

Adresses/Adressen:

Editeur/ Office fédéral des questions
Herausgeber: conjoncturelles (OFOC)
Belpstrasse 53
3003 Berne
Tél.: 031/322 21 39
Fax: 031/322 82 89

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

Responsable Charles Weinmann
romand: Weinmann-Energies SA
Route d'Yverdon 4
1040 Echallens
Tél.: 021/881 47 13
Fax: 021/881 10 82

Chef du domaine/ Charles Weinmann
Ressortleiter: Weinmann-Energies SA
Route d'Yverdon 4
1040 Echallens
Tél.: 021/881 47 13
Fax: 021/881 1082

Auteurs/ Christophe Brunner
Autoren: RTM-Eigenmann & Brunner
Chemin des Croisettes 28
1066 Epalinges
Tél.: 021/32 96 56
Fax: 021/33 41 75

Adrian Altenburger
EWI Elektrowaft Ingenieure AG
Bellerivestrasse 36
8034 Zürich
Tél.: 01/385 22 11
Fax: 01/385 24 25

Niklaus Herzog
Herzog+Lee AG
Kirchgasse 12
4153 Reinach
Tél.: 061/711 50 54
Fax: 061/711 5481

Cette étude appartient à l'ensemble des projets d'étude effectués par des diers dans le cadre du programme d'impulsion RAVEL. L'Office fédéral des questions conjoncturelles et la Direction du programme autorisent la publication de ce rapport, sous la responsabilité des auteurs et des chefs des domaines concernés.

Copyright Office fédéral des questions
conjoncturelles
3003 Berne, mars 1993

Reproduction autorisée, avec mention de la source. Commande auprès de l'Office fédéral central des imprimes et du matériel, Berne (N° de com. 724.397.11.53 D/F)

Form. 724.397.11.53 D/F 4.95 500

RAVEL - Publications **RAVEL / RAVEL** - Materialien zu RAVEL

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

Copyright Bundesamt für Konjunkturfragen
3003 Bern, März 1995
Auszugsweiser Nachdruck unter Quellenangabe erlaubt. Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen und Materialzentrale, Bern (Best. Nr. 724.397.11.53 D/F)

Publications RAVEL
Materialien zu RAVEL

Conditionnement des Locaux: Etudes de cas

Raumkonditionierung: Fallstudien

Christophe Brunner
N'klaus Herzog
1

Adrian Altenburger

Office fédéral des questions conjoncturelles
RAVEL, - Publications RAVEL,
RAVEL - Materialien zu RAVEL

Bundesamt für Konjunkturfragen

RESUME

Les 4 études de cas présentées dans ce rapport ont été effectuées dans le cadre du programme d'impulsion RAVEL (Utilisation rationnelle de l'électricité). Elles concernent l'analyse de la consommation spécifique d'électricité pour la ventilation et la climatisation des locaux.

L'étude no 1 concerne une installation de climatisation des guichets d'une banque à Lausanne, BPS, Grand-Pont. Il s'agit d'une rénovation totale d'un bâtiment existant.

L'étude no 2 se réfère à une installation de ventilation de bureaux à Bâle, avec refroidissement par ventilation nocturne et stockage de chaleur dans la dalle et le plafond, "Haus der Ingenieure, Büros".

L'étude no 3 se rapporte au conditionnement d'air dans la cantine du personnel du même établissement bâlois, "Haus der Ingenieure, Cantine".

La dernière étude concerne les bureaux d'une grande banque zurichoise (SIHL AG).

L'amplitude des prestations requises est décrite selon les classes de prestation définies dans le projet de recommandation SIA 380/4 "L'Energie électrique dans le bâtiment"

classe 1	apport interne de chaleur entre	0 et 20 W/m ²
classe 2	apport interne de chaleur entre	20 et 30 W/m ²
classe 3	apport interne de chaleur entre	30 et 50 W/m ²
classe S	cas spéciaux	

Les consommations d'électricité mesurées sont exprimées en puissances moyennes par unité de surface concernée par la prestation (W/m²). Elles varient entre 6 et 28 W/M² pour des bureaux de la classe 2 et entre 3 et 17 W/m² pour des bureaux de la classe 3. Les différences sont énormes. Pour les expliquer, les consommations ont tout d'abord été décomposées en 3 parties:

- besoin pour le transport de l'air
- besoin pour le refroidissement
- besoin pour l'humidification.

Les installations qui consomment le moins sont celles qui ne produisent ni froid, ni humidification. Les prestations ne sont donc pas les mêmes, bien qu'il s'agisse de locaux dont les besoins sont semblables. Les températures des locaux diffèrent donc au cours de la journée et le taux d'humidité fluctue dans des marges différentes. Cela ne signifie toutefois pas nécessairement que la température s'élève davantage là où les installations consomment peu. Les caractéristiques de la construction et des façades jouent un grand rôle sur le climat intérieur.

On constate également que la production de froid n'est pas nécessairement le poste qui consomme le plus. Le transport d'air joue un très grand rôle. Les paramètres principaux qui influencent les consommations pour le transport d'air sont :

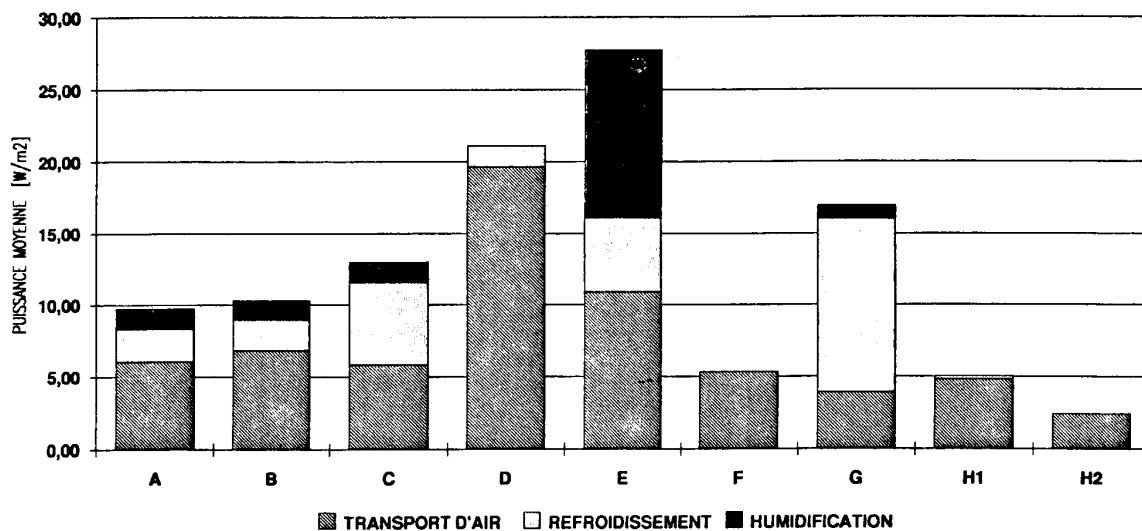
- le débit d'air spécifique
- les pertes de charge, qui dépendent de la longueur et de la section des circuits aérauliques
- le rendement des moteurs-ventilateurs pour les différentes allures de marche
- la durée d'enclenchement des différentes allures
- la possibilité d'adaptation des débits en fonction des besoins.

Les résultats sont présentés selon les grandeurs caractéristiques définies dans le projet SIA 380/4. Une liste des principaux symboles utilisés et des unités figure ci-après.

Les résultats obtenus doivent être considérés avec prudence. Une interprétation nécessite de connaître avec précision l'ampleur et la qualité de la prestation fournie : a ports thermiques de chaleur à évacuer, nombre de personnes occupant les locaux et taux de renouvellement d'air nécessaire, niveau de température finalement obtenu au cours des journées les plus chaudes de l'été.

La figure ci-dessous représente l'ensemble des résultats obtenus pour des bureaux dans le cadre des projets RAVEL. Nous avons ajouté les résultats de l'étude 11.56 qui examine l'influence de l'exploitation et de l'entretien "ZKB Wiedikerhof".

CONDITIONNEMENT DES LOCAUX



BUREAUX - CLASSE 1 A 3

Les études de cas montrent les influences exercées par ces divers paramètres et les résultats obtenus. Une analyse comparative et une synthèse des résultats obtenus seront effectuées dans le cadre des cours RAVEL.

Nous nous contentons d'énumérer brièvement les principaux enseignements à retirer de ces études dans le but de réduire les consommations d'énergie pour le conditionnement d'air des locaux.

1. Réduction des charges thermiques externes par une conception judicieuse de la construction (protections solaires, inertie thermique, aération naturelle).
2. Evaluation correcte du besoin en renouvellement d'air et des charges thermiques internes à évacuer, ainsi que leur variation au cours de la journée.
3. Regroupement des locaux ayant des besoins en conditionnement semblables en intensité et en durée des prestations.
4. Conception des installations permettant d'adapter les prestations fournies aux besoins particuliers des groupes de locaux.
5. Disposition des centrales de ventilation à proximité des locaux desservis, section suffisante des conduits aérauliques et courtes longueurs des réseaux.
6. Adaptation des allures de marche et des débits aux heures d'occupation des locaux, capacité d'adaptation des débits et du refroidissement aux besoins fluctuants.
7. Bon rendement des équipements moteur-ventilateur-transmission dans toutes les plages de fonctionnement (il 60%).
8. Eviter les batteries de froid à température trop basse qui déshumidifient l'air, qu'il sera ensuite nécessaire de réhumidifier.
9. Refroidissement naturel ou par free cooling dès que la température extérieure s'abaisse suffisamment, c'est-à-dire au-dessous de 15°C environ.
10. Maintenance et exploitation judicieuse.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegenden Fallstudien wurden im Rahmen der RAVEL-Untersuchungsprojekte durchgeführt. Es handelt sich um den spezifischen Stromverbrauch für Lüftung und Raumkonditionierung.

Die Studie 1 betrifft eine Schalterhalle in einer Bank in Lausanne.

Die anderen Studien betreffen ein Bürogebäude und eine Kantine in Basel, sowie eine Bank in Zürich.

Die Messungen berücksichtigen den Stromverbrauch sowie die Klasse der Infrastrukturfunktion gemäss Entwurf SIA 380/4 "Elektrische Energie im Hochbau".

Klasse 1:	freie Wärme zwischen	0 bis 20 W/m ²
Klasse 2:	freie Wärme zwischen	20 bis 30 W/m ²
Klasse 3:	freie Wärme zwischen	30 bis 50 W/m ²
Klasse S:	Spezialfälle	

Die gemessenen und in mittleren Leistungen ausgedrückten Stromverbräuche liegen zwischen 6 und 28 W/m² für Büros der Klasse 2 und zwischen 3 und 17 W/m² für Büros der Klasse 3. Die Unterschiede sind gross. Sie schwanken in einem Verhältnis von 1 zu 10, wenn man eine weitere RAVEL-Untersuchung (UP 11.56 "Betrieb und Unterhalt einer Lüftungsanlage" berücksichtigt).

Um diese grossen Unterschiede zu erläutern, werden die Verbräuche in 3 Bereichen geteilt:

- Bedarf für Luftförderung
- Bedarf für Kälteerzeugung
- Bedarf für Befeuchtung.

Selbstverständlich sind die Anlagen ohne Kühlung und Befeuchtung diejenigen, die am wenigsten Strom brauchen. Obwohl es sich um Räume mit ähnlicher Benutzung handelt, sind die Infrastrukturfunktionen (prestations) nicht die selben. Die Raumtemperatur sowie der Feuchtigkeitsgehalt verhält sich unterschiedlich. Es bedeutet aber nicht, dass es bei Anlagen mit tieferem Stromverbrauch immer wärmer wird als bei Anderen. Die baulichen Voraussetzungen spielen auf das Raumklima eine wesentliche Rolle.

Die Studien zeigen, dass die Kälteerzeugung nicht immer der grösste Verbraucher ist. Die Luftförderung ist oft für einen wesentlichen Teil verantwortlich. Die Parameter, welche den Stromverbrauch beeinflussen, sind:

- Luftwechselrate
- Druckabfall in den Luftkanälen, welcher von Querschnitt und Länge der Kanäle sowie von der Strömungsgeschwindigkeit abhängt
- Einschaltdauer in verschiedenen Stufen
- Bedarfsanpassung des Betriebes

Die Resultate sind entsprechend der Datenstruktur gemäss SIA 380/4 - Entwurf dargestellt. Eine Liste der Abkürzungen und Einheiten ist beigelegt.

Die Ergebnisse müssen mit Vorsicht betrachtet werden. Eine klare Interpretation bedingt die Berücksichtigung der freien Wärme, der Anzahl Personen sowie des erreichten Komfortes während der heissen Sommertage.

In den einzelnen Fallstudien werden die Einzelheiten gezeigt und besprochen. Eine Vergleichsanalyse ist im Rahmen von RAVEL-Kursen vorgesehen.

Wir erläutern hier die wesentlichsten Empfehlungen für eine rationelle Stromverwendung bei Lüftungstechnischen Anlagen:

1. Reduktion der freien Wärme (bauliche Voraussetzungen, Sonnenschutz, Wärmemasse, natürliche Lüftung).
2. Realistische Bestimmung der Luftwechselrate und der inneren Wärmelasten sowie deren Tagesverläufe.
3. Raumanordnung gemäss klimatisierten Zonen und ähnlichen Nutzungen.
4. Getrennte Anlagen für unterschiedliche Zonen und Bedürfnisse.
5. Kurze Distanzen zwischen Zentralen und Räumen, Kanäle mit grossen Querschnitten.
6. Optimierung der Luftmenge, Druckverlust, Motor- und Ventilatorwirkungsgrade.
7. Bedarfsabhängige Regelung.
8. Zu tiefe Kühltemperaturen vermeiden, damit die Luft nicht zu stark entfeuchtet wird und nachher wieder befeuchtet werden muss.
9. Natürliche Lüftung oder free cooling, sobald die Aussentemperatur tief genug ist (unter 15°C).
10. Optimaler Betrieb und Unterhalt.

BGF	Bruttogeschoßfläche	m ²
SBP	Surface brute de plancher	
E	Spezifischer Energieverbrauch	Wh/m ² a
E	Energie spécifique	
D	Tageslichtquotient	(-)
D	Facteur de lumière du jour	
E _p	Energiekennzahl Licht, Kraft, Prozesse	MJ/m ² a
E _{él}	Indice de dépense d'énergie sous forme d'éclairage, de travail mécanique et de fonctionnement des équipements de production	
E _{eht}	Energiekennzahl Haustechnik (elektrisch)	MJ/m ² a
E _{eib}	Indice de dépense d'énergie pour les installations du bâtiment (électricité)	
E _n	Energiekennzahl Raumheizung	MJ/m ² a
E _{ch}	Indice de dépense d'énergie pour le chauffage des locaux	
E _n	Beleuchtungsstärke	lx
E _n	Eclairement	
E _w	Energiekennzahl Wärme	MJ/m ² a
E _{ch}	Indice de dépense d'énergie chaleur	
E _{ww}	Energiekennzahl Warmwasser	MJ/m ² a
E _{ec}	Indice de dépense d'énergie pour l'eau chaude sanitaire	
EBF	Energiebezugsfläche	m ²
SRE	Surface de référence énergétique	
f _b	Betriebsfaktor	(-)
f _b	Facteur d'exploitation	
h _a	Nutzungszeit einer Betriebseinheit	h/a
h _a	Temps d'utilisation d'une unité d'exploitation	
h _b	Einschaltzeit der Anlage	h/a
h _b	Temps d'enclenchement d'une installation	
P _f	freie Wärme	W/m ²
P _{ap}	Apports de chaleur	
P _b	im Raum wirksamer Anteil der internen Last durch Betriebseinrichtungen	
P _{ep}	Apports thermiques dégagés par les équipements de production	
P _m	mittlere Leistung	W/m ²
P _m	Puissance moyenne	
P _{max}	maximale Leistung (1/4 h Mittelwert)	W/m ²
P _{max}	Puissance maximale (valeur sur 1/4h)	
P ₀	Leistung im Ruhebetrieb (stand-by-Leistung)	W/m ²)
P ₀	Puissance en attente (stand-by)	
P _t	Freie Wärme	W/m ²
P _{ap}	Apports de chaleur	

P_{ex} P_{ex}	Extern Last <i>Charges externes</i>	W/m ²
P_p P_p	Personenwärme (70 W/p) <i>Chaleur dégagée par les personnes</i>	W/m ²
P_b P_{ep}	Im Raum wirksamer Anteil der internen Last durch Betriebseinrichtungen <i>Chaleur dégagée par les équipements de production</i>	W/m ²
P_{BL} P_{lu}	dito für Beleuchtung <i>idem pour l'éclairage</i>	W/m ²
Δp Δp	Druckverlust <i>Pertes de charge</i>	Pa
η_v η_v	Wirkungsgrad Motor x Ventilator <i>Rendement moteur x ventilateur</i>	(-)
η_p η_p	Wirkungsgrad Pumpen <i>Rendement de pompe</i>	(-)
η_b η_b	Beleuchtungswirkungsgrad <i>Rendement du luminaire</i>	(-)
η_l η_l	Lichtausbeute <i>Efficacité lumineuse</i>	lm/W

Installation de climatisation des guichets:

Banque Populaire Suisse Lausanne

Christophe Brunner



Frédéric Möri

Domaine 11: Installations des bâtiments

RAVEL, - Publications RAVEL

Office fédéral des questions conjoncturelles

Adresses:

Editeur: Office fédéral des questions
conjoncturelles (OFQC)
Belpstrasse 53 3003 Bern
Tél.: 031/61 21 39
Fax: 031/46 41 02

Direction:

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

Responsable
romand:

Charles Weinmann
Weinmann-Energies SA
Route d'Yverdon 4
1040 Echallens
Tél.: 021/881 47 13
Fax: 021/881 10 82

Chef du domaine:

Charles Weinmann
Weinmann-Energies SA
Route d'Yverdon 4
1040 Echallens
Tél.: 021/881 47 13
Fax: 021/881 10 82

Auteurs:

Christophe Brunner
Frédéric Môri
RTM-Eigenmann & Brunner
Chemin des Croisettes 28
1066 Epalinges
Tél.: 021/32 96 56
Fax: 021/33 41 75

RAVEL - Publications RAVEL

RÉSUMÉ

La présente étude porte sur l'installation de ventilation/climatisation des guichets de la Banque Populaire Suisse, bâtiment du Gr.-Pont 6 à Lausanne. L'installation a été conçue en 1985-86 et réalisée en 1988-1990, lors de la transformation totale du bâtiment. la façade d'origine de 1912 a dû être conservée.

