



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

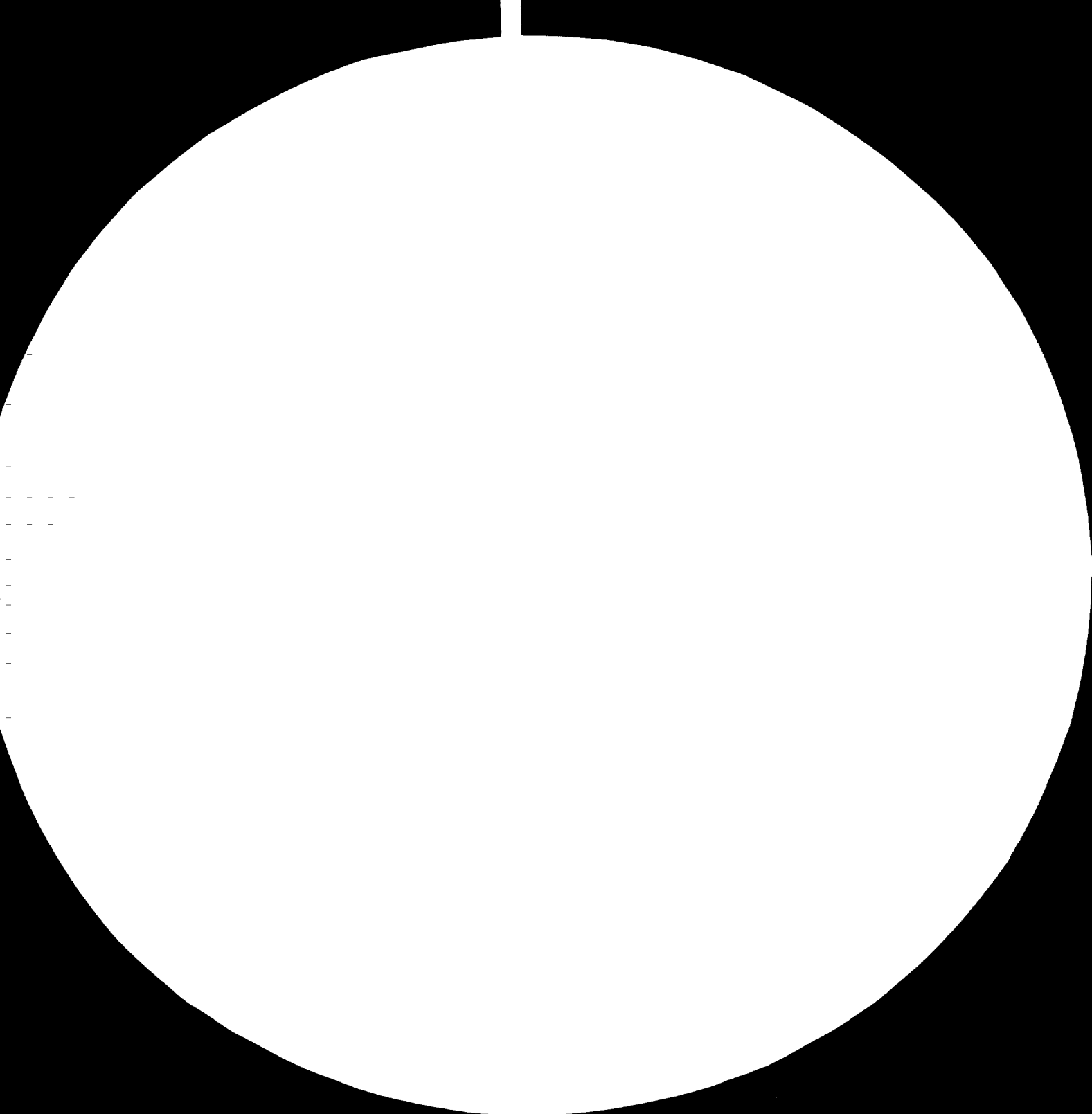
## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)





4



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

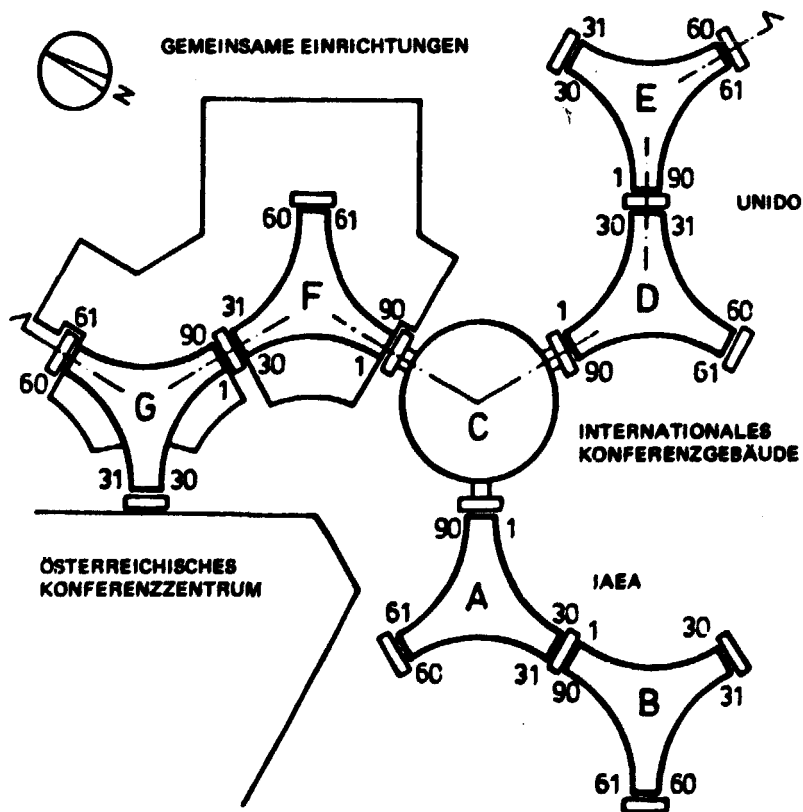
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-1963-A

10334 - G

**UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION**

**STUDIE UEBER OPTIMIERUNG DES ENERGIEVERBRAUCHS  
IM VIENNA INTERNATIONAL CENTRE**

JÄNNER 1981



000075



UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION

Studie über Optimierung des Energieverbrauchs

im

Vienna International Centre (VIC)

UNIDO-Vertrag Nr. 80/57  
Projekt Nr. UN-K-28873-048  
Activity Code 12

Bericht ZT-05020-04

Jänner 1981

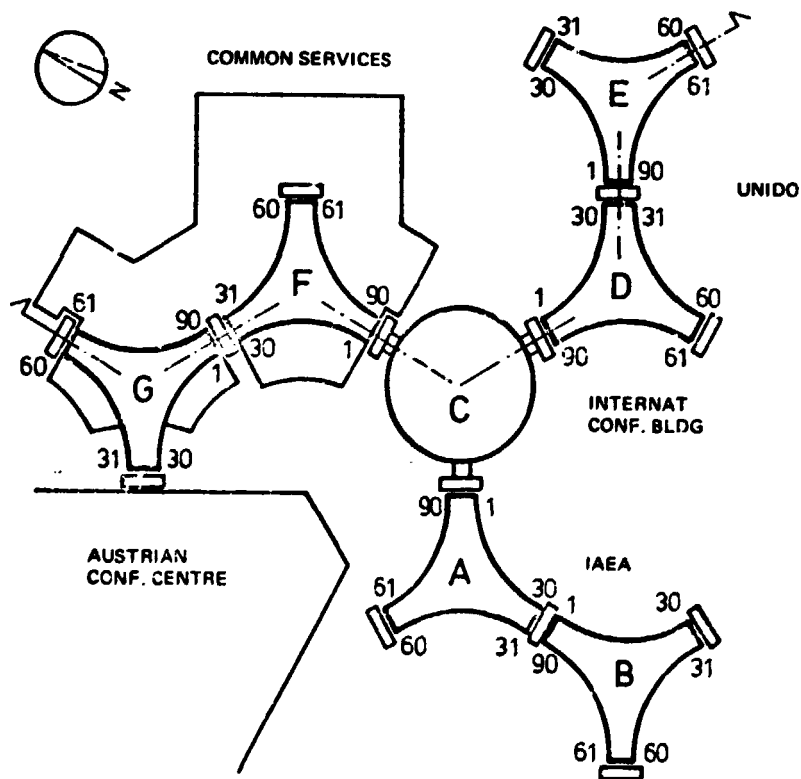
Heikki Ranki  
Antero Punttila  
Juhani Jokipii

EKONO Gesellschaft mbH, Wien

UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION

A STUDY INTO THE OPTIMIZATION OF THE CONSUMPTION  
OF ELECTRICITY IN THE VIENNA INTERNATIONAL CENTRE

JANUARY 1981



**STUDIE**

**über Optimierung des Energieverbrauchs im  
Vienna International Centre (VIC)**

**Auftraggeber**

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION  
Purchase and Contracts Services Section (PAC)  
1220 Wien

**Aufgabenstellung**

Durchführung einer Studie zur Ermittlung des Energieeinsparungspotentials bei optimalem Energieverbrauch in der VIC.

**Aufbau**

Der Bericht ist in sieben Hauptabschnitte geteilt u.zw.:

1. Einsparungen in der VIC
2. Anforderungen der UNIDO contra gegenwärtige Planungsstandards
3. Elektrische Anlagen
4. Energieeinsparungspotential bei Heizung, Kühlung, Klimatisierung und sanitären Anlagen
5. Gebäudeautomationssystem
6. Betriebsorganisation
7. Empfehlungen.

Die ersten beiden Hauptabschnitte befassen sich mit den heutigen Energieverbrauchswerten, den Standards für Heizung, Lüftung, Klimatisierung und Beleuchtung, der Zielsetzung einer Energieeinsparung und deren Notwendigkeit.

Die Hauptabschnitte drei bis fünf befassen sich mit den technischen Einrichtungen, wobei alle in Frage kommenden Einsparungsmöglichkeiten besprochen und die Energieeinsparungspotentiale dargelegt werden. Jeder Hauptabschnitt wird durch einen Unterabschnitt "Kosten und Rentabilität" abgeschlossen.

Der sechste Hauptabschnitt befasst sich mit Änderungen und Anpassungen der Betriebsorganisation.

Im siebenten und letzten Hauptabschnitt sind alle Empfehlungen und Massnahmen sowie deren Einsparungspotential zusammengefasst.

**Beilage 1**

enthält die in einer Liste zusammengefassten Stellungnahmen von UNIDO Building Management Section General Services/ Division of Administration und von der gemeinsamen Arbeitsgruppe UNIDO/IAEA für Energieeinsparung zum EKONO-Bericht.

**Beilage 2**

enthält die Antworten der EKONO zu den Stellungnahmen lt. Beilage 1.

**Durchführung**

Die Datenerfassung und Zustandserhebung wurde in der Zeit vom 5. bis 20. Mai v.J. in Wien durchgeführt. Ergänzende Angaben wurden auf Anforderung nachgereicht. In den technischen Berechnungen wurden auch die neuesten zur Verfügung stehenden Messwerte vom Juni v.J. berücksichtigt, wodurch die Berechnungsergebnisse eine höhere Genauigkeit bekamen.

Neben den Teilprojektverantwortlichen wurden zahlreiche andere Spezialisten aus den verschiedensten Fachabteilungen der EKONO-Gruppe zugezogen um ein hohes Niveau dieses Berichtes, der eine wichtige Entscheidungshilfe für die UNIDO darstellt, zu gewährleisten.

**Resultate**

Die Vorschläge über die Energieeinsparungsmassnahmen und die Begrenzung der Leistungsspitzen wurden in drei Prioritäten gegliedert (s. Hauptabschnitt 7) u.zw.:

**1. Massnahmen, die keine Investitionen erfordern**

Kosteneinsparungspotential ca. 5 600 000 S/a  
Energieeinsparungspotential ca. 10 000 MWh/a

**2. Investitionsabhängige Massnahmen**

Kosteneinsparungspotential ca. 7 800 000 S/a  
Energieeinsparungspotential ca. 13 000 MWh/a

**3. Investitionsabhängige Massnahmen auf Basis zusätzlicher Detailuntersuchungen**

Kosteneinsparungspotential ca. 2 000 000 S/a  
Potential der Leistungsspitzen-  
leistungsabsenkung ca. 2 MW.

Die vorgeschlagenen Massnahmen beziehen sich auf die Erweiterung des Einsatzes des Gebäudeautomationssystems, auf Revision der Benützungzeiten und der Standards, auf



den Einbau von Wärmerückgewinnungsanlagen und auf Änderung der Betriebsgruppen. Zu den vorgeschlagenen Massnahmen gehören auch solche, die auf den Aufbau und den Wirkungsbereich der Betriebsorganisation Einfluss nehmen. Die Massnahmen ermöglichen Energieeinsparungen, ohne dass negative Einflüsse auf die Gesundheit oder die Behaglichkeit entstehen.

Die Rentabilität der investitionsabhängigen Massnahmen kann bei einer Amortisationszeit von weniger als einem bis fünf Jahren als günstig bezeichnet werden.

In den ökonomischen Berechnungen ist die stete Steigerung der Energiepreise im allgemeinen unberücksichtigt geblieben. Alle Werte beziehen sich auf heutige Preise, inkl. 8 % MWSt.

Abschliessend soll betont werden, dass die Budgeteinsparungen um so grösser werden, je früher die Massnahmen zur Ausschöpfung des Energieeinsparungspotentials verwirklicht werden.



Heikki Ranki  
Projektleiter

Inhaltsverzeichnis

1. Energieeinsparung in der VIC	1./1
1.1 Energieverbrauch	1./1
1.2 Zielsetzung	1./1
1.3 Gründe der Energieeinsparung	1./4
2. Anforderungen der UNIDO contra gegenwärtige Planungsstandards	2./1
2.1 Raumklima	2./1
2.1.1 Arbeitszeit	2./1
2.1.2 Ausserhalb der Arbeitszeit	2./1
2.1.3 Luftfeuchtigkeit	2./2
2.1.4 Empfehlungen zu den Raumklimaverhältnissen der VIC	2./2
2.1.5 Belüftungsstandard	2./3
2.2 Beleuchtungsstandard	2./4
3. Elektrische Anlagen	3./1a
3.1 Beleuchtung	3./1a
3.1.1 Spezifische Leistung	3./1a
3.1.2 Beleuchtungssteuerung	3./2
3.1.3 Leuchtgruppen	3./3
3.1.4 Kosten und Rentabilität	3./4
3.2 Rotierende Maschinen	3./5
3.2.1 Verkürzung der Laufzeit	3./5
3.2.2 Wirkungsbereiche	3./6
3.2.3 Kosten und Rentabilität	3./7
3.3 Betriebsoptimierung durch die Gebäudeautomation	3./9
3.3.1 Ausnutzung der Zeitprogramme	3./9
3.3.2 Optimierung der Einschaltung	3./10
3.3.3 Intermittierende Laufzeit	3./11
3.3.4 Pumpensteuerung	3./11
3.3.5 Steuerung der Kühlanlagen	3./11
3.4 Beschränkung der Spitzenlast	3./11
3.4.1 Möglichkeiten, Schwankungen der elektrischen Leistung	3./11
3.4.2 Einsparungen, Rentabilität	3./12
3.4.3 Einsatz der Notstromaggregate	3./13
3.5 Anlagen, Beschaffungen und Änderungsarbeiten	3./13
3.5.1 Einschränkung der Spitzenleistung	3./13
3.5.2 Schaltung und Steuerung der Notstromaggregate	3./14
4. Energieeinsparungspotential bei Heizung, Kühlung, Klimatisierung und sanitären Anlagen	4./1
4.1 Allgemeine Systembeschreibung	4./1
4.2 Bestimmung der Raumverhältnisse	4./2
4.2.1 Temperatursenkung	4./2
4.2.2 Luftfeuchtigkeit	4./3
4.2.3 Kosten und Rentabilität	4./3
4.3 Reduzierung der Primärluft	4./5
4.3.1 Objekte	4./5
4.3.2 Luftstromregelung	4./5
4.3.3 Energieeinsparung und Einfluss auf die Induktionseinheiten	4./5
4.3.4 Kosten und Rentabilität	4./6

BERICHT  
 UNIDO ZT-06020-04  
 Energieverbrauchsoptimierung in der VIC

LT/AJP/FS/LJJ/mis

1981-01-28

v

4.4	Kühllastreduktion	5./9
4.4.1	Charakteristika der Kühllast der VIC	4./9
4.4.2	Sonnenschutzfilme an den Fenstern	4./9
4.4.2.1	Benutzung der Jalousien	4./9
4.4.2.2	Einflüsse der festen Sonnenschutzfilme	4./10
4.4.2.3	Verminderung des Tageslichts und der Wärmeverluste	4./10
4.4.2.4	Einflüsse auf die Umgebung	4./11
4.4.2.5	Effektivität der Schutzfilme	4./12
4.4.3	Reduzierung der Beleuchtungsleistung	4./12
4.4.4	Steuerung der Kühlleistung auf die Zonen	4./12
4.4.5	Kosten und Rentabilität	4./13
4.5	Wärmerückgewinnung bei der Klimatisierung	4./14
4.5.1	Objektwahl	4./14
4.5.2	Systemwahl	4./14
4.5.3	Prinzip des Wasser-Glykol-Systems	4./14
4.5.4	Praktische Durchführung	4./15
4.5.5	Auswirkungen der Rückgewinnung	4./15
4.5.6	Kosten und Rentabilität	4./18
4.6.	Gebrauchswasser	4./22
4.6.1	Mengenbegrenzer	4./22
4.6.2	Absenkung der Warmwassertemperatur	4./23
4.6.3	Verringerung des WC-Spülwassers	4./23
4.6.4	Kosten und Rentabilität	4./23
4.7	Energieoptimierung durch das Gebäudeautomations- system	4./24
4.7.1	Zeitprogramme	4./24
4.7.2	Optimierung der Ein- und Ausschaltung	4./25a
4.7.3	Optimierung der Primärlufttemperatur	4./26
4.7.4	Kühlung in der Nacht	4./26
4.7.5	Steuerung der Vorlaufwassertemperatur zu den Induktionseinheiten	4./27
4.7.6	Kühlleistungsbegrenzung durch Versorgung der Zonen mit grösstem Bedarf	4./27
4.7.7	Enthalpieoptimierung	4./28
4.7.8	Nachheizung	4./29
4.7.9	Pumpensteuerung	4./29
4.7.9.1	Pumpen der Vorheizbatterien	4./30
4.7.9.2	Pumpen der Primärluftkühlbatterien	4./30
4.7.9.3	Pumpen der Heiz- und Kühlwassernetze der Induktionseinheiten	4./30
4.7.9.4	Praxisbezogene Beschränkungen	4./32
4.7.10	Kosten und Rentabilität	4./32
5.	Gebäudeautomationssystem	5./1
5.1	Allgemeine Beschreibung des Systems	5./1
5.1.1	Effektiv zentralisierte Alarmüberwachung und Richtlinien für Instandhaltung	5./1
5.1.2	Kontinuierliche Zeitüberwachung und pünktliches Service	5./1
5.1.3	Datensichtgerät und Prozessdiagramm-Farbmonitor für Ueberwachung von Temperatur und relativer Feuchtigkeit	5./1
5.1.4	Grenzwertalarm der gemessenen Temperaturen und der Feuchtigkeit	5./1

BERICHT  
UNIDO ZT-06020-04  
Energieverbrauchsoptimierung in der VIC

LT/AJP/FS/LJJ/mis

1981-01-28

VI

5.1.5	Ein/Aus-Kontrolle der Klimaanlage, Pumpen und Lichtgruppen	5./1
5.1.7	Berichterstattung über Energieverbrauch	5./2
5.1.8	Berichterstattung über Temperatur und relative Feuchtigkeit	5./2
5.1.9	Zwölffachschreiber	5./3a
5.1.10	Reaktionsprogramme	5./3a
5.1.11	Lastabwurfprogramm	5./3a
5.1.12	Sonstige Funktionen und Programme zur Minimierung des Energieverbrauchs	5./3a
5.1.13	Zusammenfassung	5./3a
5.2	Inbetriebnahme der Grundfunktionen	5./4
5.2.1	Feststellung der Richtigkeit der Signale	5./4
5.2.2	Prüfung der Grundfunktionen	5./4
5.2.3	Aufbau eines Aufsichtsplanes	5./4
5.2.3.1	Alarmer, Grenzwerte und Betriebszustände	5./5
5.2.3.2	Temperaturen und relative Feuchtigkeit	5./5
5.2.3.3	Energieverbrauch	5./6
5.2.3.4	Betriebszeiten der Anlagen	5./7
5.2.3.5	Zeitprogramme und Betriebszustände	5./6
5.2.3.6	Berichte und Aufzeichnungsüberwachung	5./6
5.2.4	Videoanzeigenschemata und Dokumentation	5./9
5.3	Optimierung höherer Ordnung	5./10
5.3.1	Optimierung der Einschaltung und Nachtheizung	5./10
5.3.2	Stellwertsteuerung der Primärlufttemperatur	5./14
5.3.3	Nachtkühlung	5./16
5.3.4	Stellwertsteuerung der Induktionseinheit-Vorlauf-temperatur	5./16
5.3.5	Verteilung der Kühlleistung	5./17
5.3.6	Enthalpieoptimierung	5./18
5.3.7	Steuerung der Befeuchtung	5./18
5.3.8	Beschränkung der Spitzenleistung	5./18
5.4	Kosten und Rentabilität	5./18
5.4.1	Inbetriebnahme der Grundfunktionen	5./18
5.4.2	Ergänzung der Berichterstattung	5./18
5.4.3	Optimierung höherer Ordnung	5./19
5.4.3.1	Lastabwurfprogramm	5./19
5.4.3.2	Startoptimierung	5./19
5.4.3.3	Sonstige Optimierungen höherer Ordnung	5./22
5.5	Erfahrungen von den Energieeinsparungsmöglichkeiten mit dem Gebäudeautomationssystem	5./22
6.	Betriebsorganisation	6./1
6.1	Instandhaltung	6./1
6.2	Überwachung des Energieverbrauchs und des Raumklimas	6./2
6.3	Weitere Entwicklung	6./2
7.	Empfehlungen	7./1
7.1	Die unmittelbaren Schritte	7./1
7.1.1	Elektrische Anlagen	7./1
7.1.1.1	Beleuchtung	7./1
7.1.1.2	Rotierende Maschinen	7./1

BERICHT  
UNIDO ZT-06020-04  
Energieverbrauchsoptimierung in der VIC

LT/AJP/FS/LJJ/mis

1981-01-28

VII

7.1.2	Heizung, Kühlung, Klimatisierung und Sanitätsanlagen	7./2
7.1.3	Ausnutzung des Gebäudeautomationssystems	7./4
7.1.4	Betriebsorganisation	7./5
7.2.	Mit bedeutenden Investitionen verbundene Massnahmen	7./5
7.2.1	Elektrische Anlagen	7./5
7.2.1.1	Beleuchtung	7./5
7.2.1.2	Rotierenden Maschinen	7./6
7.2.2	Heizung, Kühlung, Klimatisierung und Sanitätsanlagen	7./6
7.2.3	Weiterer Einsatz des Gebäudeautomationssystems	7./7
7.3	Mit weiteren Untersuchungen verbundene Massnahmen	7./7
7.3.1	Elektrische Anlagen	7./7
7.3.2	Heizung, Kühlung, Klimatisierung und Sanitätsanlagen	7./8
7.3.3	Einsatz des Gebäudeautomationssystems	7./9

Beilage Nr. 1 UNIDO/General Services: Disposition of Recommendations  
Nr. 2 Antworten auf die Stellungnahmen

ZT-06020-04  
Studie über Optimierung des Energieverbrauchs  
im Vienna International Centre (VIC)

1. Energieeinsparung in der VIC

1.1 Energieverbrauch

In den Monats- und Quartalberichten der IAKW werden die monatlichen gebäudebezüglichen Energieverbrauchsdaten ab September 1979 angegeben. Diese Daten sind Messergebnisse, die von den Haupt- und Sonderstromzählern des Gebäudekomplexes abgelesen werden. Die Ablesungsperiode beträgt mit Genauigkeit von einigen Tagen einen Monat. Eine Fernanzeige oder Berichterstattung des Energieverbrauchs ist im automatischen System des Gebäudes nicht eingeschlossen.

Schlussfolgerungen auf Grundlage der Verbrauchswerte des ersten Jahres sind immer unzuverlässig. Im allgemeinen reduziert sich der Energieverbrauch des Gebäudes von selbst in den ersten Jahren etwa um 10 % infolge der Trocknung, der Betriebsgewöhnung, der Einregelung u.dgl. Die Kontrolle des Energieverbrauchs ist jedoch bei einem neuen Gebäude bereits ab Inbetriebnahme unentbehrlich. Die Verbrauchswerte des ersten Jahres sind der Ausgangspunkt aktiver Energieeinsparungsmaßnahmen.

Auf Grundlage der Verbrauchsdaten der IAKW-Berichte und der Wetterdaten der Hohen Warte in Wien von der entsprechenden Periode wurden für die VIC die normalen Energieverbrauchswerte beim normalen Wetter errechnet. Die auf eine Periode eines Normaljahres extrapolierten Richtwerte für den Wärme-, Strom- und Wasserverbrauch sind in der Tabelle 1 dargestellt. Die Abschätzung des Wärmeverbrauchs erfolgte auf Grundlage der Gradtagzahlabhängigkeit. Diese Abhängigkeit ist im Bild 1 dargestellt. Die Werte des Strom- und Wasserverbrauchs, die von den Jahreszeiten weniger abhängig sind, wurden als monatliche Konstante erfasst. Auf Grundlage der Messwerte bis Ende Juni scheint sich der Stromverbrauch der gesamten Objekte auf konstanten Wert von 1 750 MWh/Mon. und der Wasserverbrauch auf konstanten Wert von 15 300 m<sup>3</sup>/Mon. einzupendeln.

Die in der Tabelle 1 angeführten Werte sind selbstverständlich nur richtungsgebend, und eine genauere Vorstellung von dem Energieverbrauch ist erst nach dem Ablauf des ersten vollen Betriebsjahres des Gebäudes am Monatsende November möglich.

Tabelle 1: Wärme-, Strom- und Wasserverbrauch in der VIC anhand der Messergebnisse des ersten Jahres

Gebäude	Rauminhalt m <sup>3</sup>	Heizung MWh/a	Strom MWh/a	Wasser m <sup>3</sup> /a
A	197 800	6 580	3 940	34 430
B	80 700	2 690	1 610	14 050
C	168 600	5 610	3 360	29 350
D	160 500	5 340	3 200	27 940
E	106 000	3 530	2 110	18 450
F	236 300	7 860	4 700	41 140
G	104 800	3 490	2 080	18 240
VIC	1 054 700	35 100 MWh	21 000 MWh	183 600 m <sup>3</sup>
Durchschnittlich		33,3 kWh/m <sup>3</sup>	19,9 kWh/m <sup>3</sup>	0,17 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
		129,9 kWh/m <sup>2</sup>	77,7 kWh/m <sup>2</sup>	0,68 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>

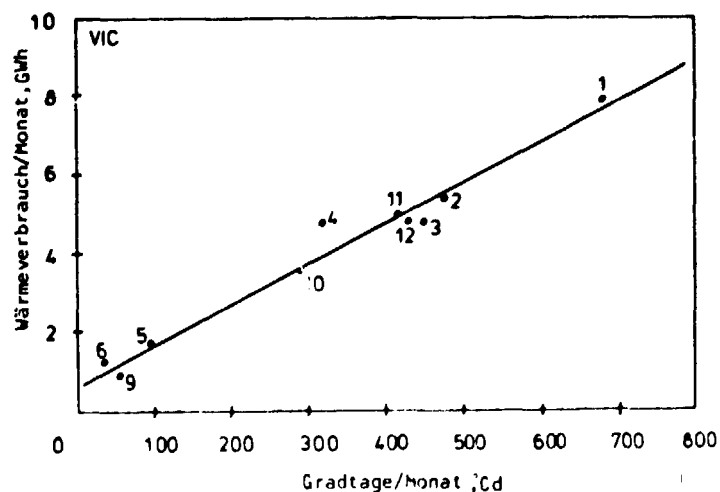
Die jährlichen Energiekosten in der VIC gemäss dem ab August 1980 gültigen Preisniveau sind folgende:

- Wärme	17 299 000 S
- Strom	15 715 000 S
- Spitzenleistung	781 000 S
- Wasser	1 795 000 S

Insgesamt 35 540 000 S

Durchschnittlich 33,7 S/m<sup>3</sup> 131,6 S/m<sup>2</sup>

Bild 1/1: Abhängigkeit des Warmwasserverbrauchs von der monatl. Gradtagzahl. Die gemessenen Werte wurden auf Standardmonate umgerechnet.



### 1.2 Zielsetzung

Für die effektive Energieeinsparung müssen die Energiedaten gesammelt und quantitativ bestimmt werden. Dies muss laufend und für jedes Gebäude separat erfolgen. Für die VIC-Gebäude muss festgelegt werden wie dies, unter Berücksichtigung ihrer Lage, Architektur und Konstruktion, realisiert werden soll. Primäres Ziel muss ein niedrigerer Energieverbrauch sein, wobei der Betrieb nicht beeinträchtigt werden soll.

Die derzeitigen Verbrauchswerte laut der Tabelle 1 lassen in der VIC bedeutende Energieeinsparungsmöglichkeiten erkennen. Mit Betriebs- und Wartungsmassnahmen sowie mit geringen Investitionen sind Wärmeeinsparungen von 25 %, Stromeinsparungen von 20 % und Wassereinsparungen von 15 % erreichbar. Durch zielbewusste Arbeit für die Energieökonomie können diese Ziele in einigen Betriebsjahren erlangt werden. Ein grosser Teil der Änderungen dieser Kategorie kann unmittelbar vorgeordnet werden, wodurch Einsparungen sofort erreicht werden. Ein Teil der Massnahmen erfordert aber Zeit für Planung, Bauaufträge und Einregelung. Diese Vorhaben können abschnittsweise auf die nächsten Jahre verteilt werden und mit deren Verwirklichung wird das erste Ziel erreicht. Dies ist in den Energieverbrauchswerten der Tabelle 2 ausgedrückt.

Tabelle 2: Kurzfristige Zielsetzung für den Energieverbrauch der VIC

	Gesamtverbrauch	Spezif. Verbrauch
Wärme	26 300 MWh/a	97,4 kWh/m <sup>2</sup> a
Strom	16 800 MWh/a	62,2 kWh/m <sup>2</sup> a
Wasser	156 000 m <sup>3</sup> /a	0,58 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> a
Energie insgesamt	43 100 MWh/a	159,6 kWh/m <sup>2</sup> a

Die jährlichen Energiekosten in der VIC bei dem den Einsparungszielen entsprechenden Verbrauch gemäss dem Preisniveau von August 1980:

- Wärme	12 962 000 S
- Strom	12 572 000 S
- Spitzenleistung	753 000 S
- Wasser	1 483 000 S
Insgesamt	27 752 000 S
Durchschnittlich	26,3 S/m <sup>3</sup> 102,7 S/m <sup>2</sup>



In der nächsten Phase können dem Energieverbrauch der VIC niedrigere Zielwerte vorgegeben werden als jene der Tabelle 2. Die Verwirklichung dieser Ziele erfordert erhebliche Investitionen, die wiederum von der jeweiligen Finanzierungssituation sowie von den Ertragsforderungen abhängig sind.

### 1.3 Gründe der Energieeinsparung

Die VIC wurde in jener Zeit geplant und aufgebaut, in der die Energieeinsparung nicht in heutigem Masse dringend war. Die Verhältnisse haben sich aber drastisch geändert und jetzt ist es unerlässlich, in diesem Gebäudekomplex solche Änderungen vorzunehmen, um den Energiebedarf zu minimieren.

Als eins der bedeutendsten Baudenkmäler unserer Zeit wird die Lebensdauer der VIC lang sein. Bei jener Zielsetzung, dass sie sich auch noch im nächsten Jahrtausend gut bewährt, müssten die bestehenden Anlagen maximal ausgenutzt werden. Unnötiger Verbrauch ergibt im Laufe von Jahrzehnten grosse verschwendete Summen. Das Gebäude, das sich noch in der Phase der Inbetriebnahme befindet, muss noch Jahrzehnte warten, bis die Zeit der Sanierungen da ist. Jetzt müssen die mechanischen und elektrischen Anlagen sowie auch das Gebäudeautomatiossystem voll nutzbar gemacht werden. Dies erfordert eventuell einige Investitionen, aber diese machen sich durch Energieeinsparungen innerhalb einiger Jahre bezahlt.

Die Angestellten in der VIC kommen aus verschiedenen klimatischen und kulturellen Milieus. Ihre Einstellung zur Energieeinsparung ist unterschiedlich und Einsparungsverpflichtungen sollen ihnen möglichst nicht aufgelegt werden. Den Beschäftigten muss vielmehr angemessenes Raumklima zur Ausführung ihrer Aufgaben, nicht aber die Möglichkeit der Verschwendung durch individuelle und freie Inanspruchnahme von Heiz-, Kühl- bzw. Beleuchtungsleistung gewährt werden. Durch Eliminierung der unnötigen Reserven wird auch der unnötige Verbrauch eliminiert. Dies setzt die Einführung von gleitenden Werten bei Temperaturen der Primärluft und des Vorlaufwassers der Induktionseinheiten entsprechend den Wetterverhältnissen voraus. Auch die Anzahl oder die Leistung der Leuchtstoffröhren könnte eventuell an vielen Stellen reduziert werden.

Für die Energieeinsparung ist die Wartungsorganisation des Hauses zuständig, die dazu ausreichende Fachkenntnisse, Mittel und Interesse haben muss.

