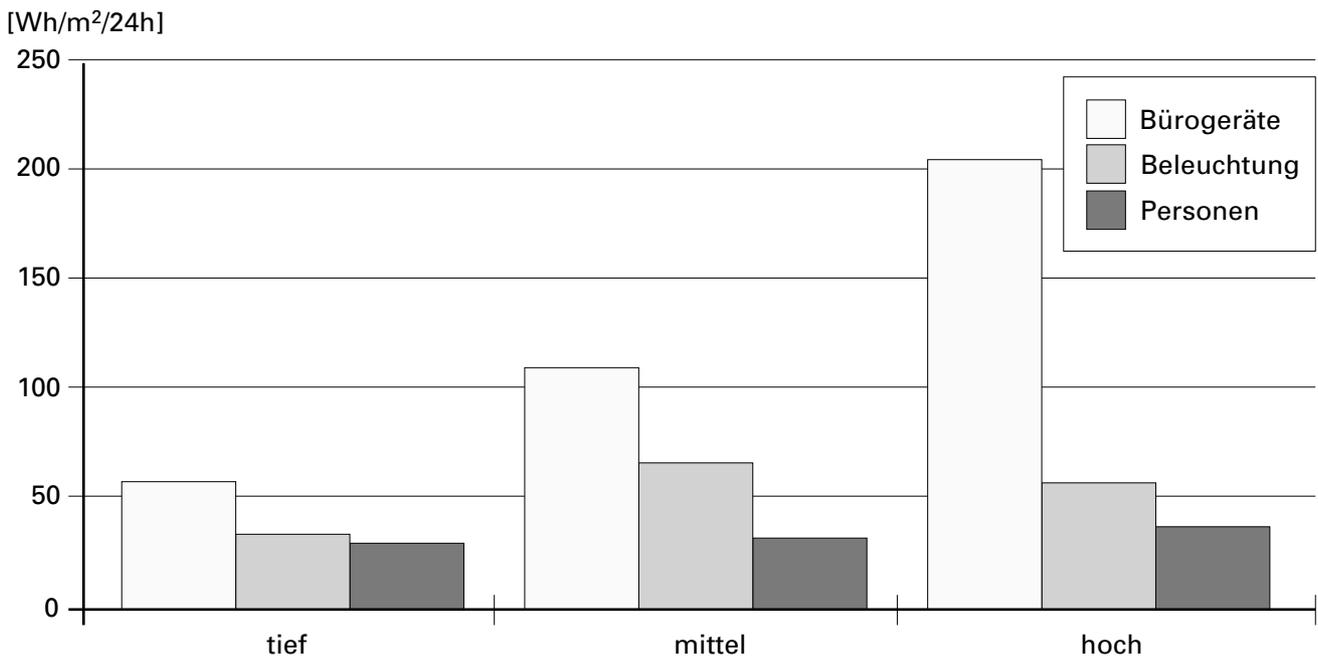


Bild 9.2: Kennwerte der internen Wärmelasten von Bürogeräten, Beleuchtung und Personen

Es ist eine deutliche Zunahme der internen Wärmelast bei höherer technischer Nutzung feststellbar. Der hauptsächliche Anteil der internen Wärme resultiert aus den Bürogeräten, wobei der Anteil dieser Kategorie bei höher technisierten Nutzungen noch zunehmend ist.

Innerhalb der gleichen Technisierungsgrade konnten auch hohe Streuungen festgestellt werden. Diese resultiert vor allem aus dem Benutzereinfluss, z.B. unnötigem Dauerbetrieb einzelner Geräte.

9.3 Diskussion der Ergebnisse

Die drei vorgestellten Technisierungsgrade sollen nachfolgend in bezug auf die internen Wärmelasten anhand von gemessenen und berechneten Werten charakterisiert werden.

9.3.1 Struktur der internen Lasten

Die Erfahrungen aus den Messungen zeigen, dass der Verlauf während einem Arbeitstag der internen Lasten immer ähnlich ist. Bei den Bürogeräten sind auch kaum saisonale Unterschiede feststellbar. Aus dieser Erkenntnis resultiert die Darstellung des Verlaufes der internen Lasten in Form des typischen Tagesganges.