L'installation de climatisation assure l'apport d'air frais, le réchauffage des locaux en hiver conjointement avec un chauffage statique de base, le refroidissement en été et l'humidification. La récupération de chaleur est effectuée par mélange d'air extrait avec de l'air neuf dans un système d'offre et de demande à clapets.

Si les avantages du système d'offre et de demande sont bien connus en ce qui concerne la récupération d'énergie thermique en hiver, il y a un autre avantage nettement moins connu qui concerne les capacités de refroidissement du système en été. Grâce au système d'offre et de demande, on peut refroidir les locaux jusqu'à une température extérieure de 16°C sans utiliser le groupe froid. Au delà de 16°C, le groupe froid fonctionne, mais toujours assisté par le système d'offre et de demande.

La consommation annuelle d'énergie électrique s'établit comme suit :

- transport de l'air (taux de brassage, 5x/h en grande vitesse):	20'400 kWh/a (39%)
- refroidissement de l'air:	9'700 kWh/a (19%)
- humidification de l'air:	21'900 kWh/a (42%).

On voit ainsi immédiatement, que le plus gros consommateur d'énergie concerne la prestation la moins indispensable des trois et que le consommateur le plus contesté, la production de froid, est le moins gourmand en énergie.

L'énergie utilisée pour le transport de l'air est élevée, du fait que l'installation se trouve en classe "S" en ce qui concerne les pertes de charge et du fait que l'énergie de refroidissement est transportée avec l'air. La maîtrise de la consommation d'énergie du groupe froid est étroitement lié à l'assistance fournie par le système d'offre et de demande.

Ce genre d'étude montre combien il serait utile de procéder pour chaque bâtiment d'une certaine importance à des calculs prévisionnels avant la construction et à une prestation de vérification pendant la durée de garantie, p.ex. sous forme d'enregistrements présentés dans le présent rapport.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Studie behandelt die Lüftungs/Klimaanlage der Schalterhalle in der Niederlassung der Schweizerischen Volksbank, Grand-Pont 6 in Lausanne. Die Anlage wurde 1985-86 entworfen und 1988-1990 verwirklicht, anlässlich des Totalumbaues des Gebäudes, wobei die ursprüngliche Fassade von 1912 vollständig erhalten werden musste.

Die Klimaanlage ist für variable Frischluftmenge und Befeuchtung im Winter ausgelegt, ergänzt die statische Grundlastheizung und kühlt im Sommer. Zur Wärmerückgewinnung dient eine variable Abluftrücknahme, verbunden mit einer Angebot-Nachfrage Steuerung.

Die Vorteile der Angebot-Nachfrage Steuerung zur Wärmerückgewinnung sind für den Winterbetrieb bekannt, für den Kühlbetrieb ist dies weit weniger der Fall. Dank dieser Lösung können die Räume bis zu einer Aussentemperatur von 16°C ohne Betrieb der Kältemaschine gekühlt werden. Ueber 16°C läuft die Kältemaschine, jedoch immer kombiniert mit der Angebot-Nachfrage Steuerung auf der Luftseite.

Etude de cas: 11.53 / Banque Populaire Suisse, Gr.-Pont 6, Lausanne

Der jährliche Stromverbrauch setzt sich wie folgt zusammen:

- Lufttransport (5 Luftwechsel pro Stunde bei grosser Drehzahl):	20'400 kWh/a (39%)
- Luftkühlung:	9'700 kWh/a (19%)
- Luftbefeuchtung:	21'900 kWh/a (42%).

Man sieht auf den ersten Blick, dass die Befeuchtung, auf die man am ehesten verzichten kann, der grösste Stromverbraucher ist, während die umstrittene Kälteerzeugung am wenigsten Energie benötigt. Der Stromverbrauch für den Lufttransport ist hoch: einerseits ist die Anlage in der Druckverlustsklasse "S", und andererseits wird die Kühlenergie mit der Luft transportiert.

Es zeigt sich, dass die Angebot-Nachfrage Steuerung den Stromverbrauch der Kälteanlage weitgehend in Grenzen hält.

Die Studie zeigt wie wichtig es ist, bei grösseren Bauvorhaben schon im Projektstadium Verbrauchsprognosen anzustellen und diese dann während der Garantiezeit zu überprüfen, z.B. mit Registrierstreifen wie im vorliegenden Fall.

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 1 / INTRODUCTION:		Pages
Introduction		7
Plans - coupes - façades du bâtiment		7
CHAPITRE 2 / PRINCIPE:		
2.1	Schéma de principe de l'installation de ventilation des guichets (figure 1) Schéma de principe de la production de froid (figure 2)	11
2.2	Principe de l'installation des guichets, longueur des canaux, coût de l'installation	13
CHAPITRE 3 / MESURES:		
3.1	Tableau du renouvellement de l'air (figure 3) Explications concernant le tableau "renouvellement de l'air"	17
3.2	Tableau du refroidissement (figure 4) Explications concernant le tableau "refroidissement" Régression linéaire du groupe froid (figure 5) Régression linéaire compresseur seul (figure 6) Régression linéaire auxiliaires seuls (figure 7) Explications concernant les graphiques de régression	20
3.3	Tableau humidification Explications concernant le tableau "humidification"	29
3.4	Bilan des puissances moyennes & Bilan énergétique (figure 8)	31
3.5	Graphiques divers illustrant le fonctionnement de l'installation (figures 9 - 12) Explications concernant les différents graphiques	32
CHAPITRE 4 / ANALYSE & INTERPRÉTATION:		
4.1	Commentaires concernant le bilan énergétique	41
4.2	Commentaires concernant le transport de l'air	42
4.3	Commentaires concernant le refroidissement	42
4.4	Commentaires concernant l'humidification	44
4.5	Commentaires concernant les surfaces et les volumes	44
4.6	Propositions de modifications de l'installation	44
CHAPITRE 5 / CONCLUSION:		
5.1	Conclusion	49

ANNEXES:

- 1 Débits d'air de l'installation des guichets·
Caractéristiques des appareils consommateurs de courant électrique
- 3 Méthode d'acquisition des données, points de mesures
- 4 fichiers de mesure·
Appareillage utilisé pour les mesures et les étalonnages
- 6 Points de consignes réglés sur l'installation pendant les mesures

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

page 5

INTRODUCTION

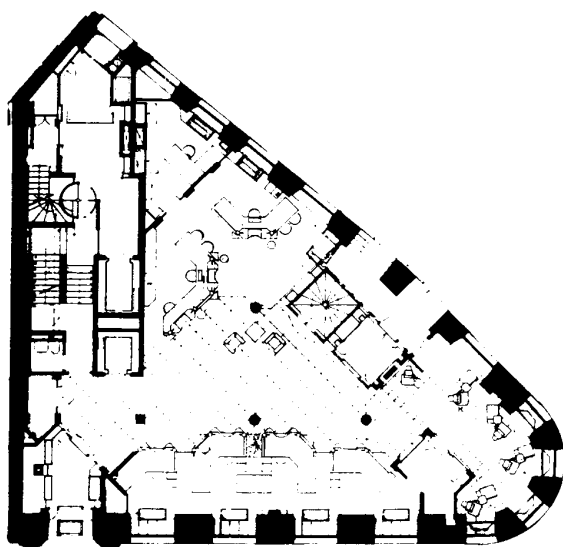
La présente étude fait partie du programme d'impulsion RAVEL, utilisation rationnelle de l'électricité, de l'office fédéral des questions conjoncturelles.

RAVEL a pour but de permettre l'étude de cas concrets du point de vue consommation d'énergie électrique, afin de créer les bases nécessaires à une connaissance chiffrée de l'usage qu'il est fait de l'électricité en Suisse.

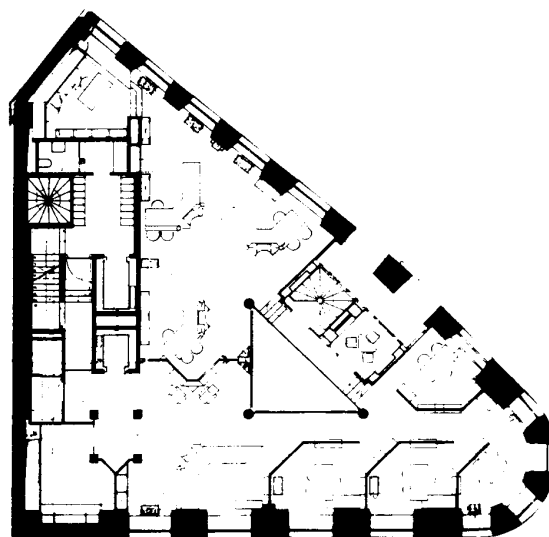
L'étude de cas 11.53, concerne le bâtiment de la Banque Populaire Suisse au Gr.-Pont 6 à Lausanne. Le bâtiment a été choisi parce qu'il s'agit d'une rénovation totale. A noter que la façade existante a dû être préservée, ce qui ajoutait bon nombre de contraintes supplémentaires.

Il s'agissait ici de déterminer quelles sont les consommations et les puissances électriques utilisées pour le renouvellement d'air, le refroidissement et l'humidification des guichets.

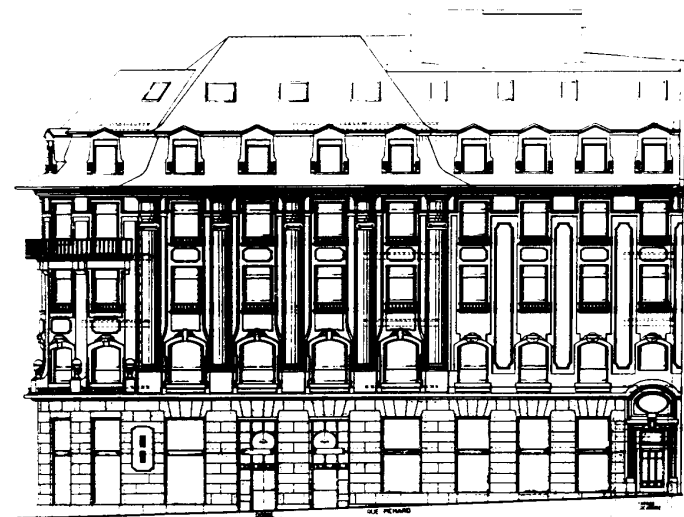
Comme introduction, vous trouverez ci-dessous et à la page suivante quelques extraits de plans, coupes et façades illustrant le bâtiment.