## 2. Anforderungen der UNIDO contra gegenwärtige Planungsstandards

### 2.1 Raumklima

#### 2.1.1 Arbeitszeit

Die grundlegenden Planungsparameter für die Klimaanlage-systeme der VIC sind sehr streng. Die Raumklimaverhältnisse mit 22 ... 24 °C Wärme und mit 40 ... 50 % relativer Luftfeuchtigkeit bilden laut vielen gegenwärtigen Standards nur einen geringen Teil des zulässigen Bereichs. Dies ist aus dem Bild 2 anhand dem neuen ASHRAE-Standard 55-74 R, "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy" ersichtlich. ASHRAE verwendet hierbei Betriebstemperaturen, die approximativ dem Durchschnitt der Lufttemperatur und der mittleren Strahlungstemperaturen und dem eingestellten trockenen Thermometerwert gleichkommt. Im derzeitigen Büroraumklima der VIC weicht die Betriebstemperatur um rund 0,5 °C von der Innenraumtemperatur ab. Somit können die ASHRAE-Bereiche der Betriebstemperatur und -luftfeuchtigkeit mit den Anforderungen der UNIDO verglichen werden. Die von ASHRAE spezifizierten Verhältnisse sind temperaturmässig annehmbar für 80 % oder mehr des Personals. Die Zufriedenheit mit den Temperaturverhältnissen wird von vielen einander beeinflussenden variablen Faktoren bewirkt, wie durch Bekleidung, die Aktivität, die Geschwindigkeit des Luftstroms, die Luftfeuchtigkeit usw. Bei Anwendung des vollen Bereiches des Bildes 2 könnte die Minimierung des Energieverbrauchs realisiert werden, ohne dass der Wärmecomfort beeinträchtigt würde.

Auf Grund der Bekleidungsgewohnheiten der Angestellten in den verschiedenen Jahreszeiten liegt der Behaglichkeitsbereich im Sommer höher als im Winter. Jene Temperaturbereiche, bei denen zumindest 80 % der VIC-Angestellten das Raumklima temperaturmässig akzeptabel finden, sind in der Empfehlung des Punktes 2.1.4 enthalten. Die restlichen 20 % der Angestellten werden es ein wenig zu kühl oder ein wenig zu warm finden.

Eine 100-prozentige Akzeptation der Wärmeverhältnisse kann nie erreicht werden. Auch bei Laboratoriumsverhältnissen mit Standardbekleidung und bei der Standardaktivität kann nur eine 95-prozentige Zufriedenheit erreicht werden. In einem realen Betriebsgebäude gibt es jedoch immer sowohl Unzufriedenheit als auch Fügsamkeit.

#### 2.1.2 Ausserhalb der Arbeitszeit

Die akzeptablen Wärmeverhältnisse werden selbstverständlich nur während der Arbeitszeit, z.B. von 8.00 bis 16.00 Uhr gewünscht. Jene Energie, die zur Aufrechterhaltung des gewünschten Raumklimas während der Leerperioden dient, wird also unnötig verbraucht.

Durch Verstellung der Temperatur während der Nacht, an Wochenenden und zu sonstigen Zeiten, in denen das Gebäude nicht besetzt ist, wird Energie eingespart. Der Wert variiert nach der Dauer und der Absenkung.

Wegen der Schwerkonstruktionen der VIC kann die Nachtabsenkung nicht grösser als 5 °C sein. Sonst kann die Wiedererwärmung zu viel Zeit in Anspruch nehmen. Diese Temperaturabsenkung verursacht für die Angestellten keine Unannehmlichkeiten, weil die Temperatur nach Arbeitschluss sehr langsam sinkt. So sind für die Reinigungsarbeit und Ueberstundenarbeit ziemlich gute Wärmeverhältnisse gegeben. Ausserdem liegt die Raumtemperatur in der letzten Arbeitsstunde öfters höher als der akzeptable Minimumwert d.h. die benötigte Raumtemperatur. So kann die Raumtemperatur mit Hilfe der internen Wärmelast und der Sonnenwärme auch nach der Ausschaltung der Klimaanlage innerhalb des akzeptablen Bereichs gehalten werden.

#### 2.1.3 Luftfeuchtigkeit

Die vorgesehene relative Raumluftheuchtigkeit in der VIC beträgt 40 ... 50 %. Dieser sehr enge Bereich kann ohne bedeutende Minderung der Behaglichkeit auf 30 ... 60 % erweitert werden. Dabei können beachtliche Energieeinsparungen erzielt werden. Deshalb sollte im Winter keine spezielle Luftfeuchtigkeitssteuerung erfolgen, abgesehen von der Aufrechterhaltung des Minimumstandes von 30 %.

Für Gebäudebereiche, die wegen des Prozesses oder speziellen Materials eine besondere Feuchtigkeitssteuerung erfordern, sollten diese Standards modifiziert werden, aber nur für diesen Bereich, der eine selektive Steuerung benötigt.

#### 2.1.4 Empfehlung zu den Raumklimaverhältnissen der VIC

Unter Berücksichtigung der jüngsten Studien über die thermische Behaglichkeit und das Energieeinsparungspotential können die Raumklimabereiche der Tabelle 3 für die VIC empfohlen werden.

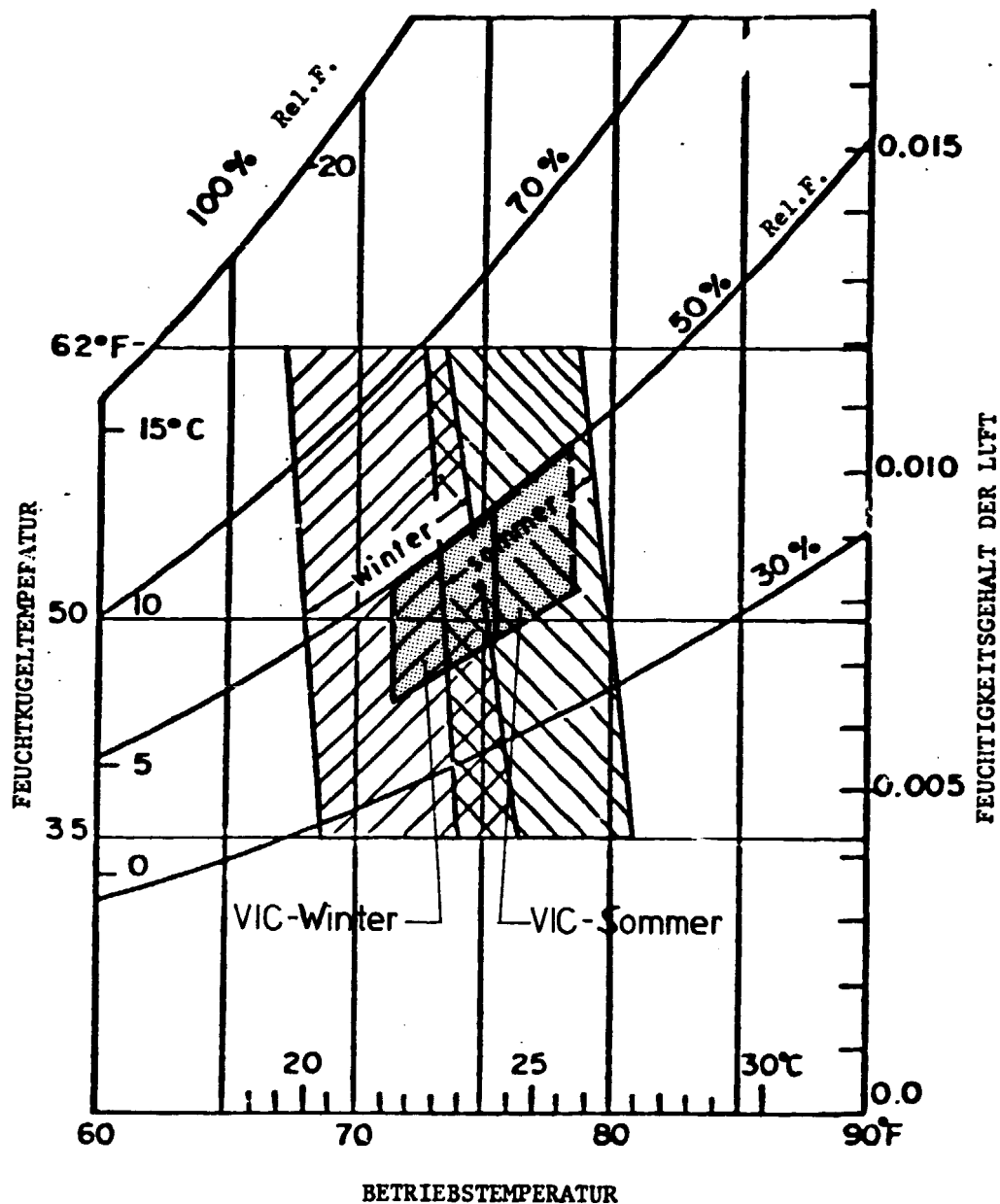


Bild 2: Zulässige Schwankungsgrenzen der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit für Personen mit typischer Sommer- und Winterbekleidung in leichter, hauptsächlich sitzender Beschäftigung.

Tabelle 3: Empfehlung zu den Raumklimabereichen für die VIC

	Temperaturbereich	Luftfeuchtigkeitsbereich
Winter	21 ... 24 °C	30 ... 70 %
Sommer	23 ... 26 °C	30 ... 60 %

Die Thermostat-Stellwerte sollten in der Heizperiode bei der niedrigeren Temperaturgrenze (21 °C) und in der Kühlperiode bei der höheren Temperaturgrenze (25 °C) eingestellt sein. Dies kann am besten durch Kontrolle der Temperaturen des Zulaufwassers für Heizung und Kühlung sowie der Temperatur der zu den Induktionseinheiten strömenden Primärluft mit Hilfe des Gebäudeautomationssystems erfolgen.

#### 2.1.5 Belüftungsstandard

Im typischen Falle wird die Menge der Primär-Zuluft entsprechend den Anforderungen festgelegt und der Luftwechsel erfolgt mittels der Induktionseinheiten. Nur der Feuchtigkeitsgehalt der Primärluft wird entsprechend den Forderungen an die Raumluftfeuchtigkeit gesteuert. Kühlung oder Heizung über die Primärluft hingegen spielen eine geringere Rolle.

In der VIC beträgt die Menge der Primärluft (Aussenluft) 30 m<sup>3</sup>/h bzw. einschliesslich der ergänzenden Belüftung gewisser Räume 120 m<sup>3</sup>/h pro Induktionseinheit. Somit beträgt das Minimum an Frischluft 12,5 l/s (45 m<sup>3</sup>/h) pro Person im Falle mit zwei Personen in einem 3-Moduln-Raum. Diese Werte sind ziemlich hoch, da die Minimumbelüftungsanforderungen pro Person laut dem ASHRAE-Belüftungsstandard 62-73 folgende sind:

- Nichtraucher 2,5 l/s (9 m<sup>3</sup>/h)
- Starke Raucher 10 l/s (36 m<sup>3</sup>/h).

Bei der Mischung von Rauchern und Nichtrauchern könnte die minimale Belüftungsanforderung in der VIC auf den Durchschnitt, 5 l/s (18 m<sup>3</sup>/h), gesetzt werden. Die Kühl- und die Heizkapazität einer Induktionseinheit geht jedoch mit der Verminderung der Primärluft zurück und deshalb kann die Menge der Primärluft wahrscheinlich nicht mehr als auf 20 m<sup>3</sup>/h pro Einheit d.h. auf 8,4 l/s (30 m<sup>3</sup>/h) pro Person reduziert werden.

Im allgemeinen ist die VIC leichter besetzt als oben beschrieben wurde, wobei der Frischluftwechsel die ASHRAE-Empfehlungen für starke Raucher beträchtlich überschreitet, auch wenn die Primärluftströme auf den Wert  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  pro Modul reduziert werden.

## 2.2 Beleuchtungsstandard

Für die VIC wurde folgender Beleuchtungsstandard angewandt:

Bürräume der Bürohochgebäude	600 ... 650 lx
Korridore und Eingangshallen	150 ... 200 lx
Sonstige Büroräume - äussere Zone	450 ... 550 lx
Konferenzsäle	450 ... 500 lx
Küche	400 ... 500 lx
Restaurant	100 ... 150 lx
Sonstige Räume	150 ... 700 lx
Technische Räume	80 ... 120 lx

Laut den derzeit zu befolgenden Standards sind die Beleuchtungsstärken folgende (Philips, Lighting Manual, 1975):

Bürräume	500 lx
Korridore und Eingangshallen	150 lx
Konferenzsäle	300 lx
Küche	300 ... 500 lx
Restaurant	200 lx

Zwischen den beiden bestehen keine grossen Unterschiede. Die Büroräume könnten allerdings eine etwas geringere Beleuchtungsstärke haben.

### 3. Elektrische Anlagen

#### 3.1 Beleuchtung

##### 3.1.1 Spezifische Leistung

Im Vergleich mit den neuesten Empfehlungen und Standards ist die spezifische Leistung in der VIC relativ hoch. Im Normalfall werden in Lürogebäuden 50 % vom Verbrauch der elektrischen Energie zur Beleuchtung verwendet. Dies bedeutet, dass eine Leistungssenkung beachtliche Einsparungen erbringen könnte.

Ein typischer Büroraum für eine Person (D 20 69) umfasst  $14,13 \text{ m}^2$  und ist mit neun Leuchten je  $40 \text{ W}$  versehen. Dafür werden  $9 \times 40 \text{ W} = 360 \text{ W}$  elektrische Energie benötigt, oder  $30,6 \text{ W/m}^2$ . Die Leuchten können gesteuert werden, indem 1/3, 2/3 oder 3/3 eingeschaltet sind.

In den modernsten Bürogebäuden beträgt die spezifische Leistung für ein Doppelzimmer  $19,3 \text{ W/m}^2$  und für ein Einzelzimmer  $14,7 \text{ W/m}^2$  (Dubin-Mindell-Bloome Associates).

Für 4 500 Personen beträgt die gesamte Büroraumfläche  $103 500 \text{ m}^2$ . Der Leistungsbedarf für die Beleuchtung der Büroräume beträgt  $9 \times 40 \text{ W}$  pro  $14,13 \text{ m}^2 = 3 \text{ Moduln}$ , was einer Gesamtleistung von  $2640 \text{ kW}$  entspricht. Laut den Wiener Stadtwerken betragen die Stromkosten im Winter  $0,894 \text{ S/kWh}$  und im Sommer  $0,559 \text{ S/kWh}$ .

Bei der geschätzten jährlichen Einschaltzeit der Lampen von  $1 050 \text{ h}$  entfallen  $600 \text{ h}$  auf den Wintertarif und  $450 \text{ h}$  auf den Sommertarif. Daraus ergeben sich folgende Stromkosten für die Beleuchtung:

Winter	$1,08 \times 0,894 \times 600 \times 2640 = 1 529 400,- \text{ S}$
Sommer	$1,08 \times 0,559 \times 450 \times 2640 = 717 200,- \text{ S}$

---

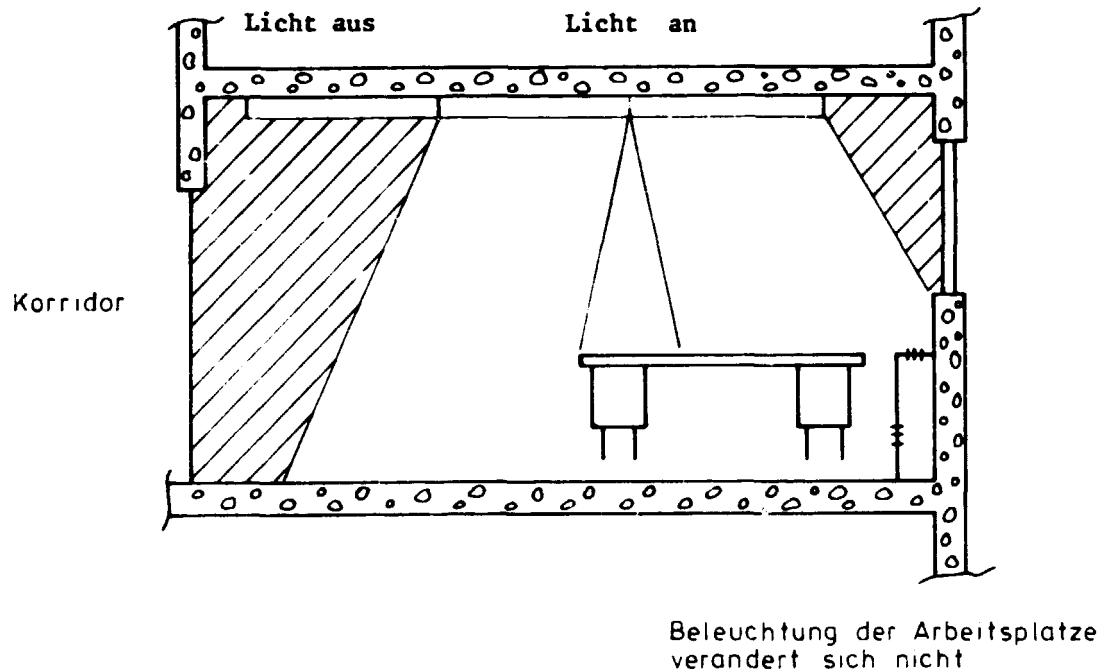
Insgesamt	2 246 600,- S
-----------	---------------

Wenn durch gezielte Massnahmen und Steuerung der Lichtauschaltung am Abend und beim Verlassen der Räume die Beleuchtungszeit um  $1 \text{ h}$  pro Werktag reduziert werden kann, würden Einsparungen von  $549 900 \text{ S}$  pro Jahr (=  $257 \text{ Arbeitstage}$ ) erzielt.

Wenn die gesamte Lampenleistung stets  $2/3$  statt  $3/3$  sein könnte, wären jährliche Einsparungen von  $748 900,- \text{ S}$  bezogen auf  $1 050 \text{ h}$  möglich, wobei die Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz gleich bleibt.

Bild 1/31

Prinzip der Reduktion der  
spezifischen elektrischen  
Leistung ( $W/m^2$ ) in den  
Bürräumen





Die 40-W-Leuchtstoffröhren könnten allmählich gegen 36-W-Röhren getauscht werden, die weniger Strom benötigen und besseres Licht gewähren. Diese sind 2- ... 2,5mal teurer als die Normalröhren und werden von Osram, Philips, Airam u.a. hergestellt.

### 3.1.2 Beleuchtungssteuerung

Nach der erfolgten Absenkung auf  $2/3$  des derzeitigen Leistungsbedarfs könnte die Beleuchtungssteuerung durch das Gebäudeautomationssystem verwirklicht werden, und zwar so, dass Leuchtgruppen entweder auf die Hälfte des Maximums geschaltet oder ganz ausgeschaltet werden. Dies kann in den Büroräumen und auch bei den Leuchtgruppen ausserhalb der Büroräume erfolgen, wenn Lampen unnötig brennen.

Das Gebäudeautomationssystem sollte mit einem Aussenfühler für Beleuchtungsstärke versehen werden.

Einige Fühler (1 ... 4) sollten eventuell für die Zählunterschiede zwischen den Fassaden vorgesehen werden.

Bei festgesetzten Grenzwerten für die Beleuchtungsstärke im Freien kann jene Funktion angewandt werden, durch welche die Innenbeleuchtung automatisch ausgeschaltet wird, wenn das von aussen kommende Licht für gute Arbeitsverhältnisse ausreichend ist.

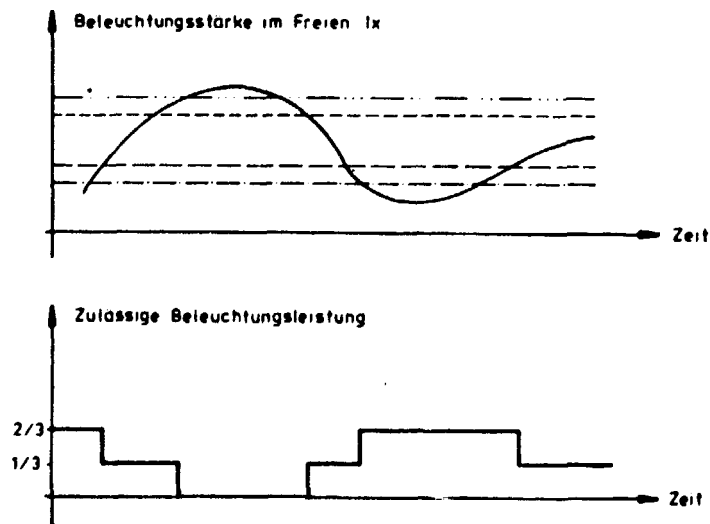


Bild 2/3.1: Prinzip der Beleuchtungssteuerung in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke im Freien

Ausserhalb der normalen Arbeitszeit sollten die Leuchten durch den Aus-Befehl des Gebäudeautomationssystems einmal stündlich ausgeschaltet werden. Lokale Arbeitsbeleuchtung wird empfohlen.

Für das Gebäudeautomationssystem wären kleinere Gruppen der Beleuchtungssteuerung erforderlich.

Die Korridorbeleuchtung, ausschliesslich Notbeleuchtung, sollten zwischen 19.00 und 6.00 Uhr sowie an Wochenenden und Feiertagen einmal stündlich ausgeschaltet werden. Dasselbe betrifft die technischen Räume und die WC-Gruppen.

### 3.1.3 Leuchtgruppen

Die Leuchtgruppen, die zur Zeit durch das Gebäudeautomationssystem ein- und ausgeschaltet werden können, decken eine grosse Etagenfläche, z.B. in den Bürohochgebäuden besteht eine Gruppe aus vier Büroetagen. Dies bedeutet, dass es sehr schwierig ist, Methoden anzuwenden, bei denen Leuchtgruppen automatisch durch das Gebäudeautomationssystem ausgeschaltet werden. In einer dieser vier Etagen kann immer jemand beschäftigt sein.

Im Prinzip sind die Lichtsteuergruppen: Bürogruppen, Korridorgruppen, WC-Gruppen, Gruppen der technischen Räume und Notlichtgruppen. Jede Gruppe umfasst vier Etagen.

Bei kleineren Gruppen und bei derartiger Verwendung der Arbeitsräume, dass jeweils eine gleich arbeitende Gruppe so weit wie möglich zu einer Steuergruppe gehört, wäre es möglich, zu verhindern, dass ausserhalb der Arbeitszeit Leuchten eingeschaltet sind.

Zur Zeit können die Leuchten völlig, mit Ausnahme der Notbeleuchtung in den Korridoren, ausgeschaltet werden. Die Büroräume können auf einen Drittel der maximalen Leistung limitiert oder ganz ausgeschaltet werden.

Das Gebäudeautomationssystem ist mit einem Fühler ausgestattet, der ein Kontaktsignal gibt, wenn die Beleuchtungsstärke im Freien den vorgegebenen Wert übersteigt. Durch die Reaktionsprogramme des Gebäudeautomationssystems werden dann die Leuchten ausgeschaltet.

Die Zeitprogramme des Gebäudeautomationssystems werden so angewandt, dass zwischen 19.00 Uhr und 7.00 Uhr lediglich die Notbeleuchtung für Korridore und 1/3 der Bürobeleuchtung eingeschaltet werden kann.

Am Abend könnte die Beleuchtungssteuerung so geregelt werden, dass nur ein Drittel der Leuchten manual eingeschaltet werden kann und der Ausschaltbefehl einmal stündlich oder alle zwei Stunden in der Zeit von 21.00 bis 24.00 gegeben wird.

Die Aussenlichtreihen im Restaurant sollten als eine separate Gruppe aufgebaut werden, die entweder manual oder automatisch ausgeschaltet werden kann, sobald die Beleuchtungsstärke im Freien den bestimmten Stand erreicht hat. Dies ist in den Druckereisälen bereits der Fall.

Das Parkhaus sollte mit separaten Leuchtgruppen für die Fahrbahnen und Verkehrsampel sowie für sonstige Räume versehen werden. Die Betondecken sollten weiss gestrichen werden, um das vorhandene Tageslicht zu verstärken.

Jene Leuchtgruppen, die zur Zeit nicht über das Gebäudeautomationssystem gesteuert werden, könnten mit örtlichen Umschaltern versehen werden, durch welche sie ausserhalb der normalen Arbeitszeit automatisch ausgeschaltet werden. Es ist jedoch empfehlenswert, diese an das Gebäudeautomationssystem anzuschliessen, wenn sich eine der Unterzentralen dieses Systems in der Nähe des endgültigen Verteilungsobjekts befindet.

#### 3.1.4 Kosten und Rentabilität

Die Einsparungen ergeben sich durch geringere Leistung, und zwar wenn die Leistung auf 2/3 des derzeitigen Wertes reduziert werden kann, sind die jährlichen Einsparungen ca. 750 000 S.

Durch die Reorganisierung der Leuchtsteuergruppen kann unnötiger Stromverbrauch verhindert werden. Einsparungen können im Cafe und in den sonstigen Tiefbauräumen erzielt werden. Die Ausschaltbefehle zu diesen äusseren Beleuchtungsbereichen kann durch das Gebäudeautomationssystem gegeben werden.

In Teilen der Treppenhäuser kann die Leistung auf die Hälfte des heutigen Wertes reduziert werden. Da diese Lichter stets brennen, können dabei grosse Einsparungen erreicht werden.

Die Absenkung der maximalen elektrischen Leistung in den Büroräumen kann durch einfache Verdrahtungsänderungen leicht durchgeführt werden und kann beachtliche Einsparungen erbringen.

Die Einteilung der Beleuchtungssteuergruppen in kleinere Teile setzt Änderungen in den Endverteiltern und neue Ausgänge des Gebäudeautomationssystems sowie einige neue Verdrahtungen voraus. Die Kosten der Änderungen an den Endverteiltern lassen sich schwer schätzen, aber ein neuer Steuerausgang für das Gebäudeautomationssystem kostet etwa 3 000 S.

Die Absenkung der Leistung in den Treppenhäusern verursacht keine Kosten, bringt aber Einsparungen je nach dem wie viele Leuchtstoffröhren entfernt werden können. Der letzte Teil des Treppenhauses scheint im Vergleich zum tatsächlichen Bedarf doppeltes Licht zu haben. Jede zweite 40-W-Röhre kann entfernt werden.

### 3.2 Rotierende Maschinen

#### 3.2.1 Verkürzung der Laufzeit

In der heutigen Phase können Energieeinsparungen nur durch Verkürzung der Laufzeit von Ventilatoren, Pumpen und Kältemaschinen erreicht werden.

Ein Weg dazu besteht darin, die Maschinen immer wenn es möglich ist durch die Programme des Gebäudeautomations-systems auszuschalten.

Ein zweiter Weg ist, die örtlichen Verriegelungen zwischen den Ventilatoren und den Pumpen bzw. den Kühlern und den Pumpen zu prüfen, um zu sichern, dass nicht zu grosse Maschinengruppen gleichzeitig laufen.

Ein dritter Weg besteht in Anwendung der Reaktionsprogramme des Gebäudeautomationssystem zur Ausschaltung der Umlaufpumpen des Heizwassers wenn kein Heizbedarf besteht bzw. zur Ausschaltung der Kühlwasserzirkulation wenn keine Kühlung benötigt wird.

Die Wirksamkeit der Zeitprogramme kann erhöht werden, wenn sie mit sog. Start/Stop-Optimierungsfunktionen versehen werden, durch welche die erforderliche Startzeit der Heizung bzw. Kühlung morgens oder die zulässige Stop-Zeit der Heizung bzw. Kühlung abends berechnet werden kann.

Durch zyklische Laufzeitreduzierung der Klimaanlage, und zwar so, dass sie für fünf Minuten pro Stunde ausgesetzt, kann eine Stunde Laufzeit pro Arbeitstag eingespart werden. Dies bedeutet für die Gebäuden A ... G 2 850 kWh pro Tag. Damit könnten im Winter etwa 2 491 S pro Tag und im Sommer 1 558 S pro Tag eingespart werden. In der Praxis ist eine derartige Methode nicht für alle Maschinen möglich. Aus der nachstehenden Tabelle ist jedoch ersichtlich, wieviel Strom durch eine einstündige Laufpause aller Maschinen in jedem Gebäudeobjekt im Winter und im Sommer eingespart werden könnte.

Tabelle 1/3.2: Elektrische Leistung und Energiepreise pro Stunde der rotierenden Maschinen in verschiedenen Gebäudeobjekten (inkl. 8 % Mehrwertsteuer)

Gebäudeobjekt	Leistung der Maschinen kW	Wintertag S/h	Sommertag S/h
A	468,60	452	283
B	234,70	227	141
C	501,70	484	302
D	237,70	230	144
E	235,40	227	143
F	689,30	665	416
G	213,20	206	129
Insgesamt	2 580,60	2 491	1 558

### 3.2.2 Wirkungsbereiche

Die Wirkungsbereiche der einzelnen Klimaanlage sind zur Zeit recht gross und in diesen Wirkungsbereichen werden unterschiedliche Bürofunktionen ausgeübt, so dass die Arbeitszeiten unterschiedlich sein können oder zumindest der funktionelle Rhythmus Unterschiede aufweist.

Die Raumbenutzung sollte sorgfältig überlegt werden, um solche Regelungen treffen zu können, dass die Arbeitszeit und damit auch der Bedarf an Heizung, Lüftung und Kühlung im Wirkungsbereich einer Klimaanlage die gleichen sind.

Dies ist besonders in den Bürohochgebäuden wichtig, in denen jede Etage in drei Teile aufgeteilt ist und für jeden Teil eine eigene Klimaanlage besteht. Jeder Arm der sternförmigen Etagen hat eine eigene Klimaanlage. Eine Klimaanlage dient z.B. den Etagen 16 ... 28. So sollten jene Angestellte, die in einem Arm des Bürohochgebäudes A in den Etagen 16 ... 28 arbeiten, möglichst dieselbe Arbeitszeit haben, um die Laufzeit der Klimaanlage möglichst kurz zu halten.

Die Klimaanlage ACK 14/003 z.B. versorgt ein Drittel des Bürohochgebäudes B, Etagen 16 ... 28. Der Leistungsbedarf dieser Anlage, einschliesslich Ventilatoren und Pumpen, beträgt etwa 84 kW. Für eine Stunde Laufzeit dieser Klimaanlage kostet der Strom während der Tageszeit im Winter  $1,08 \times 84 \times 0,894 \text{ S} = 81,10 \text{ S}$  und im Sommer  $1,08 \times 84 \times 0,559 \text{ S} = 50,71 \text{ S}$ .

Bei 257 Arbeitstagen pro Jahr ergeben sich für eine tägliche Betriebsstunde der ACK 14/003 Stromkosten von etwa 10 400 S in den Wintermonaten Oktober ... März und von etwa 6 500 S in den Sommermonaten April ... September, d.h. 16 900 S pro Jahr.

### 3.2.3 Kosten und Rentabilität

Die Verkürzung der Laufzeit jener Maschinen, die bereits dem Gebäudeautomationssystem angeschlossen sind, verursacht keine Mehrkosten. Bei sonstigen Maschinen entstehen Kosten durch den Aufbau weiterer Anschlüsse an das Gebäudeautomationssystem, die Änderungen an den Endverteilern und neue Verdrahtungen. Genauere Kostenangaben können aus Angeboten von einschlägigen Firmen für Elektro- und Steuertechnik sowie für Gebäudeautomationsanlagen entnommen werden.

Die Gesamtleistung der Klimaanlage und Pumpen beträgt in der VIC, Gebäudeteilen A ... G, etwa 2 580 kW. Eine Verkürzung der Betriebszeit um eine Stunde ergibt Einsparungen von 2580 kWh. Dies bedeutet finanziell, je nach der Jahres- und Tageszeit, folgendes:

Wintertag	6-22 Uhr	$2580 \times 0,894 \text{ S} \times 1,08 = 2491,- \text{ S}$
Nacht, Oktober-März	22-6 Uhr	$2580 \times 0,726 \text{ S} \times 1,08 = 2023,- \text{ S}$
Sommertag	6-22 Uhr	$2580 \times 0,559 \text{ S} \times 1,08 = 1553,- \text{ S}$
Nacht, April-Sept.	22-6 Uhr	$2580 \times 0,391 \text{ S} \times 1,08 = 1089,- \text{ S}$

Die oben angegebenen Energiepreise sind Preise, die ab 1980-07-01 gültig sind.

Bei der jährlichen Arbeitstaganzahl 257 bedeutet eine Verkürzung der Betriebszeit aller Maschinen der Gebäudeteile A ... G um eine Stunde in der Tagestarifzeit Einsparungen wie folgt:

$129 \times 2491 \text{ S} + 128 \times 1558 \text{ S} = 520\ 600 \text{ S}$  im Jahr.

Es ist bekannt, dass ein Teil der Maschinen immer im Betrieb sind, und von diesen stehen schätzungsweise nur 70 % unter Kontrolle. Dabei ergibt eine tägliche Verkürzung der Laufzeit um eine Stunde Einsparungen von 364 600 S im Jahr. An Wochenenden werden die Maschinen normalerweise ausgeschaltet. Nur die wichtigsten Pumpen sind im Betrieb.

Eine zweistündige Verkürzung der Laufzeit pro Tag ergibt Einsparungen von 729 200 S im Jahr. Die Verkürzung der Laufzeit spart auch Heiz- und Kühlenergie.

Es ist begründet, die Verkürzung der Laufzeit bei jenen Maschinen einzuführen, die bereits dem Gebäudeautomationssystem angeschlossen sind, und dann weitere Maschinen vorzunehmen und festzustellen, ob auch bei diesen Betriebspausen eingeführt werden können. Die Heiz- und Kühlwasserpumpen wären gerade solche Objekte, die ohne Probleme für längere Perioden ausgeschaltet werden könnten.

Bild 1/3.2.3: Einsparungen der elektrischen Energie in dem Falle dass 70 % der elektrisch angetriebenen Maschinen für eine Stunde täglich in der Tagestarifzeit ausgeschaltet werden können.