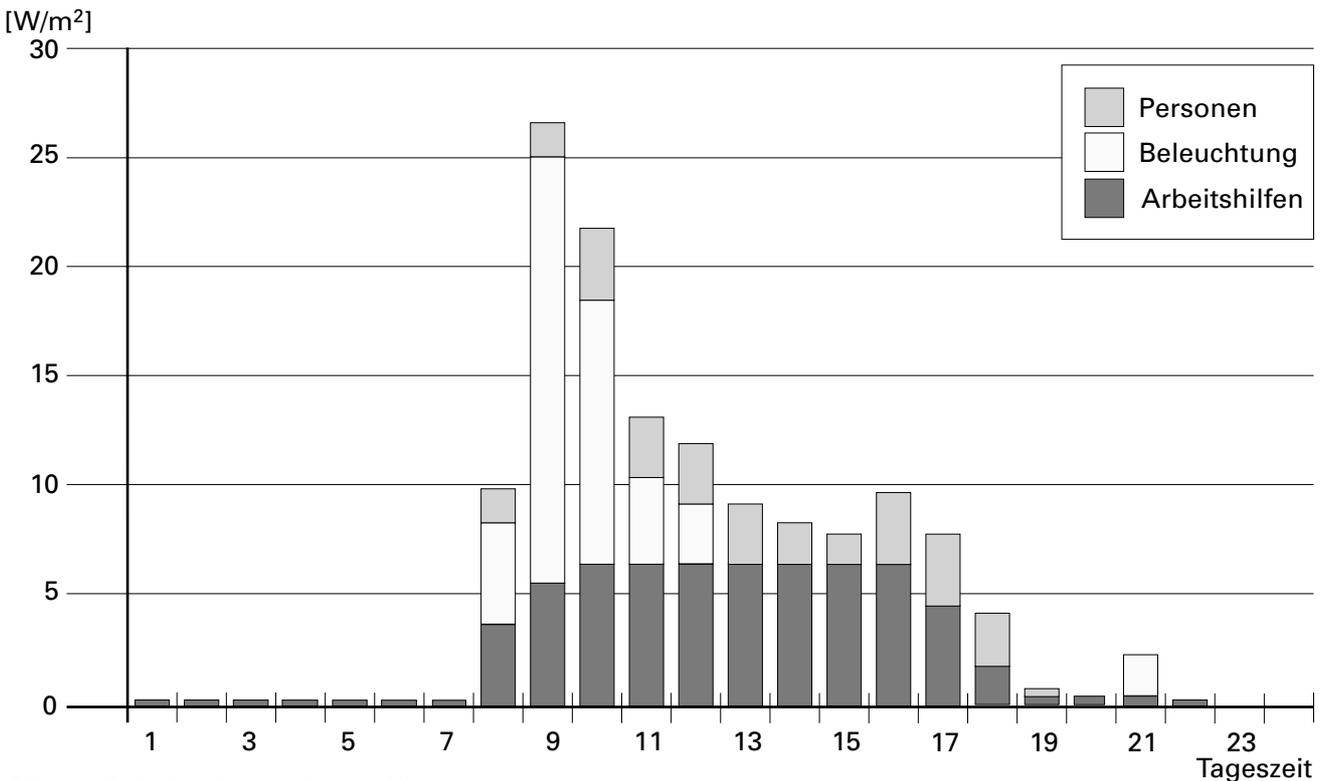


Bild 9.3: Beispiel eines typischen Tagesganges

Dabei wird der grösste Stundenmittelwert des typischen Tagesganges als «typisches Maximum» bezeichnet. Die beispielhafte Messung wurde in einem Sekretariat einer Versicherungsgesellschaft durchgeführt. Es waren drei Arbeitsplätze mit insgesamt 5 Terminals und einem Drucker vorhanden.