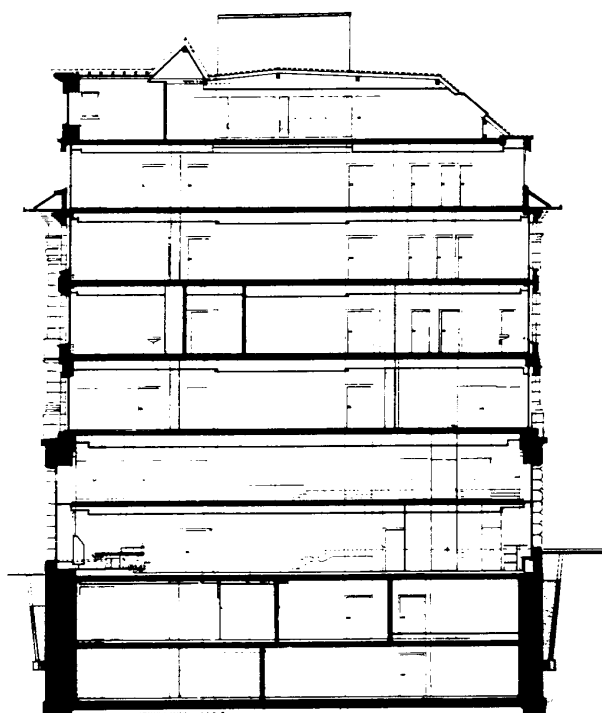
Vue en plan rez



Vue en plan entresol



Façade côté Rue Pichard



Coupe

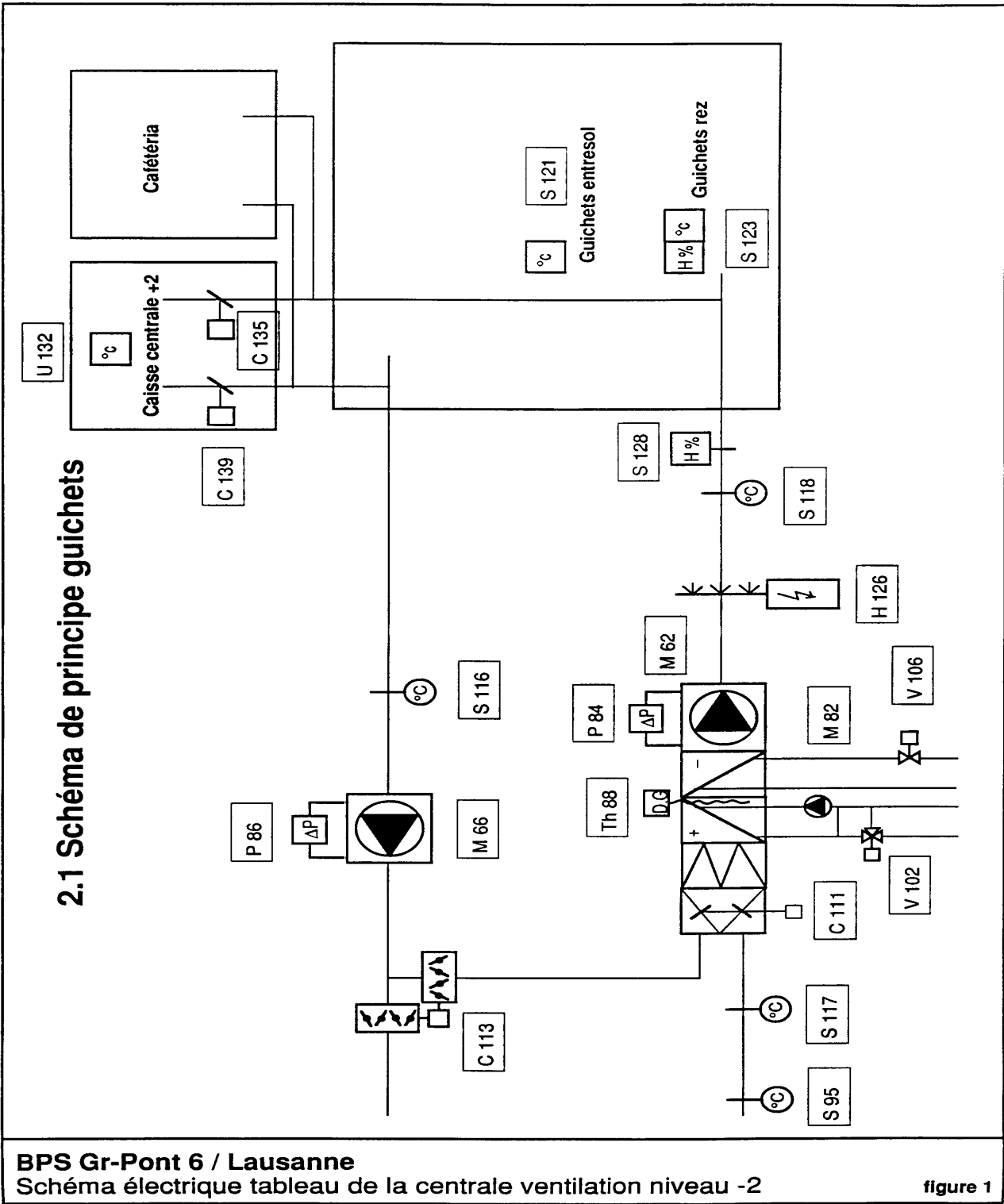


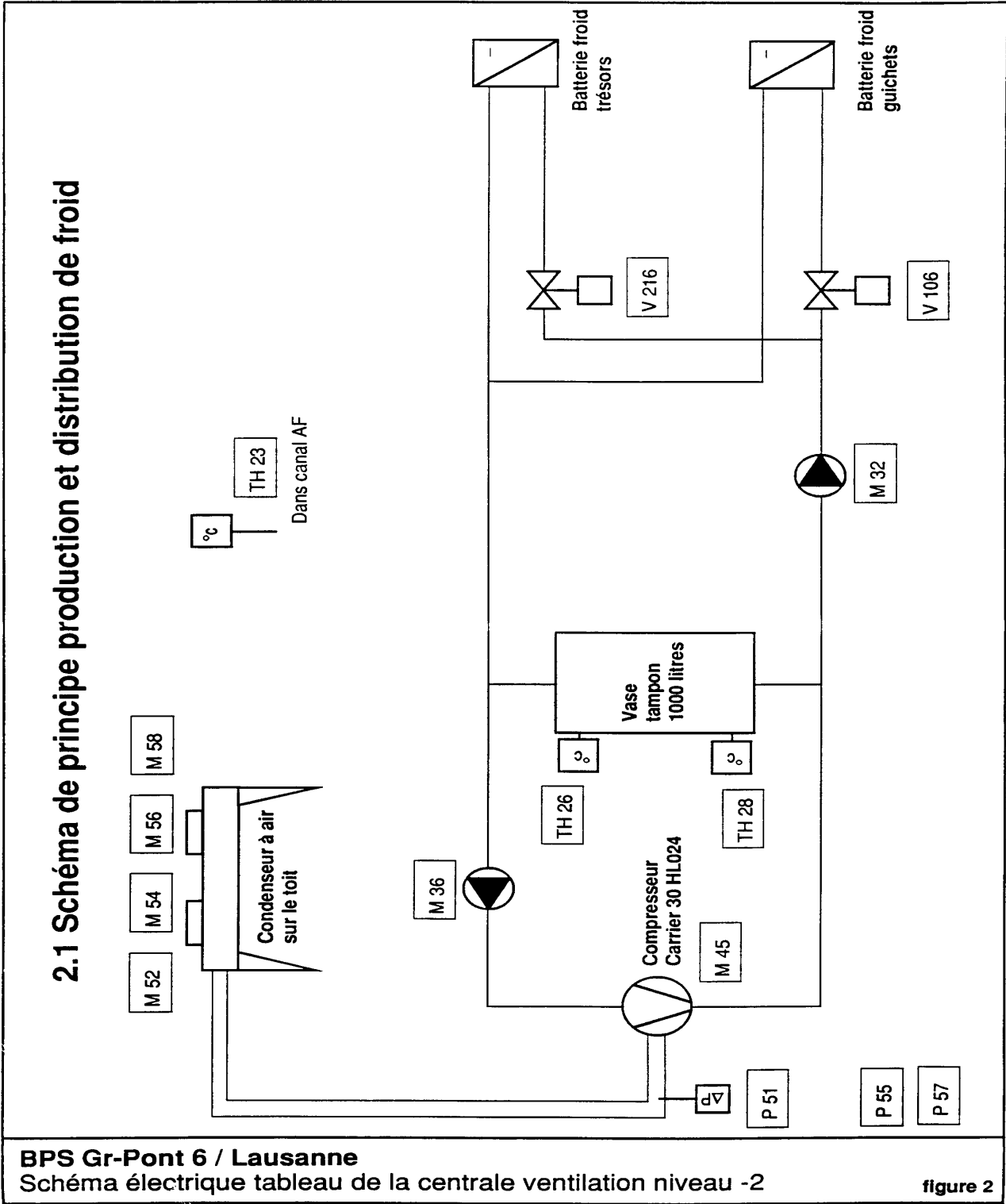
Façade côté Rue du Pont (sud)

CHAPITRE 2

PRINCIPE

page 9





2.2 PRINCIPE DE L'INSTALLATION DES GUIC

Installation	Installation des guichets, soit toute la surface du rez et de l'entresol, ainsi que la caisse centrale et la cafétéria au niveau +2.
Principe	
Zones	Une seule zone pour tous les locaux que dessert l'installation.
Débits air pulsé et repris	Monoblocs à 2 vitesses, Air pulsé et Air repris constants pour une vitesse du monobloc donnée.
Offre & demande	Débits d'Air frais et Air vicié variables en fonction du système d'offre et de demande Landis & Gyr (RWF 61.30).
Récupération de chaleur	Le récupération est réalisée par le recyclage d'air qu'effectue le système d'offre et de demande.
Traitement de l'air	L'Air pulsé est filtré (FI), chauffé ou refroidi et humidifié (voir ci-dessous).
Verrouillages	La production de froid est verrouillée en fonction de la température extérieure par un thermostat. Idem pour l'humidification qui est verrouillée avec le même thermostat. Le froid et l'humidification sont verrouillés alternativement.
Air pulsé	La pulsion se fait dans tous les locaux de la zone par des fentes linéaires de pulsion Kefer Indul P18, à haut taux d'induction.
Air repris	Par mise en dépression du faux-plafond et fentes de reprise en périphérie, le long de la retombée du faux-plafond. Réutilisation partielle ou totale de l'air repris dans l'air pulsé en fonction de la position du système d'offre et de demande.
Froid	La production de froid est effectuée par l'intermédiaire d'un groupe à pistons Carrier et d'un vase tampon placé en parallèle dans le réseau. LA condensation est effectuée par un condenseur à air à 4 ventilateurs placé en toiture.
Régulation	
Température ambiante	Variable en fonction des conditions extérieures en été, fixe en hiver.
Mesure de la température	Par 2 sondes d'ambiance, une au rez, une à l'entresol, dont on fait la moyenne des signaux. Une sonde de pulsion de canal fonctionnant également comme sonde de limite.
Mesure de l'humidité	Par une sonde d'ambiance placée au rez dans le hall.

Fonctions électriques

Interrupteurs sur tableau 0 - PV - GV - à distance

Commande à distance 0 - PV - GV - automatique
La position automatique asservi l'installation à une horloge et à un interrupteur situé sur le tableau qui permet de choisir la vitesse de ventilation PV ou GV.

Fonctionnement normal Normalement l'installation n'est utilisé qu'avec l'horloge et fonctionne en hiver en PV et en entre-saisons et été en GV. Changement PV - GV manuellement par l'utilisateur.

Signaux d'alarmes Danger de gel.
Les autres alarmes sont toutes groupées sur une sortie collectée par l'intermédiaire de la carte à diodes.

Feu Déclenchement total de l'installation en cas de feu.
Le désenfumage se fait par un interrupteur pompier placé dans le tableau rappel feu.
Quittance au tableau obligatoire avant redémarrage du mode de fonctionnement normal.

Programmation horloge : L'horloge asservissant le fonctionnement des monoblocs en mode automatique est le suivant:
Du lundi au vendredi de 07h30 à 19h00: marche
Samedi et dimanche : arrêt toute la journée
Pas de fonctionnement nocturne

Longueur des réseaux de gaines

Réseau air frais guichets: 20 mètres, prise d'air frais au rez, centrale au niveau -2

Réseau air pulsé guichets: 60 mètres pour la grille de pulsion la plus éloignée

Réseau air repris guichets: 60 mètres pour la grille de reprise la plus éloignée

Réseau air vicié guichets: 50 mètres, évacuation en toiture, soit 10 niveaux plus haut que la centrale

Longueur totale: 190 mètres

Coût de l'installation

Il s'agit uniquement du coût de l'installation des guichets. Les WC, rideaux d'air, etc. ne sont pas compris. Il s'agit donc du prix payé pour la prestation analysée.

Production de froid: 66'000.-, sans le réseau d'eau glacée, mais avec le réseau fréon pour le condenseur à air sur le toit.

Ventilation: 176'000.-, sans réseau de chauffage pour alimentation batterie chaud.

Honoraires: 67'000.-

Total	309'000.-,	soit un coût de 309'000.- / 720 m2 = 430.- Fr./m2, définition des m2 selon SIA 416.
-------	------------	---

CHAPITRE 3

MESURES

page 15

3.1 TABLEAU RENOUVE D’AIR (figure 3)

RENOUVELLEMENT D' AIR										Communauté d'ing. EEB WEINMANN-ENERGIES & ELEKTROWATT Ing. Untern. AG				
Objet: Banque Populaire Suisse Lieu: Gr.- Pont 6 / Lausanne Date: 20.11.91			No. d'installation: Guchels ① Volume ventilé: 1 650 m ³ ② Surface ventilée: 720 m ²				SIA 380/4							
Grandeurs mesurées:										Classe de la prestation: S				
Grandeur spécifique indice	③ Δp [Pa]	④ v _s [$\frac{m^3}{hm^2}$]	⑤ n [$\frac{1}{h}$]	⑥ η ₂ [-]	⑦ P [$\frac{W}{m^2}$]	⑧ h _b [$\frac{h}{o}$]	⑨ E [$\frac{kWh}{m^2 o}$]	Grandeurs caractéristiques						
zl 1	375	6,7	2,9	0,38	1,81	1,3	1,79	⑩ P _o = 0 [$\frac{W}{m^2}$]						
zl 2	820	11,1	4,9	0,40	6,25	4,5	12,50	⑪ h _o = 2600 [$\frac{h}{o}$]						
abl 1	380	7,6	3,3	0,45	1,81	1,3	1,79	⑫ P _m = 10,88 [$\frac{W}{m^2}$]						
abl 2	540	11,7	5,1	0,5	6,11	4,4	12,22	⑬ P _{max} = 12,36 [$\frac{W}{m^2}$]						
installation complète 1-ère allure	755	7,15	3,1	0,42	3,62	2,6	3,58	⑭ f _b = 0,88 [-]						
installation complète 2-ème allure	1760	11,4	5,0	0,45	P _{max} = 12,36	8,9	24,725	⑮ E _{RN} = 28,3 [$\frac{kWh}{m^2 o}$]						
Grandeurs planifiées:														
	Δp [Pa]	v _s [$\frac{m^3}{hm^2}$]	n [$\frac{1}{h}$]	η ₂ [-]	P _{max} [$\frac{W}{m^2}$]	f _b [-]	E _{RN} [$\frac{kWh}{m^2 o}$]	P _i = [$\frac{W}{m^2}$]						
prestation complète	1510	13,9	6,1	0,49	11,95			P _n = [$\frac{W}{m^2}$]						
								f _d = [-]						

TAB. RM2/14.01.91/NE

TAB. 3012/13.01/MS

3.1 EXPLICATIONS CONCERNANT LE TABLEAU'RENOUVELLEMENT D'AIR"

1) **Volume refroidi:**

Le volume indiqué est net, il s'agit donc du volume effectif sur lequel agit l'installation. Dans le cas présent, le volume du faux-plafond a également été déduit, du fait qu'il sert de plénum pour l'air repris.

2) **Surface ventilée:**

Surface définie conformément à la recommandation SIA 416 (édition 1975). Il s'agit donc d'une surface brute.

3) **Δp :**

Les pertes de charge ont été relevées sur les courbes des ventilateurs, connaissant les paramètres suivants: vitesse de rotation, débit d'air et puissance électrique absorbée par le moteur.

Vu la configuration des cônes de refoulement, nous n'avons pas pu faire de mesure.

4) **V_s :**

Pas de remarque.

5) **n :**

Le taux de renouvellement est calculé avec le volume refroidi indiqué sous 1), il s'agit donc du taux effectif de renouvellement.

6) **η :**

Le rendement est calculé de la façon suivante: $\eta = V_s [m^3/s] \times \Delta p [Pa] / P [W]$

7) **P :**

Il s'agit de puissances électriques absorbées mesurées au tableau électrique, à ne pas confondre avec la puissance absorbée du ventilateur ou la puissance du moteur notée sur la plaquette, qui correspond à la puissance disponible à l'arbre.

8) **h_b :**

C'est le nombre d'heures de fonctionnement de l'installation. Pour la répartition entre PV et GV, nous savons qu'en hiver on peut fonctionner sans problèmes à la petite vitesse. En entre-saisons et en été, il est par contre indispensable de fonctionner à la grande vitesse. C'est pourquoi en l'absence de données chiffrées précises, nous avons pris l'état des compteurs de fonctionnement PV et GV depuis la mise en service de l'installation et on obtient grosso modo un rapport 1/3 PV et 2/3 GV.

9) **E :**

C'est le produit de $P [W/m^2] \times h_b$.

10) **P_o :**

C'est la puissance de maintien de la disponibilité. Elle peut dans ce cas être assimilée à zéro, puisque la seule consommation qui reste est celle consommée par le tableau électrique, soit environ 50 W.

11) **h_a :**

C'est le nombre d'heures annuelles où la prestation est utilisée par la banque, correspond donc aux heures de travail du personnel.

12) **P_m :**

Par définition : $P_m = E_{RN} / h_a$

On voit donc que la façon de donner h_a est prépondérante pour l'interprétation du résultat.

13) $P_{\max}$:

$P_{\max}$ correspond à la puissance maximale possible en exploitation. Dans ce cas c'est simplement la puissance électrique absorbée par les ventilateurs quand ils fonctionnent en grande vitesse.

14) f_b :

Par définition $f_b = P_m / P_{\max}$

15) E_{RN} :

C'est l'énergie consommée annuellement pour le transport de l'air, soit ~20'400 kWh/a.

Correspond à la somme de E installation complète 1e allure + E installation complète 2e allure.

REFROIDISSEMENT					Communauté d'ing. EEB WEINMANN-ÉNERGIES & ELEKTROWATT Ing. Untern. AG	
Objet: Banque Populaire Suisse Lieu: Gr. Pont 6 / Lausanne Date: 4. 12. 91		No. d'installation: ③ Guichets (trésors) Volume refroidi: ① 1'650 m ³ Surface ventilée: ② 720 m ²			SIA 380/4	
Grandeurs mesurées:		Classe de la prestation: 2			Grandeurs caractéristiques	
		②③ P _{ventilo} = 3,8 [$\frac{W}{m^2}$] ②⑦ P _{solaire} = 9 [$\frac{W}{m^2}$] ②① P _{air neuf} = 0,3 [$\frac{W}{m^2}$]			⑨ P _o = 0,19 hiver [$\frac{W}{m^2}$] ⑩ h _a = 2600 [$\frac{h}{a}$] ⑪ P _m = 5,23 [$\frac{W}{m^2}$] ⑫ P _{max} = 26,5 [$\frac{W}{m^2}$] ⑬ f _b = 0,2 [-]	
③ T _{min} = 16,2 [°C] ④ NJ _F = 75 [-] ⑤ DJ _F = 308 [K]		②⑨ P _{transmission} = 0,0 ①⑨ P _{lu} = 4,4 [$\frac{W}{m^2}$] ①⑩ P _{pers} = 2,7 [$\frac{W}{m^2}$] ①③ P _{ei} = 3,6 [$\frac{W}{m^2}$]				
⑥ T _{ext,ete} = 20,3 [°C]		①⑥ P _{op24h} = 23,8 [$\frac{W}{m^2}$] guichets seuls				
⑦ C _t = 1,17 [$\frac{h}{m^2}$] ⑧ P _{24h} (T _{ext,ete}) = 7,0 guichets [$\frac{W}{m^2}$] 0,5 trésors		①⑤ cop = $\frac{23,8}{7,0} = 3,40$ [-] guichets seuls			⑭ E _{FR} = 43,6 [$\frac{kWh}{m^2}$] Groupe froid complet	
Grandeurs planifiées:						
					P _i = [$\frac{W}{m^2}$]	
					P _n = [$\frac{W}{m^2}$]	
					f _d = [-]	
148 / 12 / 18 01 / M3						

3.2 EXPLICATIONS CONCERNANT LE TABLEAU "REFROIDISSEMENT"

0) No d'installation:

Les valeurs indiquées sous 1 - 2, 8, 15 - 23 concernent uniquement l'installation des guichets.
Les valeurs indiquées sous 3 - 14 concernent tout le groupe froid (qui fonctionne à l'usage des guichets et des trésors).

1) Volume refroidi:

Le volume indiqué est net, il s'agit donc du volume effectif sur lequel agit l'installation. Dans le cas présent, le volume du faux-plafond a également été déduit, du fait qu'il sert de plénum pour l'air repris.

2) Surface ventilée:

Surface définie conformément à la recommandation SIA 416 (édition 1975). Il s'agit donc d'une surface brute.

3) T_{min}:

Cette température est lue sur le graphique de la régression linéaire de la puissance absorbée du groupe froid seul en fonction de la température extérieure (voir figure no 6).

C'est la température en dessous de laquelle le compresseur ne tourne plus.

En réalité dans notre cas, le compresseur est verrouillé par un thermostat dans l'air frais jusqu'à une température extérieure de +18°C.

4) N_{JF}:

Nombre de jours de froid, définis comme le nombre de jours pendant lesquels la température extérieure moyenne journalière (sur 24 heures) est supérieure à T_{min}.

Dans notre cas nous les avons de plus ramenés à des semaines de 5 jours, l'installation étant systématiquement arrêtée le week-end.

Source: ISM, station Pully, données de 1991

5) D_{JF}:

Les degrés jours de froid = $N_{JF} \times (T_{\text{ext,été}} - T_{\text{min}})$

6) T_{ext,été}:

C'est la température extérieure moyenne journalière (donc sur 24 h) pendant la période durant laquelle il faut refroidir, soit N_{JF}.

La moyenne est calculée sur les jours ouvrables de la semaine.

Source: ISM, station Pully, données de 1991

7) C_f:

C'est la pente de la droite de régression linéaire de la puissance absorbée du groupe froid et des énergies auxiliaires (voir figure no 5).

8) P_{24h} (T_{ext,été}):

C'est la puissance absorbée du groupe froid et des énergies auxiliaires, lue sur le graphique de la régression qui correspond à T_{ext,été} (voir figure no 5). Les énergies auxiliaires sont la pompe du circuit évaporateur, la pompe du circuit batteries et les 4 ventilateurs du condenseur à air.

Il s'agit d'une puissance moyenne sur 24 heures, groupe froid en service uniquement. Les énergies de maintien de la disponibilité ne sont pas comprises ici.