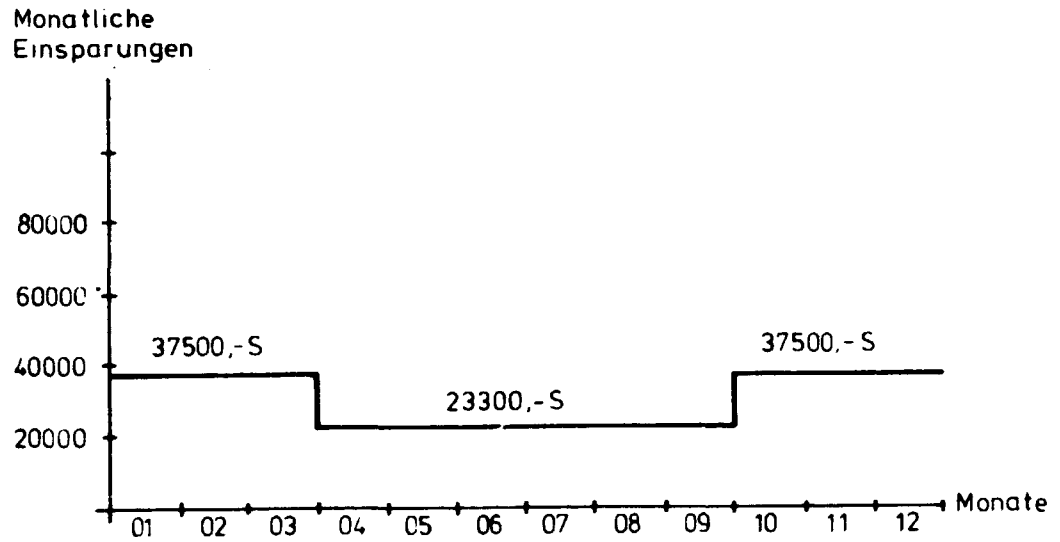
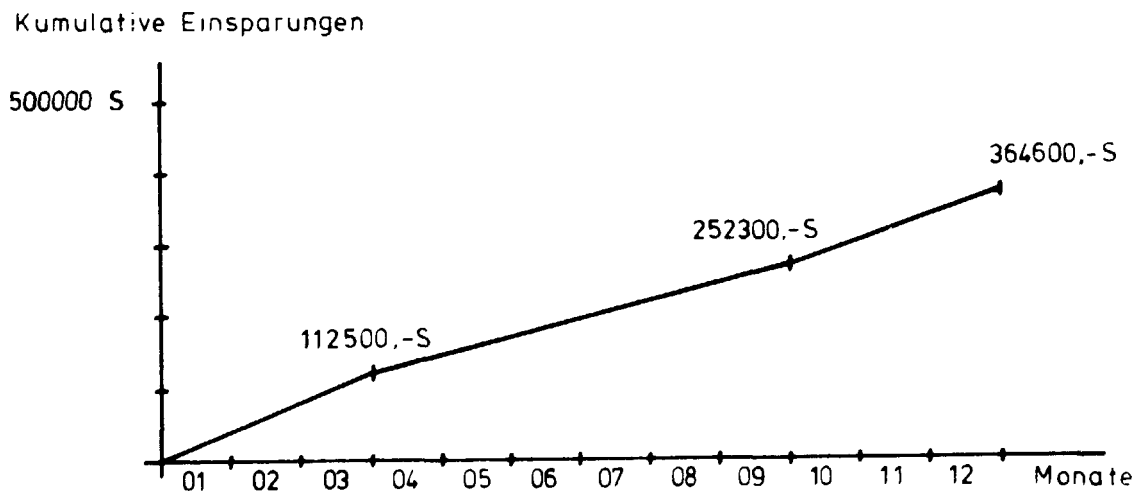


Bild 2/3.2.3: Gesamte Strom einsparungen in dem Falle, dass 70 % der elektrisch betriebenen Maschinen während der Tagestarifzeit eine Stunde still stehen.



### 3.3 Betriebsoptimierung durch die Gebäudeautomation

#### 3.3.1 Ausnutzung der Zeitprogramme

Das Gebäudeautomationssystem der VIC umfasst neun verschiedene Tagesprogramme und zwei verschiedene Wochenprogramme, durch welche die ans System angeschlossenen Steuer- und Ueberwachungsobjekte ein- und ausgeschaltet werden können. Das eine Wochenprogramm ermöglicht die Berücksichtigung abweichender Wochen und das andere enthält den normalen Wochenrhythmus.

Bei den Zeitprogrammen kann der Ein- und Ausschaltzeitpunkt der Maschinen und der Beleuchtung mit der Genauigkeit von einer Minute bestimmt werden. Mit den Programmen wird auch die Befehlausführung überwacht.

Die Zeitprogramme können zur Einsparung von Strom benutzt werden, indem die Start- und Stop-Zeitpunkte der jeweiligen Klimaanlage- und Beleuchtungsgruppe sowie auch die Zeitpunkte des Drehzahlwechsels stets auf den realen Bedarf abgestimmt sind und jeder unnötige Betrieb verhindert wird. Ebenfalls wird verhindert, dass Leuchten unnötig brennen.

Eine Grundvoraussetzung des effektiven Einsatzes der Zeitprogramme ist, dass der Erhalter der Programme, der gleichzeitig Wartendiensthabender ist, und sein Vorgesetzter die Raumbenutzung im Bereich jeder Klimaanlage- und Beleuchtungsgruppe kennen und die Ein- und Aus-Zeiten der Zeitprogramme dem realen Bedarf entsprechend ändern können. Effektive Informationsvermittlung zwischen der Warte und jenen Organisationen, die die Räume benutzen, ist unentbehrlich.

Wichtig ist es auch, dass die Wirkungsbereiche der Klimaanlage- und Beleuchtungsgruppen einerseits und die Arbeitsräume der die Räume benutzenden Organisationen andererseits aufeinander angepasst sind, da sonst eine Situation entstehen kann, wobei sich im Wirkungsbereich derselben Klimaanlage- oder Beleuchtungsgruppe Organisationen befinden, deren Arbeitszeiten voneinander beträchtlich abweichen. In diesem Falle müssen energieaufwendige Maschinen länger im Betrieb sein als es nötig wäre, wenn die Wirkungsbereiche der Maschinen und die Arbeitsräume voneinander abhängiger Arbeitsteams miteinander synchronisiert wären.

In der VIC sind die Einsatzbereiche der einzelnen Klimaanlage recht gross, z.B. ein Drittel der Lüftung der Etagen 16 ... 23 eines Bürohochgebäudes.



Es ist sehr schwierig, Organisationen so aufzubauen, dass ein Teil derer nur ein Drittel der Fläche der jeweiligen Etage, aber mehrere Etagen benutzt. Solange die individuellen Arbeitszeiten gleich sind, ist dies nicht vom Nachteil, aber unterschiedliche Arbeitszeiten führen zu Aufwendungen, wenn die Klimaanlageanlagenmaschinen ab der Ankunft des ersten Beschäftigten im Betrieb sein müssen und erst nachdem der letzte das Haus verlassen hat, abgeschaltet werden können.

Trotz dieser Begrenzungen ist es empfehlenswert, möglichst kurze Laufzeiten anzustreben, indem die Einschaltung erst am späten Morgen und die Ausschaltung bereits am frühen Abend erfolgt. Am Tage können ausserdem kurze Laufpausen eingesetzt werden, da dadurch eine Verkürzung der täglichen Laufzeit um eine Stunde leicht erreicht werden kann. Ferner empfiehlt es sich, die Starts abzustufen.

Die Beleuchtung kann, ebenso wie die Klimaanlage, auch durch die Zeitprogramme ein- und ausgeschaltet werden. Die Beleuchtungsgruppen sind jedoch recht gross, wodurch die Zeitprogramme praktisch nur für die Einschaltung um 7.00 Uhr früh und Ausschaltung um 19.00 Uhr abends verwendet werden. Die Gebäudeteile A, B, D, E, F und G haben insgesamt 40 ferngesteuerte Beleuchtungsgruppen, in denen die Beleuchtung der Büroräume auf 1/3 reduziert und die Korridorbeleuchtung ganz ausgeschaltet werden kann. Die Korridorbeleuchtung ist ausserdem an den Geber mit dem Gebäudeautomationssystem angeschlossen, der bei mehr als 750 lux Beleuchtungsstärke im Freien ein Signal gibt, wodurch die Korridorbeleuchtung ausgeschaltet wird.

Die flexible Anpassung der Zeitprogramme erbringt beachtliche Einsparungen, wie aus dem Punkt 3.2.3 ersichtlich ist. Dies setzt jedoch grosse Aktivitäten des Bedienungspersonals und auch Informationen über die potentiellen Einsparungen durch verschiedene Massnahmen voraus.

### 3.3.2 Optimierung der Einschaltung

Die Optimierung der Einschaltung ist programmiert, wodurch im Vergleich zu den Zeitprogrammen eine präzisere Einschaltung der Klimaanlage morgens ermöglicht wird. Die Einschaltzeit ist nicht konstant, sondern von der Aussen-temperatur, den Innentemperaturen und von der Dauer des Stillstandes abhängig. Die zur Wiederherstellung der normalen Innenraumverhältnisse erforderliche Zeit wird jede Nacht laut dem Programm berechnet und die Klimaanlage wird so eingeschaltet, dass die Raumtemperaturen zu den Zeitpunkten der Zeitprogramme gerade noch innerhalb des Behaglichkeitsbereichs liegen. Die Laufzeit der Klimaanlage kann damit verkürzt und in der Stillstandzeit können relativ niedrige Temperaturen zugelassen werden. Einsparungen werden sowohl beim Strom als auch bei der Wärmeenergie erreicht.

Die Einsparung der Laufzeit der Klimaanlage beträgt in der Winterzeit etwa eine Stunde pro Tag.

Wenn zusätzlich noch der Zeitpunkt für die Ausschaltung der Klimaanlage von den Raumverhältnissen abhängig gemacht wird, können weitere Einsparungen erzielt werden.

### 3.3.3 Intermittierende Laufzeit

Die intermittierenden Laufzeiten der Klimaanlage verursachen im Raumklima keine Probleme, wenn diese im voraus vereinbart werden und geringe Schallpegelschwankungen ausser Acht gelassen werden.

Wie leicht festgestellt werden kann, ergibt eine Laufzeitpause von fünf Minuten einmal stündlich eine Laufzeiteinsparung von einer Stunde pro Arbeitstag.

### 3.3.4 Pumpensteuerung

Die Pumpen sind so zu steuern, dass während der Heizperiode keine Kühlpumpen und während der Kühlperiode keine Heizpumpen eingesetzt werden. Dadurch sind beachtliche Einsparungen der Pumpenlaufzeit erreichbar. Im Punkt 4.6.9 wird dies näher erläutert.

### 3.3.5 Steuerung der Kühlanlagen

Die jährliche Laufzeit der Kühlanlagen kann verkürzt werden, wenn die Kühlleistung auf jene Gebäudeteile gerichtet wird, in denen der Kühlbedarf am grössten ist, und für Gebäudeteile mit geringerem Bedarf entsprechend reduziert wird.

## 3.4 Beschränkung der Spitzenlast

### 3.4.1 Möglichkeiten, Schwankungen der elektrischen Leistung

Die Schwankungen der elektrischen Leistung sind in der VIC sehr regelmässig. Die Klimaanlage, die Pumpen und die Beleuchtung ergeben eine Belastung, die an den Arbeitstagen etwa um 6.00 Uhr früh auftritt und etwa von 17.30 bis 19.00 Uhr abends abgebaut wird. Die Ein- und Ausschaltung der Beleuchtung erfolgt stufenweise und schwankt nach den Jahreszeiten und der Beleuchtungsstärke im Freien. An Wochenenden kommt primär nur Belastung durch die Beleuchtung vor.

Die Leistung der Klimaanlage und der Pumpen beträgt ca. 2 580 kW in Gebäuden A ... G und die der Beleuchtung ca. 3 000 kW. Einen deutlichen Zusatz stellt die Belastung durch die drei Kühlmaschinen jeweils mit einer Leistung von 1 600 kW und des Kühlturms mit einer Pumpenleistung von etwa 1 000 kW dar.

Als Notstromaggregate stehen sieben Dieselgeneratoren mit einer Gesamtleistung von etwa 4 255 kVA zur Verfügung.

Der Spitzenlasttarif beträgt zur Zeit 86,10 S/kW im Monat. Die höchste Spitze war bisher ca. 8 400 kW.

Die Spitzenlast kann abgesenkt werden, indem die Einschaltung der Maschinen abgestuft wird, die Maschinen abwechselnd eingesetzt werden und der Einsatz der Kühlanlage vermieden wird. Das Gebäudeautomationssystem kann ausserdem mit einem speziellen Leistungsbeschränkungsprogramm versehen werden, wodurch der elektrische Leistungsbedarf unter der vorgegebenen Grenze gehalten werden kann.

Geeignete Objekte für die Anwendung des Leistungsbeschränkungsprogrammes in der VIC sind die Maschinen der Klimaanlage, die Kühlmaschinen und die Pumpen des Kühlturms, die grossen Zirkulationspumpen und die Einzelabluftgebläse.

Die Einschränkungobjekte müssen jedoch eingehend geprüft werden und bei jedem Objekt sind die Einschränkungspriorität (1 ... 3), die maximale Einschränkungsdauer, der Minimumabstand zwischen den Einschränkungen und die eingeschränkte Leistung zu klären.

Die programmierte Einschränkung beginnt an der untersten Prioritätsklasse und die Objektanlagen werden im Umfang des errechneten Einschränkungsbedarfs ausgeschaltet. Als Ausgangswert ist der Messwert der elektrischen Energie des Gebäudes erforderlich, auf dessen Grundlage die programmierte Errechnung der Leistung erfolgt. Für jeden Gebäudeteil kann ein individuelles Programm eingesetzt werden, nachdem die Energiemessungen in das Gebäudeautomationssystem eingebaut sind. Mit dem Programm kann die mittlere Leistung von 15 Minuten unter der vorgegebenen Grenze gehalten werden.

#### 3.4.2 Einsparungen, Rentabilität

Bei einer Leistungseinschränkung von 500 kW der Klimaanlage können jährliche Einsparungen von:

$$12 \times 500 \times 86,10 \text{ S} = 516\ 600 \text{ S}$$

erzielt werden.

Wenn mit den Dieselgeneratoren die Spitzenleistung von 2 000 kW während des Betriebes einer oder mehrerer Kühlmaschinen ausgeglichen werden kann, sind Einsparungen von:

$$12 \times 2\ 000 \times 86,10 \text{ S} = 2\ 066\ 400 \text{ S}$$

erreichbar.

Der Preis des Leistungseinschränkungsprogramms einschliesslich Inbetriebnahme beträgt etwa 150 000 S und die Amortisationszeit etwa vier Monate. Der Einbau der Energiemessungen kostet ca. 45 000 S.

Der Einsatz der Dieselgeneratoren zum Spitzenausgleich setzt Änderungen in ihren Zentralen voraus. Bei den jährlichen Einsparungen von mehr als 2 Mio. Schilling in den Spitzenleistungskosten dürften jedoch auch solche Änderungen begründet sein. Die Einschaltung der Dieselgeneratoren kann durch die bereits bestehenden Reaktionsprogramme des Gebäudeautomationssystems erfolgen. Ausserdem ist der Einbau von Steuerpunkten für die Dieselgeneratoren in das Gebäudeautomationssystem sowie die Daten über den Betriebszustand der Kühlmaschinen erforderlich. Diese Kosten betragen ca. 40 000 S.

#### 3.4.3 Einsatz der Notstromaggregate

Neben dem Ausgleich der Stromspitze kann es rentabel sein, die Notstromaggregate auch anderweitig einzusetzen. Wenn sie mit Wärmerückgewinnungsanlagen ausgestattet werden, womit die Kühlwärme z.B. für das Gebrauchswassernetz zurückgewonnen wird, ist es beim derzeitigen Energiepreis vertretbar, die Dieselgeneratoren nahezu die ganze Winterperiode einzusetzen. Andererseits sind sie nicht für kontinuierlichen Betrieb vorgesehen. Auch der Lärm und die Abgase verursachen eventuell Probleme.

#### 3.5 Anlagenbeschaffungen und Änderungsarbeiten

##### 3.5.1 Einschränkung der Spitzenleistung

Der Einbau des Spitzenleistungseinschränkungsprogramms in das von der ITT gelieferte Gebäudeautomationssystem SDC 7001 ist unumgänglich. Dies verursacht, einschliesslich Inbetriebnahme, einmalige Kosten in Höhe von etwa 150 000 S.

Die Stromleistungsmessung ist bereits in das Gebäudeautomationssystem eingebaut, wenn aber gebäudebezügliche Überwachung und Einschränkung gewünscht werden, müssen die Energiemessgeräte an das System angeschlossen werden. Wenn die örtlichen Zähler bereits mit Impulswiedergabe versehen sind, verursacht dies Kosten von ca. 3 500 S pro Messpunkt. Falls die Zähler keine Impulswiedergabe haben, müssen diese installiert oder die Zähler ausgetauscht werden. In diesem Falle betragen die Mehrkosten ca. 6 000 S pro Messpunkt. Es ist zu beachten, dass dieselben Messungen auch bei der Berichterstattung über den Energieverbrauch anwendbar sind.

Wenn der Einsatz der Kühlmaschinen bei der Spitzeneinschränkung gewünscht wird, ist dafür die Fernsteuerung ins Gebäudeautomationssystem einzubauen. Dasselbe betrifft eventuell die Pumpen des Kühlturms, falls diese nicht mit den Kühlmaschinen verriegelt sind. Ein zusätzlicher Steuerpunkt kostet ca. 3 000 S einschliesslich Verkabelung und Schaltung.

### 3.5.2 Schaltung und Steuerung der Notstromaggregate

Schaltungsänderungen sind erforderlich, um mit den Notstromaggregaten bei Bedarf zwecks Spitzenlasteinschränkungen auch ins normale Stromnetz des Hauses, und nicht nur in den mit den Dieselgeneratoren gesicherten Teil, Leistung einspeisen zu können.

Die Kosten der Änderungsarbeiten lassen sich schwer abschätzen, sie sind aber im Vergleich zu dem erreichbaren Nutzen von unbedeutender Höhe.

Für die Notstromaggregate ist jeweils eine Steuerung vom Gebäudeautomationssystem aus erforderlich. Eigentliche Programmänderungen sind nicht nötig. Die Einschaltung der Notstromaggregate kann durch die Reaktionsprogramme bei Einschaltung der Kühlmaschinen oder bei Ueberschreitung der vorgegebenen Gesamtleistungsgrenze erfolgen.

#### 4. Energieeinsparungspotential bei Heizung, Kühlung, Klimatisierung und sanitären Anlagen

##### 4.1 Allgemeine Systembeschreibung

###### - Heizung

Die Wärmeenergieversorgung der Gebäude erfolgt durch das Fernheiznetz der Stadt Wien. Das interne VIC-Heiznetz mit 110/70 °C ist durch eine Hauszentrale im Gebäude C vom 140/80-°C-Fernheizkreis getrennt.

###### - Kühlung

In der technischen Zentrale bestehen drei mit Kühltürmen ausgestattete Turbokompressoren für Wasserkühlung. Die gesamte Kühlkapazität beträgt 75 GJ/h. Das Primärkühlwassernetz zwischen der Zentrale und den verschiedenen Gebäuden ist für 6/12 °C ausgelegt.

###### - Gebrauchswasser

Das Gebrauchswasser wird vom Wasserversorgungsnetz der Stadt Wien bezogen. Die mehr als 40 m hohen Gebäude erfordern eine Druckerhöhung. Für die beiden höchsten Gebäude, B = 120 m und D = 100 m, bestehen zwei Druckerhöhungsstufen.

Die Erwärmung des Gebrauchswassers auf 40 °C und für die Küchen auf 65 °C erfolgt durch den internen 110/70-°C-Heizkreis jeweils separat in den verschiedenen Druckbereichen.

Zur Vorbeugung der Korrosion und der Kalkablagerung werden ins Rohwasser Spezialphosphate dosiert. Die Härte des Warm- und des Kaltwassers für die Küche wird auf 4° ... 6° dH konstant gehalten.

###### - Klimatisierung

Die Zuluftgeräte befinden sich in den technischen Etagen. Ein Zuluftgerät dient jeweils einem der drei Arme des Gebäudes und den oberhalb oder unterhalb befindlichen Etagen. Die Zuluft wird beim Winterbetrieb gefiltert, erwärmt und angefeuchtet und beim Sommerbetrieb gekühlt und getrocknet sowie durch Hochdruckgebläse in die senkrechten Hauptkanäle geblasen, die sich etagenweise in waagerechte Kanalnetze verzweigen.

Die Abluftgeräte befinden sich in separaten Maschinenräumen, im allgemeinen auf dem Dach. Zirkulationsluftbetrieb gibt es nicht, abgesehen von den Klimageräten im Gebäude C.

Die Räume in der äusseren Zone sind mit Hochdruck-Induktionseinheiten mit einem 4-Weg-Anschluss ausgestattet. Pro Fenstermodul (88 cm) ist eine Induktionseinheit mit einer Leistung von  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  vorgesehen.

In der inneren Zone wird die Zuluft durch Kanalheizelemente in die Räume geleitet.

Der Luftwechsel in Korridoren erfolgt mittels eines Niederdruckgerätes.

#### 4.2 Bestimmung der Raumverhältnisse

##### 4.2.1 Temperatursenkung

Wie im Punkt 2.1.1 dargestellt wurde, könnte die Raumtemperatur in der Winterzeit statt von  $22 \dots 24 \text{ }^\circ\text{C}$  auf  $21 \text{ }^\circ\text{C}$  reduziert werden. Eine Raumtemperatursenkung von durchschnittlich einem Grad ergibt eine jährliche Wärmeenergieeinsparung von etwa  $1,9 \text{ kWh/m}^3$  oder um 6 %, siehe Bild 1/4. Für den gesamten VIC-Komplex bedeutet dies eine Wärmeenergieeinsparung von 2 000 MWh pro Jahr.

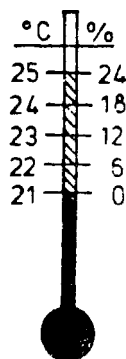


Bild 1/4: Heizenergieverbrauch eines Raumes steigt etwa um 6 % pro Grad über dem Minimumstellwert.

Im Sommer könnte die Raumtemperatur dementsprechend von derzeit  $23 \text{ }^\circ\text{C}$  auf  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  erhöht werden. Eine Raumtemperaturerhöhung von zwei Grad vermindert den Kühlenergieverbrauch des Gebäudes um ca.  $2,2 \text{ kWh/m}^3$  im Jahr oder um 20 %. Für den gesamten VIC-Komplex bedeutet dies eine Kühlenergieeinsparung von 2 300 MWh und eine Stromeinsparung von 850 MWh im Jahr.

#### 4.2.2 Luftfeuchtigkeit

Im Punkt 2.1.1 wurden für die relative Luftfeuchtigkeit die Grenzwerte 30 ... 70 % im Winter und 30 ... 60 % im Sommer vorgeschlagen. Die Senkung der relativen Raumluftfeuchtigkeit von 40 % auf 30 % entspricht der Senkung der Feuchtigkeit des Primärluftstroms durchschnittlich von

$$6,8 \frac{\text{g Wasser}}{\text{kg Luft}} \quad \text{auf} \quad 4,8 \frac{\text{g Wasser}}{\text{kg Luft}}$$

Dies bedeutet für die Luftaufwärmung eine Einsparung von etwa  $5,0 \text{ MWh/m}^3/\text{s}$  im Jahr oder etwa um 15 %. Für den gesamten VIC-Komplex beträgt die Einsparung 3 700 MWh/a.

Die Erweiterung des zulässigen Feuchtigkeitsbereichs beeinflusst den Kühlenergiebedarf nicht, denn die Beibehaltung der Raumtemperaturen erfordert starke Kühlung und gleichzeitige Trocknung der Primärluft. Bei den geringen Feuchtigkeitsquellen bleibt die Raumluft im Sommer recht trocken.

#### 4.2.3 Kosten und Rentabilität

Die Sollwertverstellungen verursachen keine Anschaffungskosten. Wenn die Realisierung als sinnvoll angesehen wird, werden sie unverzüglich vorgenommen, und der reduzierte Energieverbrauch ergibt Einsparungen laut der Tabelle 1/4.



Tabelle 1/4. Einsparungen durch erweiterten Bereich für Raumtemperatur und rel. Feuchtigkeit.

Gebäude	Raumtemp.-Ber. 21...26°C			Rel. Feuchtigkeit-Ber. 30...70 %		
	Jährliche Einsparungen			Jährliche Einsparungen		
	Wärme MWh/a	Strom MWh/a	Ges. Kosten S/a	Wärme MWh/a	Strom MWh/a	Ges. Kosten S/a
A	380	160	285.000	585	-	288.000
B	150	65	110.000	250	-	123.000
C	320	135	240.000	715	-	352.000
D	300	130	225.000	510	-	251.000
E	200	85	150.000	330	-	163.000
F	450	190	335.000	1.095	-	540.000
G	200	85	150.000	215	-	106.000
VIC	2.000	850	1.495.000	3.700	-	1.823.000

#### 4.3 Reduzierung der Primärluftströme

##### 4.3.1 Objekte

Im Punkt 2.1.5 wurden die Möglichkeiten der Reduktion des Luftwechsels erläutert. Demgemäss könnten die Aussenluftströme in den Bürohochbauten um ein Drittel oder auf  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  reduziert werden. Der Grundluftwechsel der Konferenzräume könnte in gleicher Weise reduziert werden, die Möglichkeit des Intensivluftwechsels sollte aber für den Fall von Beratungen mit sehr vielen Teilnehmern aufrechterhalten werden. Auch die Luftströme der Säle des Konferenzgebäudes (C) sollten entsprechend den jetzigen Standards revidiert werden.

##### 4.3.2 Luftstromregelung

Die Einstellung der Luftmengen in den Büroräumen erfolgt bei Axialgebläsen durch Änderungen der Schaufelwinkel, bei Radialgebläsen durch Auswechseln der Riemenscheiben. Die Verstellung des Aussenluftstroms in Klimageräten mit Luftzirkulation kann am einfachsten durch eine Änderung des Stellwertes für Minimumfrischluft vorgenommen werden. Dabei wird die Möglichkeit der Verwendung des vollen Aussenluftstroms beibehalten. Vom Standpunkt der Kühlung ist die reichliche Verwendung der Zirkulationsluft vorteilhaft, denn dadurch reduziert sich der Leistungsbedarf (siehe Enthalpieoptimierung, Pkt. 4.7.7).

##### 4.3.3 Energieeinsparung und Einfluss auf die Induktionseinheiten

Mit der Reduzierung der Luftströme um 33 % geht auch der Heiz-, Befeuchtungs- und Kühlbedarf der Primärluft sowie der Strombedarf der Gebläse zurück, wobei auch die Kühl- und Heizkapazität der Induktionseinheiten sinkt. Die Grössenklassen dieser Änderungen sind mit dem Zuluftgerät ACK 14/003 als Beispielgerät in der Tabelle 2/4 dargestellt.

Tabelle 2/4: Einflüsse der Reduzierung des Primärluftstroms um  $33 \frac{1}{3} \%$  auf den Leistungsbedarf und den Energieverbrauch bei dem Beispielgerät ACK 14/003 ( $16,36 \text{ m}^3/\text{s}$ )

	Reduzierung der Spitzenleistung kW	Reduzierung des Verbrauchs kWh/a
Heizbedarf der Primärluft	330	180
Kühlbedarf der Primärluft	130	50
Zuluftgebläse	15	47
Abluftgebläse	6	19
Befeuchtungswasser	$0,03 \text{ l/s}$	$90 \text{ m}^3/\text{a}$

Tabelle 3/4: Die Kapazitäten der Induktionseinheiten ändern sich bei Reduzierung des Aussenluftstroms wie folgt:

	Derzeitiger Wert	Revidierter Wert
Primärluftstrom	8,33 l/s	5,56 l/s
Heizung		
- Primär	40 W	27 W
- Sekundär	540 W	555 W
		(Temperatur des Zulaufwassers erhöht)
Kühlung		
- Primär	81 W	54 W
- Sekundär	326 W	238 W

Infolge dieses Schrittes geht der Kühlleistungsbedarf in der ganzen Zone (ACK 14/003) um 67 kW zurück und die Kühllast der Klimaanlage reduziert sich um 180 kW.

#### 4.3.4 Kosten und Rentabilität

In den Büroräumen könnte der derzeitige Aussenluftstrom pro Modul, 30 m<sup>3</sup>/h, ohne Verschlechterung der Raumluftqualität auf 20 m<sup>3</sup>/h oder um ein Drittel vermindert werden. Zu dieser Aufgabe empfiehlt es sich, einen Klimaanlagenhersteller/lieferer aufzusuchen. Die Kosten für die Änderung der Luftströme der insgesamt 68 Gebläse betragen etwa 91 000 S. Einsparungen entstehen durch die Verminderung der Heizenergie, der Gebläseenergie, der Energie der Kühlkompressoren und der elektrischen Spitzenleistung. Die Raumluft bleibt unverändert, aber die Heizleistung der Induktionseinheiten sinkt um etwa 26 %. Die Reduzierung der Heizleistung kann durch Erhöhung der Heizwassertemperatur kompensiert werden. Die Absenkung der Kühlleistung kann nicht voll durch die Absenkung des Kühlwassers kompensiert werden. Die Raumluftfeuchtigkeit bleibt unverändert. Die Energieeinsparungen und die Kosten sind in der Tabelle 4/4 nach Gebäuden angeführt.

Die Primärluftströme ändern sich auch in dem Falle, dass die Wärmerückgewinnungsanlagen in die Klimaanlagen der Bürohochgebäude installiert werden. Dabei vermindert der Druckverlust der Wärmerückgewinnungselemente den Zuluftstrom um etwa 10 % und den Abluftstrom um etwa 15 %. Durch diese Verminderung der Luftströme entsteht etwa ein Drittel der in der Tabelle 4/4 angeführten Einsparungen. Hinzu kommen die Einsparungen durch die

BERICHT  
UNIDO ZT-06020-04  
Energieverbrauchsoptimierung in der VIC

LT/AJP/mis

1981-01-28

4./7

Wärmerückgewinnung, etwa 50 % des Energieverbrauchs der Klimaanlage. Ein Vorteil der Drosselung durch die Wärmerückgewinnung besteht auch darin, dass im Sommer das Zuluftetelement umgangen wird und die Induktionseinheiten die volle Kühlleistung abgeben. Der Abluftstrom könnte im Zusammenhang mit der Wärmerückgewinnung um 5 % erhöht werden, damit die Gebäude im Winter neutrale Druckverhältnisse und im Sommer leichten Ueberdruck aufweisen.

Auch in sonstigen Klimatisierungsobjekten ausser den Büroräumen dürfte die Verminderung der Luftströme möglich sein. Solche Räume sind: Korridore, Büroräume der Innenzone, Bibliothek usw. Deren Luftwechsel sollte separat mit einem nach der Energiekrise erschienenen Lüftungsnorm verglichen werden, die alle Interessenskreise der VIC akzeptieren können.

1981-01-28

Tabelle 4/4. Reduzierung des Primärluftstroms für die Büroräume um 33 %

Gebäude	Gebläse	Zuluft		Abluft		Jährliche Einsparungen			Netto- einspar. ATS/a	Gesamt- investition ATS/a
		derz. m <sup>3</sup> /s	neu m <sup>3</sup> /s	derz. m <sup>3</sup> /s	neu m <sup>3</sup> /s	Wärme MWh/a	Strom MWh/a	Wasser m <sup>3</sup> /a		
A	24	49.9	33.3	50.4	33.8	557	220	274	445.000	32.000
B	12	19.0	12.7	20.3	14.0	211	84	104	169.000	16.000
D	12	51.0	34.0	37.4	20.4	571	226	281	455.000	16.000
E	12	36.2	24.1	34.8	22.7	406	161	200	324.000	16.000
F	4	19.4	12.9	14.2	7.7	218	86	107	174.000	55.000
G	4	10.7	7.1	9.1	5.5	121	48	59	96.000	5.500
VIC	68	186.2	124.1	166.2	104.1	2.084	825	1.026	1.660.000	91.000

#### 4.4 Kühllastreduktion

##### 4.4.1 Charakteristika der Kühllast der VIC

Das VIC-Gebäude selbst stellt einen recht angemessenen Ausgangspunkt für die Bildung der Kühllast dar. Der massive Baukörper, die dem Wind ausgesetzte Lage, die Verfügbarkeit des Naturlichts und die Schatten, die von einer Zone zur anderen ziehen, sie alle reduzieren den Kühlleistungsbedarf. Bei der Geräumigkeit ist der Luftwechsel pro Person reichlich und so ist die durch die Personen bewirkte Kühllast ziemlich gering. Die Belegschaft kann jedoch durch ihr Verhalten den Kühlbedarf erhöhen, indem sie im Sommer am Raumthermostat niedrige Temperaturen einstellt, unnötig genaue Kontrolle der Luftfeuchtigkeit verlangt und die Beleuchtung unnötig brennen lässt oder die effektive Benutzung der Jalousien vernachlässigt.

In der VIC ist der Stromleistungsbedarf in der Kühlperiode im Sommer am höchsten. Der gleichzeitige Betrieb der Kühlmaschinen verursacht die Leistungsspitze, die die Leistungsgebühren für das ganze Jahr beeinflusst. Deshalb ist die Inanspruchnahme der Kühlspitzenkapazität aufwendig, deshalb müssen alle Möglichkeiten zur Reduzierung des Kühlleistungsbedarfs, ausgenutzt werden. Auch Marginalmassnahmen sollten nicht unbeachtet bleiben, wenn sie die Investitionen in angemessener Zeit bezahlt machen. Recht bedeutende Einsparungen wären durch gleitende Raumverhältnisse (Pkt. 4.2) und durch Reduzierung der Primärluftströme (Pkt. 4.3) erreichbar. In den nächsten Punkten werden weitere Wege zur Einsparung der Kühlung dargestellt.