9.3.2 Installierte, maximale und mittlere Leistungen

Als wichtiger Indikator zur Spezifikation der internen Wärmelasten galt bis anhin die spezifisch installierte Geräteleistung. Wichtig war es nun zu sehen, in welchem Verhältnis sich diese zum tatsächlichen Leistungsbedarf während dem Spitzenbetrieb («maximale Leistung») sowie zur mittleren Leistung verhält.

Im nachfolgenden Diagramm sind die durchschnittlichen Grössenverhältnisse der drei gemessenen Leistungskategorien aufgezeigt.

Interne Lasten von Arbeitshilfen, Beleuchtung und Personen

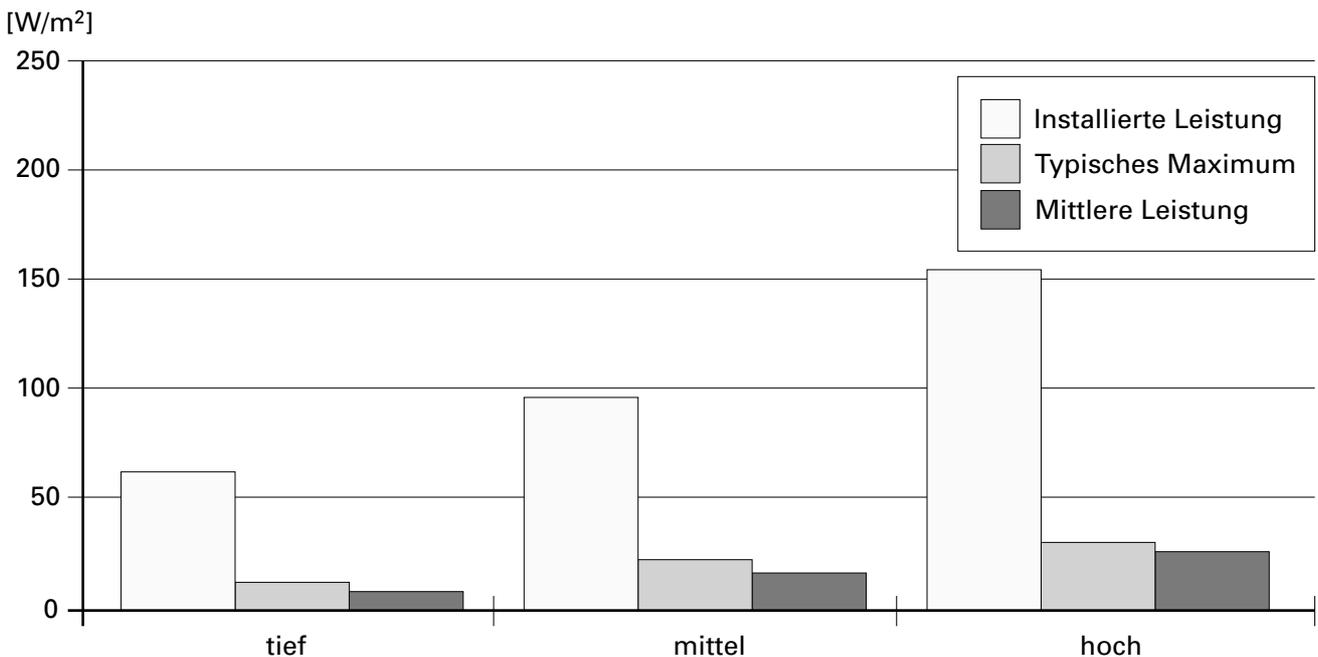


Bild 9.4

Installierte, maximale und mittlere Leistungen nach Technisierungsgrad.

Der Grössenvergleich der Leistungsgruppen innerhalb der Technisierungsgrade lässt ein konstantes Verhältnis erkennen. Folgende Aussagen sind möglich:

- Die mittlere Leistung ist 5 – 8mal kleiner als die installierte.
- Das typische Maximum ist 4 – 5mal kleiner als die installierte Leistung.