Cette puissance électrique est donc celle qui correspond à la consommation de froid des guichets et des trésors.

La puissance électrique pour les trésors est extrêmement faible (la vanne froid ne s'ouvre qu'à partir de 24 °C ext) et correspond à environ 0,5 W/m², ce qui ramène P_{24h} (T_{ext,été}) à 7,0 W/m² pour les guichets seuls.

9) P_o :

C'est la puissance de maintien de la disponibilité.

On peut distinguer 2 puissances de maintien différentes:

- hivernale = chauffage carter uniquement 140 W en permanence
- estivale (prêt à démarrer) = chauffage carter 140 W + pompe de circulation évaporateur 240 W

Remarque:

Les pertes de veille du stock ainsi que celles des tuyauteries ont été négligées. Le réseau de froid est uniquement confiné en centrale.

10) h_a :

C'est le nombre d'heures annuelles où la prestation est utilisée par la banque, correspond donc aux heures de travail du personnel.

11) P_m :

Par définition : $P_m = EFR / h_a$

On voit donc que la façon de donner h_a est prépondérante pour l'interprétation du résultat.

12) P_{max} :

P_{max} correspond à la puissance maximale possible en exploitation. Le plus simple consiste à prendre la puissance pour 32 °C extérieur dans la régression linéaire des puissances absorbée du groupe froid et des énergies auxiliaires en fonction de la température extérieure (voir figure no 5).

13) f_b :

Par définition $f_b = P_m / P_{max}$

14) EFR :

C'est l'énergie consommée annuellement par le groupe froid. Elle se compose des termes suivants:

- l'énergie consommée pendant le fonctionnement du groupe, soit:

$P_{24h}(T_{ext,été}) [W/m^2] \times 24 [h/j] \times N_{JF} [j]$ mais pour 18°C. En effet, le compresseur est verrouillé par un thermostat qui ne lui permet pas de démarrer en dessous de 18°C extérieur, on obtient donc:
 $7.5 [W/m^2] \times 24 [h/j] \times 64 [j/a > 18°C] = 11'522 [Wh/m^2 a] = 11,52 [kWh/m^2 a]$

- l'énergie consommée pendant les périodes de maintien estivales et hivernales, soit:

hiver: uniquement chauffage carter (365 jours - 104 jours de froid), soit

$261 [j] \times 24 [h] \times 140 [W] = 877 [kWh]$

été, nuits + week-ends: chauffage carter + pompe évaporateur, soit:

week-ends été: $(104 j - 75 j = 29 j \text{ de week-ends}), 29 [j] \times 24 [h] \times 380 [W] = 264 [kWh]$

nuits été : $75 [j] \times 12.5 [h] \times 380 [W] = 356 [kWh]$

On obtient donc un total arrondi de 1'500 [kWh/a] pour l'énergie de maintien = 2,08 [kWh/m² a]

Le total de l'énergie annuelle consommée est donc de: $11,52 + 2,08 = 13,6 [kWh/m^2 a]$ ou ~9'700 [kWh/a]

15) cop :

Attention, il ne s'agit pas du coefficient de performance qu'on utilise habituellement pour caractériser les performances d'une machine frigorifique.

Cop est défini de la façon suivante: $cop \text{ (guichets seuls)} = P_{ap} / P_{24h}(T_{ext,été}) = \text{performance de l'installation, y.c. refroidissement apporté par le système d'offre \& demande.}$

16) P_{ap} :

C'est la puissance de tous les apports.

Par définition: $P_{ap} = P_{ei} + P_{pers} + P_{lu} + P_{transmission} + P_{air \text{ neuf}} + P_{solaire} + P_{ventilo}$

17) P_{ei} :

C'est la puissance de tous les équipements, soit: informatique, photocopieuses, etc.

Attention ces puissances sont ramenées à une durée de 24 h/jour à des fins de comparaison, même si en réalité ces équipements ne fonctionnent qu'environ 12 h/j.

P_{ei} a été relevé le 29.08.91. Nous avons simplement pris comme valeur représentative, les équipements en service ce jour là.

18) P_{pers} :

C'est la puissance dégagée par les personnes.

Attention ces puissances sont ramenées à une durée de 24 h/jour à des fins de comparaison.

P_{pers} a été relevé le 29.08.91. Nous avons simplement pris comme valeur représentative, une moyenne des personnes présentes ce jour là.

19) P_{lu} :

C'est la puissance dégagée par les équipements d'éclairage.

Attention ces puissances sont ramenées à une durée de 24 h/jour à des fins de comparaison.

P_{lu} a été relevé le 29.08.91. Nous avons simplement pris comme valeur représentative, les éclairages en service ce jour là. A noter qu'il y avait du soleil.

20) $P_{transmission}$:

Nous admettons qu'elle est globalement nulle sur 24 heures.

21) $P_{air\ neuf}$:

Comme l'installation fonctionne en offre et demande, tant que l'air extérieur est plus chaud que l'air repris, il s'agit d'un gain pour l'installation, il ne faut donc pas en tenir compte, puisque le cop que l'on calcule n'est pas un cop de la machine frigorifique, mais un cop global du système.

Dès que la température extérieure dépasse la température d'air repris, ce qui arrive pendant environ 1/4 des heures diurnes de la période pendant laquelle il faut refroidir, le volet d'offre et de demande se ferme en position air frais minimal. A ce moment, le refroidissement de cet air frais depuis la température moyenne de l'air extérieur jusqu'à la température moyenne de l'air repris est une charge pour le système et fait donc partie des apports.

Là aussi la puissance est ramenée sur une période de 24 heures à des fins de comparaison.

22) $P_{solaire}$:

Nous avons pris les données en rayonnement global fournies par "Element 23".

Nous avons pris le rayonnement pour $N_{JF} = 104$ jours, soit 7 j/semaine, car le rayonnement agit sur les locaux aussi le week-end quand l'installation est arrêtée.

Ici aussi la puissance est ramenée sur une période de 24 heures à des fins de comparaison.

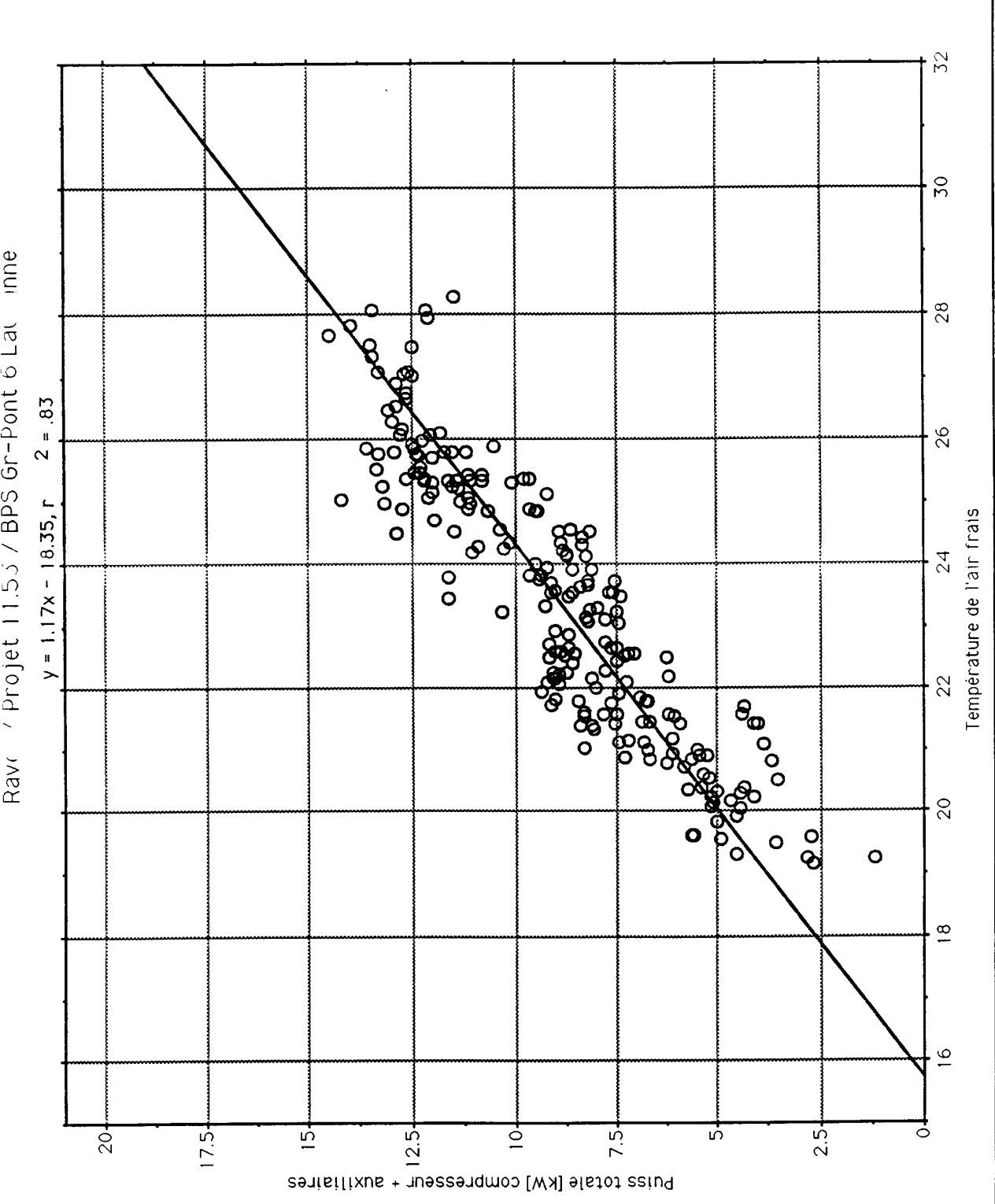
23) $P_{ventilo}$:

C'est la puissance électrique absorbée par les ventilateurs et qu'on retrouve pour finir dans le système sous forme de chaleur.

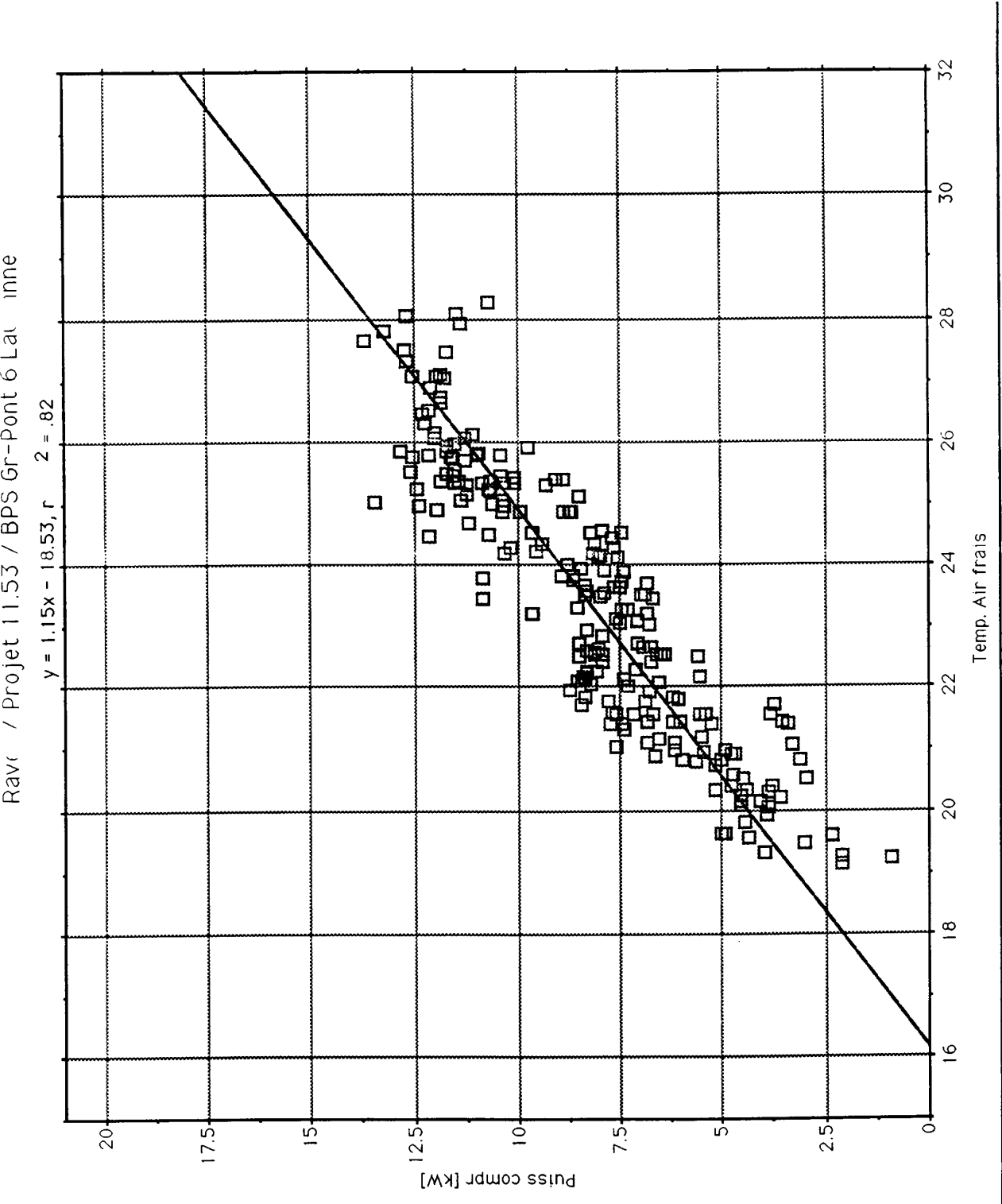
L'énergie absorbée par le ventilateur de pulsion se retrouve toujours dans la charge interne du bâtiment. Soit 6,25 W/m² pour 12 heures, donc 3,12 W/m² pour 24 heures, voir tableau du renouvellement d'air.

L'énergie absorbée par le ventilateur d'évacuation ne se retrouve dans la charge interne que quand il fait très chaud, c'est à dire quand on travaille en roulement avec minimum d'air frais. Cette situation se présente quand la température extérieure dépasse 24 °C, ce qui arrive environ pendant 1/4 de la période où il faut refroidir (voir $P_{air\ neuf}$).

Soit 6,11 W/m² x 1/4 de la période x 1/2 x 0,88 rapport des débits AP/AR = 0,67 W/m².

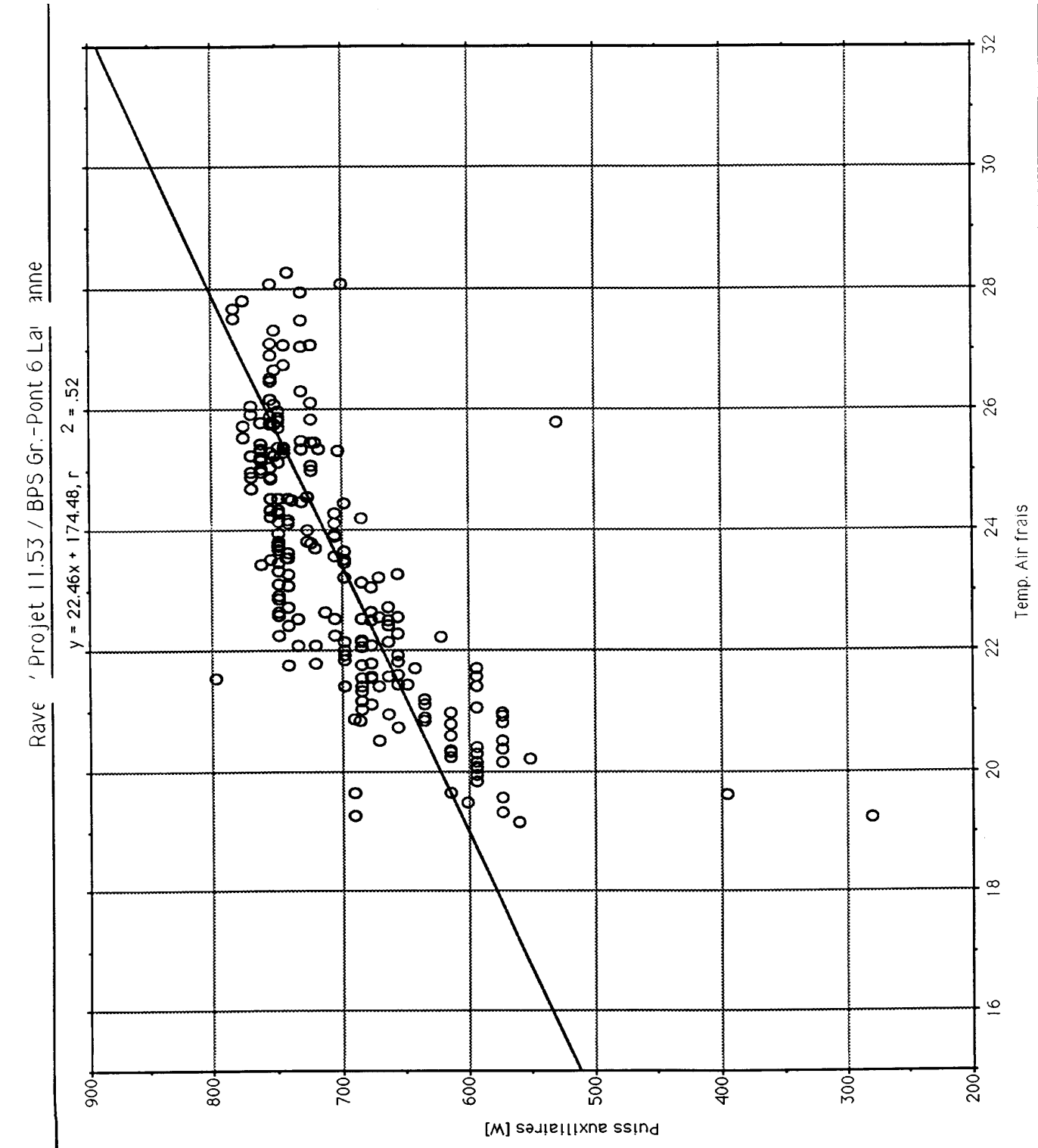


Régression sur mesures du 8.7-11.7+29.7-2.8+5.8+19.8-23.8.91, moyennes horaires



Régression sur mesures du 8.7-11.7+29.7-2.8+5.8-9.8+19.8-23.8.91, moyennes horaires