##### 4.4.2 Sonnenschutzfilme an den Fenstern

###### 4.4.2.1 Benutzung der Jalousien

Die hellen Innenjalousien vermindern bei richtiger Benutzung die durch den Sonnenschein bewirkte Kühllast der Räume um etwa 40 %. Die Jalousien können falsch benutzt werden und das wird auch getan. Zu weit offene Jalousien lassen die Sonnenstrahlung ins Zimmer herein. Zu weit geschlossene Jalousien hingegen verhindern das Hereindringen des Tageslichts und verursachen somit bei klarem Wetter unnötigen Bedarf elektrischer Beleuchtung. In der Nachtzeit sollten die Jalousien sowohl im Sommer als auch im Winter völlig geschlossen sein. Besonders an der Ostfassade erwärmt die tiefstehende Morgensonne durch die Jalousienschlitzten schon vor Beginn des Arbeitstages die Räume und bewirkt eine verfrühte Einschaltung der Klimaanlage. Die überflüssige Wärme, die durch völlig geschlossene Jalousien in grossem Masse hätte gedämpft werden können, muss dann mechanisch gekühlt werden.

Die Jalousien sind an sich ein effektiver Schutz gegen den Sonnenschein, doch deren Ausnutzung ist völlig der Belegschaft selbst überlassen und fachgerechte Benutzung kann trotz Informationsblätter, persönlicher Beratung und Gruppenbesprechungen nicht erreicht werden. Ausserdem vergisst man leicht die Jalousien für die Zeit der Abwesenheit zuzudrehen, und so werden die nichtbesetzten Räume durch die Zimmerthermostatsteuerung an sonnigen Tagen unnötigerweise gekühlt.

#### 4.4.2.2 Einflüsse der festen Sonnenschutzfilme

Die festen Sonnenschutzfilme an den Fensterscheiben üben unabhängig von der Belegschaft ihre geplanten Einflüsse aus. In der VIC kann der Sonnenschutz der Fenster eigentlich nur noch durch Sonnenschutzfilme verbessert werden, die auf die Fensterscheiben geklebt werden.

Solche Filme sind bei mehreren Herstellern in verschiedenen Farbtönen und Stärken erhältlich. Es wird angestrebt, die Filme möglichst an die Innenfläche der Aussenscheibe anzubringen, doch bei Isolierglas müssen sie an die Innenscheibe geklebt werden. Das Aufkleben auf der Aussenseite ist nicht möglich, da die Filme der Belastung durch Fensterputzen, Regen, Wind und Staub nicht standhalten.

Die Sonnenschutzfilme vermindern die Sonnenstrahl-Durchlässigkeit des Fensterglases, indem sie Energie reflektieren und absorbieren. Aus diesem Grunde wird auch das Untergrundglas, worauf der Film angebracht ist, beachtlich wärmer als klares Glas. Von dem Film an der Aussenfläche fliesst die Wärme mit dem Wind in die Aussenluft. Die von einem Innenflächenfilm absorbierte Wärme fliesst in den Raum und ein grosser Teil der Effektivität des Films geht somit verloren. Die nachträgliche Anbringung des Films an ein klares Glas ist besonders bei grossen Scheiben mit einem Glasbruchrisiko verbunden. Bei der erhöhten Temperatur kann die Wärmedehnung die Bewegungsausparungen überschreiten und die Spannungen können dabei die Fensterscheibe brechen. Diese Dehnungsausparungen sind bei Isolierglas gering. In der VIC besteht bei der innenseitigen Filmmontage auch eine Bruchgefahr durch schroffe Temperaturerhöhungen: Die Morgensonne erwärmt die mit dem Film versehene Innenscheibe auf eine beträchtlich höhere Temperatur als eine klare Scheibe. Nach der Einschaltung der Klimaanlage, Stellung Kühlung, blasen die Düsenkonvektoren kalte Luft von unten auf das Glas. Die Temperaturunterschiede unten und oben am Glas können Brüche verursachen.

#### 4.4.2.3 Verminderung des Tageslichts und der Wärmeverluste

Ein ständiger Sonnenschutz an den Fenstern vermindert immer den Kühlungsbedarf, aber auch die Verfügbarkeit des Tageslichts. Bei vermindertem Tageslicht nimmt die Benutzung

des elektrischen Lichts zu. Der erhöhte Stromverbrauch für die Beleuchtung ist im Vergleich zu den Einsparungen der elektrischen Leistung und Energie der Kühlung gering.

Die Filmfarbe sollte so gewählt werden, dass der Film möglichst viel sichtbares Licht durchlässt, die anderen Wellenlängen aber weitestgehend eliminiert. Die besten Farben in dieser Hinsicht sind grün, blau und gold. Grau und Bronze sind schwächer.

#### 4.4.2.4 Einflüsse auf die Umgebung

Die Anbringung von Sonnenschutzfilmen an die Fenster ist nicht nur eine klimatechnische, sondern auch eine architektonische Frage. Farbige Filme an den Fenstern ändern die Fassaden und die allgemeine Ansicht des Gebäudes wesentlich. An den gebogenen Fassadenflächen sind die Teilschatten ein Sonderproblem. Es wäre nicht notwendig, die gesamte Fläche mit den Filmen zu versehen, das der Sonnenschein nur auf einen Teil fällt, doch architektonisch wäre eine Aufteilung der Fassaden in senkrechte oder Schräge Flächen unterschiedlicher Farbe sicherlich recht fragwürdig. Aus diesem Grunde werden Filme nur für solche Flächen empfohlen, die von prallem Sonnenschein getroffen werden, d.h. die Fassaden SE, S und SW. Diese Fassaden sind nach Gebäuden im Bild 2/4 angeführt.

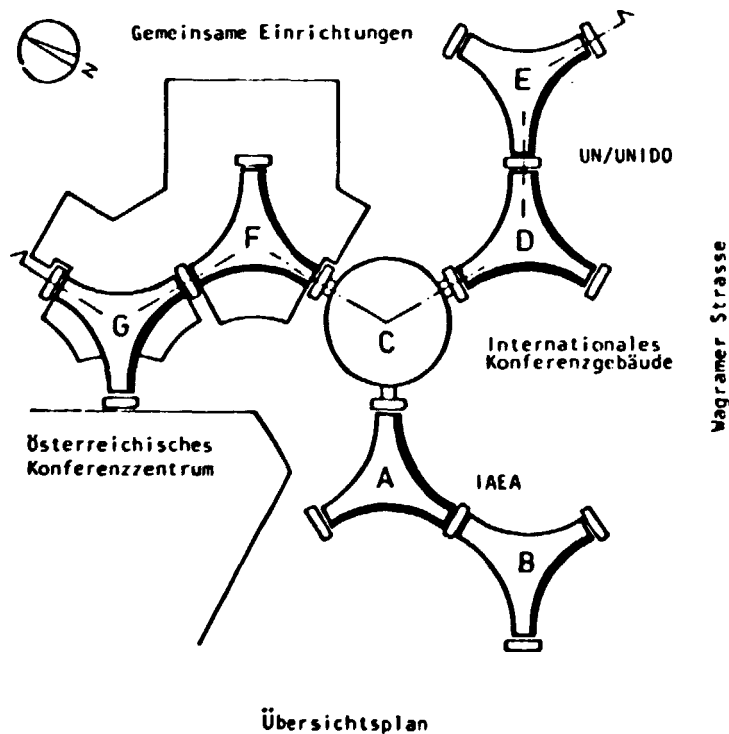


Bild 2/4: Die der Sonne ausgesetzten Fassaden sind stark ausgezogen.



#### 4.4.2.5 Effektivität der Schutzfilme

Der Film am Fenster vermindert die durch das Fenster verursachte Wärmelast maximal etwa  $350 \text{ W/m}^2$ . Die Filme beeinflussen hauptsächlich die Raumtemperaturen und den Kühlenergieverbrauch, weniger aber den Kühlspitzenleistungsbedarf.

Bei extremen Verhältnissen wird die gesamte Kühlkapazität in Anspruch genommen, je nach Auslegung, unabhängig davon, ob die Fenster mit den Sonnenschutzfilmen versehen sind oder nicht. Beim Sonnenschutz durch die Filme liegen die höchsten auftretenden Raumtemperaturen tiefer und dem Behaglichkeitsbereich näher als ohne Sonnenschutzfilme.

Der Kühlenergieverbrauch reduziert sich beim Filmschutz etwa um  $200 \text{ kWh pro m}^2$  Fensterfläche und Jahr. Dies entspricht einer Stromeinsparung bei den Kühlanlagen von etwa  $75 \text{ kWh}$ . Der Film an der Fensterfläche vermindert auch die Wärmestrahlung zwischen der Fensterfläche und den Innenwandflächen. In der Winterperiode bedeutet dies etwa 20-prozentige Verminderung der Wärmeverluste. Der Heizenergieverbrauch reduziert sich infolge der Filme etwa um  $43 \text{ kWh pro m}^2$  Fensterfläche und Jahr.

#### 4.4.3 Reduzierung der Beleuchtungsleistungen

Möglichkeiten der Reduzierung der Beleuchtungsleistungen und dadurch erreichbare Einsparungen werden im Punkt 3.1 erläutert. Durch die Reduzierung der Beleuchtungsleistungen kann ausserdem der Kühlungsbedarf vermindert werden oder bei voller Auslastung der Kapazität die Raumtemperaturen etwas gesenkt werden.

Der zur Beleuchtung verbrauchte Strom verursacht einen nahezu gleichen Kühlleistungsbedarf im Raum. Zur Erzeugung der Kühlleistung wird wiederum eine 0,35-fache Strommenge benötigt, wenn die Kompressoren, die Pumpen und die Türme im Betrieb sind. Demgemäss wird durch eine Einsparung von  $3 \text{ kW}$  Beleuchtungsstrom im Prinzip eine Einsparung von  $1 \text{ kW}$  im Stromverbrauch der Kühlanlage erreicht.

#### 4.4.4 Steuerung der Kühlleistung auf die Zonen

Der Spitzenleistungsbedarf und der Energieverbrauch der Kühlleistung könnten vermindert werden, wenn die Temperatur des Kühlwassers zu den verschiedenen Klimazonen und Induktionsgerätkreisen durch das Gebäudeautomationssystem geregelt werden könnte. Wenn an den schattigen Fassaden die Raumtemperaturen an der oberen Grenze des Behaglichkeitsbereichs, d.h. auf  $25 \text{ °C}$ , gehalten werden, könnte Kapazität freigesetzt werden. Im Prinzip könnten diese

schattigen Zonen im voraus abgekühlt werden, bevor der Sonnenschein diese erreicht. Durch solche Vorwegnahme könnte die Baukörpermasse ausgenutzt und somit eine geringere Kühlleistungsspitze erreicht werden. Dementsprechend sollten jene Fassaden, die vom Sonnenschein in den Schatten übergehen, nicht mehr abgekühlt, sondern auf der oberen Behaglichkeitsgrenze gelassen werden, indem die Vorlauftemperatur des Kühlwassers dieser Gruppe erhöht wird. Die Realisierung dieses Verfahrens mittels des Gebäudeautomationssystems wird im Punkt 4.7.6 erläutert.

#### 4.4.5 Kosten und Rentabilität

Die Verminderung des Kühlbedarfs durch Reduzierung der Luftströme kostet im Prinzip kaum Geld, wenn sie im Zusammenhang mit den normalen Wartungsmassnahmen durchgeführt wird. Es handelt sich dabei um "Nullinvestitionen", die unverzüglich vorgenommen werden, falls sie als sinnvoll angesehen werden.

Auf baulichem Wege kann der Kühlbedarf in diesen Gebäuden praktisch nur noch durch die Verbesserung des Sonnenschutzes der Fenster vermindert werden. Ausführungsmässig ist es eine einfache Verleimung des Films auf das Fensterglas, aber investitionsmässig ein Vorhaben von grossem Ausmass.

Der Anschaffungspreis der Sonnenschutzfilme beträgt je nach Qualität etwa 100 ... 300 S/m<sup>2</sup>. Die Anbringung kann bei der Reinigung vom VIC-Personal durchgeführt werden.

Infolge des Sonnenschutzes durch die Filme vermindert sich der Kühlenergiebedarf etwa um 200 kWh pro m<sup>2</sup> Fensterfläche, und dies bedeutet eine Verminderung der Stromkosten der Kompressoren um etwa 45 S/m<sup>2</sup>a. Der Heizenergieverbrauch reduziert sich dementsprechend um etwa 43 kWh/m<sup>2</sup>a, was eine Einsparung von ca. 21 S/m<sup>2</sup>a bedeutet.

Der Film benötigt beim Gebrauch keinerlei Wartung. Die Lebensdauer eines Films wird auf 15 Jahre geschätzt.

Tabelle 5/4: Einsparungen an Heizung und Kühlung durch Sonnenschutzfilme

Gebäude	Beschienener Sektor	Filmbedarf m <sup>2</sup>	Jährliche Wärme MWh/a	Einspar. Strom MWh/a	Nettoeinspar. S/a	Gesamtinvest. S
A	rot, grün	4 680	200	345	306 000	936 000
B	grün	890	40	65	59 000	178 000
C	-					
D	gelb, grün	4 010	175	300	207 000	802 000
E	gelb	1 450	60	110	96 000	290 000
F	rot, gelb	2 230	95	160	143 000	446 000
G	rot	670	30	50	45 000	134 000
VIC		13 930	600	1 030	914 000	2 786 000

#### 4.5 Wärmerückgewinnung bei der Klimatisierung

##### 4.5.1 Objektwahl

Bei der Wärmerückgewinnung wird ein möglichst grosser Teil des Wärmeinhalts der Abluft in die Zuluft übertragen. Die Wärmerückgewinnung ist deshalb nur dort rentabel, wo die Abluftströme bedeutend sind. Als Beispiel wird die Zone ACK 14/003 betrachtet. Der Luftstrom der Abluftmaschine ACK 14/003 ist im Vergleich zu den anderen Maschinen dominierend und wird deshalb zu einem Objekt der Wärmerückgewinnung gewählt. Auch die Luftmenge der Maschine ACK 29/005 ist ziemlich gross. Dafür rentiert sich jedoch die Installation der Wärmerückgewinnung nicht, weil dabei das Rückgewinnungssystem unsymmetrisch und damit die Regelung kompliziert werden würde.

An der Zuluftseite wird die Wärme in das Zuluftaggregat ACK 14/003 geleitet.

##### 4.5.2 Systemwahl

Da sich die Zuluft- und die Abluftmaschinen weit entfernt voneinander befinden, sind die einzigen in Frage kommenden Systeme die Wärmepumpe und das indirekte (Luft/Flüssigkeit/Luft) Wasser-Glykol-System. Von diesen beiden ist das Wasser-Glykol-System preisgünstiger, einfacher und betriebssicherer. Da ausserdem die Abluft bedeutend (um 4 ... 6 °C) wärmer ist als die Zuluft, wird auch mit dem Wasser-Glykol-System ein akzeptabler jährlicher Wirkungsgrad erzielt. Für die VIC ist von beiden Alternativen das Wasser-Glykol-System das am besten geeignete.

##### 4.5.3 Prinzip des Wasser-Glykol-Systems

Im Bild 3/4 ist das Prinzip des Wasser-Glykol-Wärmerückgewinnungssystems schematisch dargestellt. Die Wärme geht von der Abluft in die Flüssigkeit über, die mittels einer Pumpe in das Zuluft-Wärmeelement gefördert wird. Vom Wärmeelement geht die Wärme in die kühle Zuluft über.

Die Regelung des Systems erfolgt mittels eines Dreiwegventils. Der Flüssigkeitsfluss in das Zuluft-Wärmeelement wird so gedrosselt, dass die Temperatur der Zuluft den Stellwert nicht überschreitet und dass die Feuchtigkeit der Abluft im Abluftelement nicht gefriert.

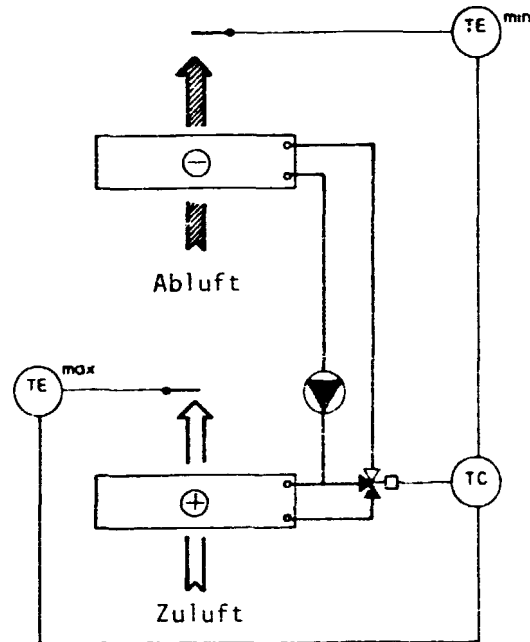


Bild 3/4: Prinzip des Wasser-Glykol-Systems

#### 4.5.4 Praktische Durchführung

In den Bildern 4/4 und 5/5 ist die Installation der Abluft- und Zuluftelemente als Beispiel dargestellt. Wegen der Grösse ist es begründet, die Elemente in Teilflächen aufzuteilen. Jeweils zwei Abluftelemente sind nebeneinander installiert. Die Zuluftelemente werden zwischen Schliessklappen und den Vorwärmern installiert. Die Zuluft- und die Abluftelemente werden mit Gegenstromprinzip angeschlossen.

Für das Beispielobjekt ACK 14/003 wurden vorläufige Auslegungswerte errechnet (Zusammenfassung: s. Tabelle 6/4). Auf deren Grundlage wurden ferner der Energieverbrauch und die voraussichtlichen Beschaffungskosten der Anlage errechnet.

#### 4.5.5 Auswirkungen der Rückgewinnung

In dem Beispielfall ist der "Temperaturwirkungsgrad" ( $\eta_T$ ) der Wärmerückgewinnung etwa 44 %. Auf Grund der grossen Temperaturunterschiede zwischen der Zuluft und der Abluft ist der "Energiewirkungsgrad" jedoch beträchtlich besser. Die jährliche Energieeinsparung beträgt 50 %. Durch die Rückgewinnung können jährlich 270 MWh Wärmeenergie eingespart werden.

Durch die Wärmerückgewinnung vermindert sich der Spitzenbedarf an Wärmeenergie bei der ACK 14/003 um 30 % oder um 300 kW.

Die Druckverluste der Elemente verursachen eine Verminderung der Luftmengen, u.zw. an der Zuluftseite 10 % und an der Abluftseite 15 %. Daher steigt der Leistungsbedarf der Gebläse etwas an. Auch vom Standpunkt des Wärmeenergieverbrauchs der Klimaanlage ist die Verminderung der Luftmengen erwünscht. Bei Bedarf kann die Verminderung der Luftmengen durch eine Änderung der Schaufelwinkel der Gebläse unterbunden werden.

Im Sommerbetrieb werden die Zuluftelemente umgangen, wobei der Zuluftstrom den heutigen Stand wieder annimmt und im Hause ein leichter Überdruck besteht. Damit werden die Luftleckagen von aussen nach innen ausgeschlossen und das Eindringen von Unreinheiten der Aussenluft wird vermindert.

Unter Berücksichtigung der reduzierten Luftströme an den Zuluft- und Abluftgebläsen ergeben sich durch die Wärmerückgewinnung Einsparungen von 230 MWh/a, Einsparungen durch verminderte Luftströme von etwa 50 MWh/a und beim Stromverbrauch für die Gebläse von etwa 3 MWh/a.

LT/AJP/mis

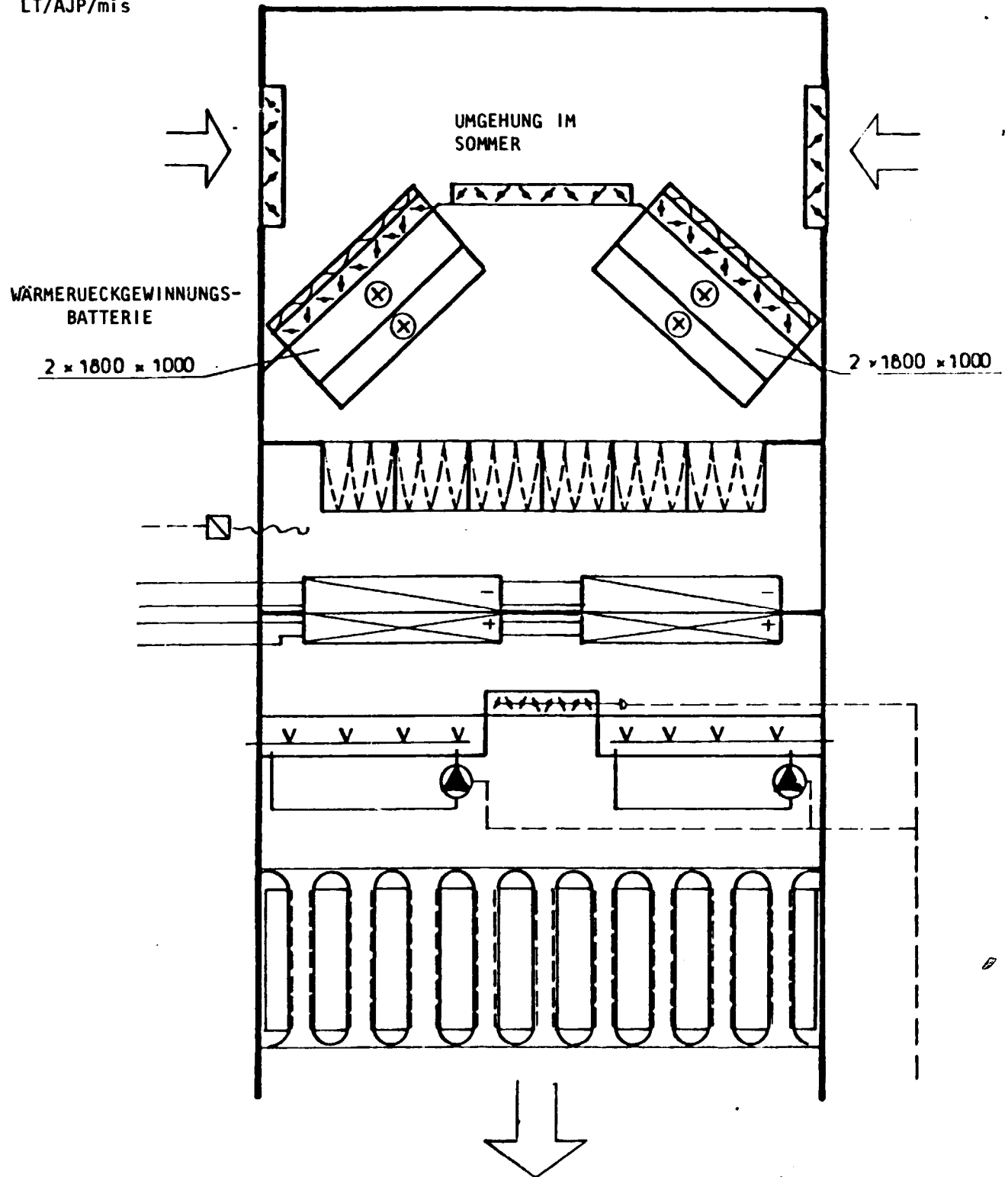


Bild 4/4: Anordnung der Heizbatterie in der Zuluftanlage  
(ACK 14/003 als Beispiel)

Tabelle 6/4: Beispielberechnung für die Wärmerückgewinnung von der Abluftanlage ACK 30/003 auf die Zuluftanlage ACK 14/003

	Zuluftelement	Abluftelement
Anzahl	4 Stk.	2 Stk.
Luftstrom/Element	4,1 m <sup>3</sup> /s	5,2 m <sup>3</sup> /s
Luftgeschwidigk. in Element	2,7 m <sup>3</sup> /s	2,6 m <sup>3</sup> /s
Druckverlust/Element	110 Pa	110 Pa

Flüssigkeit: 20 % Glykol, 80 % Wasser

Flüssigkeitsmenge: 5,0 l/s

Leistung der  
Zirkulationspumpe: 2 000 W

Dimension der  
Hauptleitung: NW 80 + Wärmeisolierung 30 mm

Vergleichsberechnungen mit einem von SF zur Verfügung gestellten EDV-Programm ergaben eine gute Uebereinstimmung: Tabelle 7/4.

#### 4.5.6 Kosten und Rentabilität

Die Anschaffungskosten der Wärmerückgewinnungsanlage bei der Beispielmachine ACK 14/003 berechnet betragen 630 000 S d.h. 10,7 S/m<sup>3</sup>/h. Die Betriebskosten der Anlage setzen sich aus dem Austausch des Filters des Abluftelements, dem Jahresdurchschnitt und der Förderenergie zusammen und betragen insgesamt etwa 9 000 S/a d.h. 1,4 % der Investition.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung der Beispielmachine ist in der Tabelle 8/4 zusammengefasst. Darin sind die Bilanzen bei Nennluftstrom und unter Berücksichtigung der Luftstromverminderung durch die Rückgewinnungselemente enthalten.

Tabelle 7/4

RESULT - HEAT RECOVERY

COILS FOR SUPPLY AIR:

COIL.NR:	COIL	HEATING CAPACITY KW	AIR VELOCITY M/SEC	LEAVING AIR TEMP DEG.C	LEAVING REL.HUM PER CENT
		P	V0	TU	FIU
1	QLRA-16-12- 8-2-F	74	2.2	-5.9	--
2	QLRA-16-12- 8-2-F	74	2.2	-5.9	--
3	QLRA-16-12- 8-2-F	74	2.2	-5.9	--
4	QLRA-16-12- 8-2-F	74	2.2	-5.9	--

COILS FOR EXHAUST AIR:

COIL.NR:	COIL	P	V0	TU	FIU
1	QLRA-24-10- 8-2-F	147	2.4	3.3	97.
2	QLRA-24-10- 8-2-F	147	2.4	3.3	97.

TEMPERATURE EFFICIENCY.....	=	46.3	PER CENT
HEATING CAPACITY.....	=	297.8	KW
WATER FLOW.....	=	5.39	L/SEC
PRESSURE DROP, WATER SIDE.....	=	82.79	KPA
LOWEST FIN TEMP AT EXHAUST COIL NR 1...	=	0.1	DEG.C

RECOMMENDED SET-POINT FOR ANTI-FROST

THERMOSTAT (WATER-MOUNTED)..... = -2.0 DEG.C

\*) IN ORDER TO AVOID FROST FORMATION ON EXHAUST COIL THE HEATING CAPACITY IS KEPT CONSTANT AND THE TEMPERATURE EFFICIENCY IS REDUCED AT LOWER ENTERING SUPPLY AIR TEMP THAN..... -10.6 DEG.C



WATER FLOW L/SEC	WATER VELOCITY M/SEC	ENTERING WAT.TEMP DEG.C	LEAVING WAT.TEMP DEG.C	PR.DROP AIR PA	PR.DROP WATER KPA
QR	VR	THI	TRU	DP	UPR
1.35	.62	11.4	-2.7	91.9	20.52
1.35	.62	11.4	-2.7	91.9	20.52
1.35	.62	11.4	-2.7	91.9	20.52
1.35	.62	11.4	-2.7	91.9	20.52

QR	VR	TRI	TRU	DP	UPR
2.69	1.12	-2.7	11.4	105.4	62.27
2.69	1.12	-2.7	11.4	105.4	62.27

\*)

Tabelle 8/4. Energieeinsparungen und Rentabilität der Wärmerückgewinnungsanlage für ACK..... und ...

	Normaler Luftstrom	Reduzierter Luftstrom
<b>Gesamtluftstrom</b>		
- Zuluft	16,4 m <sup>3</sup> /s	14,8 m <sup>3</sup> /s
- Abluft	10,4 m <sup>3</sup> /s	8,8 m <sup>3</sup> /s
<b>Wärmeenergie</b>		
- Wärmerückgewinnung	270 MWh/a	230 MWh/a
- Zus. Wärmebedarf	270 MWh/a	260 MWh/a
<b>Gesamteinsparungen</b>	<b>270 MWh/a</b>	<b>280 MWh/a</b>
<b>Strom</b>		
- Pumpen	6,2 MWh/a	6,2 MWh/a
- Gebläse	10,0 MWh/a	3,1 MWh/a
<b>Gesamteinsparungen</b>	<b>16,2 MWh/a</b>	<b>9,3 MWh/a</b>
<b>Kosteneinsparungen</b>		
- Wärmeenergie	123 200 ATS/a	127 800 ATS/a
- Strom	- 15 600 ATS/a	- 9 000 ATS/a
- Betriebskosten	- 9 000 ATS/a	- 9 000 ATS/a
<b>Nettoeinsparungen</b>	<b>98 600 ATS/a</b>	<b>109 800 ATS/a</b>
<b>Investitionskosten</b>	<b>630 000 ATS/a</b>	<b>630 000 ATS/a</b>
<b>Rentabilität<sup>x</sup></b>		
- Amortisationszeit	5,9 a	5,3 a
- interner Zinsfuß	18,6 %	21,4 %

<sup>x</sup> Zinsfuß abzügl. Inflation 5 %, Energiepreiserhöhung abzügl. Inflation 4 %.

Die Einsparungen und die Kosten der Wärmerückgewinnung aus der Abluft für sämtliche VIC-Gebäude sind in der Tabelle 9/4 dargestellt. Die Wärmerückgewinnung wurde lediglich für die grossen Maschinen der Bürohochgebäude vorgesehen. Wegen der Umluftverwendung im Gebäude C sind die Voraussetzungen der Wärmerückgewinnung geringer und die Amortisationszeit länger als für die Bürohochgebäude.

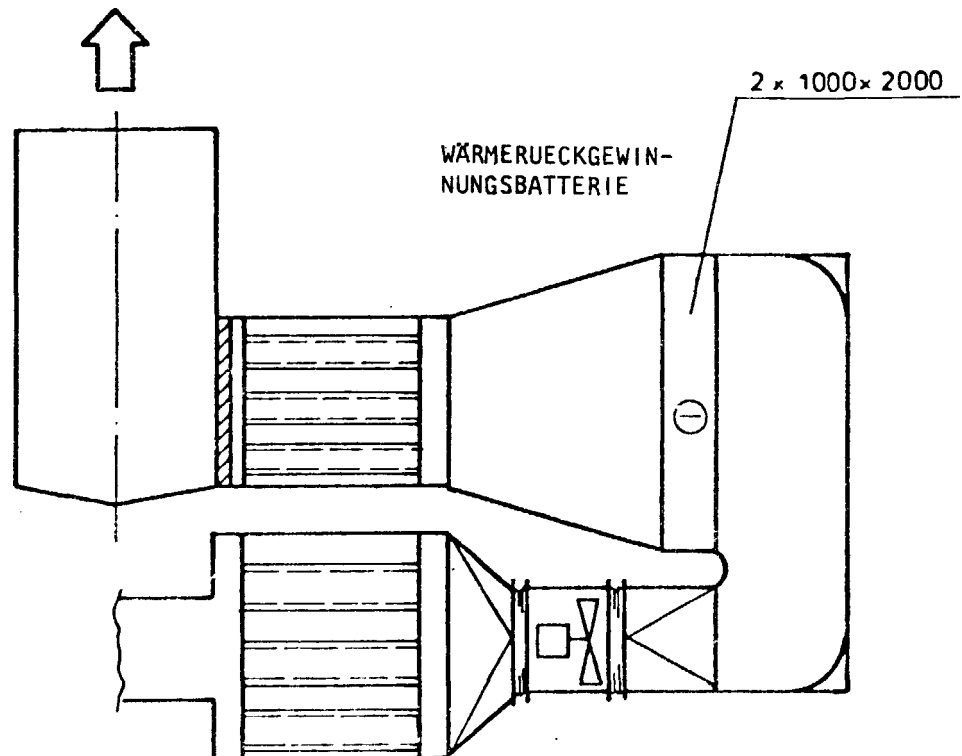


Bild 5/4: Anordnung der Kühlelemente in der Abluftanlage  
(ACK 30/003 als Beispiel)

Tabelle 9/4: Wärmerückgewinnung aus der Abluft in den VIC-Bürohochgebäuden.  
 Energieeinsparungen und Kosten

Gebäude	Syst.Nr.	Zuluft m <sup>3</sup> /s	Abluft m <sup>3</sup> /s	Jährl. Heizungs- Einsparung MWh/a	Strom- Einsparung MWh/a	Service- kosten S/a	Netto- einsparung <sup>x</sup> S/a	Gesamt- investition S
A	6	49.9	50.4	1.600	- 53	27.000	710.000	1.940.000
B	3	19.0	20.3	645	- 21	11.000	287.000	780.000
C	Extra Untersuchung notwendig							
D	3	51.0	37.4	1.190	- 40	20.000	528.000	1.440.000
E	3	36.2	34.8	1.110	- 37	19.000	492.000	1.340.000
F	12	108.4	104.4	3.320	-110	56.000	1.479.000	4.020.000
G	2	16.5	14.9	475	- 16	8.000	211.000	575.000
VIC	29	281.0	262.2	8.340	-277	141.000	3.702.000	10.095.000

<sup>x</sup> im ersten Jahr

#### 4.6 Gebrauchswasser

Der gesamte Wasserverbrauch in der VIC beträgt durchschnittlich 15 000 m<sup>3</sup> im Monat. Dies bedeutet etwa 125 l pro Tag und Person (28 gpd) bei einer Belegschaft von 4 000 Personen.

Wegen der Gebäudehöhe sind Druckerhöhungsstationen erforderlich. Der Wasserdruck ist relativ hoch, etwa 5 kp/cm<sup>2</sup>, und dies verursacht grosse Durchflussmengen.

##### 4.6.1 Mengenbegrenzer

Der Wasserverbrauch wird durch Installation von neuen Mengenbegrenzern reduziert. Dabei werden auch Heizenergie und Strom eingespart.

Mittels der Mengenbegrenzer kann der Durchfluss am Hahn in einem breiten Druckbereich konstant gehalten werden (Bild 6/4).