Die Technisierungsgrade unterscheiden sich stark; eine richtige Einteilung zur Berechnung der internen Wärmelast ist daher sehr wichtig.

9.3.3 Typische Maximalwerte

Das typische Maximum bezeichnet nach Definition den maximalen Stundenwert im typischen Tagesgang. Daher eignet sich dieser Wert gut zur Kontrolle oder neuen Auslegung von Lüftungs- und Klimaanlage.

Typische Maxima

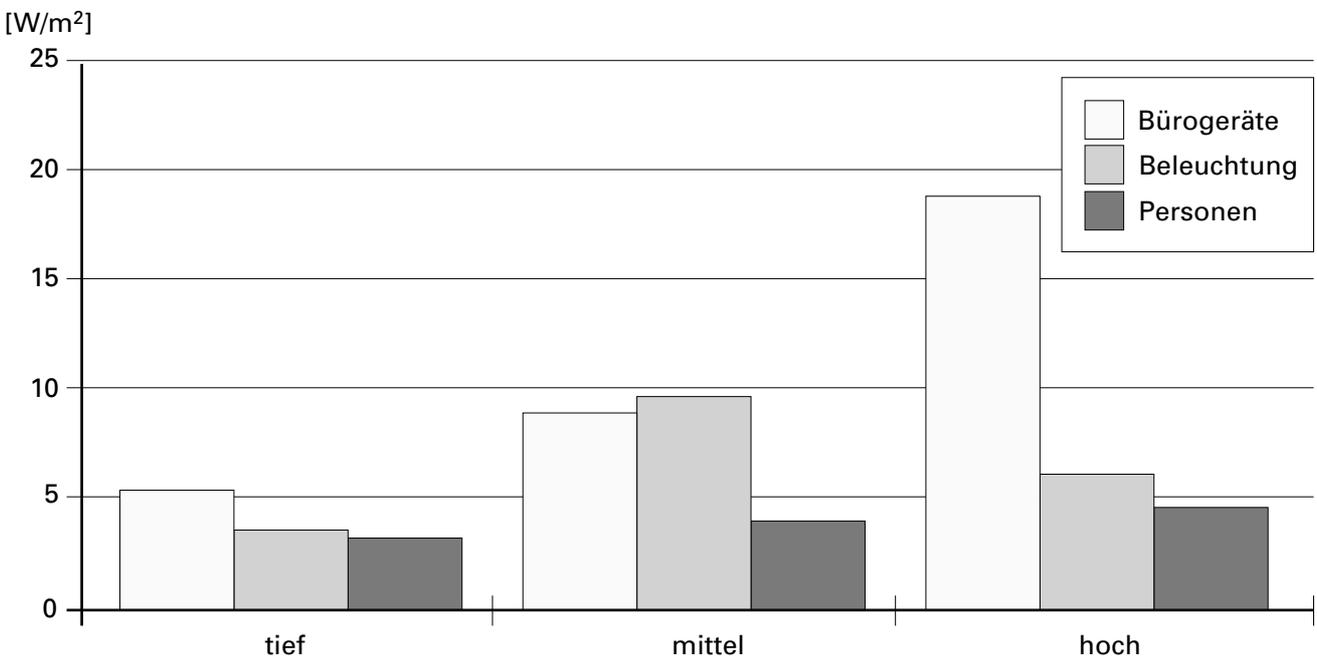


Bild 9.5

Die Messergebnisse lassen folgende Aussagen zu:

Gegenüber den Verbrauchergruppen «Beleuchtung» und «Personen» steigt erwartungsgemäss diejenige der Bürogeräte bei intensiverer Nutzung überproportional an.

- Die Abwärme von Personen und Beleuchtung ist bei einer technischen Nutzung (Technisierungsgrad «tief») grösser als diejenige von Bürogeräten. Dieses Verhältnis kehrt sich bei höher technisierten Räumen um.
- Das typische Maximum beträgt in der Regel zwischen 50 bis 70% des maximal gemessenen Stundenmittelwertes.