3.2 RÉGRESSION LINEAIRE AUXILIAIRES SEULS (figure 7)



3.2 EXPLICATIONS CONCERNANT LES GRAPEIQUES DE RÉGRESSION

Remarques préliminaires:

- 1) Les 3 graphiques de régression sont tirés du même assemblage de fichiers de données suivant: mesures du 8.7 - 11.7 + 29.7 - 2.8 + 5.8 - 9.8 + 19.8 - 23.8.1991, soit 217 mesures.
- 2) L'installation fonctionne de 07h30 à 19 h00. Les mesures sont des moyennes horaires relevées dès 09h00 et ensuite chaque heure jusqu'à 19h00 y.c..
- 3) La liste des points mesurés est à l'annexe 3.
- 4) La température d'air frais a été mesurée à l'aide d'une sonde placée dans le canal d'air frais dans la centrale ventilation. La comparaison entre les températures relevées et celles de la station ISM de Pully montrent 2 choses intéressantes:
 - la pointe de température d'un jour chaud est aux environs de 16 heures à Pully, alors qu'en ville Oa prise d'air est à 4 m du sol en façade nord-est, protégée du soleil toute la journée) cette pointe est toujours aux environs de 18h30.
 - Les variations de température sont amorties en ville par rapport à la station de Pully. En effet, les relevés ISM indiquent des pointes de température que nous n'avons pas relevées dans notre installation.
 - En résumé, le cycle de température journalier estival est décalé vers le soir et amorti en amplitude, tant vers le haut que vers le bas, par rapport à la station ISM de Pully, du fait de l'inertie des bâtiments environnants et de la situation ombragée permanente de la prise d'air frais.
- 5) Il n'y a pas de mesures en-dessous de 18°C, car le groupe froid est verrouillé en-dessous de cette température. Il n'y a pas de mesures au-dessus d'environ 28°C, du fait du phénomène d'amortissement discuté au paragraphe précédent.

FIGURE 5 RÉGRESSION LINÉAIRE DU GROUPE FROID (compresseur + auxiliaires)

- Il s'agit de la régression linéaire du groupe froid complet, donc du compresseur et des énergies auxiliaires.
- Ce graphique permet donc de déterminer la puissance électrique nécessaire pour la production de froid en fonction d'une température extérieure, mais ne permet pas de connaître la température minimale (T_{min}) à partir de laquelle il faut refroidir, car comme on peut le voir la droite de régression ne coupe pas l'axe des températures à la même place que sur le graphique du compresseur seul (figure 6).
- la corrélation est bonne, puisque avec $r^2 = 0.83$ on obtient un coefficient de corrélation $r = 0.91$.

FIGURE 6 RÉGRESSION LINEAIRE COMPRESSEUR SEUL

- C'est avec ce graphique qu'on peut déterminer quelle est la température minimale à partir de laquelle il faut refroidir.
- la corrélation est bonne, puisque avec $r^2 = 0.82$ on obtient un coefficient de corrélation $r = 0.91$.

FIGURE 7 RÉGRESSION LINEAIRE AUXILIARIES SEULS

- Les auxiliaires sont les équipements suivants:
- la pompe de circulation de l'évaporateur. Cette pompe est normalement asservie au vase tampon. Quand le vase est chargé, la pompe s'arrête. Du fait d'un mauvais réglage du compresseur, celui-ci s'arrêtait avant que le vase ne soit chargé, si bien que pendant toute la période de nos observations, la pompe a tourné sans arrêt jour et nuit, ce dont nous avons tenu compte dans la consommation annuelle.
- la pompe de circulation du circuit batterie. Cette pompe est asservie aux contacts de fin de course des 2 vannes froid.
- les 4 ventilateurs du condenseur à air. Les 2 premiers ventilateurs démarrent en même temps que le compresseur, tandis que les autres ventilateurs viennent séparément en fonction du niveau de pression de condensation.
- voir aussi figure 2

3.3 TABLEAU HUMIDIFICATION

Comme il n'y a pas de tableau actuellement prévu par SIA 380/4 pour traiter les problèmes d'humidification, nous allons simplement présenter les données sous forme de liste.

DONNÉES DE BASE:

Objet:	Banque Populaire Suisse	
Lieu:	Gr.-Pont 6 / Lausanne	
Date:	10.12.91	
Installation:	Guichets	
Volume humidifié:	1'650 m ³	1)
Surface ventilée:	720 m ²	2)

GRANDEURS

CARACTÉRISTIQUES:

Po:	0	[W/m ²]	3)
h a:	2'600	[h/a]	4)
PM:	11,7	[W/m ²]	5)
Pmax:	15,8	[W/m ²]	6)
fb:	0,74	[-]	7)
EHU:	30,3	[kWh/m ² a]	8)

Remarque:

Point de consigne à 45 % h.r.

3.3 EXPLICATIONS CONCERNANT LE TABLEAU "HUMIDIFICATION"

1) **Volume humidifié:**

Le volume indiqué est net, il s'agit donc du volume effectif sur lequel agit l'installation. Dans le cas présent, le volume du faux-plafond a également été déduit, du fait qu'il sert de plénum pour l'air repris.

2) **Surface ventilée:**

Surface définie conformément à la recommandation SIA 416 (édition 1975). Il s'agit donc d'une surface brute.

3) **P_o :**

C'est la puissance de maintien de la disponibilité. Lorsque la régulation donne un signal nul à l'humidificateur, celui-ci s'arrête complètement et demande une puissance égale à zéro.

4) **h_a :**

C'est le nombre d'heures annuelles où la prestation est utilisée par la banque, correspond donc aux heures de travail du personnel.

5) **P_m :**

Par définition : $P_m = E_{HU} / h_a$

On voit donc que la façon de donner h_a est prépondérante pour l'interprétation du résultat.

6) **P_{max} :**

P_{max} correspond à la puissance maximale possible en exploitation. Dans ce cas, c'est simplement la puissance nominale de l'humidificateur, soit 11,4 kW.

7) **f_b :**

Par définition $f_b = P_m / P_{max}$

8) **E_{HU} :**

C'est l'énergie consommée annuellement pour l'humidification, soit ~21'900 kWh/a.

Remarque concernant l'interprétation des données d'humidification:

Les relevés d'humidification ne permettent pas d'obtenir une corrélation du même genre que celle qu'on peut obtenir pour le froid.

Nous avons pu par contre mettre en évidence, en dépouillant nos mesures hivernales, que l'humidificateur fonctionnait grosso modo de la façon suivante:

Text 10 °C = humidificateur à 100% de charge en permanence, soit 11,4 kW.

Text 10°C et 18°C = variation entre 0 et 100%, nous avons alors simplement pris la moyenne de nos mesures (moyenne sur environ 1000 points), et obtenons 7,4 kW.

Text 18°C = humidificateur verrouillé par un thermostat et donc charge = 0%.

Nous avons ensuite à l'aide de la documentation SIA D 012, pu faire ressortir le nombre d'heures de fonctionnement diurne (5j/semaine) pour chaque tranche de température. Ceci nous a enfin permis de calculer la consommation annuelle E_{HU} et donc la puissance moyenne.

Bilan des puissances moyennes & Bilan énergétique

Objet : Banque Populaire Suisse
Lieu : Gr.-Pont 6 / Lausanne
Date : 11.12.91

Prestation	A *	ha	Pm	Consommation annuelle (arrondie)		
				[kWh]	[kWh/m2 a]	[MJ/m2 a]
Guichets :						%
Transport de l'air	720	2'600	10.9	20'400	28.3	102
Refroidissement	720	2'600	5.2	9'700	13.6	49
Humidification	720	2'600	11.7	21'900	30.3	109
TOTAL	720	2'600	27.8	52'000	72.2	260
						100

* A = surface définie selon SIA 416

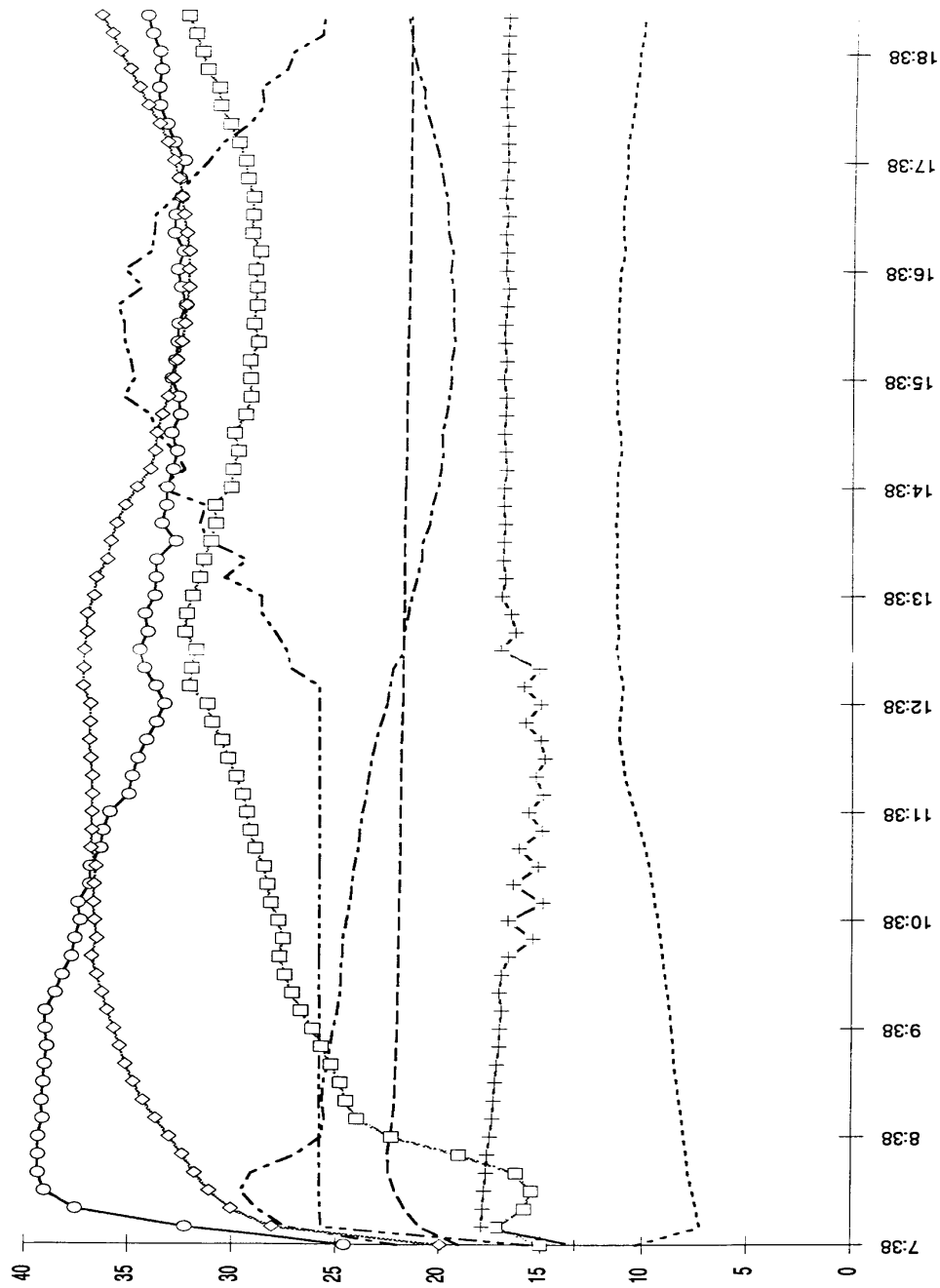
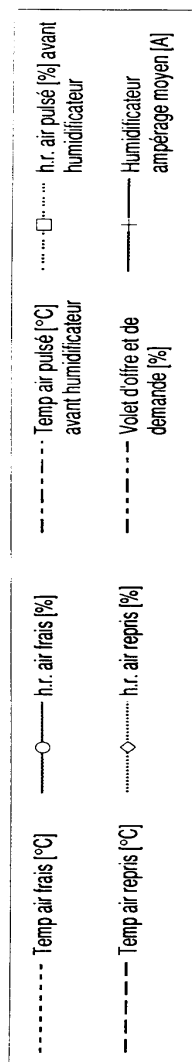
3.5 GRAPHIQUES DIVERS ILLUSTRANT LE FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Ce paragraphe est composé des 4 graphiques suivants:

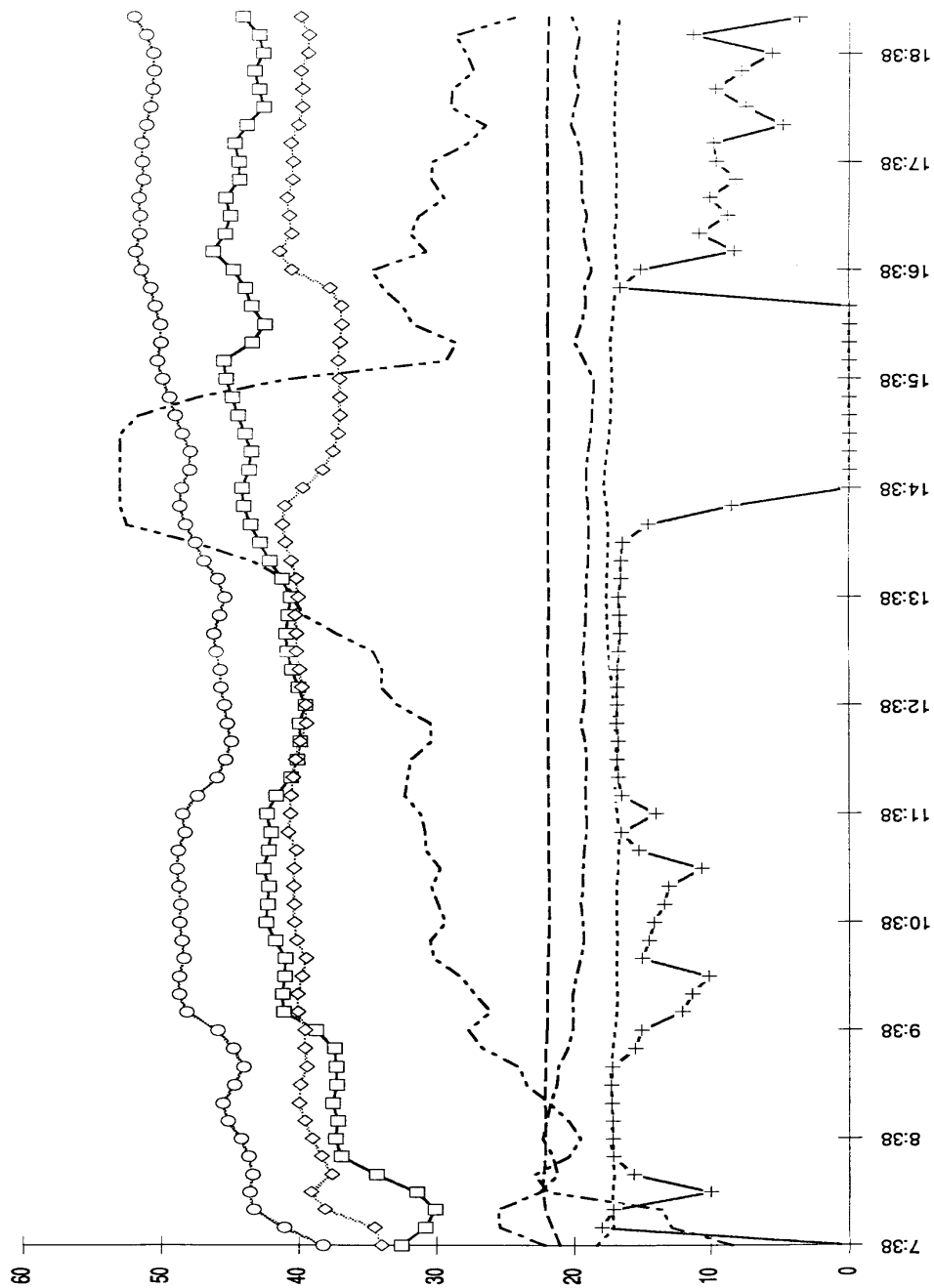
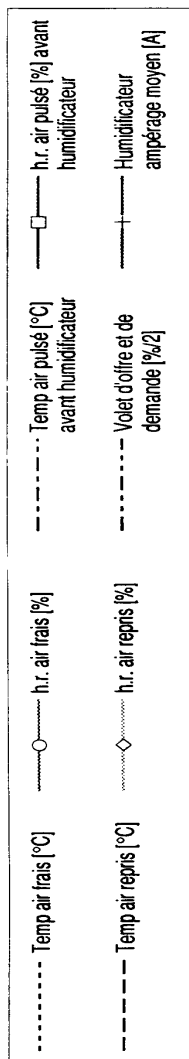
mesures hivernales	29.3.91	figure 9	page 25
mesures hivernales	08.03.91	figure 10	page 26
mesures estivales	26.8.91	figure 1 1	page 27
mesures estivales	29.7-2.8+5.8-9.8+19.8-23.8.91	figure 12	page 28

et des explications concernant ces différents graphiques dès la page 29.