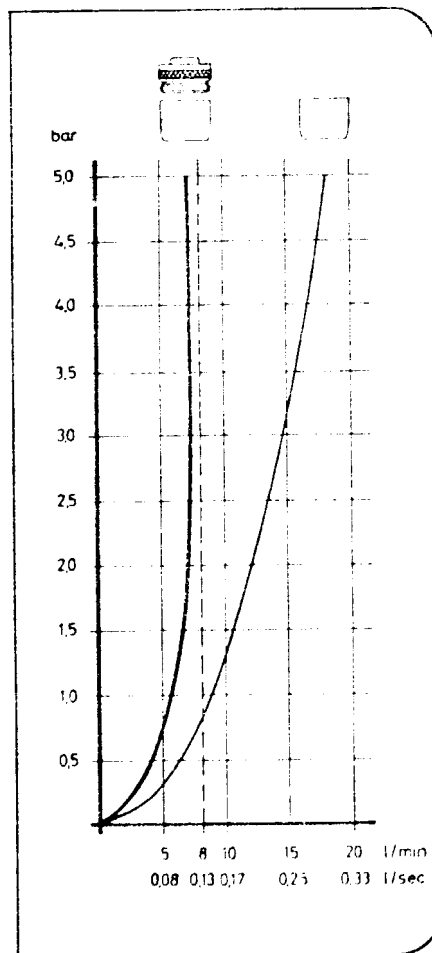


Bild 6/4: Wasserdurchflüsse mit und ohne Begrenzer als Funktion des Drucks

#### 4.6.2 Absenkung der Warmwassertemperatur

Die Temperatur des warmen Gebrauchswassers ist derzeit auf 45 °C eingestellt. Die Abzweigung für die Küche wird auf 65 °C nachgeheizt. Die Temperatur des Warmwassers kann eventuell von 45 auf 38 °C abgesenkt werden, da das Wasser hauptsächlich zum Händewaschen, Dusche und zur Reinigung verwendet wird. Dabei bekäme man körperwarmes Wasser direkt aus dem warmen Hahn der Zweihand-Mischbatterie.

Der zum Temperatenausgleich erforderliche Auslauf entfällt, da keine Mischung mehr benötigt wird. Einsparungen würden dabei durch geringeren Wasserverbrauch (etwa 5 %), geringere Wärmeverluste im Netz (etwa 25 %) und den geringeren Wasserheizbedarf (etwa 20 %) erzielt.

Jene Räume und Einrichtungen, für welche eine höhere Wassertemperatur als 38 °C erforderlich ist, sollten mit elektrischen Nachheizern versehen werden.

#### 4.6.3 Verringerung des WC-Spülwassers

Der Rauminhalt der WC-Spülwasserbehälter in der VIC ist 10 Liter. Die Wassermenge für eine Spülung könnte dadurch verringert werden, dass mit Wasser gefüllte Flaschen, in Plastik eingepackte Ziegelsteine oder Polystyren- oder sonstige Kunststoffstücke in den Behälter gesetzt werden. Diese Gegenstände müssen wasserunlöslich, billig und von 2 ... 3 Liter Rauminhalt pro Behälter sein. Der Spüldruck des Behälters bleibt dabei unverändert, aber die Durchflussmenge nimmt ab und beim Kaltwasserverbrauch werden Einsparungen erreicht.

Bei entsprechenden Reduktionen in Privathaushalten wurde festgestellt, dass in gusseisernen Kanalrohren ab Spülwassermengen von 6 Litern Verstopfungsgefahr auftritt. Es kann angenommen werden, dass die Abfälle, die in Privathaushalten ins Kanalrohr kommen, gröber sind als in der VIC.

#### 4.6.4 Kosten und Rentabilität

Der Gesamtlieferpreis für 1 200 Stk. 0,1 l/s-Mengenbegrenzer und für 100 Stk. 0,2-l/s-Mengenbegrenzer beträgt etwa 140 000 S. Die Installationskosten sind minimal, weil sie durch das Wartungspersonal ausgeführt werden kann. Die Gesamtinvestition beträgt 150 000 S.

Die Schilwertverstellung für Warmwasser ist eine "Nullinvestition". Nachheizwiderstände müssen an einige Objekte installiert werden, die noch einzeln zu untersuchen sind. Die Gesamtinvestition beträgt voraussichtlich 100 000 S.

Die Verkleinerung der WC-Spülwasserbehälter kann vom VIC-Wartungspersonal durchgeführt werden. Unter Verwendung von Polystyrenstücken beträgt die Investition für 1 100 Spülbehälter etwa 20 000 S.

Die Einsparungen durch Wasserverbrauchsverminderung sind in der Tabelle 9/4 dargestellt.

Tabelle 9/4. Massnahmen bezüglich Wasserverbrauch

Massnahme	Einsparungen		Kosten ATS/a	Investition ATS
	Energie MWh/a	Wasser m <sup>3</sup> /a		
Mengenbegrenzer	250	9000	208 000	150 000
Heisswassertemp. senken	370	2500	206 000	100 000
WC-Spülwasser- menge senken	-	10000	95 000	20 000

#### 4.7 Energieoptimierung durch das Gebäudeautomationssystem

##### 4.7.1 Zeitprogramme

Das Gebäudeautomationssystem der VIC ist mit Zeitprogrammen ausgestattet, durch welche der Betrieb der Klimaanlageeinheiten, der Pumpen, die Ein- und Aus-Steuerung der Beleuchtung und die Verstellung der Temperatur-Sollwerte als eine Funktion der Zeit gesteuert werden können.

Die Zeitprogramme sollten so eingesetzt werden, dass alle Energie verbrauchenden Maschinen und Anlagen dann und nur dann im Betrieb sind, wenn es erforderlich ist. An jedem Wochentag können von dem System aus mehrere unterschiedliche Zeiten für Ein/Aus-Befehle gegeben werden und es ist auch möglich, besondere Feiertage und unnormale Arbeitstage im Voraus einzuplanen.

Es kann rechnerisch festgestellt werden, wieviel Energie eingespart werden kann, wenn eine Stunde unnötigen Betriebs einer grossen Klimaanlageeinheit pro Tag oder eine Stunde unnötiges Brennen einiger Leuchtgruppen pro Tag verhindert wird. Diese Ziffern sind in den betreffenden Teilen dieses Berichts dargestellt.

Um die Zeitprogramme effektiv einsetzen zu können, muss die Bedienungskraft in der Warte die erforderlichen Einschaltzeiten der Anlagen und der Beleuchtung sowie die Zeitänderungen kennen.

#### 4.7.2 Optimierung der Ein- und Ausschaltung

Unter Optimierung der Ein- und Ausschaltung wird die erforderliche Aufheizungszeit des Hauses nach der Nachtzeit oder den Wochenendpausen errechnet. Während dieser Pausen wird durch die thermostatische Steuerung des Optimierungsprogramms des Gebäudeautomationssystems jenes Minimumtemperaturniveau aufrechterhalten, das auf den Temperaturen des Versuchsraums basieren. In den Pausen wird die Raumtemperatur über 17 °C und die relative Luftfeuchtigkeit unter dem Stellwert gehalten.

Die zur Wiederaufheizung der Räume erforderliche Zeit ist von der Aussentemperatur, den Raumtemperaturen, dem verfügbaren Heizenergie und den Zeitkonstanten der Strukturen des Hauses abhängig.

Der ökonomisch günstigste Weg der Wiederaufheizung des Hauses ist, hohe Heizleistung kurzzeitig einzusetzen. Dies kann erfolgen, indem der Primärluft ein hoher Sollwert (30 °C) und den Vorlauf des Heizwassernetzes ein hoher Sollwert (85 °C) vorgegeben wird. Es ist rentabel, von den Induktionseinheiten möglichst viel Leistung zu nehmen, da diese 70 % Umluft und 30 % Primärluft, die von aussen genommen werden muss, verbraucht.

Die für die Schockheizung erforderliche Zeit muss für jede grosse Klimaanlage durch das Ein/Aus-Optimierungsprogramm des Gebäudeautomationssystems errechnet werden. Die meisten Lieferanten von Gebäudeautomationssystemen bieten Standardprogramme für die Errechnung der Schaltzeiten.

Die Basis-Arbeitszeiten jeder Klimaanlageeinheit werden den Zeitprogrammen eingegeben. Durch das Einschaltungsprogramm wird dann bestimmt, wie lange früher die Einheit eingeschaltet werden muss, um den Raum bis zum Zeitpunkt des Zeitprogrammes zu heizen.

Es ist auch möglich, durch das Gebäudeautomationssystem zu bestimmen, wann am Nachmittag die Heizung und/oder die Kühlung ausgeschaltet werden kann, ohne dass in Raumtemperaturen oder in der relativen Luftfeuchtigkeit vor dem Arbeitsschluss gemäss den Zeitprogrammen unangenehme Schwankungen spürbar werden. Der Luftwechsel soll im Betrieb sein bis er durch die Zeitprogramme ausgeschaltet wird.

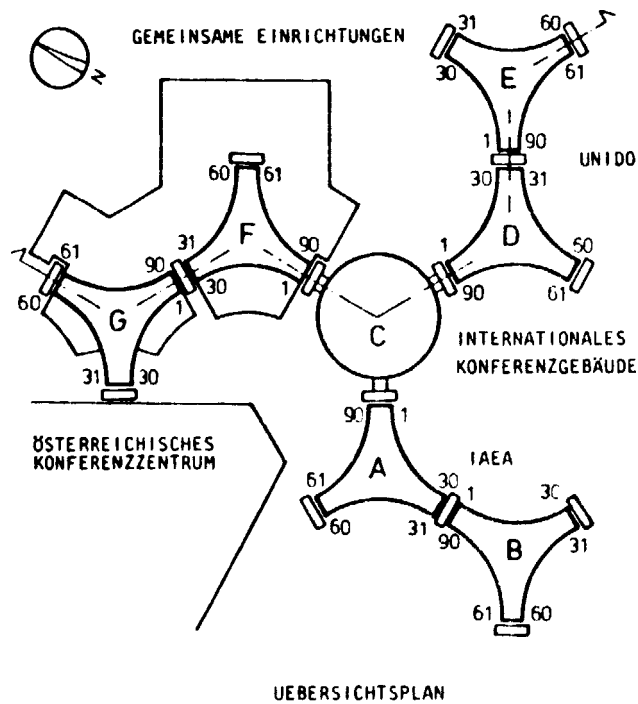
Durch diese Programme können die Betriebszeiten der Klimaanlageeinheiten sowie die Heiz- und die Kühlperioden verkürzt werden. Wenn alle grossen Klimaanlagen um eine halbe Stunde weniger im Betrieb sind als genau die vorgegebene Zeit der Zeitprogramme, können beachtliche Strom- und Heizenergieeinsparungen erreicht werden.



Tabelle 1/4.7 : Lage der Testräume mit Mess-Stellen für Raumtemperatur und relative Luftfeuchtigkeit für das Gebäudeautomationssystem.

Gebäude A	Etage 6	Räume: 10, 40, 70
	Etage 12	Räume: 17, 47, 77
	Etage 21	Räume: 9, 40, 68
	Etage 28	Räume: 16, 46, 78
Gebäude B	Etage 7	Räume: 8, 39, 70
	Etage 11	Räume: 20, 45, 77
Gebäude C	Etage 1	Raum: 78
	Etage 2	Raum: 10
Gebäude D	Etage 16	Räume: 10, 40, 70
	Etage 22	Räume: 18, 46, 78
Gebäude E	Etage 9	Räume: 9, 39, 70
	Etage 15	Räume: 14, 16, Laboratorium
Gebäude F	Etage 7	Räume: 17, 47, 79
	Etage 9	Räume: 11, 40
Gebäude G	Etage 5	Raum: 83

Bild 2/4.7.2: Uebersicht über die Lage der Testräume



#### 4.7.3 Optimierung der Primärlufttemperatur

Es ist nicht rationell, die Primärlufttemperatur das ganze Jahr konstant zu halten. Vielmehr sollte sie der Lastsituation der Räume begleiten. Wenn geringer Kühlbedarf besteht, kann die Temperatur höher gehalten werden als im Falle eines hohen Kühlbedarfs. Im Falle eines geringen Heizbedarfs kann die Temperatur niedriger gehalten werden als im Falle eines hohen Heizbedarfs.

Das Ziel ist, gleichzeitige Heizung und Kühlung zu vermeiden. Die Luft soll nicht zuerst geheizt und dann gekühlt werden oder umgekehrt.

Erforderliche Messungen zur Bestimmung des Kühl- oder Heizbedarfs sind die Aussenlufttemperatur, die gewünschte Raumtemperatur, die Ausblaselufttemperatur, die reale Raumtemperatur und die Primärlufttemperatur.

Zwischen den Aussentemperaturen  $14^{\circ}\text{C}$  und  $17^{\circ}\text{C}$  sollte der Stellwert für die Primärluft der Aussentemperatur begleiten, aber wenn die Testraumtemperatur  $24^{\circ}\text{C}$  überschreitet, ist er  $14^{\circ}\text{C}$ . Wenn die Aussenlufttemperatur  $14^{\circ}\text{C}$  unterschreitet, soll der Stellwert für die Primärlufttemperatur  $14^{\circ}\text{C}$  sein. Zur Zeit der Heizungseinschaltung früh soll der Stellwert auf  $30^{\circ}\text{C}$  gesetzt werden. Wenn die Aussenlufttemperatur  $17^{\circ}\text{C}$  überschreitet oder eine Testraumtemperatur  $24^{\circ}\text{C}$  überschreitet, sollte der Stellwert auf  $17^{\circ}\text{C}$  gesetzt werden.

Wenn aber die Aussenlufttemperatur unter  $-10^{\circ}\text{C}$  liegt, ist der Stellwert für Primärluft  $17^{\circ}\text{C}$ . In der Einschaltungszeit müssen die Kühlpumpen und die Luftbefeuchter ausgeschaltet sein.

#### 4.7.4 Kühlung in der Nacht

In der Nachtzeit kann die Aussenluft zur Abkühlung des Baukörpers und auch der Raumluft des Hauses ausgenutzt werden. Dadurch kann die teure Kühlenergie im Laufe des Arbeitstages eingespart werden.

Es muss jedoch gesichert werden, dass die Kühl- und die Heizpumpen in der nächtlichen Kühlperiode ausser Betrieb sind.

Die Abkühlung soll in der kältesten Zeit der Nacht, nach 2.00 Uhr erfolgen, und zwar nur wenn die Aussentemperatur genügend niedrig ist und die Raumtemperaturen am Abend zuvor so hoch waren, dass sie eine Begründung der Kühlung sind.

Die Kühlperiode ist eine Funktion der Temperaturdifferenz zwischen der Aussenluft und dem Mittelwert der Raumlufttemperaturen, jedoch mindestens eine halbe Stunde. Die Raumtemperaturen werden in den sog. Testräumen gemessen, in denen die Fühler des Gebäudeautomationssystems installiert sind.

Die Nachtkühlung soll ausgeschaltet werden, wenn die Raumtemperaturen  $17^{\circ}\text{C}$  unterschreiten.

Die Startoptimierung mit der Schockheizung soll nicht in derselben Nacht wie die Nachtkühlung zugelassen werden.

Die Einsparungen können errechnet werden, indem die Menge jener Kühlenergie, die von der Nachtkühlung übernommen und dann in den Baukörper gespeichert wird, abgeschätzt und dann mit dem Preis der Kühlenergie multipliziert wird.

Die Nachtkühlung kann auch leicht durch die Zeitprogramme vom 1. April bis 30. September von 2.00 bis 4.00 Uhr erfolgen, indem Wetterverhältnisse beobachtet und die Änderungen des Zeitprogrammes über die Tastatur der Operations- und Anzeigeeinheit manuell vorgenommen werden.

#### 4.7.5 Steuerung der Vorlaufwassertemperatur zu den Induktions-einheiten

Die Temperatur des Vorlaufwassers für das Heizwasser-netz ist normalerweise von der Aussentemperatur abhängig. Sie kann auf  $85^{\circ}\text{C}$  erhöht werden, wenn die Klimaanlage-einheiten ausgeschaltet sind.

In der Nacht wird die sog. Regelkurve so viel herabgesetzt, dass die Raumtemperatur auf  $17^{\circ}\text{C}$  sinkt. Die Kurve muss durch Versuche ermittelt werden.

Die Schockheizung erfolgt mit einer Vorlaufwassertemperatur von  $85^{\circ}\text{C}$ . Die Ventilation könnte eine halbe Stunde vor der Arbeitszeit gemäss der Zeitprogramme eingeschaltet werden.

#### 4.7.6 Kühlleistungsbegrenzung durch Versorgung der Zonen mit grösstem Bedarf

Die Kühlleistung kann beschränkt werden, indem sie zu jenen Teilen des Gebäudes gerichtet wird, in denen der grösste Bedarf besteht. Die Gebäudeteile mit geringerem Bedarf erhalten auch weniger Kühlleistung.

In der Praxis erfolgt dies indem die Kühlwassertemperatur beim Zulauf zu den Induktionseinheiten erhöht wird und indem der Stellwert für die Primärluft der Aussentemperatur begleitet. Jene Klimaanlageeinheiten, für welche dies angewandt wird, werden nach der Uhrzeit und der Sonnenstrahlung bestimmt. Das Prinzip ist, dass die schattigen Klimaanlagebereiche nicht so viel Kühlleistung benötigen als jene in direktem Sonnenschein.

Ein ergänzendes Teilprogramm ist die Steuerung der oberen Temperaturgrenze der Abluft. Wenn diese Temperatur  $25^{\circ}\text{C}$  überschreitet, wird die Klimaanlageeinheit auf Kühlung zurückgeschaltet. Zuerst wird die Kühlwassertemperatur auf  $13^{\circ}\text{C}$  wiederverstellt und der Stellwert der Primärluft auf  $14^{\circ}\text{C}$  ( $12^{\circ}\text{C}$ ) herabgesetzt.

Es ist immer ökonomisch günstiger, zur Kühlung die Induktionseinheiten einzusetzen, weil diese 70 % Sekundärluft und 30 % Primärluft verbrauchen. Die Primärluft kommt hundertprozentig von aussen und muss möglichst wenig gekühlt werden, weil sie wieder ausgeblasen wird.

An der sonnigen Seite wird die Primärlufttemperatur auf  $14^{\circ}\text{C}$  und die Temperatur des Kühlwassers das zu den Induktionseinheiten fließt, auf  $13^{\circ}\text{C}$  gehalten. Es ist eventuell möglich, den Stellwert für die Primärluft der Aussenluft begleiten zu lassen, aber wenn die Temperatur der Abluft  $25^{\circ}\text{C}$  überschreitet, wird er wieder auf  $14^{\circ}\text{C}$  verstellt.

Die Testraumtemperaturmessungen können an Stelle der Abluftmessungen oder als deren Ergänzung verwendet werden.

Ein exakteres Verfahren muss ausführlicher untersucht werden, bevor von der ITT ein Programmangebot angefordert wird.

#### 4.7.7 Enthalpieoptimierung

Im Gebäude C, wo Rücklaufwasser verwendet werden kann, kann im Sommer zur Kühleregieeinsparung und im Winter zur Heizeregieeinsparung die Enthalpieoptimierung angewandt werden.

Dies bedeutet, dass im Sommer der Wärmehalt der Abluft und der Aussenluft errechnet wird. Danach werden diese miteinander verglichen. Wenn der Wärmehalt der Abluft niedriger ist und die Klimaanlageeinheit kühlt,

was an der Temperatur der Aussenluft, der Primärluft und der Raumluft zu ersehen ist, die Frischluft- und die Umluftklappen auf das Frischluftminimum verstellt werden. Wenn der Wärmeinhalt der Aussenluft niedriger ist, werden die Klappen auf Frischluft oder auf andere, über die örtlichen Analogsteuerungen oder Regelschalter der Konferenzräume bestimmte Positionen verstellt.

Wenn die Klimaanlageeinheit heizt, was ebenfalls an der Temperatur der Aussenluft, der Primärluft und der Raumluft zu ersehen ist, und die Abluft wärmer ist als die Aussenluft, werden die Regelklappen auf das Frischluftminimum verstellt. In der Praxis bedeutet dies, dass sie stets auf Frischluftminimum eingestellt sind.

Das Frischluftminimum wird an der Analogsteueranlage manuell eingestellt. In dieses Teilprogramm könnte auch der Kohlendioxydgehalt der Abluft aufgenommen werden.

Einsparungen können lediglich bei den Klimaanlageeinheiten des Konferenzgebäudes und bei einigen Korridoreinheiten erreicht werden. Die Höhe der Einsparungen kann auf Grundlage der Etagenfläche dieser Einheitsbereiche abgeschätzt werden.

#### 4.7.8 Nachtheizung

In der Nacht ist die minimale zulässige Raumtemperatur  $17^{\circ}\text{C}$  und die maximale zulässige Luftfeuchtigkeit 75 %. Die Temperatur wird mittels der Induktionseinheiten ohne Einsatz der Klimaanlageeinheiten über  $17^{\circ}\text{C}$  gehalten. Nach dem Arbeitsschluss darf die Temperatur des zu den Induktionseinheiten fliessenden Wassers auf  $35^{\circ}\text{C}$  herabgehen, bis die niedrigsten Raumtemperaturen  $17^{\circ}\text{C}$  sind oder es 2.00 Uhr ist. Danach wird die Wassertemperatur auf  $50^{\circ}\text{C}$  oder auf der Normaltemperatur, die von der Aussenlufttemperatur abhängig ist, gehalten, bis in allen Räumen die Temperatur von  $18^{\circ}\text{C}$  überschritten ist, und erst dann wird die Wassertemperatur wieder auf  $35^{\circ}\text{C}$  herabgesetzt.

Die Raumtemperaturen werden in den Testräumen gemessen.

Die Idee ist, die Raumtemperaturen möglichst niedrig halten zu können, um Heizenergie einzusparen.

#### 4.7.9 Pumpensteuerung

Heiz- und elektrische Energie kann eingespart werden, indem der Betrieb der Pumpen der Heiz- und Kühlwassernetze gesteuert wird u.zw. entsprechend dem Kühl- und Heizbedarf der Räume des Bereichs einer Klimaanlageeinheit.

Für die Pumpen des Heiz- und Kühlwassernetzes der Induktionseinheiten sowie die Pumpen der Heiz- und Kühlbatterien für Primärluft muss jeweils eine eigene Steuerstrategie aufgebaut werden.

Die erforderlichen Teilprogramme können durch die Grenzwertüberwachung und die entsprechenden Reaktionsprogramme des Gebäudeautomationssystems realisiert werden.

Vor der Einführung der Reaktionsprogramme muss die Bedienungskraft des Gebäudeautomationssystems zur manuellen Steuerung der Pumpen auf Grundlage der Temperaturmesswerte auf dem Datensichtgerät sorgfältig eingeschult werden.

#### 4.7.9.1 Pumpen der Primärluft-Vorheizbatterien

Der Betrieb der Pumpen der Vorheizbatterien könnte so gesteuert werden, dass sie bei einer Aussenlufttemperatur von mehr als 17 °C ausser Betrieb und bei weniger als 16 °C im Betrieb sind.

#### 4.7.9.2 Pumpen der Primärluft-Kühlbatterien

Die Pumpen der Primärluft-Kühlbatterien könnten eingeschaltet werden, wenn die Aussenlufttemperatur 17 °C überschreitet oder eine der Testraumtemperaturen über 24 °C liegt. Sonst könnten diese Pumpen ausser Betrieb sein.

#### 4.7.9.3 Pumpen der Heiz- und Kühlwassernetze der Induktionseinheiten

Der gleichzeitige Betrieb der Pumpen der Heiz- und Kühlwassernetze der Induktionseinheiten verursacht Verluste in den Induktionseinheiten auch wenn die Regelklappen nahezu geschlossen sind.

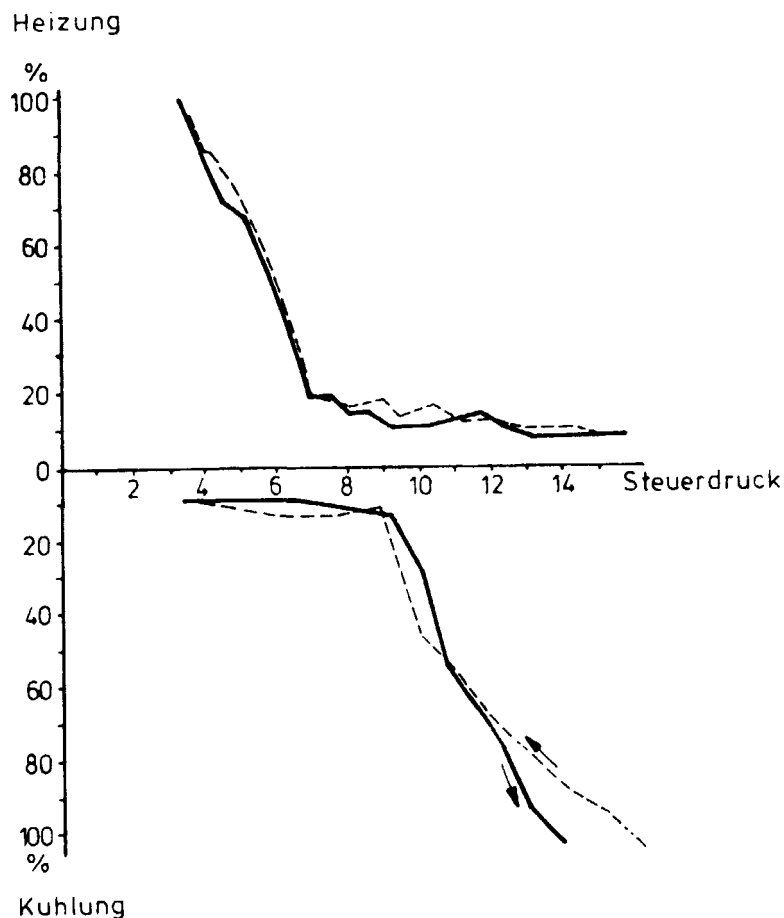


Bild 1/4.7: Steuercharakteristika der Fläkt-Velovent-Apparate QVB als Funktion des Steuerdrucks. Fläkt Katalog 1977

Zur Vermeidung dieser Verluste, die bis 10 % der maximalen Kapazität der Kühler bzw. Heizer ausmachen können, ist es begründet, die Wasserzirkulation nur in jenen Netzen aufrechtzuerhalten, wo sie tatsächlich benötigt wird.

Dies ist durch das Gebäudeautomationssystem möglich. Der Kühl- bzw. Heizbedarf ist an den Testraumtemperaturen und an den Aussenlufttemperaturen ersichtlich. Auch die Sonnenstrahlung auf die Fassaden kann dabei entweder als Messwerte oder auf Basis der Zeit und der Beleuchtungsstärke in Freien berücksichtigt werden.

Nach Feststellung des Kühl- bzw. Heizbedarfs im Bereich eines Induktionseinheitennetzes ist es möglich, die betreffenden Pumpen im Betrieb zu halten und die anderen auszuschalten.

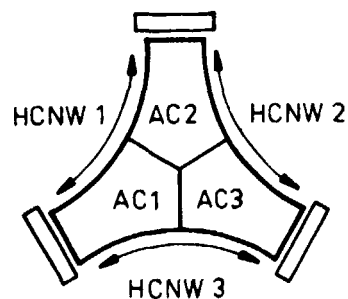
Die Kühl- und Heizwassernetze der Induktionseinheiten sind auf die Fassaden verteilt und unterscheiden sich von den Bereichen der Klimaanlage, aber dies ist kein Hindernis des Einsatzes dieses Teilprogramms.

Die Pumpen der Nachheizbatterien können in einer gleichen Weise gesteuert werden wie die Pumpen des Heizwassernetzes der Induktionseinheiten.

#### 4.7.9.4 Praxisbezogene Beschränkungen

Es ist selbstverständlich, dass die oben angegebenen Temperaturgrenzen auf Grundlage praktischer Erprobung eingestellt werden müssen.

Bild 2/4.7: Prinzipbild der Wirkungsbereiche der Klimaanlage, der Heizung durch Induktionseinheiten und der Kühlwassernetze in den Bürohochgebäuden



AC 1	Klimaanlage 1 für mehrere Etagen
AC 2	Klimaanlage 2 für mehrere Etagen
AC 3	Klimaanlage 3 für mehrere Etagen
HCNW1	Heiz- und Kühlwassernetze der Induktionseinheiten an der Fassade 1
HCNW2	Heiz- und Kühlwassernetze der Induktionseinheiten an der Fassade 2
HCNW3	Heiz- und Kühlwassernetze der Induktionseinheiten an der Fassade 3

#### 4.7.10 Kosten und Rentabilität

Ein Teil der im Punkt 4.7 angeführten Massnahmen kann mit der derzeitigen Anlage bzw. Programm realisiert werden, aber für den Rest müssen neue Messpunkte und Programme vorgesehen werden.

Die Kosten und Einsparungen sind im Punkt 5. angeführt.



## 5. Gebäudeautomationssystem

### 5.1 Allgemeine Beschreibung des Systems

Die VIC ist mit einem EDV-gesteuerten Gebäudeautomationssystem ausgestattet, woran etwa 7000 Kontrollpunkte angeschlossen sind. Ueber diese Kontrollpunkte können die Funktion der technischen Anlagen des Gebäudes, das Raumklima und der Energieverbrauch überwacht werden.

Das System bietet gute Möglichkeiten, den Energieverbrauch niedrig zu halten. Einsparungen sind ein Ergebnis mehrerer Ueberwachungs- und Kontrollfunktionen.

#### 5.1.1 Effektiv zentralisierte Alarmüberwachung und Richtlinien für Instandhaltung

Mittels der Alarmüberwachung und des Schnell-Service können die elektrischer Anlagen und Maschinen ständig in Ordnung gehalten und der Energieverbrauch niedrig gehalten werden. Sorgfältig geplante systematische Instandhaltung erbringt auch Personaleinsparungen.

#### 5.1.2 Kontinuierliche Zeitüberwachung und pünktliches Service

Durch systematischen Einsatz der kontinuierlichen Zeitrechenfunktion des automatischen Systems des Gebäudes können das Service und die Instandhaltung der Installationen so geplant werden, dass ein unwirtschaftlicher Betrieb und unvorhergesehene Ausfälle vermieden werden können.

#### 5.1.3 Datensichtgerät und Prozessdiagramm-Farbmonitor für Ueberwachung von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit

Diese ermöglichen eine schnelle Uebersicht über die Situation im Bereich einer Klimaanlageeinheit. Die Temperaturen können in ihren optimalen Werten gehalten werden. Raumlufttemperaturabweichungen von 1 °C können eine Erhöhung von 5 % des Energieverbrauches verursachen. Funktionsstörungen der örtlichen Kontrollanlagen können ebenfalls unmittelbar festgestellt werden.

#### 5.1.4 Grenzwertalarm der gemessenen Temperaturen und der Feuchtigkeit

Die Grenzwertalarme, die über das Datensichtgerät ersichtlich sind und mit dem Alarmdrucker ausgedruckt werden, zwingen die Bedienungskraft bei Störungen Handlungen vorzunehmen, um die Messwerte innerhalb des zulässigen Bereichs zu halten.

#### 5.1.5 Ein/Aus-Kontrolle der Klimaanlageanteile, Pumpen und Lichtgruppen

Die Betriebs- und Verbrauchszeiten der Verbrauchsobjekte der elektrischen Energie können entweder durch manuelle Schaltung Ein/Aus je nach dem realen Bedarf, den die Bedienungskraft kennen muss, oder durch automatische Zeitprogramme mit eingespeicherten Informationen über den täglichen und wöchentlichen Ein/Aus-Schaltungsbedarf auf dem Minimumstand gehalten werden. Die dritte Möglichkeit

besteht in den sog. Reaktionsprogrammen, wobei zwischen den Eingabekontaktsignalen und den Befehlskontaktsignalen Verriegelungen bestehen. Grenzwerte der gemessenen Temperaturen, der Luftfeuchtigkeit, der Beleuchtungsstärke usw. können in der Art der Kontakteingaben behandelt werden.

Die Uebereinstimmung mit dem Soll-Zustand kann durch die Anzeige und Ausdruck des Ist-Zustandes für die Kontrollobjekte stets überwacht werden.

#### 5.1.6 Sollwertfernverstellung von lokalen Analogreglern

Durch die Sollwertfernverstellung der lokalen Analogregler ist es möglich, den Sollwert der Lufttemperatur in den Kanälen, z.B. die Temperatur der Primärluft, die zu den Konvektoren der einzelnen Räume strömt, nach der jeweiligen Betriebssituation im Hause entweder manual oder durch spezielle Optimierungsprogramme auf das Optimum zu verstellen. Dasselbe trifft auch für die Wassertemperaturen der verschiedenen Heiz- und Kühlsysteme zu.

#### 5.1.7 Berichterstattung über Energieverbrauch

Durch den Anschluss der wichtigsten Energieverbrauchsmessungen und auch der Gebrauchswasserverbrauchsmessungen an das Gebäudeautomationssystem können tägliche, wöchentliche und monatliche Berichte mit diesen Verbrauchsdaten erstellt werden. In die Berichte können auch veränderliche Grössen aufgenommen werden, die nicht direkt gemessene Werte sind, sondern mit dem Computer errechnet werden. Dabei ist es möglich, neben dem direkten Energieverbrauch auch diesen durch die Gradstunden der Aussenlufttemperatur dividiert, die betreffende Etagenfläche in  $m^2$  und das betreffende Bauvolumen in  $m^3$  in den Bericht mit aufzunehmen. Die Windstärke und -richtung können in diesen Berichten ebenfalls enthalten sein. Ueber die Tag- und die Nachtzeit können jeweils separate Berichte erstellt werden.

#### 5.1.8 Berichterstattung über Temperatur und relative Feuchtigkeit

Tägliche und wöchentliche Berichterstattung über die Raumtemperaturen und die relative Luftfeuchtigkeit wären für die Kontrolle des Innenklimas von grossem Nutzen. Der Bericht könnte den Mittelwert der Messungen, den Maximalwert und die Messzeit sowie den Minimumwert und die Messzeit enthalten. Tag und Nacht können separat angeführt werden. Für den Büroraumbereich jeder grösseren Klimaanlageeinheit besteht ein Testraum, dessen Raumtemperatur und relative Luftfeuchtigkeit kontinuierlich gemessen werden.

#### 5.1.9 Zwölffachschreiber

Die Messwerte können auch mit einem Zwölffachschreiber registriert werden, wobei die Schwankungen und Abhängigkeiten sowie Soll/Istwertvergleiche ersichtlich gemacht werden können. Dies ist nützlich für die Beobachtung der Temperaturschwankungen und für die Ermittlung der Spitzen der Strom- und Wärmeleistung.