9.3.4 Betriebsfaktoren

Nach Definition ist der Betriebsfaktor ein Mass für die Betriebsart und die Regelung der Geräte sowie das Benutzerverhalten. Aus diesem Faktor kann abgeleitet werden, wie lange oder wie intensiv eine Gerätegruppe während der Standardnutzungszeit betrieben wird.

Unsere Messreihen ergaben für die untersuchten Technisierungsgrade die folgenden Betriebsfaktoren:

Technisierungsgrad	Bürogeräte	Beleuchtung	Personen	
«tief»	0.039	0.019	0.044	[–]
«mittel»	0.069	0.026	0.059	[–]
«hoch»	0.067	0.032	0.50	[–]

Bei einem Vergleich mit bereits publizierten Werten ist wichtig zu berücksichtigen, auf welche Leistungen sich die Faktoren beziehen. Entscheidend ist die Aussage, dass der Einfluss von Betriebsart und Regelung der Geräte bei der Abschätzung der internen Wärmelasten oftmals unterschätzt wurde.

9.4 Auswirkungen für die Betreiber von Klimaanlage

Die grundsätzlichen Aufgaben einer Klimaanlage sind:

- Versorgung mit der hygienisch erforderlichen Aussenluftmenge.
- evtl. Bereitstellung einer minimalen Raumluftfeuchte
- Abführung der Wärmelasten.

Die Wärmelasten setzen sich aus folgenden zwei Hauptgruppen zusammen:

- **Externe Lasten:**
Diese Grösse ist klimabedingt und wird im Wesentlichen durch Sonneneinstrahlung und hohe Aussenlufttemperaturen verursacht.
- **Interne Lasten:**
Hier handelt es sich um die bereits diskutierten Wärmelasten, verursacht durch Bürogeräte, Beleuchtung und Personenabwärme.

Bei neueren sowie sanierten Gebäuden haben die externen Lasten gegenüber Gebäuden aus den 60er und 70er Jahren durch eine verbesserte Wärmedämmung stark abgenommen. Entsprechend haben die internen Lasten an Bedeutung gewonnen.

Eine Klimaanlage berücksichtigt bei einem optimierten Betrieb durch Steuer und Regelfunktionen die internen Lasten, nur dass die Anlagen oftmals überdimensioniert wurden und die installierte Kühlleistung zu hoch ist. Die Folgen sind:

- Schlechter Wirkungsgrad durch Teillastbetrieb (z.B. Ventilator mit Antrieb, Motor und Frequenzumformer).
- Hohe Unterhaltskosten (grössere Anlagen verursachen aufwendigeren Unterhalt, ein Ersatz kann wirtschaftlich interessant sein).

Durch einen optimierten und abgestimmten Anlagebetrieb sind bei den erwähnten Gebäuden die Sparpotentiale entsprechend hoch und die Massnahmen in der Regel wirtschaftlich.

9.5 Sparpotentiale

Durch eine Dimensionierung und den Betrieb von Lüftungs- und Klimaanlage in bezug auf effektiv vorhandene interne Lasten, können in folgenden Bereichen Sparpotentiale ausgeschöpft und Optimierungen vorgenommen werden:

- Investitionen für HLK-Anlagen.
- Betriebs- und Unterhaltskosten.
- Raumbedarf der Haustechnik.

Bei einer Quantifizierung von Einsparungen bei einer HLK-Dimensionierung nach effektiven internen Lasten, spielen objektspezifische Systembedingungen eine ausschlaggebende Rolle.

9.5.1 Beispiel

Anhand der nachfolgenden Berechnung der internen Lasten eines ausgemessenen Büros mit «mittlerem» Technisierungsgrad, sollen die Auswirkungen von verschiedenen Planungsansätzen dargestellt werden. Wir betrachten dabei folgende Varianten:

Variante Planungsansatz

1 «konventionell»

Die Klima- und Lüftungsplaner gehen bei den internen Lasten von den installierten Leistungen (P_{inst}) der Geräte aus («Typenschildangaben»). Zudem wird angenommen, dass die Geräte zu 80% während der Nutzungszeit in Betrieb sind (Betriebsfaktor $f_b = 0.8$).