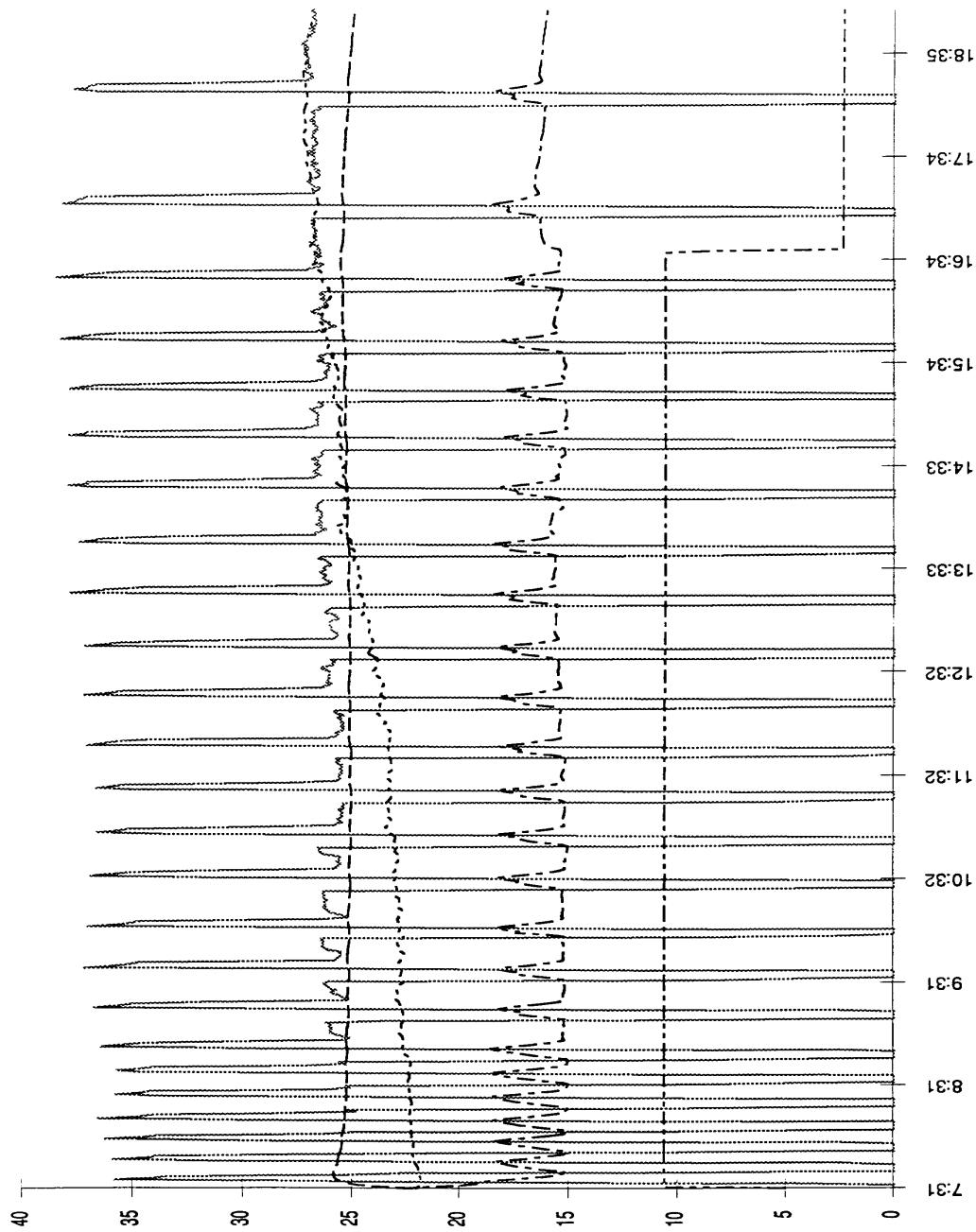
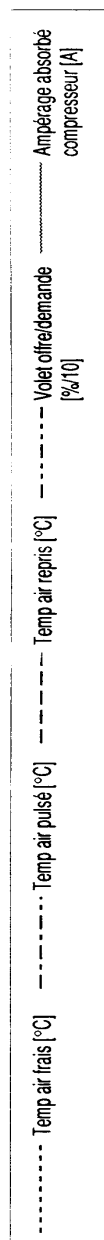
page 32



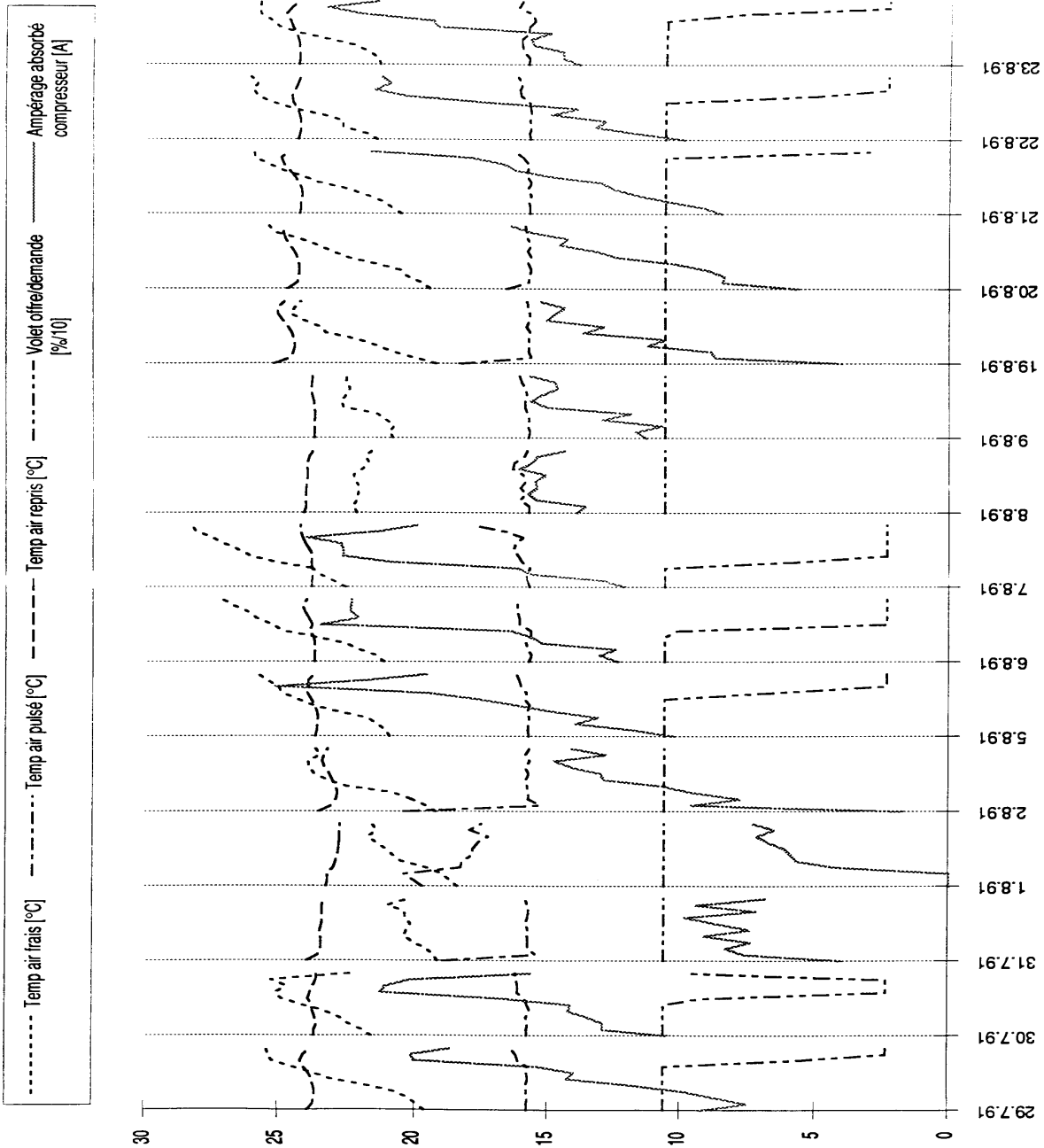
RAVEL, BPS Gr.-Pont 6, 29.3.91, mesures de 7h30 - 19h00, toutes les 10 minutes, figure 9



RAVEL, BPS Gr.-Pont 6, 08.03.91, mesures de 7h30 - 19h00, toutes les 10 minutes, figure 10



RAVEL, BPS Gr.-Pont 6, 26.8.91, mesures de 7h30 - 19h00, toutes les minutes, figure 11



RAVEL, BPS Gr.-Pont 6, 29.7 - 2.8 + 5.8 - 9.8 + 19.8 - 23.8.91, mesures de 7h30 - 19h00, toutes les heures dès 9h, figure 12

3.5 EXPLICATIONS CONCERNANT LES DIVERS GRAPHIQUES ILLUSTRANT LE FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

MESURES HIVERNALES DU 29.03.91 (figure 9)

- la consigne de température ambiante est à 22°C
- l'installation fonctionne à la grande vitesse.
- vu le At entre air pulsé et air repris, il aurait certainement été possible de fonctionner à la petite vitesse, pour économiser de l'électricité.
- en petite vitesse, le At aurait a peu près été doublé, ce qui dans ce cas resterait acceptable.
- l'après-midi, pour assurer le rafraîchissement, le volet d'offre et de demande ce serait simplement plus ouvert.

MESURES HIVERNALES DU 08.03.91 (figure 10)

- la consigne de température ambiante est à 22°C
- la ventilation maîtrise bien les conditions ambiantes en température, puisque l'air repris est stable en permanence à environ 22°C (sauf lors de la mise en température pendant la première heure).
- l'installation fonctionne à la grande vitesse.
- en humidité on constate toujours un léger déficit, la consigne étant à 45 % h.r. et la reprise plafonnant à environ 40%.
- le passage à zéro de l'ampérage de l'humidificateur est dû au thermostat de verrouillage placé dans l'air frais. A noter l'influence très rapide sur l'humidité dans l'air repris, déphasage moins d'une demi-heure. L'abaissement de l'humidité relative pendant cette coupure est faible et ne devrait pas être remarquée par le personnel.
- toute la prestation de refroidissement est assurée par le volet d'offre et de demande (multiplier par 2 la valeur indiquée sur l'ordonnée pour obtenir la position en %).

MESURES ESTIVALES DU 26.08.91 (figure 11)

- la consigne est toujours à 22°C, avec glissement en fonction des conditions extérieures.
- on constate d'emblée que le matin, la température de l'air repris est plus élevée que la température extérieure. Ce phénomène n'a jamais donné lieu à des remarques de la part des utilisateurs, personne ne s'en est rendu compte. Normalement la régulation devrait être en mesure de rapidement corriger cet écart, mais tel n'est pas le cas à cause des 2 phénomènes suivants:
- le niveau de la température d'air pulsé est très étroitement lié au cycle de marche du compresseur, ce qui laisserait supposer soit une batterie à détente directe, soit un circuit d'eau glacée sans vase tampon. En réalité l'installation est équipée d'un vase tampon, mais du fait d'un mauvais réglage du compresseur, il n'est jamais chargé.
- la température de limite de pulsion est fixée à 15°C. L'installation ne fonctionne guère que sur la limite.
- on voit bien ici, que la température extérieure maximale est à 18h00.

MESURES ESTIVALES DU 29.7.-.....- 23.8.91 (figure 12)

- il s'agit ici d'une compilation de mesures faites uniquement pendant des jours ouvrables de semaines complètes, les 2e et 3e semaines n'étant pas consécutives (l'installation est arrêtée pendant le weekend).
- la consigne est toujours à 22°C, avec glissement en fonction des conditions extérieures.
- le 1er août était cette année un jour férié en semaine (l'installation fonctionnait donc normalement) et il est intéressant de voir l'influence des charges internes sur le comportement de l'installation. En effet, il a fait plus chaud le 1er août que le jour précédent et pourtant, on voit que le compresseur a moins travaillé.

CHAPITRE 4

ANALYSE & INTERPRETATION

page 39

CHAPITRE 4 / ANALYSE & INTERPRÉTATION

PREAMBULE

Le présent rapport avait un but premier qui était l'étude quantitative du fonctionnement de l'installation des guichets. Il s'agissait pour cela de mesurer l'installation telle qu'elle était et de quantifier les consommations d'énergie à l'aide des formules développées dans le cadre du futur document SIA 380/4.

Le second but est multiple. Il recouvre les points suivants:

- critique et commentaire concernant le fonctionnement et la consommation de l'installation.
- commentaires généraux pouvant servir ultérieurement pour les cours Ravel.
- commentaires concernant la méthode de quantification des consommations.

4.1 COMMENTAIRES CONCERNANT LE BILAN ÉNERGÉTIQUE (§ 3.4)

La consommation globale de 52'000 kWh/an est élevée. Elle est principalement due aux trop grandes consommations du transport de l'air et de l'humidification.

Transport de l'air.

L'énergie utilisée pour le transport de l'air est si élevée pour les raisons suivantes:

- centrale de ventilation exigüe, d'où configuration défavorable des monoblocs et donc perte de charge élevée.
- les canaux d'air frais et d'air évacué ont dû passer selon des tracés imposés par la configuration du bâtiment (il s'agit d'une transformation totale, la façade classée a été intégralement conservée). Les tracés sont tortueux, les vitesses d'air par endroits élevées (~ 7 m/s) et il y a beaucoup de changements de direction et de pièces de déviations spéciales.
- la lutte contre le bruit a été très poussée ce qui a nécessité de nombreux amortisseurs de bruit et donc des pertes de charge, en particulier: pose d'amortisseurs de bruits complémentaires sur les réseaux de pulsion du rez et de l'entresol après les clapets d'équilibrage, à la fin du chantier.
- la pose d'amortisseurs de bruit en amont et en aval des régulateurs de débit alimentant la caisse centrale a également créé des pertes de charges supplémentaires.
- la caisse centrale a été déplacée à la fin du chantier du 1er étage nord au 2e étage sud, ce qui a beaucoup compliqué le tracé des gaines.

Refroidissement:

L'énergie utilisée pour le refroidissement est bien maîtrisée grâce à l'apport du système d'offre et de demande.

Humidification:

L'humidification consomme de l'énergie sans rapport avec le gain de confort obtenu.

Dans de multiples installations il n'y a pas du tout d'humidification et cela ne pose pas de problèmes à la majorité des personnes qui y vivent ou y travaillent.

La BPS a d'ailleurs décidé, au vu de l'énorme consommation électrique d'arrêter l'humidification. Ainsi l'hiver 1991-92 s'est déroulé sans humidification et personne n'y a été sensible.

Remarque:

En dehors des chiffres absolus de consommation qui sont déjà très éloquentes, c'est la répartition de la consommation d'énergie entre transport, refroidissement et humidification qui soulève le plus de questions.

En effet, on constate 2 faits importants:

- L'humidification est la prestation la plus gourmande en énergie, mais certainement la moins indispensable des trois.
- La prestation de froid, la plus remise en cause politiquement ces dernières années, est la moins gourmande en énergie.

4.2 COMMENTAIRES CONCERNANT LE TRANSPORT DE L'AIR

Dans le transport de l'air, il faut veiller principalement à 2 choses: - transporter la quantité d'air juste nécessaire.
- maintenir les pertes de charges aussi faibles que possible.

Quantité d'air.

On constate souvent que le débit d'air transporté est trop important. Il n'est pas forcément gênant de calculer une installation avec des débits trop importants. Par contre, il est impératif de vérifier dans la première année d'exploitation, s'il n'y a pas possibilité de diminuer les débits d'air. On peut en général sans autre forcer le Δt entre air pulsé et air repris quand il fait très chaud. Dans le cas présent, le débit d'air a déjà été réduit une fois de 10% au cours de la première saison estivale (avant la présente campagne de mesure). Il vaut mieux réduire le débit d'air plutôt qu'augmenter sa température s'il fait trop frais dans les locaux en été, car la réduction du débit diminue la consommation d'électricité. Cette prestation de vérification devrait être comprise de façon beaucoup plus explicite tant dans le contrat de l'ingénieur que dans celui de l'installateur, afin que ce travail soit réellement réalisé.

Les enregistrements tels que ceux effectués, permettent justement de vérifier les Δt dans les diverses conditions de fonctionnement de l'installation et donc les possibilités de réduction des débits d'air.

Pertes de charges:

Tant pendant la conception que pendant la réalisation d'une installation, les pertes de charges devraient être maintenues aussi faibles que possibles. Ci-après quelques points particulièrement importants à ne pas perdre de vue:

- la vitesse d'air tant dans les canaux que dans le monobloc doit être faible. En règle générale, nous conseillerions de ne pas dépasser 3,5 m/s dans les canaux. Ceci nécessite donc d'avoir des locaux techniques et des gaines techniques assez grands.
- si le ventilateur tourne à un régime élevé parce qu'il y a beaucoup de pertes de charges, il faut mettre de gros amortisseurs de bruit générateurs de pertes de charges supplémentaires. De faibles pertes de charges ont donc aussi une incidence sur le niveau de bruit du ventilateur.
- prévoir des amortisseurs équipés de déflecteurs arrondis à l'entrée d'air et de "queues" à la sortie, du fait que l'essentiel de la perte de charge est générée à l'entrée et à la sortie et non dans l'amortisseur. Pour autant que possible supprimer les amortisseurs et les remplacer par de la gaine amortissante.
- minimiser les fuites d'air des canaux, car elles augmentent le débit d'air à fournir au ventilateur.