#### 5.1.10 Reaktionsprogramme

Mit Hilfe der Reaktionsprogramme kann programmierbare Logik aufgebaut werden, wobei der Pumpenbetrieb, die Ein/Aus-Schaltung der Beleuchtung und die Kontrolle der Frisch- und Umluftklappen in bezug auf die Energienutzung möglichst effektiv gestaltet werden. Solche Programme sind ein Standardbestandteil des installierten IIT-Gebäudeautomationssystems.

#### 5.1.11 Lastabwurfprogramm

Das Lastabwurfprogramm ermöglicht den Elektroenergieverbrauch des Gebäudes auf dem vorgegebenen Wert zu halten. Das Programm schaltet automatisch Kontrollobjekte ab um die Grenzbedingungen zu erfüllen. Die Kontrollobjekte sind beispielsweise in drei Prioritätsklassen eingeordnet und die Beschränkung beginnt bei der untersten Klasse. Für jedes Objekt sind jeweils die maximale Ausschaltzeit und die minimale erforderliche Anschaltzeit zwischen den Grenzwerten bestimmt.

#### 5.1.12 Sonstige Funktionen und Programme zur Minimierung des Energieverbrauchs

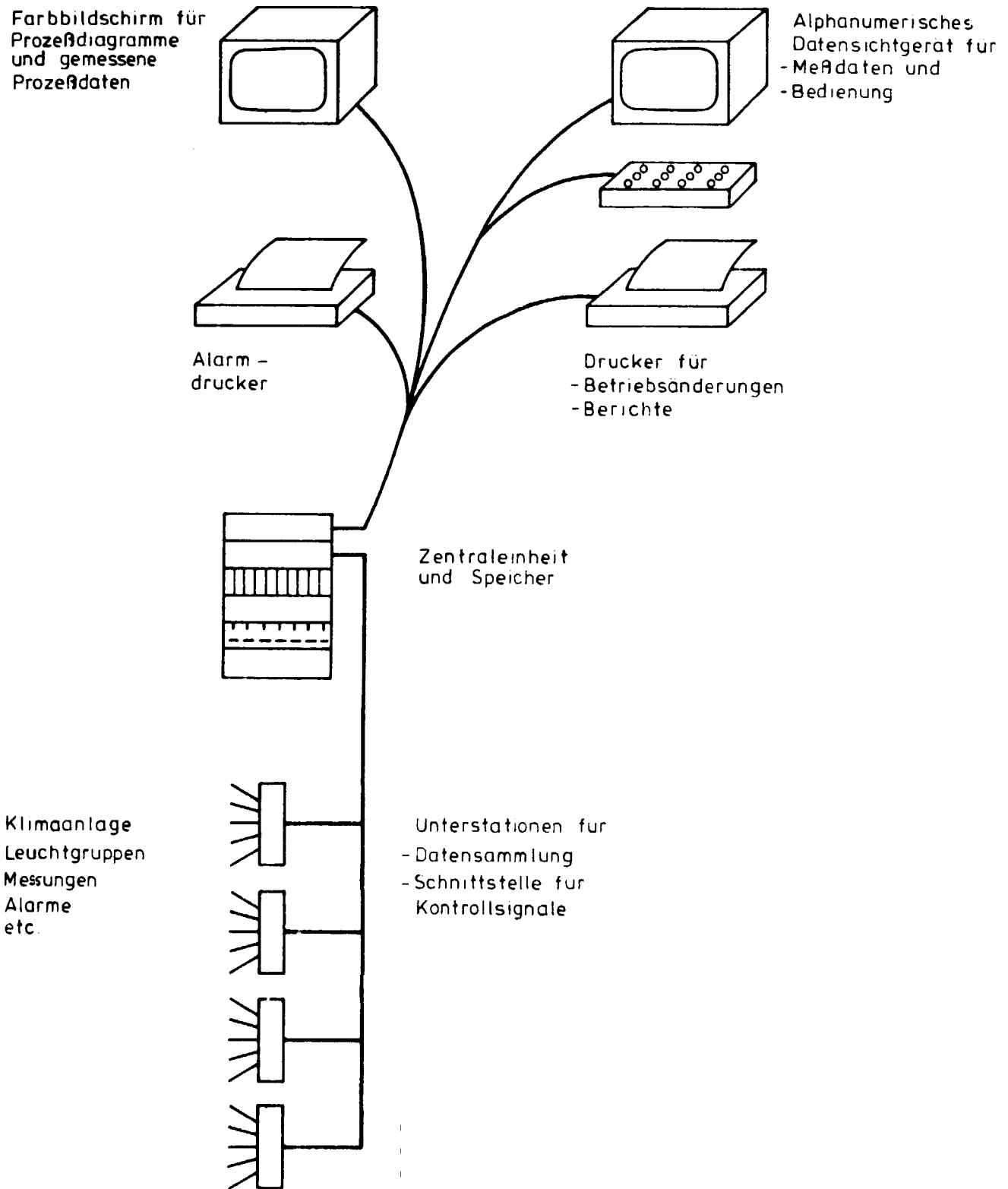
Es gibt auch weitere Funktionen, mit denen die Einrichtungen in bezug auf die Energienutzung effektiv kontrolliert und durch die Programme des Gebäudeautomationssystems automatisiert werden können.

Zu diesen gehören die Start/Stop-Optimierung der Klimaanlage, Heizung und Kühlung an den Induktionseinheiten, Kontrolle der Nachheizung und -kühlung, Kontrolle der Heizung und der Kühlung, Kontrolle der Heiz- und Kühlwasserzirkulationspumpen, Sollwertfernverstellung der Temperatur der Primärluft, Verteilung der Kühlungsenergie auf die Fassaden, Enthalpieoptimierung und Kontrolle der Beleuchtung entsprechend der Intensität des Tageslichts.

#### 5.1.13 Zusammenfassung

Die Möglichkeiten des Gebäudeautomationssystems werden in den folgenden Absätzen ausführlicher beschrieben. Ein grosser Teil der Funktionen kann ohne grössere Mehrkosten verwirklicht werden, aber einige erfordern Programmierarbeit, deren Preis zwar abgeschätzt werden kann aber ohne Angebot seitens IIT oder eines anderen Softwareanbieters nicht exakt angegeben werden kann.

Hauptteile des Gebäudeautomatisierungssystems



## 5.2 Inbetriebnahme der Grundfunktionen

### 5.2.1 Feststellung der Richtigkeit der Signale

Die absolute Richtigkeit der in der Warte über die Anzeige und den Drucker ankommenden Messdaten sowie der Steuerungen der peripheren Anlage ist die erste Voraussetzung für Nutzung eines Gebäudeautomationssystems.

Der einzige Weg zur Feststellung der Richtigkeit der Signale ist, sie alle systematisch zu prüfen. Dies ist selbstverständlich eine Aufgabe des Lieferanten, aber auch der Besteller und der Anwender müssen sich persönlich davon überzeugen. Ein Teil der Messungen erfordert auch im weiteren besondere Beachtung; sie müssen einmal jährlich - die Feuchtigkeitsmessungen zweimal jährlich - kalibriert werden.

### 5.2.2 Prüfung der Grundfunktionen

Der Ausbau des Gebäudeautomationssystems setzt voraus, dass der Zustand der Grundfunktionen, die im Punkt 5.1 beschrieben sind, einwandfrei ist.

Die Funktionen sind zusammen mit dem Lieferanten so zu prüfen, dass sich gleichzeitig die Anwender mit dem Betrieb vertraut machen können. Zu den Anwendern sollen neben den Wartendiensthabenden auch Vertreter der UNIDO und der IAEA gehören.

Auch die eigenen Vertreter der UNIDO und der IAEA müssen in der Lage sein, das System anzuwenden und dessen Betrieb zu überwachen.

### 5.2.3 Aufbau eines Aufsichtsplanes

Die Ausnutzung der Messdaten, Alarme und Steuerungen des Gebäudeautomationssystems setzt voraus, dass für deren Kontrolle und Nutzbarmachung eindeutige Richtlinien bestehen. Das Aufgabengebiet umfasst Gewährleistung der

- ständigen Einsatzbereitschaft der Zeitprogramme
- die laufende Revision und Betriebsaufsicht hinsichtlich der Parameter des Lastabwurfprogrammes und sonstiger Sonderprogramme
- die Beaufsichtigung der Energieberichte und Schlussfolgerungen
- die Ueberwachung der Temperaturen und der relativen Feuchtigkeit
- die Ermittlung der Störungen bei Alarmen und erforderliche weitere Massnahmen.

Diese Aufgaben decken den gesamten VIC-Komplex mit den zahlreichen technischen Anlagen und internen Aktivitäten.

Der Gebäudekomplex ist sehr umfangreich und setzt gute Kenntnisse über technische Prozesse sowie über jene Beschränkungen, die die Benutzung des Gebäudes setzt, voraus.

#### 5.2.3.1 Alarmer, Grenzwerte und Betriebszustände

Mit den Alarmen und Betriebszustandssignalen des Gebäudeautomaticassystems wird der störungsfreie und planmässige Betrieb der Anlagen (Gebläse, Pumpen, Beleuchtung usw.) überwacht.

Die Alarmer erfordern unmittelbare Massnahmen, Ursachen sind zu ermitteln und die erforderlichen Arbeiten zu überwachen. Ueber fehlerhafte Alarmpunkte müssen Aufzeichnungen geführt werden und die falschen Alarmer müssen eliminiert sowie die Fehlstellen wieder instandgesetzt werden.

Ueber die Lage der Alarmobjekte muss eine Dokumentation vorliegen. Für jeden Alarm muss ausserdem eine eindeutige Funktionsanleitung vorhanden sein, die als ein Hilfsmittel bei der Fehlerbeseitigung dient. Die Dokumente müssen ferner eine Beschreibung der Bedeutung des Fehlers sowie Angaben über dessen Auswirkungen und über die zu informierende Person enthalten.

Die Alarmer werden vom Alarmdrucker ausgedruckt und sind auch in den Schemata des Farbmonitors und am Datensichtgerät ersichtlich. Sie können nach Alarmklassen (1 ... 5) und nach Gebäudeteilen ausgedruckt werden. Die Alarmer umfassen auch die Grenzwertalarmer der Messungen. Die Alarmzusammenfassungen können auch in gewünschten zeitlichen Abständen erfolgen, wobei die für die Instandhaltung zuständige Person eine Zusammenfassung der momentan gültigen Grenzwertüber- und -unterschreitungen in bestimmten Abständen bekommen und sowohl den Zustand der Anlagen als auch die Arbeit des Bedienungspersonals überwachen kann. Zur Verfügung stehen zehn Ausdruckszeitpunkte, die beliebig verändert werden können.

Ausser dem Gesamtausdruck können auch Teilinformationen ausgedruckt werden, zu denen gewisse Anlagenkomplexe, z.B. Zuluftgeräte und die damit verbundenen Abluftgebläse gehören.

#### 5.2.3.2 Temperaturen und relative Feuchtigkeit

Messungen von Temperaturen und der relativen Feuchtigkeit in den Testräumen und an verschiedenen Punkten der Luftkanäle sowie in den Rohrleitungen können beobachtet werden, indem auf das Datensichtgerät oder auf den Drucker einzelne Messpunkte oder logische Messpunktgruppen abgerufen werden. Diese sind auch in den Schemata des Farbmonitors sichtbar.

Durch die Ueberwachung der Messungen in regelmässigen Abständen und durch Beibehaltung sinnvoller Grenzwerte können lang anhaltende Abweichungen von den Zielwerten und der dadurch entstehende unnötige Energieverbrauch verhindert werden. Die Ueberwachung muss kontinuierlich sein.

Besonders wichtig sind die Temperaturen der Testräume, die Temperaturen der Primärluft und die Temperaturen der Heiz- und Kühlwassernetze. Die von der Temperatur der Aussenluft abhängigen Temperaturen sind mit gleitenden Grenzwerten zu versehen.

Der Aufbau des Berichtprogrammsystems muss so sein, dass über die gewünschten Temperaturen und die gewünschte relative Feuchtigkeit Tages- bzw. Wochenberichte erhältlich sind, die

- den Mittelwert
- den maximalen Wert und dessen Zeitpunkt
- den minimalen Wert und dessen Zeitpunkt

enthalten. Dies würde die Ueberwachung der Messwerte bedeutend erleichtern. Zur Zeit sind derartige Berichte nicht möglich. Die Berichte sollten täglich analysiert werden.

#### 5.2.3.3 Energieverbrauch

Die Ueberwachung des Energieverbrauchs ist mit manuellen Verfahren möglich, sie ist aber vielfach effektiver, wenn die Energieverbrauchsmessungen in das Gebäudeautomations-system aufgenommen werden und auf deren Grundlage Berichte erstellt werden, aus welchen für jede Anwenderenebene die richtigen Daten ersichtlich sind.

Der Energiebericht muss den Tages-, den Wochen- und den Monatsbericht nach Gebäudeteilen (Gesamt-VIC, A, B, C, D, E, F, G, Uebergabebauwerk) über den Verbrauch von Strom- und Wärmeenergie sowie des Wassers umfassen. Die Ueberwachung des Tagesberichts obliegt dem Wartendiensthabenden und seinem Vorgesetzten, dem Betriebsleiter. Der Wochenbericht dient dem Betriebsleiter und dem Leiter für Instandhaltung und der Monatsbericht dem Leiter für Instandhaltung und den verschiedenen administrativen Organisationen des Hauses.

Im Bericht wird der Energieverbrauch für Tag und Nacht separat angeführt. Er enthält folgende Angaben je Gebäudeteil:

- Stromverbrauch
- Wärmeverbrauch
- Gradstundenzahl
- Wärmeenergie/Gradstundenzahl
- Wärmeenergie/m<sup>3</sup>
- Wärmeenergie/m<sup>3</sup>
- elektrische Energie/m<sup>2</sup>
- elektrische Energie/m<sup>3</sup>
- Wassermenge
- Windgeschwindigkeit.

Der Bericht ermöglicht eine effektive Ueberwachung des laufenden Energieverbrauchs und das Ausmass der Sparmassnahmen.

Die auf Grundlage der Energieverbrauchsdaten mit dem Programm errechnete Leistung enthält neben dem Energieverbrauch selbst auch Aussagen über den Anlageneinsatz. Das Ziel ist eine möglichst gleichmässige Leistung. Auch der Leistungsbericht sollte sich jeweils auf einen Gebäudeteil beziehen. Er enthält:

- die durchschnittliche elektrische Leistung
- die durchschnittliche Wärmeleistung
- die maximale elektrische Leistung und deren Zeitpunkt
- die minimale elektrische Leistung und deren Zeitpunkt
- die maximale Wärmeleistung und deren Zeitpunkt
- die minimale Wärmeleistung und deren Zeitpunkt.

Die Berichterstattungsperioden sind 24 Stunden, Woche und Monat.

Mit Hilfe des Berichts kann der Einsatz der Zeitprogramme zum wechselweisen Betrieb der Anlagen sowie der Einsatz des Programmes für Spitzenleistungsbegrenzung optimal geplant werden.

#### 5.2.3.4 Betriebszeiten der Anlagen

Das Gebäudeautomationssystem umfasst die Betriebszeitberechnung der Anlagen, womit die Betriebszeit einer daran angeschlossenen Maschine nach der jüngsten Wartung und die Zeitgrenze, nach der die nächste Wartung fällig ist, nach Wunsch auf das Datensichtgerät oder auf den Drucker abgerufen werden können.

Durch die Betriebszeitberechnung kann der Wartungsplan der Maschinen ergänzt und ein eventuell unnötiger Betrieb vermieden werden. Die Betriebszeitgrenzen sind den Angaben in den Bedienungsanleitungen anzupassen.



#### 5.2.3.5 Zeitprogramme und Betriebszustände

Die laufende Revision und die kontinuierliche Entwicklung der Zeitprogramme erfordern aktive Arbeit. Es muss angestrebt werden, deren Zeiten in Richtung jener Minimumbetriebszeiten, bei welchen befriedigende Raumklimaverhältnisse erreicht werden, zu ändern. Der Wechsel der Jahreszeiten muss berücksichtigt werden. Die Befeuchtung soll, so oft es irgend möglich ist, ausser Betrieb gehalten werden. Die Ausschaltung der Beleuchtung abends ist zu sichern.

Ein Anlagenbetrieb, der von den Zeitprogrammen abweicht, kann durch Stichproben von dazugehörigen Maschinen oder Beleuchtungsgruppen zu verschiedenen Tageszeiten festgestellt werden.

Bei anderen Anwendern der Zeitprogramme wurde festgestellt, dass deren laufende Revision leicht vergessen wird. Leicht vergessen wird auch die Berücksichtigung des Wechsels der Jahreszeiten.

Die Befeuchtung, die Nachtkühlung sowie die Steuerung der Frisch- und Umluftregelklappen sind typische Beispiele für Objekte, die im Sommer anders gesteuert werden sollten als im Winter.

Es ist empfehlenswert, die Zeitprogramme des Gebäudes C besonders sorgfältig zu beobachten, weil die Raumnutzung je nach Konferenzsituation variiert.

#### 5.2.3.6 Berichte und Aufzeichnungsüberwachung

Die dringendsten Berichte sind in den Punkten 5.2.3.2 und 5.2.3.3 beschrieben. Sie dienen der Ueberwachung der Raumklimaverhältnisse, des Energieverbrauchs und der elektrischen Leistung sowie der Wärmeleistung. Die ständige Ueberwachung der Berichte ist ausserordentlich wichtig, wenn angestrebt wird, die potentiellen Einsparungen in erzielte Einsparungen umzusetzen.

Die Ueberwachung der Berichte teilt sich auf verschiedene Organisationsebenen auf:

A. Administrative Organisationen UNIDO, IAEA

- Energieberichte
- Temperaturberichte.

#### B. Leiter für Instandhaltung

- Energieberichte
- Temperaturberichte
- Leistungsberichte
- Betriebszeitberichte
- Alarmzusammenfassungen
- Zeitprogrammzusammenfassungen
- Betriebszustände
- nach Bedarf Ueberwachungsausdruck über Temperaturen, Leistungen oder Feuchtigkeit

#### C. Betriebsleiter und Wartendiensthabender

Sämtliche durch das Gebäudeautomationssystem produzierte Berichte laufen über den Betriebsleiter und den Wartendiensthabenden. Ihre Aufgabe ist die Ursachen der vorgekommenen Abweichungen zu ermitteln und zur Behebung von Störungen erforderliche Massnahmen zu ergreifen.

Die Aufgabe des Betriebsleiters ist auch die Weiterentwicklung der Berichterstattung und die Entwicklung des Betriebes der technischen Anlagen auf Basis der Beobachtungen sowie nach Bedarf Vorschläge an UNIDO und an die IAEA zur Raumbenutzung zu geben, wenn festzustellen ist, dass die gegenwärtige Raumbenutzung übermässige Betriebskosten verursacht.

Die Ueberwachung und die Verwertung der verschiedenen Momentanwertanzeigen, der Prozessdaten der Zeiten der Zeitprogramme, der Betriebszeiten, der Alarme, der Ueberwachungsberichte usw. des Gebäudeautomationssystems gehören zu den Aufgaben des Betriebsleiters und des Wartendiensthabenden.

#### 5.2.4 Videoanzeigenschemata und Dokumentation

Der Einsatz des Grundumfanges umfasst auch die Revision der zum System gehörigen Prozess-Schemata des Farbmonitors sowie die Revision der Dokumentation über die haustechnischen Systeme, wenn diese verfügbar sind. Eingehende und dem aktuellen Stand entsprechende Dokumentation ist die notwendige Voraussetzung des richtigen Betriebs der Anlagen und besonders der Fehlerermittlung.

Die Prozess-Schemata des Farbmonitors sollten in vollem Umfang eingesetzt werden, da sie den schnellen Ueberblick über die Situation in den Bereichen einzelner Klimaanlageanlagen erleichtern.

### 5.3 Optimierung höherer Ordnung

Wenn das Gebäudeautomationssystem der VIC effektiv eingesetzt wird, können auch beim heutigen Stand Energieeinsparungen erreicht werden. Das System kann aber auch noch weiterentwickelt werden, wobei ein Teil jener Betriebsmassnahmen, die zur Zeit manuell ausgeführt werden, automatisiert werden können. Die manuellen Aktivitäten fallen leicht aus.

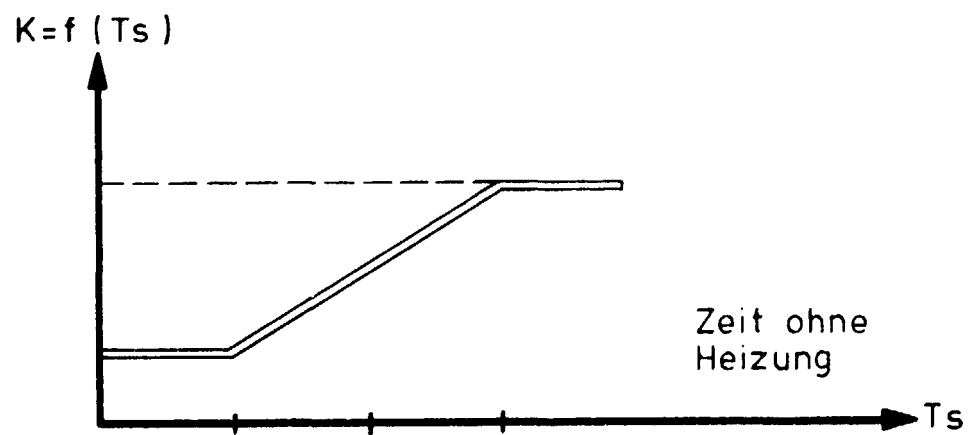
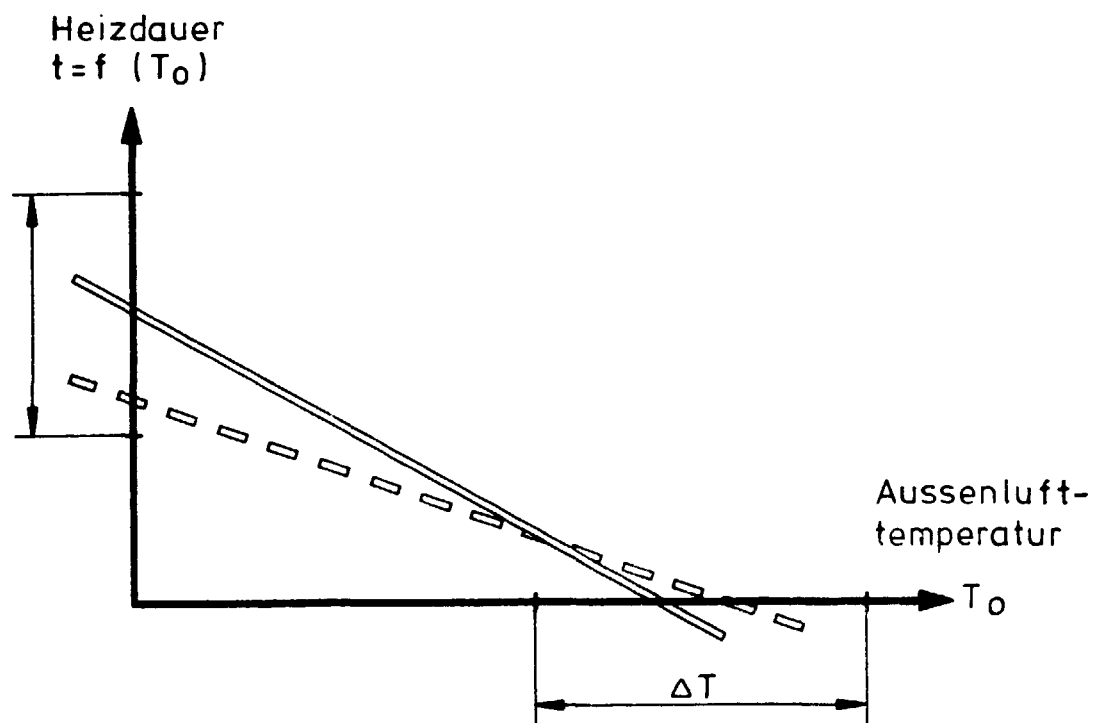
Einige Optimierungs-Teilprogramme höherer Ordnung sind beim Hersteller des GebäudeautomatiOSSystems als Standardprogramme erhältlich, einige müssten nach Sonderauftrag erstellt werden. Wenn das Systemmodell gegen ein neueres getauscht werden könnte, wären auch die neuesten Optimierungs-Teilprogramme dabei. Dies würde jedoch auch Verdrahtungsänderungen mit sich bringen. Die Kosten sind mit der ITT zu klären.

#### 5.3.1 Optimierung der Einschaltung und Nachtheizung

Durch die Optimierung und die damit verbundene leichte Nachtheizung können die Heiz- und Kühlzeit sowie die Betriebszeit der Klimaanlage verkürzt werden. Auch die Energieeinsparung während des Stillstandes ist grösser, weil die Raumtemperaturen tiefer herabgesetzt werden können als beim Einsatz von Zeitprogrammen. Die Raumtemperaturen und die Feuchtigkeit in den Testräumen können überwacht werden und die Temperatur während des Stillstandes über und die Feuchtigkeit unter der gewünschten Grenze gehalten werden. Am Ende der Stillstandzeit wird durch das Optimierungsprogramm jene Zeit berechnet, die zur Wiederherstellung der geforderten Raumklimaverhältnisse nötig ist.

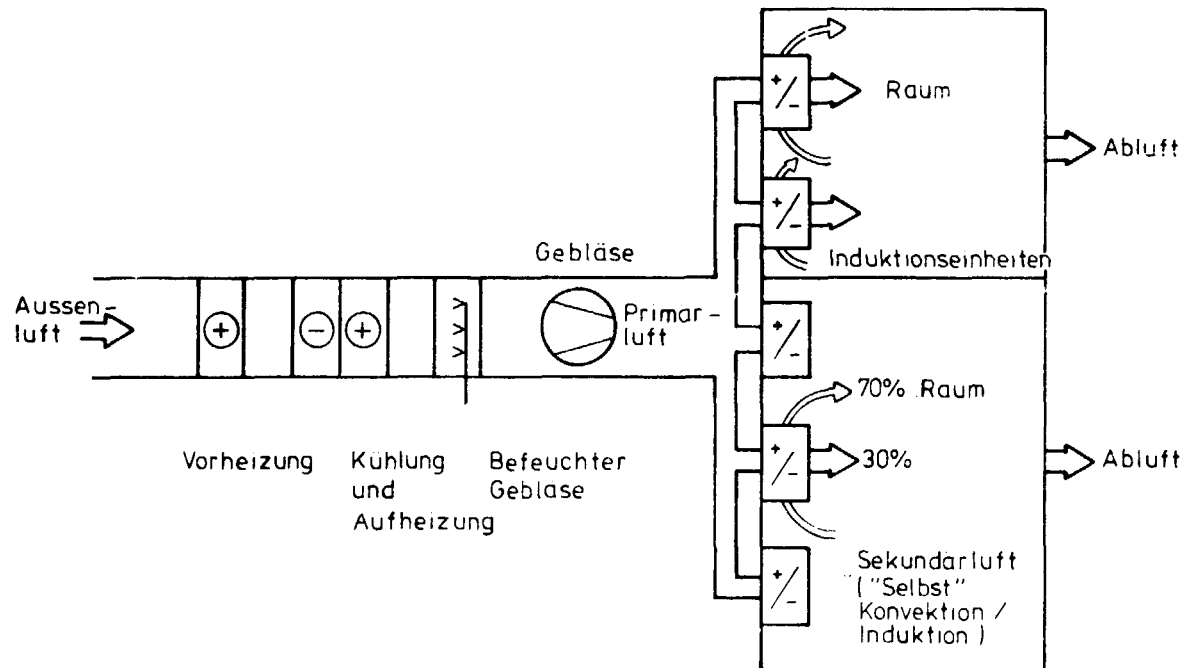
Die Heizung wird zu jenem Zeitpunkt eingeschaltet, ab welchem die Heizdauer bis zum Beginn der Raumnutzung durch Zeitprogramme gegeben ist. Zur Wiederherstellung der gewünschten Temperatur wird eine möglichst grosse Heizleistung angestrebt, um die Heizdauer zu verkürzen. Im Bild 1/5.3 ist ein Beispiel für die Bestimmung der Heizdauer dargestellt, wobei die Berechnung auf linearen Abhängigkeiten basiert. Die Abhängigkeiten können auch adaptiv sein.

Beispiel für die Bestimmung der  
Morgenheizdauer



Erforderliche Heizdauer  $t_H = K \times t$

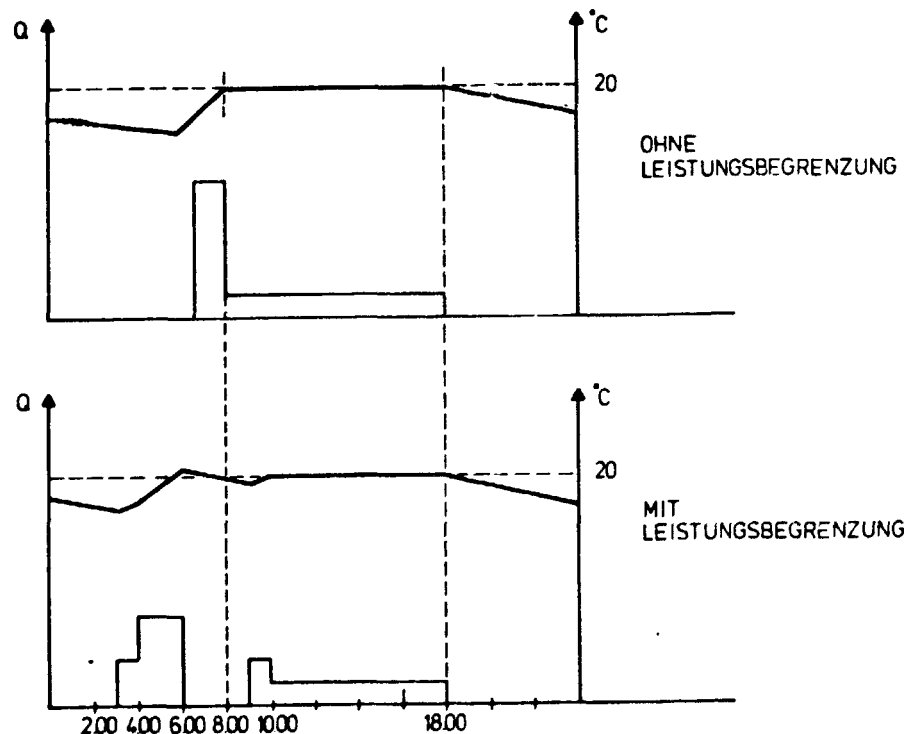
Bild 2/5.3: Vereinfachtes Beispiel für den Klimatisierungsprozess der Büroräume in der VIC



Im normalen Tagesbetrieb beträgt die Temperatur der Primärluft etwa  $17^{\circ}\text{C}$  und die in den Räumen befindlichen Induktionseinheiten bewirken die Beibehaltung der Solltemperatur der einzelnen Räume. Am Ende des Tagesbetriebes wird die Klimaanlage ausgeschaltet, ebenso die Pumpen, abgesehen von den Heizwasserpumpen für die Induktionseinheiten. Die Heizung während der Stillstandzeit erfolgt durch "Selbst"-Konvektion. Derzeit wird die Temperatur des Heizwassers für die Induktionseinheiten gleichzeitig auf  $85^{\circ}\text{C}$  erhöht.

Diese Temperatur könnte herabgesetzt, die Temperaturmessungen und die Feuchtigkeitsmessungen der Testräume ausgenutzt und die Heizwassertemperatur erst dann auf  $85^{\circ}\text{C}$  erhöht werden, wenn die Raumtemperaturen zu viel sinken oder die relative Feuchtigkeit so hoch steigt, dass Kondensationsgefahr besteht. Auch dabei soll die Erhöhung der Temperatur nur so lange währen, bis die Raumtemperatur über der unteren Grenze bleibt, aber nicht unnötig steigt.

Bild 3/5.3: Beispiel für die Änderung der Raumtemperatur während des Stillstandes



Die Wiederherstellung der Raumtemperatur und der Luftfeuchtigkeit auf den normalen Stand erfolgt mit der erhöhten Temperatur des Vorlaufwassers für die Induktionseinheiten und mit dem Klimaanlagebetrieb so, dass die Temperatur der Primärluft erhöht wird. Die Klimaanlage wird vor dem den Zeitprogrammen entsprechenden Zeitpunkt nur in dem Falle eingeschaltet, dass die "Selbst"-Konvektion durch die Induktionseinheiten zur Erhöhung der Temperatur nicht ausreicht. In jenen Räumen, wo die Möglichkeit der Umluftverwendung besteht, wird die Temperaturerhöhung mit 100-prozentiger Umluft und erhöhter Primärlufttemperatur vorgenommen.

Die Wiederherstellungsperiode der Temperaturen endet und der normale Tagesbetrieb beginnt, wenn die Raumtemperaturen den Sollwert erreicht haben oder die den Zeitprogrammen entsprechende Raumbenutzungszeit begonnen hat. Die Beleuchtung und die sonstigen internen Wärmequellen erhöhen die Temperaturen auf den normalen Tageswert.

Während der Wiederherstellungsperiode dürfen die Kühlwasserpumpen und die Befeuchtungsanlage nicht im Betrieb sein. Zu hohe Einblasetemperaturen müssen vermieden werden, da die Gefahr von Fensterglasbrüchen besteht, wenn sie zu grossen Temperaturänderungen und -unterschieden ausgesetzt sind.

Zur Bestimmung des Beendigungszeitpunktes der Heizung und der Kühlung am Ende der Tagesbetriebsperiode kann ein entsprechendes Verfahren angewandt werden.

Die oben beschriebene Optimierung kann auf die wichtigsten Klimabereiche der VIC angewandt werden. Es gibt fertige Standardprogramme, und die erforderlichen Messungen sind bereits im Gebäudeautomationssystem installiert. Die verfügbaren Angaben über die Möglichkeiten der Stellwertänderungen sind unvollständig, aber die Kosten der Änderungsarbeiten sind relativ gering.