2 «fortschrittlich»

Die Leistung der internen Lasten wird bestimmt durch Einzelmessungen der Geräteleistung (max. Leistung P_{max}). Der Betriebsfaktor wird wie unter Variante 1 angenommen.

3 «zukünftig»

Der Anfall der internen Lasten wird Anhand von Leistungen und Betriebsfaktoren berechnet, die in typenähnlichen Räumen messtechnisch bestimmt wurden.

Mit Nutzungszeiten von 7 Stunden für Personen und Bürogeräte sowie 12 Stunden für die Beleuchtung, ergeben sich für die drei Planungsansätze folgende interne Wärmemengen pro Arbeitstag:

Spezifisch installierte Leistungen und Betriebsfaktoren

Interne Wärme

Planungsansatz	Bürogeräte [W/m ²]	f _b [–]	Beleuchtung [W/m ²]	f _b [–]	Personen [W/m ²]	f _b [–]	Total [W/m ²]	total pro Arbeitstag [Wh/m ² /d]
«konventionell»	27	0.8	12	0.8	3	0.8	42	250
«fortschrittlich»	8	0.8	11	0.8	3	0.8	22	140
«zukünftig»	8	0.3	11	0.2	3	0.7	22	90

Der Vergleich der drei Planungsansätze lässt folgende Aussagen zu:

- Eine «konventionelle» Beurteilung der internen Lasten führt zu einer starken Überdimensionierung von Lüftungs- und Klimaanlage. Unter Berücksichtigung der maximalen Leistungen P_{\max} (effektiv gemessenen) reduzieren sich die internen Lasten um rund die Hälfte.
- Durch den zusätzlichen Einsatz von ermittelten Betriebsfaktoren betragen die internen Lasten noch rund einen Drittel des Wertes gegenüber einer konventionellen Planung.
- Der «typische Wert für totale interne Lasten» nach der SIA V382/3 wird rund um die Hälfte unterschritten.
- Eine Klima- oder Lüftungsanlage ist so zu konzipieren, dass sie Ihren optimalen Wirkungsgrad bei den effektiv zu erwartenden und am häufigsten vorkommenden Wärmelasten hat. Für die Dimensionierung sollen nach heutigem Stand die höheren Werte nach SIA 382/3 verwendet werden. Dabei ist darauf zu achten, dass der maximale Wirkungsgrad vor allem des Ventilators beim häufigst vorkommenden Arbeitspunkt liegt.

Der beispielhafte Vergleich zeigt deutlich, dass eine genaue Betrachtung der internen Lasten grosse Auswirkungen auf die Planung und den Betrieb von Lüftungs- und Klimaanlage haben kann.

9.5.2 Betriebsoptimierung

Die mögliche Einflussnahme auf den Betrieb einer bestehenden Anlage und das resultierende Sparpotential durch die Berücksichtigung der effektiven internen Lasten ist nicht zu unterschätzen. Die Realisierung folgender Massnahmen sollten grundsätzlich untersucht werden:

- Freigabe der Leistungsstufen nach effektivem Bedarf.

Mögliche Steuergrössen sind z.B.:

- ungünstige Raumtemperatur
- Aussenklima (Temperatur, Sonneneinstrahlung)
- Verbrauch von Elektrizität, die als interne Last wirksam wird (z.B. Beleuchtung).

Das Aussenklima sollte nicht als alleiniges Kriterium gewählt werden.

- Gleitende Raumtemperaturen nach der SIA 382/3.
- Gleitende Zulufttemperaturen bei Konstantvolumensystemen. Bei Systemen mit variablem Luftvolumenstrom (VAV-Anlagen) gilt es jedoch den höheren Elektrizitätsverbrauch der Ventilatoren bei grösseren Zuluftmengen zu berücksichtigen. Die Einsparung bei der Kälteerzeugung gilt es dem höheren Elektrizitätsverbrauch der Ventilatoren gegenüberzustellen.
- Gleitende Kaltwassertemperaturen.
- Variable Betriebszeiten. Im Hochsommer und bei tiefen Aussentemperaturen am Morgen früher die Anlage in Betrieb nehmen als in der Übergangszeit, evtl. Nachtauskühlung (hat Grenzen bei bestehenden Systemen).