Remarque:

On touche ici le problème de la place prise par les installations techniques du bâtiment et en particulier par la ventilation. Pour la plupart des architectes, les installations prennent de toute façon trop de place. Il est donc extrêmement ardu de leur expliquer pourquoi il est nécessaire de laisser plus de place pour les canaux, ceci d'autant plus que la plupart considèrent la place occupée par les gaines comme une perte de surface de location.

Le combat est donc très inégal, le prix du kWh électrique ne faisant en général pas le poids face à des critères de location ou d'investissement.

4.3 COMMENTAIRES CONCERNANT LE REFROIDISSEMENT

L'interprétation du tableau de refroidissement est assez délicate, surtout parce qu'il faut ramener les valeurs à des bases communes pour les rendre comparables avec celles obtenues sur d'autres installations. Ci-dessous sont mentionnés les principaux points pour lesquels il serait judicieux de revoir ou préciser l'interprétation dans la future norme SIA 380/4.

Température d'enclenchement T_{min} :

La température minimale à partir de laquelle il faut refroidir diffère dans notre cas d'environ 0,5 °C si on prend la régression du groupe froid complet (y.c. auxiliaires) plutôt que le groupe froid seul. De plus comme on l'a vu, dans notre cas le compresseur est verrouillé jusqu'à 18°C, ce qui provoque bien entendu une perte théorique de confort, mais n'a jamais fait l'objet de remarques de la part des utilisateurs.

Définitions NJ_F et DJ_F :

Les nombres et degrés jours de froid, correspondent quantitativement à la réalité, mais le moyen utilisé pour les calculer doit être utilisé avec prudence.

Le danger provient du fait qu'on travaille avec une température moyenne sur 24 heures. Ainsi, p.ex. au Sahara, comme les nuits sont très froides, on pourrait arriver à la conclusion qu'il n'y a pas de jours de froid.

En Suisse on est obligé d'utiliser cet artifice de calcul pour quantifier NJ_F et DJ_F , parce que l'ISM n'est pas en mesure de transmettre actuellement sur un support informatique de type PC des données plurihoraires concernant les stations de mesures. Il serait bon que là aussi un effort soit entrepris pour faciliter l'accès aux données sous forme informatique (serveur ISM p.ex., etc.).

Interprétation de f_b :

Il faut se méfier des interprétations abusives de f_b . Si on ne fait pas attention, on pourrait également dire que ce facteur traduit le sur-dimensionnement de l'installation, ce qui est vrai dans une certaine mesure si on ne prend pas de précautions pour définir $P_{\#max}$. Pour cette raison, nous avons dans le cas du refroidissement tiré $P_{\#max}$ de la droite de régression du groupe froid pour 32 °C de température extérieure. Ainsi l'influence d'un éventuel sur-dimensionnement est quasi supprimé, à la baisse globale de performances en charge partielle près, qui elle reste incluse dans f_b .

Apports P_{ap} :

Les apports classés par pourcentage montrent une répartition intéressante:

$P_{transmission}$	0 W/m^2	0 %
$P_{air\ neuf}$	0,3 W/m^2	1 %
P_{pers}	2,7 W/m^2	11 %
$P_{ei} =$	3,6 W/m^2	15 %
$P_{ventilo} =$	3,8 W/m^2	16 %
$P_{lu} =$	4,4 W/m^2	19 %
$P_{solaire}$	9 W/m^2	38 %
P_{ap}	23,8 W/m^2	100 %

- Un certain nombre d'éclairages artificiels restent en service même pendant les jours de soleil en été.
- On constate que l'apport de chaleur par les moteurs des ventilateurs est aussi important que les apports par les équipements ou la lumière artificielle en été. Ceci signifie donc une fois de plus qu'il y a tout intérêt à diminuer les pertes de charges et les débits pour avoir des moteurs plus petits donc moins d'apports.
- Comme prévu, l'apport solaire est dans ce cas dominant ce que confirme la droite de régression de la puissance du compresseur en fonction de la température extérieure.

cop:

L'utilisation de l'abréviation "cop" pour quantifier le coefficient de performances global du système de refroidissement ne nous paraît pas judicieux.

Dans l'esprit de la plupart des gens, "cop" signifie uniquement coefficient de performances d'un compresseur frigorifique (et encore souvent en négligeant les énergies auxiliaires nécessaires). Suivant le système de ventilation utilisé, la définition des deux "cop" se rejoint et devient effectivement le coefficient de performances du compresseur, mais dans le cas d'un système d'offre & demande ce n'est pas le cas.

Le groupe froid seul ne peut pas avoir un "cop" de 3.4. On voit donc l'influence importante que prend le système d'offre & demande dans ce cas. On peut estimer que le "cop" annuel du groupe froid (y.c. énergies auxiliaires) se situe entre 2 et 2.5.

Il faut également bien distinguer le "cop" théorique d'un compresseur à pleine charge au banc d'essai et son "cop" annuel en exploitation sur site. Le "cop" annuel est plus faible, du fait des pertes pendant les cycles de démarrage et de charge partielle, ainsi qu'à cause des fluctuations de la demande.

4.4 COMMENTAIRES CONCERNANT L'HUMIDIFICATION

Au cas où une humidification est considérée comme indispensable, ne vaudrait-il pas mieux commencer par regarder du côté des fontaines et autres plantes vertes?

Le principal défaut des systèmes d'humidification à vapeur, du type de celui installé à la BPS, c'est leur faible coût d'acquisition qui n'a pas d'effet dissuasif.

Le fait que l'humidification ait été arrêtée sans problèmes pendant l'hiver 1991-92, montre qu'on peut donc autre prévoir ce genre d'installations sans humidification.

4.5 COMMENTAIRES CONCERNANT LES SURFACES ET LES VOLUMES

Les surfaces sont données brutes, conformément à SIA 180/4, donc selon SIA 416. Le volume est par contre donné net, c'est à dire le volume réel affecté par les prestations (volume du faux-plafond déduit). Il faut donc être très prudent lors de la comparaison de deux installations et être sûr de travailler avec des définitions identiques, car les valeurs spécifiques sont grandement influencées suivant les définitions de surfaces et volumes appliquées.

A notre avis, il serait plus judicieux de travailler uniquement avec des données brutes, car le but final de Ravel, c'est que les calculs effectués dans la présente étude, soient à l'avenir effectués à priori, c'est à dire au stade du concept de l'installation, donc 'à un moment où en général on ne connaît guère que les éléments bruts du bâtiment. Ceci aurait bien évidemment pour avantage de simplifier l'acquisition des données et permettre un calcul rapide, comme c'est le cas pour la calorimétrie p.ex..

4.6 PROPOSMONS DE MODIFICATIONS DE L'INSTALLATION

1) VerTouillage du com par une horloge

Ceci permettrait de diminuer les pertes de veille, parce que le vase tampon ne serait pas chargé pendant la nuit.

2) Thermostat sur air frais pour passage automatique PV - GV de la ventilation

L'utilisateur n'est souvent pas à même d'estimer quand il est l'heure de passer en PV au début de l'hiver et quand il est nécessaire de repasser en GV au printemps. Ceci d'autant plus que cette manipulation peut avoir lieu plusieurs fois pendant l'hiver en fonction du temps. Comme dans notre cas la charge de refroidissement est nettement influencée par les conditions météo, ce genre de verrouillage en fonction de la température d'air frais serait bien adapté.

3) Modification du réglage du groupe froid pour charger le vase tampon à nouveau

Lors de la mise en service de l'installation, c'est effectivement l'état de charge du vase tampon qui dictait la marche et l'arrêt du compresseur. Suite à des problèmes répétés de panne sur pression d'huile au printemps, l'entreprise Luwa a modifié le réglage du thermostat du groupe. A l'heure actuelle le thermostat propre du compresseur coupe le groupe avant que le vase tampon ne soit chargé. Ceci a d'ailleurs également pour conséquence, que la pompe du circuit évaporateur tourne en permanence puisque le vase tampon n'est jamais satisfait.

4) Abaissement de la température limite de pulsion en dessous de 15°C

On pourrait abaisser la température limite de pulsion, pour qu'en été on obtienne un meilleur refroidissement matinal. Il faut par contre bien être conscient que cette manière de faire augmente la consommation d'énergie électrique.

5) Augmentation des heures de fonctionnement matinales en été

Cette mesure permettrait de pré-refroidir les locaux le matin, avant l'arrivée des employés, mais augmente par contre à nouveau la consommation d'énergie électrique.

6) Changement des sondes d'ambiance

Les relevés montrent que le signal délivré par les sondes d'ambiance Landis & Gyr est notablement différent (jusqu'à 2°C d'écart) de celui obtenu par la sonde de reprise Pt 1000 que nous avons utilisé pour les mesures. Cette différence est confirmée par les relevés effectués avec le psychromètre Defensor.

Selon Landis & Gyr, il faudrait essayer d'autres sondes, car on ne peut pas les étalonner.

A notre avis la meilleure solution consisterait à remplacer les sondes actuelles par une seule sonde de reprise placée en canal, ce qui du coup supprimerait l'éternel problème de l'emplacement des sondes d'ambiance.

Les modifications proposées ci-dessus sont toutes des interventions mineures, tant du point de vue investissement que du point de vue économie d'électricité. Une partie d'entre elles diminue la consommation, l'autre l'augmente. Si on effectue uniquement les interventions diminuant la consommation d'électricité, on peut au mieux s'attendre à une diminution de la consommation annuelle de quelques

CHAPITRE 5

CONCLUSION

page 47

5.1 CONCLUSION

Le présent rapport démontre combien ce genre d'étude est utile.

Il montre également que l'installation d'un dispositif d'humidification de l'air pulsé doit être longuement réfléchi, en particulier en ce qui concerne sa nécessité.

Nous pensons que dans un proche avenir toute installation d'une certaine importance devrait, non seulement faire l'objet d'une étude préalable ce qui sera fait avec SIA 380/4, mais encore comprendre une prestation de vérification du genre de celle effectuée pour le présent rapport.

Il n'est pas nécessaire de faire d'aussi longues mesures, mais il nous semble toutefois impératif d'avoir des courbes de fonctionnement telles que celles montrées à la fin du chapitre 3.

La prestation de vérification devrait être ajoutée aux prestations normalement comprises dans la procédure de réception. Cette évolution nous semble un gage de crédibilité à long terme pour le concepteur de l'installation ainsi qu'une évolution inéluctable si on veut réellement contrôler la consommation d'énergie électrique.

Un second avantage, comme on l'a vu au chapitre précédent, c'est la vérification du bon fonctionnement des équipements et des étalonnages qui est automatiquement faite au moment où on a les courbes de fonctionnement. C'est donc un gage de sécurité supplémentaire pour le maître de l'ouvrage pendant les 2 ans de garantie à la fin du chantier.

ANNEXES

ANNEXE 1

Débits d'air de l'installation des guichets

	Volet offre & demande 22 %		Volet offre & demande 100 %	
	PV	GV	PV	GV
Air frais [m3/h]	700 mesuré	1'100 mesuré	4'800 mesuré	8'000 mesuré
Air pulsé [m3/h]	4'800 déduit	8'000 déduit	4'800 déduit	8'000 déduit
Air repris [m3/h]	5'700 mesuré	8'800 mesuré	5'300 mesuré	8'000 mesuré
Air vicié [m3/h]	1'600 déduit	1'900 déduit	5'300 déduit	8'000 déduit

ANNEXE 2

Caractéristiques des appareils consommateurs de courant électrique

Monobloc d'air pulsé	
Marque:	Sevenair
Type:	MKG 13
Filtre:	F1 court
Batterie de chaud:	20 kW
Batterie de froid:	47 kW
Ventilateur:	
marque	Wirz
type	TD 45
Moteur électrique:	
marque	BBC Normelec
type	VHU 132S6 - 4A
tension	380 V */Δ
ampérage	4,1 - 10 A
puissance	1,5 - 4,5 kW
cos phi	0,74 - 0,83
vitesse de rotation	955 - 1450 t/min
Valeurs mesurées:	
tension	394 V
puissance PV	1,3 kW
puissance GV	4,5 kW
cos phi PV	0,70
cos phi GV	0,77
vitesse ventilateur	680 / 1010 t/min
Valeurs calculées:	
Δp total ventilateur PV	375 Pa
Δp total ventilateur GV	820 Pa

Monobloc d'air repris	
Marque:	Sevenair
Type:	MKG 11
Ventilateur:	
marque	Wirz
type	TD 40
Moteur électrique:	
marque	ABB
type	VHU 132S6 - 4A
tension	380 V * Δ
ampérage	4,1 - 10 A
puissance	1,5 - 4,5 kW
cos phi	0,74 - 0,83
vitesse de rotation	955 - 1450 t/min
Valeurs mesurées:	
tension	394 V
puissance PV	1,3 kW
puissance GV	4,4 kW
cos phi PV	0,70
cos phi GV	0,78
vitesse ventilateur	800 / 1235 t/min
Valeurs calculées:	
Δp total ventilateur PV	380 Pa
Δp total ventilateur GV	940 Pa

Compresseur frigorifique	
Marque:	Carrier
Type:	30 HL 024 900 EE
No de série:	12X817057
Année:	1988
HP max:	25 bar
BP:	18 bar
Réfrigérant:	R22
Moteur électrique:	
tension:	3x380 V
ampérage:	48 A
puissance:	28 kW
démarrage:	Part-winding + décharge
Réglage de puissance:	66 - 100 %
Puissance froid nominale:	65 kW
Valeurs mesurées:	
tension	394 V
puissance 66%	14,4 kW
puissance 100%	21,3 kW
cos phi à 66%	0,77
cos phi à 100 %	0,83
chauffage carter	140 W / 220 V

Condenseur à air:	
Marque:	Jaggi
Type:	AKV 4 - 6 - 412 D
Médium:	R 22
Nombre de ventilateurs:	4
Moteurs électriques:	
type	FA 065-N DD - 41,6
tension	380 V * Δ
raccordement	Δ
ampérage	0,22 - 0,55 A
puissance	0,08 - 0,16 kW
cos phi	0,45
vitesse de rotation	310 - 420 t/min
Valeurs mesurées:	
tension	394 V
puissance	70 W
cos phi	0,75

Humidificateur à vapeur	
Marque:	ESCO vapair
Type:	Vapac V15E6
Débit de vapeur:	15 kg/h
Tension:	380 V
Puissance:	11,4 kW

Pompe circuit évaporateur	
Marque:	Biral
Type:	NBZ 58 - 1S
Moteur électrique:	
tension	380 V
ampérage I	0,8 A
ampérage II	1,5 A
puissance I	200 - 240 W
puissance II	300 - 480 W
vitesse de rotation I	1000 t/min
vitesse de rotation II	1350 t/min
Valeurs mesurées:	
tension	394 V
vitesse réglée	I
puissance I	240 W
cos phi	0,75

Pompe circuit batteries eau glacée

Marque:	Biral
Type:	NBZ 50 - 2S
Moteur électrique:	
tension	380 V
ampérage I	0,6 A
ampérage II	1,2 A
puissance I	140 - 180 W
puissance II	230 - 310 W
vitesse de rotation I	1000 t/min
vitesse de rotation II	1350 t/min
Valeurs mesurées:	
tension	394 V
vitesse réglée	II
puissance I	270 W
cos phi	0,55

Pompe batterie chauffage

Marque:	Biral
Type:	NRZ 35 S
Moteur électrique:	
tension	380 V
ampérage I	0,13 A
ampérage II	0,3 A
puissance I	40 - 55 W
puissance II	80 - 110 W
vitesse de rotation I	950 t/min
vitesse de rotation II	1300 t/min
Valeurs mesurées:	
tension	394 V
vitesse réglée	I
puissance I	trop faible pour être mesuré
cos phi	idem
ampérage	0,1

ANNEXE 3**MÉTHODE D'ACQUISITION DES DONNÉES**

Au vu de la quantité d'informations qu'il fallait obtenir, ainsi que la nécessité d'avoir des mesures "en continu" sur de plus longues périodes, nous avons opté pour un processeur d'acquisition autonome sur site avec téléchargement des enregistrements par modem.