Die Optimierung sollte auf einzelne Klimaaggregate bezogen sein. Wenn die Raumtemperaturmessungen fehlen, ist die Anwendung schwierig.

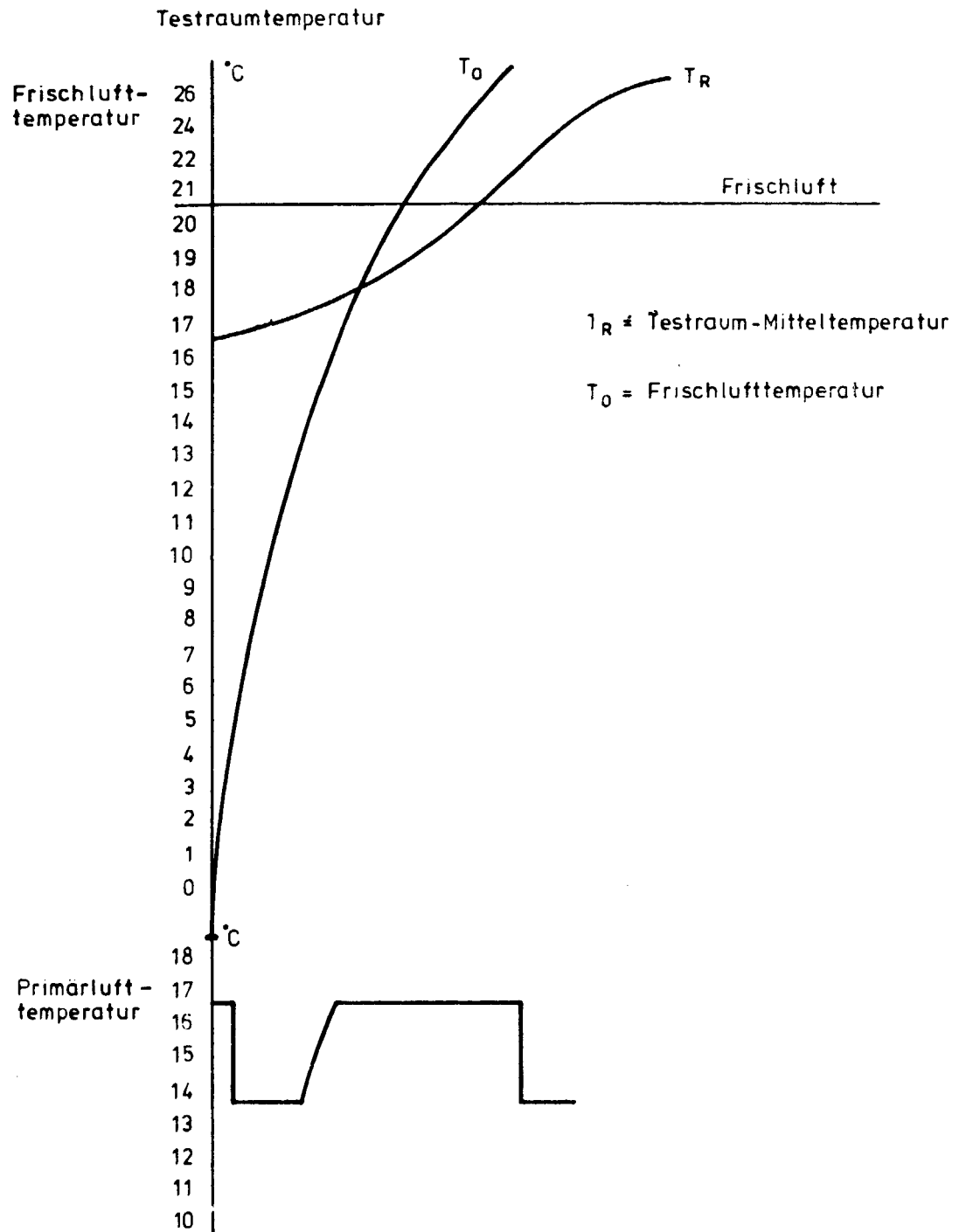
#### 5.3.2 Stellwertsteuerung der Primärlufttemperatur

Im Punkt 4.7.3 wurde beschrieben, in welchen verschiedenen Weisen der Stellwert der Primärlufttemperatur je nach dem, ob in den Räumen Kühl- oder Heizbedarf besteht, verstellt werden kann. Die Verststellungen können durch die Grenzwertüberwachung der Messwerte und durch die Reaktionsprogramme des Gebäudeautomationssystems vorgenommen werden.

Die Wahl des richtigen Stellwertes muss auf den Temperaturmessungen der Testräume und der Frischluft beruhen. Als weitere Information steht die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklaufwasser des Heiz- bzw. Kühlwassers für die Induktions-einheiten zur Verfügung.

Es ist beabsichtigt, die aufeinanderfolgende Kühlung und Heizung zu vermeiden und den Hauptteil des Kühl- und Heizbedarfs mittels der Induktionseinheiten zu decken.

Bild 4/5.3: Beispiel für die Verstellung des Stellwertes der Primärluft





Auch für diesen Zweck gibt es fertige Standardprogramme der Gebäudeautomationssysteme, aber die erforderlichen Schritte können vereinfacht durch die Reaktionsprogramme und durch die Grenzwertüberwachung durchgeführt werden. Kosten entstehen lediglich durch die Inbetriebnahme, die ohne den Betrieb des übrigen Programmsystems zu stören, erfolgen kann.

Das Teilprogramm eignet sich für jene Klimaanlageanlagenmaschinen, in deren Bereichen sich Testräume befinden, und in vereinfachter Form für sämtliche Klimaanlageanlagenmaschinen, bei denen der Stellwert der Primärluft verstellbar ist.

### 5.3.3 Nachtkühlung

Der Zweck der Nachtkühlung ist, Kühlenergie am Tage einzusparen, indem das Gebäude in der Nacht, wenn kostenlos kühle Luft zur Verfügung steht und der Strom billiger ist als am Tage, gekühlt wird.

Das Nachtkühlungsprogramm kann in folgender Weise realisiert werden: Abends etwa um 21.00 Uhr wird anhand der Temperaturmessungen der Testräume untersucht, ob der Baukörper und die Raumluft einer Kühlung bedürfen. Liegt der Mittelwert der Raumtemperaturen über der vorgegebenen Grenze, wird in der kältesten Zeit der Nacht etwa um 2.00 Uhr untersucht, ob die Nachtluft für die Kühlung ausreichend kühl ist. Wenn dies der Fall ist, wird die Klimaanlage ohne Kühlung, Heizung und Befeuchtung für jene Zeit eingeschaltet, die vom Temperaturunterschied zwischen der Aussenluft und der Raumluft abhängig ist. Der Raumlufttemperatur ist eine gewisse untere Grenze gesetzt, bis auf welche die Kühlung laufen kann. Die Einschaltungsoptimierung, die Nachtheizung und die Nachtkühlung dürfen nicht gleichzeitig im Betrieb sein.

Die Nachtkühlung kann bei den derzeitigen Reaktionsprogrammen nicht verwirklicht werden, aber die Zeitprogramme können dazu eingesetzt werden. Dabei muss man allerdings mit Hilfe der Pumpen dafür sorgen, dass während der Nachtkühlung in keinem Teil des Prozesses die Heizung oder die Kühlung im Betrieb ist.

Die Lieferanten der Gebäudeautomationssysteme bieten geeignete Standardprogramme an.

### 5.3.4 Stellwertsteuerung der Induktionseinheit-Vorlauftemperatur

Die Temperatur des Heizwassers für die Induktionseinheiten ist zur Zeit eine Funktion der Aussentemperatur. Wenn die Klimaanlageanlagenmaschinen ausgeschaltet werden, steigt sie zwecks Verstärkung der "Selbst"-Konvektion auf 85 °C.

Einer der Stellwerte könnte auf etwa 35 °C herabgesetzt und erst dann wieder auf den Normalwert erhöht werden, wenn eine der Testraumtemperaturen unter 17 °C sinkt. Dies würde durch das Startoptimierungsprogramm erfolgen. Durch dieses Programm könnte auch die Erhöhung des Stellwertes auf 85 °C für die Zeit der Wiederherstellung der Raumtemperaturen durchgeführt werden.

Die Kühlwasserpumpe sollte durch die Reaktionsprogramme immer während der Heizung ausser Betrieb gehalten werden.

Die Realisierung dieses Teilprogramms erfordert den Austausch der örtlichen Regler oder eine programmierte Aussentemperaturabhängigkeit durch das Gebäudeautomationssystem und die Fernsteuerung des örtlichen Reglers.

#### 5.3.5 Verteilung der Kühlleistung

Die Kühlleistung kann eingeschränkt werden, indem sie auf jene Gebäudeteile gerichtet wird, wo der grösste Bedarf besteht, und in Gebäudeteilen mit geringerem Bedarf vermindert wird. Das Verfahren ist im Punkt 4.7.6 beschrieben.

Die Realisierung der erforderlichen Teilprogramme kann recht einfach durch das Gebäudeautomationssystem erfolgen, ein fertiges Programm dazu gibt es allerdings nicht.

Jene Klimaanlageanlagenmaschinen, in deren Bereichen der Kühlleistungsbedarf am grössten ist, können auf Grundlage der Temperaturen der Testräume und der Temperaturen der Abluft sowie auch auf Grundlage der Uhrzeit ermittelt werden. Dies setzt die Eingabe einer Tabelle in den Computerspeicher voraus, von welcher das Programm ablesen kann, welches Gebäudeteil jeweils dem direkten Sonnenschein ausgesetzt ist.

Die zu steuernde Grösse ist die Temperatur des Vorlaufwassers des Kühlwassernetzes für die Induktionseinheiten und eventuell die Zirkulationspumpen und die Temperatur der Primärluft.

Die erforderlichen Messungen und Steuerungen existieren im wesentlichen, aber für die Realisierung ist eine genauere Studie nötig.

#### 5.3.6 Enthalpieoptimierung

Für die Enthalpieoptimierung bieten die Lieferanten von Gebäudeautomationssystemen Standardprogramme an. Das Funktionsprinzip ist im Punkt 4.6.7 beschrieben.

Die nötigen Messungen der relativen Feuchtigkeit, der Frischluft und der Abluft sind vorhanden, aber die Steuerung der Frisch- und Umluftklappen muss auf eine einzige Steuerung umgebaut werden.

Die Enthalpieoptimierung kann bei jenen Klimaanlage-maschinen des Gebäudes C angewandt werden, die mit der Möglichkeit der Umluftverwendung versehen sind.

#### 5.3.7 Steuerung der Befeuchtung

Die Befeuchtung kann durch die Reaktionsprogramme so gesteuert werden, dass die Raumfeuchtigkeit innerhalb der Sollwerte bleibt. Wenn der Raumfeuchtigkeitsmesswert die untere Grenze des zulässigen Bereiches erreicht, wird die Befeuchtung eingeschaltet, und wenn die Raumfeuchtigkeit 10 % über der unteren Grenze liegt, wird sie ausgeschaltet. Damit kann die Befeuchtung einfach minimiert werden.

Die Realisierung kann durch die Reaktionsprogramme erfolgen, aber die Steuerung der Befeuchtungspumpe muss auf eine Ein/Aus/Auto-Steuerung umgebaut und dem Gebäudeautomationssystem angeschlossen werden.

#### 5.3.8 Beschränkung der Spitzenleistung

Die Beschränkung der Spitzenleistung kann durch ein Standardprogramm realisiert werden, das bei ITT erhältlich ist. Eine eingehende Prüfung der Beschränkungsobjekte kann den Bedarf an weiteren Steuerpunkten des Gebäudeautomationssystems zeigen.

### 5.4 Kosten und Rentabilität

#### 5.4.1 Inbetriebnahme der Grundfunktionen

Bei der Effektivisierung des Einsatzes des Gebäudeautomationssystems entstehen Arbeitskosten durch die Ueberprüfungen, die Erstellung des Betriebsplans und die Inbetriebnahme der verschiedenen vorhandenen Funktionen. Dies wird viel Zeit in Anspruch nehmen. Die Zeitaufwand ist davon abhängig, wie erfolgreich die Arbeit des Lieferanten für das Gebäudeautomationssystem vorsieht.

#### 5.4.2 Ergänzung der Berichterstattung

Die Ergänzung der Berichterstattung so, dass sie die in den Punkten 5.2.3.2 und 5.2.3.3 beschriebenen Berichte umfasst, setzt voraus, dass die Energie- und Wassermengenmessungen dem Gebäudeautomationssystem und die Zentraleinheit für Berichterstattung an den Computer angeschlossen wird. Von ITT liegen keine Kostenschätzungen vor, sie betragen aber voraussichtlich etwa 300 000 S.

Die effektive Berichterstattung stellt jedoch die Basis der Nutzbarmachung des Gebäudeautomationssystems dar und sollte deshalb eine der ersten Massnahmen sein, die verwirklicht werden.

#### 5.4.3 Optimierung höherer Ordnung

Die Optimierung höherer Ordnung kann in mehreren Phasen durch allmählichen Ausbau der Programmsysteme und Objekte erfolgen.

##### 5.4.3.1 Lastabwurfprogramm

Die Beschaffungskosten, einschliesslich Inbetriebnahme und Probetrieb betragen etwa 150 000 S, nachdem die Energiemessungen dem Gebäudeautomationssystem angeschlossen worden sind. Von ITT liegt keine Kostenschätzung vor.

Die Einsparungen durch die Beschränkung der Spitzenleistung betragen etwa 520 000 S/a, so dass die Kosten des Programmes etwa in drei bis vier Monaten gedeckt werden.

##### 5.4.3.2 Startoptimierung

Durch die Startoptimierung können im Vergleich zum Einsatz der Zeitprogramme allein eine Verkürzung von etwa einer halben Stunde in den Betriebszeiten der Klima-, Heiz- und Kühlanlage pro Tag erreicht werden. Weitere Einsparungen können dadurch erzielt werden, dass ein freier Raumtemperaturabfall auf die vorgegebene untere Grenze in der Stillstandzeit zugelassen wird. Die Einsparung dadurch beträgt 8 % der jährlichen Heizkosten.

In der folgenden Tabelle sind die jährlichen Einsparungen in dem Falle dargestellt, dass die Betriebszeit der Klimaanlage schätzungsweise um eine Stunde im Durchschnitt durch effektiveren Einsatz der Zeitprogramme und um eine weitere halbe Stunde durch die Startoptimierung pro Tag verkürzt werden kann. In der Tabelle ist auch die Heizenergieeinsparung von 8 % enthalten, die durch den Raumtemperaturabfall in der Nacht erreicht werden kann.

Tabelle 1/5.4: Einsparungen der Heiz- und Kühlenergie bei 1,5-stündiger täglicher Pause der Klimatisierung

Gebäudeteil	Heizenergie MWh/a	Nächtlicher Temperaturfall MWh/a	Kühlenergie MWh/a
A	335	316	107
B	244	117	46
C	614	521	131
D	302	253	94
E	191	176	64
F	741	158	196
G	140	113	42
Insgesamt	2 467	1 654	679

Die Umrechnung der Kühlenergie in die Stromenergie erfolgt mittels eines Kältefaktors 2,7. Damit entspricht die Kühlergieeinsparung von 679 MWh/a der Stromenergie von 252 MWh/a.

Durch den Stillstand der Klimaanlageanlagenmaschinen wird Strom- und Wärmeenergie laut folgender Tabelle eingespart:

Tabelle 2/5.4: Einsparungen der Stromenergie bei 1,5-stündiger Verlängerung des Stillstandes der Klimatisierung an den Arbeitstagen. Anzahl der Arbeitstage beträgt 257.

Gebäudeteil	Leistung der Klima- anlagenmaschinen und Pumpen kW	Energieein- sparung MWh	Einsparung S/a
A	468,6	180,6	141 800,-
B	234,7	90,5	71 000,-
C	501,7	193,4	151 800,-
D	237,7	91,6	71 900,-
E	235,4	90,7	71 200,-
F	689,3	265,7	208 600,-
G	213,2	82,2	64 500,-
Insgesamt	2 580,6	994,7	780 800,-

Das Gebäudeteil II wurde hierbei nicht berücksichtigt. Zur Umrechnung der MWh-Werte in Geld wurde der Mittelwert des Sommer- und des Wintertarifs (Tag) 0,727 S/kWh verwendet, inkl. 8 % Mehrwertsteuer.

BERICHT  
UNIDO ZT-06020-04  
Energieverbrauchsoptimierung in der VIC

FS/LJJ/mis

1981-01-28

5./21

Die beiden obigen Tabellen ergeben die folgende zusammenfassende Tabelle mit den Einsparungen von Heiz-, Kühl- und Stromenergie für die Gebäudeteile A ... G:

Tabelle 3/5.4:

Gebäudeteil	Wärmeenergie S/a	Kühlenergie S/a	Stromenergie S/a	Insgesamt S/a
A	320 900,-	23 900,-	141 800,-	486 600,-
B	177 900,-	10 300,-	71 000,-	259 200,-
C	559 400,-	29 300,-	151 800,-	740 500,-
D	273 500,-	21 000,-	71 900,-	366 400,-
E	180 900,-	14 300,-	71 200,-	266 400,-
F	443 100,-	43 800,-	208 600,-	695 500,-
G	124 700,-	9 400,-	64 500,-	148 600,-
Insgesamt	2 080 400,-	152 000,-	780 800,-	3 013 200,-

Als Wärmeenergiepreis wurde 456,35 S/MWh und als Preis des Stroms für die Kühlung 0,559 S/kWh gemäss dem Sommer-tarif verwendet. In den Endsummen ist die Mehrwertsteuer von 8 % enthalten.

Durch effektiveren Einsatz der Zeitprogramme und durch die Startoptimierung können demgemäss die Einsparungen von etwa 3 000 000 S pro Jahr erreicht werden. Mit der Start-optimierung ist auch der freie Raumtemperaturabfall z.B. auf 17 °C in den Stillstandzeiten verbunden.

Kosten entstehen durch die Planung des effektiveren Einsatzes der Zeitprogramme und durch den Einbau der Startoptimierung in das Gebäudeautomationssystem. Die Kosten für den Ausbau des Programmsystems betragen etwa 300 000 S und die für die anlagentechnischen Änderungen etwa 3 000 ... 10 000 S pro Klimaanlage einschliesslich folgender Massnahmen:

- Steuerung der Temperatur des Heizwassers der Induktionseinheiten (Tag, Nacht, Aufheizung)
- Stellwertsteuerung der Primärlufttemperatur oder Zulufttemperatur
- Steuerung der Umluftklappen im Gebäude C
- Änderungen der Pumpenverriegelungen.

Die Abschätzung der anlagentechnischen Änderungen ist sehr schwierig und die Zahlen sind unter gewissen Vorbehalten angegeben. Mit den Einsparungen können jedoch die Investitionskosten in weniger als zwei Jahren gedeckt werden.

Es empfiehlt sich, die Arbeit an den grössten Klimaanlagenmaschinen zu beginnen. Zur Information über die Kosten sollte von ITT ein Angebot über die Ergänzung des Programmsystems und über erforderliche Ergänzungen der Steuerpunkte und der lokalen Automatik des Gebäudeautomationssystems angefordert werden.

Die Effektivisierung des Einsatzes der Zeitprogramme kann ohne direkte Kosten eingeleitet werden.

#### 5.4.3.3 Sonstige Optimierungen höherer Ordnung

Die sonstigen Optimierungen, die in den Punkten 4.7 und 5.3 beschrieben sind, veranlassen keine erwähnenswerten anlagentechnischen Änderungen, die nicht bereits unter den Ergänzungen im Punkt 5.4.3.2 angeführt sind. Ergänzungen des Programmsystems hingegen sind erforderlich. Für diese betragen die Kosten voraussichtlich 500 000 S.

Durch die gleitenden Raumtemperaturen und relativen Feuchtigkeiten können etwa 6 % Heiz- und 20 % Kühlenergie (1 300 000 S im Jahr) und durch die Nachtkühlung 20 % Kühlenergie (500 000 S im Jahr) eingespart werden.

Die Steuerung der Befeuchter spart 1 800 000 S im Jahr. Die Steuerung der Pumpen der Induktionseinheiten spart 1 200 000 S im Jahr.

#### 5.5 Erfahrungen von den Energieeinsparungsmöglichkeiten mit dem Gebäudeautomationssystem

Die Erfahrungen von eingesetzten Gebäudeautomationssystemen mit vielseitigen Optimierungsteilprogrammen zeigen, dass Energieeinsparungen von 30 ... 40 % erreichbar sind. Laut einer englischen Studie können mit einem Gebäudeautomationssystem noch weitere 15 ... 20 % Energieeinsparungen in einem klimatisierten Bürogebäude erreicht werden, obwohl bereits alles andere für die Energieeinsparung getan worden ist.

## 6. Betriebsorganisation

Sehr häufig zeigt sich, dass eine aktive Betriebsorganisation von ausserordentlich grosser Bedeutung ist. Hochmoderne haustechnische Anlagen allein genügen nicht, sondern zur Bedienung sind ein kompetentes und interessiertes Personal und für dieses wiederum eine Organisation erforderlich, in deren Rahmen die Betriebs- und Instandhaltungsaufgaben des Hauses in bestmöglicher Weise erfüllt werden.

Der effektive Einsatz des Gebäudeautomationssystems setzt voraus, dass in der Betriebsorganisation des Hauses eine Person ist, die die Leistungsfähigkeit des Systems und auch die Eigenschaften der technischen Systeme des Hauses sowie auch deren Beschränkungen kennt. Diese Person soll bei der ständigen Bemühung um eine immer bessere Weise der Steuerung und Ueberwachung der verschiedenen haustechnischen Anlagen die leitende Rolle übernehmen. Ferner soll sie die verschiedenen Möglichkeiten der Energieeinsparung und jenes Energieverbrauchsniveau kennen, das erreichbar ist. Das wichtigste ist jedoch, dass sie Aktivität und Initiative besitzt, da zu vielen Problemen dieser Arbeit keine direkt brauchbaren Lösungen existieren, sondern diese Probleme immer wieder schöpferisch bewältigt werden müssen.

Die VIC ist ein derart grosses Gebäude mit so vielen technischen Anlagen, dass der Betriebszuständige die Gebäudeautomationssysteme auf Computerbasis, die modernen Klimaanlageanlagenregelungen, die Hauptstromzentralen, die Transformatoren, die Notstrom-Dieselaggregate, die Brandschutzsysteme, die Ein- und Ausgangsüberwachung, die Klimaanlageanlagen, die Energiewirtschaft der Immobilien, die Probleme der Arbeitsleitung usw. sehr gut kennen müsste. Es ist offenbar, dass die Betriebsorganisation in ihrem Aufbau deutlich in mehrere Ebenen eingeteilt werden muss. Für einen Teil der Organisationsebenen kann der Einsatz externer Firmen vorgesehen werden, aber insbesondere die Aufgaben der Energieüberwachung sollten jenen Organisationen vorbehalten werden, die die Energierechnungen bezahlen (UNIDO, IAEA).

### 6.1 Instandhaltung

Die direkte Instandhaltung, wobei die Alarmüberwachung, die Betriebszustandsüberwachung und die Laufzeitberechnung des Gebäudeautomationssystems angewandt werden, kann zumindest zum Teil der Arbeitsausführung selbst speziellen Servicefirmen zum Auftrag gegeben werden. Auch der Wartendiensthabende könnte ein Beschäftigter einer externen Servicefirma sein.



### 6.2 Ueberwachung des Energieverbrauchs und des Raumklimas

Für die Ueberwachung des Energieverbrauchs und des Raumklimas sollte jene Organisation zuständig sein, die den Energieverbrauch bezahlt und im Hause und in seinem Raumklima arbeitet.

Die UNIDO und die IAEA sollten einen Klima- und einen Elektronikingenieur beschäftigen. Diese sollten damit beauftragt werden, die effektive Nutzung des Gebäudeautomationssystems zu leiten und zu überwachen, die Instandhaltungsaktivitäten zu überwachen und den Energieverbrauch und das Raumklima mittels der Berichte des Gebäudeautomationssystems zu verfolgen. Diese Ingenieure wären gleichzeitig Vorgesetzte oder Aufseher der Wartendhabenden.

Ein anderer Weg ist diese Leistungen von einem externen Unternehmen zu kaufen, wobei der Auftrag so lange währt, bis der Energieverbrauch und die Betriebsart der Anlagen die gewünschten Bahnen eingenommen haben.

### 6.3 Weitere Entwicklung

Bei einem Gebäude wie VIC ist die Reduzierung des Energieverbrauchs mit der damit verbundenen Umbauplanungs- und -ausführungsarbeit eine dermassen langfristige Aufgabe, dass dafür Kapazität reserviert werden müsste, die nicht mit alltäglichen Routineaufgaben voll besetzt ist.

Die weitere Entwicklungsarbeit gehört jenen Personen, die für die Ueberwachung des Energieverbrauchs und des Raumklimas zuständig sind. Sie müssen auch mit anderen Immobilien Verbindungen unterhalten und stets über die jüngste Entwicklung des Fachgebietes informiert sein.

## 7. Empfehlungen

### 7.1 Die unmittelbaren Schritte

#### 7.1.1 Elektrische Anlagen

##### 7.1.1.1 Beleuchtung

Für die Büroräume wird die Absenkung der Beleuchtungsstärke durch Ausserbetriebsetzung der Leuchtenreihe an der Korridorseite empfohlen. Die Einsparungen könnten dabei sogar 750 000 S im Jahr sein. Ferner wird der allmähliche Austausch der 40-W-Leuchtstoffröhren gegen 36-W-Hochleistungs-röhren empfohlen. Die Ausstattung der Leuchten mit Reflektoren muss untersucht werden.

Die Beleuchtungsstärke der Treppenhäuser kann vermindert werden, indem eine der zwei Röhren jeder Leuchte entfernt wird.

Im Speisesaal wird eine Verkleinerung der Beleuchtungsgruppen empfohlen, weil die Beleuchtung der Aussenzone unnötig brennt. Dasselbe betrifft auch die anderen tiefen Räume.

Die Beleuchtungsstärke im Freien sollte vielseitiger ausgenutzt werden, indem z.B. zwei Beleuchtungsgrenzen verwendet werden, wobei die Beleuchtung der Büroräume durch das Gebäudeautomationssystem entweder auf die Hälfte des Maximums beschränkt oder deren Benutzung völlig verhindert werden kann.

Eine Verkürzung der Zeit der elektrischen Beleuchtung der Büroräume um eine Stunde an den Arbeitstagen ermöglicht Einsparungen von etwa 550 000 S im Jahr. Dies kann durch Information des Personals und durch die Zeitprogramme des Gebäudeautomationssystems erzielt werden.

##### 7.1.1.2 Rotierende Maschinen

Die Verkürzung der Laufzeit von Maschinen durch die Zeitprogramme des Gebäudeautomationssystems spart sowohl Wärme als auch elektrische Energie. Eine einstündige Verkürzung im Betrieb aller Maschinen täglich würde eine Einsparung von etwa 2 000 000 S im Jahr ergeben.

Der durch die Zeitprogramme des Gebäudeautomationssystems gesteuerte intermittierende Betrieb der Maschinen ermöglicht Einsparungen von 500 000 S im Jahr. Die Startoptimierung des Gebäudeautomationssystems verkürzt die Laufzeit der Gebläse und Pumpen durchschnittlich um eine halbe Stunde pro Tag, wobei die Einsparung etwa 1 000 000 S im Jahr beträgt.

Die Betriebszeit der Kühlanlage kann verkürzt werden, indem ein grösserer Schwankungsbereich der Raumtemperaturen zugelassen wird (Gleiten) und durch Einsatz der Nachtkühlung anfangs durch die Zeitprogramme und später durch das Steuerprogramm des Gebäudeautomationssystems für die Nachtkühlung.

Die Beschränkung der Spitzenleistung kann unmittelbar durch Wechsel und Abstufung der Betriebszeiten der Maschinen realisiert werden. Durch die Grenzwertüberwachung der Leistungsmessung kann die Entstehung der Leistungsspitze vorgebeugt werden, indem manuelle Beschränkungsmassnahmen vorgenommen werden. Der Einsatz des Lastabwurfprogrammes des Gebäudeautomationssystems wäre jedoch viel schneller und sicherer. Die Einsparungen dabei betragen etwa 520 000 S im Jahr.

Bei der Einschaltung der Kühlanlagen sollten andere Lasten ausgeschaltet werden. Der Einsatz der Dieselmotoren zum Ausgleich der durch die Kühlmaschinen verursachten Leistungsspitze wäre mit den Reaktionsprogrammen des Gebäudeautomationssystems möglich. Dies setzt Änderungen an den Stromspeiseschaltungen und den Einbau weiterer Steuerpunkte in das Gebäudeautomationssystem voraus. Die Einsparungen können sich auf etwa 2 000 000 S im Jahr belaufen.

Die Organisationen sollten im Gebäude so untergebracht werden, dass die Wirkungsbereiche der Klimaanlage berücksichtigt werden. Dies ist in der Praxis schwierig, da die Bereiche recht gross sind, was leicht lange Laufzeiten der Klimaanlage zur Folge hat.

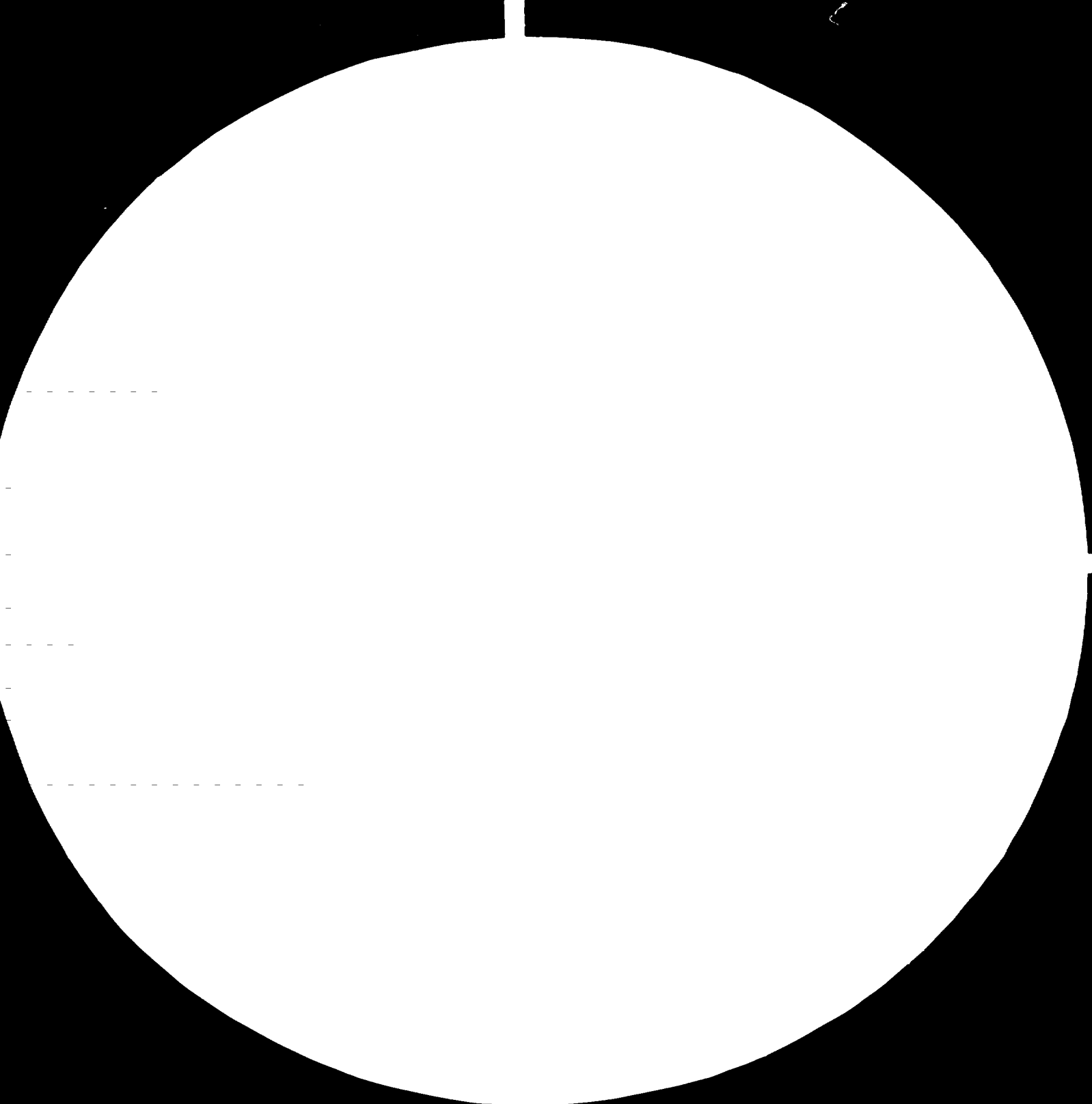
#### 7.1.2 Heizung, Kühlung, Klimatisierung und Sanitätsanlagen

Die Laufzeiten der Klimaanlage werden den Benutzungszeiten des Gebäudes angepasst. Nach den Wirkungsbereichen der Maschinen werden wöchentliche Betriebstabellen ausgearbeitet (Bild 1/7) und die Maschinen sind nur dann im Betrieb, wenn der Bereich mindestens zu 10 % von der Gesamtzahl des Personals besetzt ist. Dies erfordert keine Investitionen, aber die Einsparungen im Rahmen des gesamten VIC-Komplexes können insgesamt 2 000 000 S betragen, wenn die Maschinen durchschnittlich um eine Stunde länger als derzeit pro Tag ausser Betrieb sind.