Welche Massnahmen konkret zum gewünschten Sparerfolg führen, gilt es anlage- und system-spezifisch zu untersuchen. Entscheidend ist, dass der aktuelle Betrieb in Frage gestellt und nach Verbesserungen gesucht wird.

9.5.3 Sanierungen

Einige wichtige Komponenten von Klima- und Lüftungsanlagen haben eine Nutzungsdauer von 10 bis 15 Jahren (z.B. Volumenstromregler, Mischkasten, Stellantriebe etc.). Nicht alle Komponenten sollen unkritisch durch neue ersetzt werden.

Wichtig ist die Erarbeitung einer Optimierungsstrategie für die ganze Anlage. Die bestehende Dimensionierung ist zu prüfen, Reduktionen sind häufig möglich.

In diversen Gebäuden dürfte mindestens mittelfristig ein Verzicht auf die Klimatisierung möglich sein. Eine mechanische Lüftung mit einer Wärmerückgewinnung kann dabei den Anforderungen gleichwertig gerecht werden.

Im Rahmen der NEFF-Untersuchung 602 A «Sanierung bestehender Lüftungs- und Klimaanlage unter Berücksichtigung effektiver interner Lasten» werden solche Sanierungen an konkreten Anlagen untersucht. Hauptuntersuchungspunkte sind:

- eff. interne Lasten
- Klimatisierung IST-Zustand
- Klimatisierung SOLL-Zustand.

Die Ergebnisse sollen das Einsparungspotential ausweisen und weitere Anlagenbetreiber zur Optimierung ihrer Klimaanlage ermutigen.

9.5.4 Erfolgskontrolle

Die Gegenüberstellung des Stromverbrauches eines fertiggestellten Projektes zur Ausgangslage oder zu anerkannten Werten bei Neubauten ermöglicht die Kontrolle von Planungsansätzen und der getroffenen Massnahmen. Dies ist insofern zu empfehlen, weil Stromsparmassnahmen durch viele Faktoren beeinflusst werden.

Die Erfassung der internen Lasten vor und nach einer Sanierung in einem Sekretariat ergab z.B., dass die Beleuchtung infolge der guten Qualität (blendungsarm) übersehen und bei Nichtbedarf weiter eingeschalten blieb. Die interne Last und somit der Stromverbrauch nahm trotz des besseren Leuchtenwirkungsgrades durch die höhere Betriebsdauer zu!

Ein einfacher Weg zur Kontrolle des Stromverbrauches erfolgt mittels der offiziellen Zähler. Durch die Erfassung einzelner Gruppen (Beleuchtung, Steckdosen, Belüftung etc.) können konkretere Aussagen gemacht werden.

Literaturverzeichnis

Folgende Literatur diene als Grundlage:

- [1] FP 32.51:
Interne Wärmelasten von Betriebseinrichtungen
Hr. B. Nussbaumer, Eicher & Pauli AG

- [2] FP 32.53:
Optimierfunktionen mit IGA
Hr. M. Züst, Willers Engineering AG

- [3] FP 32.54:
Einsatz der IGA für die Betriebsführung
Hr. S. Graf, Alfacel AG

- [4] **«Integrale Gebäudeautomation»**
Kapitel aus RAVEL-Handbuch
«Strom rationell nutzen», 1992

- [5] **«RAVEL zahlt sich aus»**
Praktischer Leitfaden für Wirtschaftlichkeitsberechnungen
1992

- [6] **Gleichzeitigkeit und Grösse von internen Lasten in Nichtwohngebäuden**
NEFF-Projekt-Nr. 501
R. Ruch, M. Farner, Eicher & Pauli AG