Der Richtwert der Temperaturen der Büroräume im Tagesbetrieb im Winter wird auf 21 °C (70 F) und im Sommer auf 25 °C (78 F) gesetzt. Im Winter wird der Kühlwasserumlauf der Induktionseinheiten entweder abgesperrt oder auf "Free cooling" geschaltet. Im Sommer ist der Heizwasserumlauf ausser Betrieb. Dies erfordert keine Investitionen, die Einsparungen für den gesamten VIC-Komplex

C - 594







MP Resolution Test Chart (NBS 1963-A) © 1987

Resolution Test Chart (NBS 1963-A) © 1987

1.0

1.1

1.25

1.5

1.6

1.8

2.0

2.2

2.5

2.8

3.2

3.6

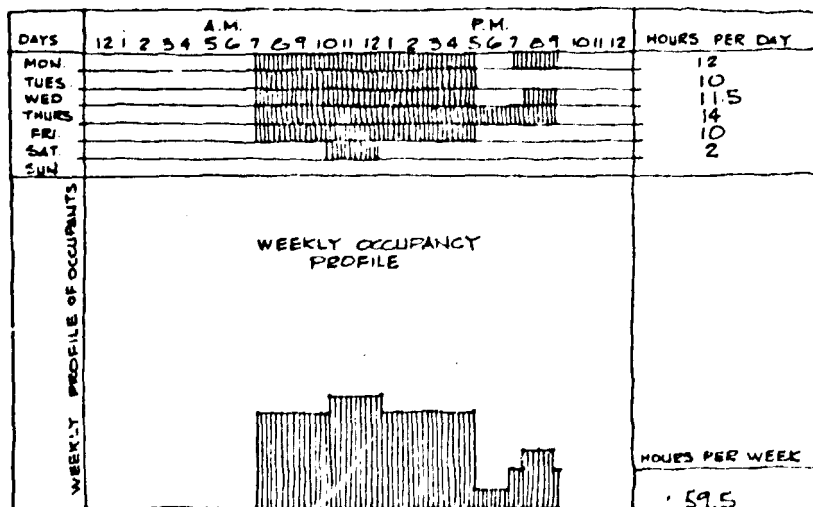
können sich aber auf 1 500 000 S belaufen, wenn die Raumtemperaturen im Winter um 1 °C niedriger und im Sommer um 2 °C höher als heute sind.

Die Feuchtigkeit der Raumluft der Büroräume sollte nach der Feuchtigkeit der Aussenluft gleiten. Die Befeuchtung wird dabei nur zur Aufrechterhaltung des Minimums, 30 %, eingesetzt. Trocknung durch Kühlung und anschliessende Heizung wird nie verwendet. Die Abkühlung der Primärluft auf 18 °C trocknet die Raumluft genügend. Dies erfordert keine Investitionen. Die Einsparungen hingegen können im Mass-Stab des gesamten VIC-Komplexes insgesamt 1 800 000 S betragen, wenn die Zuluft lediglich auf 30 % statt den jetzigen 40 % befeuchtet wird.

Die Auslaufrohre der Waschbecken und Duschen werden mit einem Mengenbegrenzer versehen. Bei Waschbecken werden Begrenzer mit 0,1 l/s Maximalfluss und bei Duschen mit 0,2 l/s eingesetzt. Die Kosten dieser Änderungsarbeit betragen 160 000 S und die Einsparungen für den gesamten VIC-Komplex 208 000 S/a. Die Arbeit kann auch in Phasen im Laufe mehrerer Jahre durchgeführt werden.

Die Warmwassertemperatur wird von 45 °C auf 38 °C herabgesetzt. Dadurch fliesst gleich passendes, körperwarmes wasser direkt aus dem Heisswasserrohr der Zweihand-Mischbatterie und der unnötige Ablass wird vermindert. In dem Rohrweig für die Küche wird die Warmwassertemperatur unverändert gehalten. Jene Armaturen in sonstigen Räumen, die Wasser von mehr als 30-°C-Temperatur erfordern, werden mit örtlichen Nachwärmern versehen. Der Anschaffungspreis der Änderungsarbeiten beträgt etwa 100 000 S und die Einsparungen belaufen sich auf etwa 206 000 S im Jahr. Die Arbeit kann in Phasen nach Versorgungsbereichen durchgeführt werden.

Bild 1/7: Beispiel eines Hausbenutzungsdiagramms für eine bestimmte Woche



### 7.1.3 Ausnutzung des Gebäudeautomationssystems

Der Einsatz der Grundfunktionen des Gebäudeautomationssystems ist sehr wichtig und dringend. Sowohl die Zuverlässigkeit der Messwerte als auch die richtige Anknüpfung der Steuerungen sind zu sichern. Die Ausnutzung des Systems kann nur auf verlässlicher Informationsvermittlung zwischen der zentralen Anlage in der Warte und den peripheren Überwachungs- und Steuerobjekten im Gebäude basieren.

Die Teilprogramme des Systems sind zusammen mit dem Lieferanten, dem Planungsingenieur und dem Anwender so zu prüfen, dass der Anwender eingehend über das Nutzpotaential des Systems und vor allem über die zu steuernden Prozesse informiert wird.

Verfahren und Routinen zur Feststellung der Systemfunktionen und zur Aufrechterhaltung dessen Einsatzbereitschaft aber auch zur Nutzarmachung der verfügbaren Information und zur Ausführung der Erhaltungsmaßnahmen für die Grundfunktionen müssen entwickelt werden.

Die Energieverbrauchsmessungen müssen dem Gebäudeautomationssystem angeschlossen werden und für die Berichterstattung über den Energieverbrauch muss ein System aufgebaut werden, womit die Auswirkungen der Sparmassnahmen leicht verfolgt werden können. Auch jene Berichterstattung, die für die Überwachung des Raumklimas dient, ist zu entwickeln.

Die Dokumentation der technischen Systeme der VIC muss auf einen solchen Stand gebracht werden, dass sie bei der täglichen Betriebs- und Instandhaltungsarbeit ausgenutzt werden kann. Die Farbmonitorschemata müssen in vollem Umfang eingesetzt werden.

Der Einsatz der Zeitprogramme muss intensiviert werden unter der Bemühung, die durch das Raumklima gesetzten Grenzen zu finden.

Die Betriebszeitzählung muss zum Nutzen der Instandhaltungsaktivitäten eingesetzt werden.

Es muss angestrebt werden, das Lastkurvenprogramm zuerst auf Grundlage der Messung der elektrischen Leistung in dem gesamten VIC-Komplex und später auf Grundlage der auf Gebäudeteile bezogenen Messungen einzusetzen.

Die Nachtkühlung kann anfangs in der kältesten Nachtzeit in der Kühlperiode durch Zeitprogramme eingeführt werden. Später kann dem Gebäudeautomationssystem ein separates Steuerprogramm für Nachtkühlung angeschlossen werden.



Die Heiz- und Kühlwasserpumpen der Induktionseinheiten können durch die Reaktionsprogramme auf Grundlage der Temperaturmessungen der Testräume gesteuert werden.

In der Stillstandzeit wird die Wassertemperatur in den Heiznetzen der Induktionseinheiten auf 50 °C gehalten oder die Heizwasserpumpe wird ausgeschaltet, sobald eine Temperatur der Testräume auf 17 °C ist. Erst dann wird die Temperatur durch die Reaktionsprogramme auf 85 °C erhöht oder die Pumpe wird eingeschaltet.

Die Wiederherstellung der Temperaturen nach den Stillstandzeiten erfolgt durch die Zeitprogramme. Später wird ins Gebäudeautomationssystem das Ein-/Aus-Optimierungsprogramm eingebaut.

Die Befeuchtung wird mittels des Ober- und Untergrenzalarms der Raumfeuchtigkeitsmessungen und der Reaktionsprogramme so gesteuert, dass sie auf einem ausreichenden, aber nicht unnötig hohen Stand gehalten wird.

Die Kosten sonstiger Massnahmen für die Einsparung der Energie werden detailliert ermittelt.

#### 7.1.4 Betriebsorganisation

Die Betriebsorganisation muss so aufgebaut werden, dass die UNIDO und die IAEA die Aktivitäten der Wartendiensthabenden und die Art der Ueberwachung und der Steuerung der technischen Anlagen der VIC ständig beeinflussen können.

Zu diesem Zweck müssen die UNIDO und die IAEA eine Person beschäftigen, die mit den Möglichkeiten des Gebäudeautomationssystems sowie auch den zu überwachenden und zu steuernden Prozessen vertraut ist. Diese Person könnte die Ueberwachung und Leitung des Wartendiensthabenden und des Gebäudebetriebsleiters übernehmen. Vor allem sollte sie sich auf die Verminderung des Energieverbrauchs und auf die Entwicklung neuer Verfahren dafür konzentrieren.

Mit der Instandhaltung kann eine externe einschlägige Firma beauftragt werden. Der betreffende Leiter muss jedoch ein Angestellter einer der Raumbenutzungsorganisationen sein.

#### 7.2 Mit bedeutenden Investitionen verbundene Massnahmen

##### 7.2.1 Elektrische Anlagen

###### 7.2.1.1 Beleuchtung

Die Beleuchtungsgruppen, die durch das Gebäudeautomationssystem gesteuert werden können, sollten so geändert

werden, dass sie den Arbeitsbereichen der verschiedenen Organisationen entsprechen.

Die Leuchten der Büroräume werden mit Reflektoren ausgestattet.

Zur Beschränkung der Raumbeleuchtung wird die fassadenbezogene Messung der Beleuchtungsstärke im Freien eingesetzt.

#### 7.2.1.2 Rotierende Maschinen

Zum Ausgleich von Leistungsspitzen werden Dieselgeneratoren eingesetzt, und die entsprechenden Schaltungsänderungen werden vorgenommen.

Die Steuerschaltungen der Pumpen werden so umgebaut, dass sie entsprechend dem Lastabwurfprogramm und auch den sonstigen Optimierungsprogrammen des Gebäudeautomationsystems eingesetzt werden können.

#### 7.2.2 Heizung, Kühlung, Klimatisierung und Sanitätsanlagen

##### - Luftströme

Die Luftströme der Klimaanlage der Büroräume werden um 25 ... 33 % reduziert, um bei der Heizung, Befeuchtung und Kühlung der Primärluft Energie zu sparen. Die Heizleistung der Induktionseinheiten reduziert sich gleichzeitig um 18... 26 %, was bei Bedarf durch Erhöhung der Temperaturen des Wasserkreises kompensiert werden kann. Die Kühlleistung reduziert sich ebenfalls um 18 ... 26 %, was teils durch die gleitende Temperatur während des Tagesbetriebes kompensiert werden kann. Durch Steuerung der Kühlleistung auf die sonnigen Fassaden können die Raumtemperaturen besser beherrscht werden. Der Anschaffungspreis der Änderungsarbeiten beträgt 91 000 S und die erreichbaren Einsparungen belaufen sich für den gesamten VIC-Komplex auf 1 660 000 S, wenn der Primärluftstrom um 33 % reduziert wird. Die Arbeit kann in Phasen, z.B. nach Klimabereichen, durchgeführt werden. Die Abluftströme werden jeweils im Umfang der Zuluftströme verringert.

##### - Wärmerückgewinnung

Die Klimaanlage der Büroräume werden mit Wärmerückgewinnung versehen. Die Wärmerückgewinnung erfolgt mittels Kühlelemente in den Abluftmaschinenräumen auf dem Dach. Die Wärme wird unter Verwendung einer frostgeschützten Lösung als Medium in das Vorwärmerelement der Zuluftmaschine in der Zwischenschicht übertragen. Von dem Energiegehalt der Abluft können etwa 50 % zurückgewonnen werden. Dies ergibt eine Einsparung von 3 700 000 S/a für den gesamten VIC-Komplex. Die Investitionen betragen voraussichtlich insgesamt 10 095 000 S. Den endgültigen Preis kann man nur vom Angebot eines Klimaanlageunternehmers erfahren.

Dabei müssen den Berechnungen detaillierte Pläne zugrundeliegen. Die Wärmerückgewinnung kann in Phasen nach Klimaanlageanlagen durchgeföhrt werden.

#### - Sonnenschutzfilme

Die Sonnenschutzfilme werden auf die Innenflächen der Fenster angebracht. Dazu wird ein Filmtyp gewählt, der möglichst viel reflektiert und möglichst wenig absorbiert. Der Durchlässigkeitsfaktor für sichtbares Licht soll deutlich besser sein als der für das ganze Spektrum der Sonnenstrahlung. Der Durchlässigkeitsfaktor für Sonnenstrahlung sollte etwa 0,3 ... 0,6 sein. Der Farbton und die Verdunklung des Films sind auch eine wichtige architektonische Frage.

Die Filme ergeben direkte Einsparungen durch reduzierte Kühl- und Heizkosten im gesamten VIC-Komplex etwa 914 000 S/a. Indirekte Einsparungen werden dadurch erreicht, dass die Filme die Reduktion der Primärluftströme um ein Drittel (s. Pkt. 7.2.2) sowie die effektivere Verwendung der gleitenden Raumtemperatur ermöglichen.

Der Anschaffungspreis der Filme beträgt etwa 2 000 000 S. Die Arbeit kann in Phasen durchgeföhrt werden. Es empfiehlt sich, jeweils eine Fassadenfläche vorzunehmen, die dem Bereich einer Klimaanlage entspricht, wobei im betreffenden Bereich die Änderungen infolge des geringeren Kühlbedarfs: Reduktion der Luftströme und Sollwertverstellungen durchgeföhrt werden können. Die Filme können auch nach Wunsch entfernt und der frühere Zustand der Fenster wiederhergestellt werden. Filme, die an die Aussenfläche angebracht sind, werden durch Regen, Wind, Staub, Reinigung, Frost usw. schnell verschleisst.

#### 7.2.3 Weiterer Einsatz des Gebäudeautomationssystems

Der Einsatz der im Punkt 5. beschriebenen Optimierungsprogramme erfordert Investitionen für die Ergänzung des Programmsystems des Gebäudeautomationssystems sowie für den Einbau weiterer Anschlüsse zwischen dem Gebäudeautomationssystem und den örtlichen Reglern.

Die erreichbaren Einsparungen betragen jedoch etwa 30 % der Energiekosten, und somit ist die ständige Ergänzung und der Ausbau der Teilprogramme des Gebäudeautomationssystems begründet. Planungsarbeit ist dafür in grossem Umfang erforderlich, aber wenn diese Arbeit in Phasen aufgeteilt wird, wird der Haushalt der VIC nur je nach den erreichten Einsparungen belastet.

#### 7.3 Mit weiteren Untersuchungen verbundene Massnahmen

##### 7.3.1 Elektrische Anlagen

Die Ueberprüfung der Auslegung der Gebläsemotoren wäre begründet. Der Austausch von Motoren ist jedoch so aufwendig, dass er wahrscheinlich nicht vertretbar ist.

Die Verriegelungen zwischen den Kühlmaschinen und den Pumpen sind wahrscheinlich richtig geregelt, es wäre aber begründet zu sichern, dass nicht unnötig viele Pumpen im Betrieb sind, wenn nur ein Teil der Kühlmaschinen läuft.

Es könnte rentabel sein, die Dieselgeneratoren auch längere Perioden während der Winterzeit zu fahren, wenn sie mit Wärmerückgewinnungsanlagen versehen werden. Diese Angelegenheit muss anhand von wöchentlichen Lastschwankungsdaten untersucht werden. Danach kann die Rentabilität der Fahrweisen errechnet werden.

### 7.3.2 Heizung, Kühlung, Klimatisierung und Sanitätsanlagen

#### - Abwärmeverwertung

Die Kondensatwärme der Kühlmaschinen könnte eventuell durch einfache Massnahmen zur Vorwärmung des Warmwassers ausgenutzt werden. Der Wärmetauscher des Warmwasserkreises wird in den Kühlwasserkreis des Turms installiert und das vorgewärmte Gebrauchswasser wird aus der technischen Zentrale durch eine neue Rohrleitung im Kollektor zur Warmwasser-Aufbereitungszentrale des Gebäudes C geleitet. Zur Klärung dieser Angelegenheit müssten die Fluss-Schwankungen des Warmwasserverbrauchs und der Lagerungsbedarf von Warmwasser untersucht werden.

#### - Leckagen

Die gashaltenden Abdichtungen des Gebäudes sollte immer verbessert werden, wenn Leckagen erkannt werden, denn Luftleckagen bedeuten grossen, ständig wirkenden Verbrauch. Um die Durchströmung in den Treppenhäusern zu verringern, sollte die Möglichkeit untersucht werden, an den unteren Enden der Treppen Windfänge zu bauen. Die Rauchabzugspassagen müssen auch durch die Windfänge gesichert werden. Die Durchströmung der Rauchabzugsgeläse sollte durch Verbesserung der Dichtheit der Sperrklappen reduziert werden.

#### - Wände

Durch Versorgungs- und Ladetüren können grosse Luftleckagen vor, wenn die Türen geöffnet sind. Die schlimmsten Stellen könnten durch Installation von Luftvorhangmaschinen verbessert werden. Der Heizbedarf und die Luftleckagenpassagen der Laderäume zu den anderen warmen Räumen sollte zur Lokalisierung der wichtigsten Objekte untersucht werden.

Es wäre vielleicht rentabel, die Fensterscheiben hinter den Düsenkonvektoren in den Aussenzonen der Eingangshallen mit Wärmedämmplatten zu bedecken. Zur Zeit verursachen diese Fenster wegen des warmen Konvektors, der

dazwischen starke Luftzirkulation bewirkt, bedeutende Wärmeverluste. Im Sommer entsteht dadurch Kühllast, wenn die Sonne auf die schwarze Konvektorrückwand scheint und die Wärme von da aus durch den Sekundärstrom in die Halle dringt. Tageslicht ist auf jeden Fall wegen des Konvektors bei der untersten Scheibe ausgeschlossen. Die Dämmplatte könnte etwa 5 cm stark, möglichst effektiv reflektierend und direkt an das Glas angebracht sein. Hierbei müssen auch die architektonischen Aspekte berücksichtigt werden, aber die Einsparungen würden bei der Energie etwa  $130 \text{ S/m}^2 \text{ a}$  betragen.

#### 7.3.3 Einsatz des Gebäudeautomationssystems

Es müsste untersucht werden, wie jene Optimierungsprogramme im VIC-System eingesetzt werden könnten, die in den neuesten Gebäudeautomationssystemen von ITT enthalten sind. Dies ist möglich zumindest, wenn die Zentralanlage gegen ein neues Modell ausgetauscht wird, aber dadurch entstehen Kosten auch auf der Unterzentralebene.

VIC Energy Consumption Study - Disposition of Recommendations

Rec. No.	Chapter Reference	Recommendation	Potential Annual Savings (in AS)	Investment Required	Disposition
1	2.1.4	Change Temperature Range from 22°C - 24°C to 21°C - 26°C	1,500,000		These standards are acceptable. BMS will contact IAKW to adjust equipment accordingly. * Impossible - over 5000 thermostats would have to be adjusted by hand twice yearly.
2	2.1.4	Change relative humidity range from 40% - 50% to 30% - 60%	1,800,000		This range cannot be altered due to the static electricity created when humidity is less than 40 - 50%. * The humidifying equipment is only used from October through May.
3	2.1.5	Reduce air flow from 12.5 l/s to 10 l/s	1,660,000	91,000	Difficult to implement because the air jets of each induction unit will require modification. * This will be tested in buildings A, D during week 44/80.
4	2.2.1	Reduce illumination levels in offices to 500 lx from 600 - 650 lx			Accepted - means of implementation embodied in later recommendations (6, 7, etc.).

VIC Energy Consumption Study - Disposition of Recommendations

Rec. No.	Chapter Reference	Recommendation	Potential Annual Savings (in AS)	Investment Required	Disposition
	3.1.1	Control the switching off of lights in the evening and in unoccupied rooms	549.000		Accepted - tied to software improvements in the b.a. system. * Implementation commenced during the summer of 1980.
6	3.1.1	Eliminate the <sup>inner</sup> outer row of lights in each office room	750.000	BMS Labour	Accepted - BMS investigating means of implementation.
7	3.1.1	Replace 40W tubes with 36W tubes			Accepted. BMS has been able to take advantage of a special offer by Philips and is acquiring 36 W tubes at a price which is just marginally greater than that of the 40 W tube.
8	3.1.2	Use lighting sensors in the building automation system to reduce illumination levels by 50% or completely switch off when unnecessary	n.a.	BMS Labour and hardware	Accepted - tied to b.a. system. * Additional lux meters and wiring required for the b.a. system could be expensive.

VIC Energy Consumption Study - Disposition of Recommendations

Rec. No.	Chapter Reference	Recommendation	Potential Annual Savings (in A\$)	Investment Required	Disposition
9	3.1.3	Reduce the lighting control groups presently covering four floors to a smaller one which would permit more lights to be turned off during unoccupied hours.	n.a.	BMS labour and hardware	Appears reasonable. BMS to investigate complications of rewiring. * Additional distributors and relays required - could be expensive.
10	3.1.3	Paint the ceiling of the parking houses white to increase illumination.			Accepted with very low priority. Test should be made to check benefits.
11	3.1.3	Attach clock switches to those light groups not included in the building automation system.			Not accepted - an effort will be made to expand the b.a. system to include all lighting groups.
12	3.1.4	Reduce illumination in parts of the staircases			Accepted - BMS is in the process of implementing this recommendation.



VIC Energy Consumption Study - Disposition of Recommendations

Rec. No.	Chapter Reference	Recommendation	Potential Annual Savings (in AS)	Investment Required	Disposition
12	3.2.1	Reduce the running time of fans, pumps and chillers by 1. turning them off via the b.a. system 2. checking the local interlockings for redundancy of groupings			Requires discussion with IAKW, ITT (b.a. system supplier), and BMS staff to verify capabilities. * Step 1 is very difficult due to the slow reaction time of the equipment; Step 2 - technically impossible Step 3 - large investments for the b.a. system needed.
13	continued	3. utilizing the sensor devices of the b.a. system to react when heating or cooling unnecessary.			
14	3.2.1 3.3.1 4.7.2	Optimize time programs by allowing for start/stop features.	550.000		Accepted - tied to b.a. system. *This has been in operation since 16/10/90 - 90 minutes reduction in running time introduced.
15	3.2.1	Turn off some machines automatically for five minutes each hour.	364.600		Accepted dubiously - it could be better to shut down the system for one hour over lunch time. BMS investigating. * IAKW is firmly opposed to this recommendation.

VIC Energy Consumption Study - Disposition of Recommendations

Rec. No.	Chapter Reference	Recommendation	Potential Annual Savings (in AS)	Investment Required	Disposition
10	3.4.1	Phase the start-up of electrically powered equipment to reduce peak-load demand.	566.600		Accepted - tied to b.a. system. * The peak power demand has been spread over 28 minutes.
11	3.4.1	Use the emergency generators to decrease peak load demand.	2.066.400	40.000	Not accepted - the two sources are mutually exclusive and Austrian law prohibits the <del>act</del> procedure.
12	4.4.2.1	Instruct occupants to properly use venetian blinds, e.g. by lowering and closing them each evening prior to departure.			Accepted - savings dubious.
13	4.4.2.2 4.4.2.4	Install solar protective film on those facades of the VIC complex which are exposed to prolonged direct sunlight.			Basically not accepted. Tests show that proper use of blinds achieves the same results.

VIC Energy Consumption Study - Disposition of Recommendations

Rec. No.	Chapter Reference	Recommendation	Potential Annual Savings (in AS)	Investment Required	Disposition
20	4.5.1 4.5.6	Install a water-glycol heat recovery system to trap warm exhaust air for re-use in the heating system.	3.702.000	10.095.000	Accepted in principle - must be thoroughly reviewed with IAKW. * This is impossible in Bldg. C. In the other buildings, despite severe space limitations it is possible. Total estimated cost - AS 20.000.000
21	4.6.1	Install flow restrictors in the water taps to reduce water consumption volume.	200.000	150.000	Accepted. BMS will proceed to implement.
22	4.6.2	Reduce the temperature of the warm water system from 45°C to 38°C, supplying auxiliary electric heaters to those areas requiring water warmer than 38°C.	100.000	206.000	Accepted. BMS to co-ordinate implementation with IAKW. * Reduction to 38 °C is impossible because the temperature is set at 5° intervals. The temperature was reduced to 40°C in summer 1980.
23	4.6.3	Reduce the volume of WC flushing reservoirs by placing 2 to 3 litres of polystyrene particles in each reservoir.	95.000	20.000	Accepted in principle. BMS will check other means of flow reduction. * Flow can be reduced by adjusting the float. The polystyrene particles are unnecessary.

VIC Energy Consumption Study - Disposition of Recommendations

Rec. No.	Chapter Reference	Recommendation	Potential Annual Savings (in AS)	Investment Required	Disposition
24	4.7.3	Optimize the primary air setpoint temperature through correlation with the outside temperature.			Accepted - tied to b.a. system. * IAKW must investigate this recommendation further.
25	4.7.4	Use outdoor air to cool the complex overnight in summer.			Accepted - requires software modifications in the b.a. system. * This recommendation will be tested by IAKW next summer.
26	4.7.5	Allow the water temperature in the induction unit net-work to drop at night and re-heat by shock treatment just prior to building occupancy in the morning.			To be checked with IAKW. Shock treatment may not be possible with present equipment. * Further investigation by IAKW required.
27	4.7.6	Limit cooling power by directing it to those parts of the complex where cooling demand is highest.			Probably impossible due to building and system design. To be investigated further by RMS. * Further investigation by IAKW required.

VIC Energy Consumption Study - Disposition of Recommendations

Rec. No.	Chapter Reference	Recommendation	Potential Annual Savings (in AS)	Investment Required	Disposition
29	4.7.7	Compare the temperature of exhaust air from building C with that of the outdoor air and adjust the supply and return air dampers accordingly (Enthalpy optimization)			Accepted in principle. A detailed study is required. In view of the priority (Bldg. C uses least heating and cooling power of all buildings) probably not feasible. * This recommendation has been, in effect, implemented.
29	4.7.8	Allow minimum room temperature to reach 17°C and relative humidity to reach a maximum level of 75%.			Accepted tentatively - tied to b.a. system. * Further investigation by IAKW required.
30	4.7.9.1	Set the primary air heating coil pumps to run only when outside air temperature is below 16°C.			Accepted - tied to b.a. system. * This recommendation is operative - automatic adjustment is impossible but is done manually.
31	4.7.9.2	Set the primary air cooling coil pumps to run only when outside air temperature is above 17°C or pilot room temperature is above 24°C.			Accepted - tied to b.a. system.

VIC Energy Consumption Study - Disposition of Recommendations

Rec. No.	Chapter Reference	Recommendation	Potential Annual Savings (in \$)	Investment Required	Disposition
3	4.7.9.3	Set the induction unit pumps so that the heating and cooling networks cannot operate simultaneously.			Accepted - to be implemented in due course by BMS. * IAKW reports that this is impossible due to the 4-pipe design of the system.
3	5.2.1	Confirm the accuracy of the b.a. system sensors - calibrate temperature devices annually and humidity devices semi-annually.			Accepted - but in view of the basic priority to achieve a functioning b.a. system, these refinements will require significant time to implement.
3	5.2.2	Train BMS and maintenance contractor staff thoroughly in the functions of the b.a. system.			- " -
3	5.2.3	Ensure follow-up of messages and reports received from the b.a. system.			- " -

VIC Energy Consumption Study - Disposition of Recommendations

Rec. No.	Chapter Reference	Recommendation	Potential Annual Savings (in AS)	Investment Required	Disposition
36	5.2.3.2 5.2.3.3	Develop specialized reports (e.g. for temperature and humidity) from the b.a. system.			see Rec. Nos. 33 - 35 * Implemented in October 1980
37	6.2 6.3	Tasks related to energy conservation should be assigned to BMS staff (not contracted out).			Accepted - Vacant posts are under recruitment. Available staff are involved to the extent possible.
38	7.1.1.1	Study the possibility of adding reflectors to the light housings.			Accepted - study of this recommendation has already commenced. * Partial implementation achieved. Balance subject to investment.
39	7.1.1.1	Divide the lighting groups into smaller sections in the restaurant and other wider areas to minimize the need for illumination in outer areas.			Accepted - rewiring and modification of the switching is required. Will be implemented in due course.

VIC Energy Consumption Study - Disposition of Recommendations

Rec. No.	Chapter Reference	Recommendation	Potential Annual Savings (in AS)	Investment Required	Disposition
40	7.1.2	Adapt the operating time of the air conditioning units to the working hours.	1.500.000		Accepted - will be implemented after agreement with Head, GSS and Director, Administration. * See Recommendation 14.
41	7.1.3	Arrange completion of documentation of all VIC technical systems including a full set of colour monitor schemes.			Accepted - BMS has consistently requested this documentation. To date, some 10 % is completed. * By end '80 10 - 15 of a possible 200 diagrams will be available. This item has lower priority.
42	7.1.3	Increase the use of time programs in the b.a. system			Accepted. Due to the generally tentative condition of the b.a. system and the seeming lack of progress in achieving the full potential of the b.a. system, consideration should be given to intervening at the highest possible level in order to resolve the many shortcomings of the system. *)
43	7.3.2	Attach heat exchangers to the chillers in order to preheat domestic hot water.			This is an expensive proposition and involves the "Übergabebauwerk" which is not the property of the organizations. The legal, technical and fiscal aspects of the recommendation remain to be investigated. *)

\*) see attached page





-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

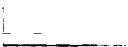
-

-

-

-

-



-

-

---

Disposition

---

ad 42) \* Since October '80, the supplier has made significant progress in making software of the b.a. system available.

ad 43) \* IAKW reports that this recommendation is impossible to implement.

VIC Energy Consumption Study - Disposition of Recommendations

Rec. No.	Chapter Reference	Recommendation	Potential Annual Savings (in A\$)	Investment Required	Disposition
44	7.3.2	Build vestibules at the bottom of all staircases to minimize cross-flow.			Accepted. The matter is being further studied in order to determine how much of the cost will be assumed by the host government. * MA 35 prohibits such construction Cross-flow is the only source of ventilation in the staircase.
45	7.3.3.2	Decrease natural ventilation through airlock ducts by tightening the dampers.			Cannot be accepted - there are no dampers. The Fire Safety Unit will be requested to investigate the matter further.
46	7.3.4.2	Study the possibility of using air curtains at service doors and loading platforms			The possibility of installing an air curtain at the commissary loading platform is being studied. Otherwise wind breaks will be created at the service doors. * An air curtain is presently installed at the commissary loading platform. Wind traps will be used elsewhere as they do not conserve energy in order to fulfill their purpose.
47	7.3.4.3	Investigate weak points of heat insulation, e.g. the glass wall behind the induction units on the entrance level.			Accepted. The application of reflecting insulation has already commenced.

Antworten auf die Stellungnahmen

UNIDO Buildings Management Section, General Services/ Division of Administration und die gemeinsame Arbeitsgruppe UNIDO/IAEA für Energieeinsparung sowie IAKW haben den präliminaren Bericht studiert. Beilage Nr. 1 enthält ihre entsprechenden Stellungnahmen.

In vielen Details stimmen die Ansichten des Bestellers und des Konsulenten überein, und zu diesen Punkten gibt es daher weiter nichts hinzuzufügen. Einige Punkte erfordern Erläuterungen. Die betreffenden Vorschläge und Angelegenheiten des Berichts werden daher im folgenden präzisiert.

Ref.-Nr. Bericht-Nr.

15. 3.2.1 Verkürzung der Laufzeit  
Intermittierender Betrieb einiger Anlagen wurde zur Einsparung von Energie an einigen Objekten u.a. in den USA mit guten Resultaten praktiziert. Die Anwendungsmöglichkeiten dieses Verfahrens sind durch das Objekt selbst, durch die Qualitätsniveauanforderungen und durch die Formen der Landesvorschriften für Luftwechsel bedingt.
19. 4.4.2.2 Auswirkungen aufgeklebter Sonnenschutzfilme  
Die Verbesserung des Sonnenschutzes der Fenster bestehender Gebäude durch nachträgliche Montage von Sonnenschutzfilmen wird häufig vorgeschlagen. Dieses Verfahren hat bei Fenstern mit einem Glas gute Resultate ergeben. Vor kurzem wurde ein kombinierter Sonnenschutz- und Wärmeisolierungsfilm (3M:P19) entwickelt, der auch für Doppelglasfenster (innenseitige Montage) empfohlen wird.
- Solche Filme wurden an die Fenster der Bürogebäude zweier Firmen in Kalifornien (Fresno und San Jose) montiert. Alle Fenster des einen, achtstöckigen, und des anderen, elfstöckigen Gebäudes wurden mit Film versehen. Dadurch wurden bedeutende Energieeinsparungen und Betriebsvorteile erreicht. - Weitere Informationen von Mr. Stan Blois, Pacific Gask Electric, Room 740, 215 Market Street, San Francisco, California 94106.

33. 5.2.1 Unserer Erfahrung nach variiert die Qualität der Fühler je nach dem Lieferanten. Aus diesem Grunde schlagen wir vor, die Präzision der Fühler des Gebäudeautomations-systems jährlich zu prüfen - die Temperaturgeräte zu kalibrieren - sowie halbjährlich die Feuchtigkeitsgeräte zu prüfen. Zumindest Stichproben müssen vorgenommen und die Fühler bei Bedarf kalibriert werden.
42. 7.1.3 Zeitprogramme und sonstige Verbesserungen  
Das Gebäudeautomationssystem umfasst viele ungenützte Funktionen, mit welchen bedeutende energiewirtschaftliche und betriebliche Vorteile erreicht werden könnten. Die Zeitprogramme, die Optimierungsprogramme höherer Ordnung und die Berichterstattung über den Energieverbrauch tragen alle zur Einsparung von Energie und der betriebsbedingten Arbeit bei. Entsprechende Programme gehören zum Lieferprogramm des Lieferanten des Systems und der spezialisierten Beratungsfirmen.
43. 7.3.2 Wärmerückgewinnung bei Kältemaschinen  
Die Ausnutzung der internen Energieeinsparung beim Kühl-anlagenbetrieb sowie die Verwertung der Kondensatwärme sind von grösster Bedeutung und müssten daher genauer untersucht werden. In der VIC werden diese durch die administrativen Grenzen erschwert.
45. 7.3.2 Rauchabzüge der Treppenhäuser  
Das Ziel müsste sein, die Luftleckagen in der Normallage durch die Passage Eingangstüren - Treppenschacht - Rauch-abzüge zu verhindern. Im Falle eines Feuerausbruchs müssen die Rauchabzüge jedoch unbedingt offen sein.



IAEA OFFICE BUILDINGS

A

UNITED NATIONS OFFICE BUILDINGS

D

E

UNIDO