POINTS MESURÉS, MESURES HIVERNALES:**Entrées analogiques**

-1	ANA1	Temp °C	Prise Air Frais (en centrale)
-2	ANA2	Humidité %h.r.	Prise Air Frais (en centrale)
-3	ANA3	Temp °C	Air Pulsé avant humidificateur (en centrale)
-4	ANA4	Humidité %h.r.	Air Pulsé avant humidificateur (en centrale)
-5	ANA5	Temp °C	Air Repris (en centrale)
-6	ANA6	Humidité %h.r.	Air Repris (en centrale)
-7	ANA7	Temp °C	Ambiance Rez (sur sonde de réglage de l'installation)
-8	ANA8	Humidité %h.r.	Ambiance Rez (sur sonde de réglage de l'installation)
-1	ANA9	Temp °C	Ambiance Entresol (sur sonde de réglage de l'installation)
-2	ANA10	Olo de position	Volet d'offre et de demande (100% = tt air frais)
-3	ANA11	% de position	Signal d'humidité délivré par le régulateur
-4	ANA12	Ampères	Humidificateur phase 1
-5	ANA13	Ampères	Humidificateur phase 2
-6	ANA14	Ampères	Humidificateur phase 3

Entrées TOR (tout ou rien)

-	1	TOR1	Air pulsé ou évacué marche PV
-	2	TOR2	Air pulsé ou évacué marche GV
-	3	TOR3	Pompe de circulation chauffage monobloc
-	4	TOR4	Rideau d'air nord
-	5	TOR5	Rideau d'air sud
-	6	TOR6	Verrouillage compresseur + humidificateur

POINTS MESURÉS, MESURES ESTIVALES:

Entrées analogiques

- 1	ANA1	Temp °C	Prise Air Frais (en centrale)
- 2	ANA2	Humidité %h.r.	Prise Air Frais (en centrale)
- 3	ANA3	Temp °C	Air Pulsé avant humidificateur (en centrale)
- 4	ANA4	Humidité %h.r.	Air Pulsé avant humidificateur (en centrale)
- 5	ANA5	Temp °C	Air Repris (en centrale)
- 6	ANA6	Humidité %h.r.	Air Repris (en centrale)
- 7	ANA7	Temp °C	Ambiance Rez (sur sonde de réglage de l'installation)
- 8	ANA8	Humidité %h.r.	Ambiance Rez (sur sonde de réglage de l'installation)
- 1	ANA9	Temp °C	Ambiance Entresol (sur sonde de réglage de l'installation)
- 2	ANA10	% de position	Volet d'offre et de demande (100% = tt air frais)
- 3	ANA11		inutilisé
- 4	ANA12	Ampères	Compresseur phase 1

Entrées TOR

- 1	TOR1	Heures de marche compresseur 100% + 60 %
- 2	TOR2	Air pulsé ou évacué marche GV
- 3	TOR3	Ventilateur condenseur 3
- 4	TOR4	Pompe de circulation évaporateur
- 5	TOR5	Pompe de circulation batteries froid monobloc
- 6	TOR6	Verrouillage compresseur + humidificateur
- 7	TOR7	Ventilateur condenseur 4
- 8	TOR8	Marche compresseur à 60%

ANNEXE4

FICHIERS DE MESURES

Les fichiers de mesures diffèrent pour les mesures hivernales et estivales.

Les fichiers sont téléchargés directement au format Excel pour Macintosh.

Vu la masse d'informations que renferment les fichiers, nous n'avons pas jugé utile de joindre des copies tirées sur papier des mesures. Si nécessaire nous tenons les fichiers à disposition sur disquettes.

FICHIERS DE MESURES HIVERNALES

Mesures toutes les 10 minutes:

- 1) 07.03.91
- 2) 08.03.91
- 3) 09.03.91
- 4) 11.03.91
- 5) 12.03.91
- 6) 13.03.91
- 7) 14.03.91
- 8) 15.03.91
- 9) 18.03.91
- 10) 19.03.91
- 11) 20.03.91
- 12) 21.03.91
- 13) 22.03.91

- 14) 25.03.91
- 15) 26.03.91
- 16) 27.03.91
- 17) 28.03.91
- 18) 29.03.91
- 19) 01.04.91

FI DE MESURES ESTIVALES

Mesures toutes les 10 minutes:

- 1) 26.06.91
- 2) 27.06.91
- 3) 28.06.91
- 4) 01.07.91
- 5) 02.07.91
- 6) 03.07.91
- 7) 04.07.91
- 8) 05.07.91
- 9) 08.07.91
- 10) 09.07.91
- 11) 10.07.91
- 12) 11.07.91
- 13) 12.07.91
- 14) 15.07.91
- 15) 17.07.91
- 16) 19.07.91
- 17) 22.07.91
- 18) 23.07.91

Mesures toutes les heures:

- 1) 08.07.91
- 2) 09.07.91
- 3) 10.07.91
- 4) 11.07.91
- 5) 12.07.91
- 6) 29.07 au 02.08.91
- 7) 04.08 au 10.08.91
- 8) 19.08 au 25.08.91

Mesures toutes les minutes:

- 1) 26.08.91

ANNEXE 5**APPAREILLAGE UTILISÉ POUR LES MESURES ET LES ÉTALONNAGES****APPAREILLAGE POUR LES MESURES**

Processeur d'acquisition de données

Il s'agit d'un processeur Napac TBC, représenté en Suisse par l'entreprise Téléconcept Energie SA à Genève.

- nombre de canaux analogiques: 16
- convertisseur analogique - digital : 12 bits
- nombre de canaux tout ou rien: 16
- modem intégré à la norme Minitel, V 23

Sondes de température

Sondes pour mesure d'air frais, repris, pulsé:

Type Pt 1000 applique de chez Danfoss, que nous avons pendues dans les canaux de ventilation.

Sondes pour mesures d'ambiance:

Nous avons utilisé les sondes d'ambiance existantes Landis & Gyr QAA 23 et QFA 62.1, pour lesquelles nous avons sorti dans le tableau électrique le signal 0-10 Volts délivré par l'amplificateur de mesure.

Sondes d'humidité relative

Sondes pour mesure d'air frais, repris, pulsé:

Landis & Gyr QFM 62.1, à signal de sortie actif 0-10 V.

Sonde pour mesure d'ambiance:

Nous avons là également utilisé la sonde d'ambiance existante Landis & Gyr QFA 62.1 du rez de chaussée.

Pincas ampèremétriques

Les pincas ampèremétriques utilisées sont de type "Minipince 2" de Chauvin - Arnoux (représenté par Fortex à Ecublens) à sortie en courant continu 100 mV-/ 1A~. Grâce à la sortie en courant continu, nous avons pu directement introduire le signal dans le processeur, ce qui s'est révélé pratique.

APPAREILLAGE DÉTALONNAGE

Pince ampèremétreque

Nous avons utilisé une pince ABB Metrawatt type M 5111, permettant la mesure de l'ampérage, la puissance apparente, la puissance active, le cos phi et la tension.

Sonde de température et d'humidité

Nous avons utilisé un psychromètre Defensor Novasina MS-1.

LOGICIELS UTILISÉS

Pour l'interprétation des données, nous avons utilisé les logiciels suivants:

- Excel 3.0 pour macintosh
- Statview II pour macintosh

ANNEXE 6**POINTS DE CONSIGNES RÉGLÉS SUR L'INSTALLATION PENDANT LES MESURES**

Thermostat de verrouillage compresseur/ l'humidificateur (Th23)
consigne = 18°C

Compensateur guichets (U94)
EI = 0
E2 = ~65 - 70
L = -5-10%
consigne = 21 °C

Régulateur
Xp1 = ~18
Xdz = 2,5
Y3 min = 22 %
consigne = 22°C

température des guichets (U105)

limite basse pulsion = 15 °C

Régulateur d'humidité (U126)
Xpl = au milieu entre 4 et 20
consigne = 45 % h.r.

Horloge pour la marche automatique (D242)
en marche = du lundi au vendredi de 07h30 à 19h00
arrêt = toutes les autres heures

Fallstudie 2

Nachkühlung

Haus der Ingenieure Basel

Niklaus Herzog

Ressort 11: Haustechnik
RAVEL - Materialien zu RAVEL

Bundesamt für Konjunkturfragen

Adressen:

Herausgeber: Bundesamt für Konjunkturfragen (BfK)
Belpstrasse 53
3003 Bern
Tel.: 031/61 21 39
Fax: 031/46 41 02

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

Ressortleiter: Charles Weinmann Weinmann-
Energies SA Route d'Yverdon 4
1040 Echallens
Tel.: 021/881 47 13
Fax: 021/881 10 82

Autor: Niklaus Herzog Herzog+Lee AG
Kirchgasse 12
4153 Reinach
Tel.: 061/711 50 54
Fax: 061/711 54 81

RAVEL - Materialien zu RAVEL

Inhaltsverzeichnis

Ausgangslage und Zielsetzungen	3
Zusammenfassung der Resultate	3
Objektbeschreibung	3
Standort und Nutzung	3
Energiekonzept	3
Wärmeversorgung	4
Heizung	4
Brauchwarmwassererzeugung	4
Abwärmerückgewinnung	4
Lüftungsanlagen	4
Kälteanlagen	5
MSR-Konzept	5
Konzept Büros	5
Sonnenschutz	5
Gebäudespeicherung	6
Sommerbetrieb:	6
Übergangsbetrieb (Frühjahr und Spätherbst):	6
Beleuchtung	6
Grunddaten untersuchtes Einzelbüro	6
Dimensionen	6
Gebäudehülle	6
Lüftung	6
Potenzielle interne Wärmelasten	7
Messresultate	7
Randbedingungen	7
Einstellungen der Lüftungsanlagen	7
Aussenklima	7
Benutzerverhalten	8
Wirkungsgradmessungen	8
Interne Lasten	9
Temperatur-Komfort	10
Zulufttemperatur Büro und Speicherverhalten der Lüftung	11
Temperaturverhalten Büro 2	13
Feuchtigkeitsverhalten	13
Energiebedarf Lüftung	13
Versuchsbetrieb	14
Erkenntnisse	14
Komfort	14
Speicherverhalten	14
Energieverbrauch	15
Optimierungsmöglichkeiten	15
Anhang	16
Schnitt Büro	16
Messstellenplan	16
Zusammenstellung über Luftmengen und Energiebedarf	16
Zusammenstellung Mittlere Leistung nach SIA 380/4	16
Diagramme der gemessenen Grössen	16

Ausgangslage und Zielsetzungen

Anhand des "Haus der Ingenieure", an der Hochstrasse 48 in 4002 Basel, soll aufgezeigt werden, welchen Komfort man mit diesem Gebäude, ohne mechanische Kühlung, erreichen kann. Die Gebäudehülle und die Haustechnikanlagen wurden speziell auf eine gute Speicherwirkung und eine Nachtauskühlung ausgelegt. Durch dieses Messkonzept wird der Komfort, die Lasten und der Energiebedarf ermittelt. Die Resultate sollen aufzeigen wie effizient eine solche "Kühlmethode" sein kann und auf die massgebenden Auslegungs-, Dimensionierungs- und Betriebsparameter hinweisen.

Zusammenfassung der Resultate

Die Messungen zeigen, dass mit dem Konzept des "Haus der Ingenieure" eine Überhitzung der Büros, ohne mechanische Kühlung, vermieden werden kann. Im untersuchten Büro mit den sehr hohen, effektiv ausgemessenen, internen Lasten von 33.7 W/m² konnten die Raumlufthtemperatur-Vorgaben nach SIA 382/1 eingehalten werden.

Ein interessanter Aspekt dieses Konzeptes ist es, dass durch die in die massive Decke eingelegten Zuluftkanäle, an heissen Tagen, die Zuluft bereits um bis zu 6°C abgekühlt wird. Somit übernimmt nicht nur die direkt im Raum wirksame Masse eine Kühlwirkung, sondern auch die Lüftungsanlage.

Beim Komfort ist folgende Einschränkung zu machen: Die Temperaturen von 27-28°C werden von den Mitarbeitern bereits als unangenehm empfunden und vor allem am Morgen sind die Innentemperaturen im Vergleich zu den Aussentemperaturen relativ hoch.

Durch folgende Massnahmen könnte der Komfort, der bestehenden Anlage, noch verbessert werden:

- Durch die Zulufttemperaturregelung in der Zentrale wird die Speicherung der Lüftungskanäle zuwenig berücksichtigt. An kühleren Tagen wird so eine Auskühlung verhindert. Die Anlage müsste auf die Zulufttemperatur in den Räumen geregelt werden.
- Das Benutzerverhalten hat bei diesem Konzept einen grossen Einfluss. Vor allem durch das öffnen der Fenster am Morgen bei tiefen Aussentemperaturen und das konsequente schliessen in der Mittagshitze kann der Mitarbeiter seinen Komfort verbessern.
- Die Luftmengen und Betriebszeiten der Lüftung und der Nachtauskühlung könnten noch besser auf ihre grösste Effizienz und den kleinsten Energieverbrauch optimiert werden.

Der Energiebedarf der bestehenden Anlage ist im Vergleich zu einer konventionellen Klimaanlage sicher sehr bescheiden und könnte durch folgende Punkte noch verbessert werden:

- Wirkungsgradverbesserung der Motoren und Ventilatoren
- In einer Neuanlage könnte der Druckverlust noch reduziert werden. (keine Kühlregister)
- Für den Winter ist die Zuluftmenge (Aussenluft) zu gross (100m³/h pro Person).

Zu berücksichtigen ist auch, dass der Energiebedarf für die Kühlung (Nachtauskühlung) in der Niedertarif-zeit erfolgt.

Die Investitionskosten entsprechen einer einfachen Lüftungsanlage mit einem 1 - 4-fachen Luftwechsel. Auf der baulichen Seite wird auf eine teure Doppeldecke verzichtet, dafür aber "massiver" gebaut und die Lüftungsrohre müssen in die Decke eingelegt werden.

Das untersuchte Gebäude- und Haustechnikkonzept stellt eine interessante Lösung der Klimatisierung eines einfachen Bürogebäudes dar.

Objektbeschreibung

Standort und Nutzung

Das Haus der Ingenieure steht zentral gelegen in der unmittelbaren Nähe des Hauptbahnhof SBB in Basel. Das Gebäude wurde als Bürogebäude für verschiedene Ingenieurunternehmen und Institute mit bis zu 300 Personen geplant. Dabei musste die bereits vorhandene Autoreparaturwerkstätte mit Ausstellungs- und Verkaufsräumen in die Überbauung integriert werden. Integriert wurde auch ein Personalrestaurant für 400 Essen pro Tag.

Energiekonzept

Das Energiekonzept beruht vor allem auf dem Einbezug der Gebäudemasse als Speicher und ausgleichender Energielieferant. Die Gebäudehülle hat einen hohen Isolationswert und einen nicht übermässigen

gen Fensteranteil. Die Fenster haben einen Aussenlamellenstoren als Sonnenschutz und Nachtwärmeschutz im Winter. Bei den Haustechnikanlagen wurde auf einen konsequenten Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen geachtet.

Gebäudekenndaten Bürotrakt

	Energiekennzahl Wärme		Energiekennzahl Elektro	
	Bezugsfläche m ²	MJ/m ² ·a	Bezugsfläche m ²	MJ/m ² ·a
IST-Zustand für das Jahr 1990	6'780	392	7820	191
SOLL-Zustand nach Energiekonzept	6'780	180	7820	240

Mittlerer K-Wert des Bürogebäudes
Fensterflächenanteil der Fassade

0,89 W/m²·°K
24 %

Wärmeversorgung

Die Wärmeversorgung erfolgt ab dem stätischen Fernheiznetz via Heisswasserfernleitung. Die installierte Umformerleistung beträgt 2*950kW.

Heizung

Die Raumheizung wurde auf Niedertemperatur ausgelegt. Die Wärmeabgabe erfolgt über unter den Fenstern gelegene Klimaheizwände mit thermostatischen Ventilen.

Brauchwarmwassererzeugung

Die Brauchwarmwassererzeugung für die Büros mit maximal 300 Personen und für das Personalrestaurant mit 400 Essen, erfolgt via Umformer in je einem separaten Warmwasserspeicher von 2m³.

Abwärmerückgewinnung

Die Abwärme aus den Kondensatoren der Kältemaschinen wird via zwei Umformer für das Brauchwarmwasser Gruppe Büro und für die Heizung zurückgewonnen.

Lüftungsanlagen

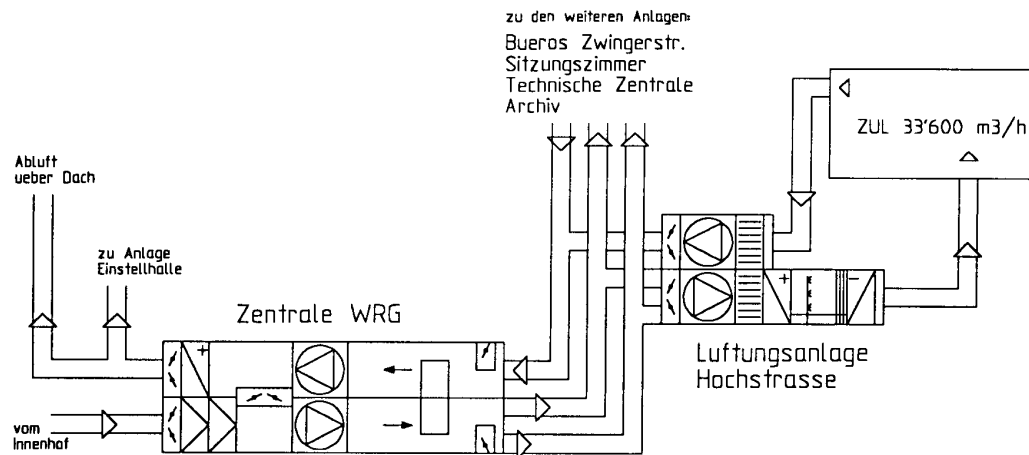
Zentrale Wärmerückgewinnung:

Für die Lüftungsanlagen des Bürogebäudes wird die Aussenluft im 1.OG auf der Hofseite gefasst, im 2.UG filtriert, via Enthalpiewärmetauscher mit Abluftwärme vorgewärmt und mit einem tourenzahlregulierten Ventilator den einzelnen Luftnachkonditionierungsanlagen zugeführt. Die Abluft der einzelnen Büroanlagen wird zusammengeführt, über den Enthalpiewärmetauscher geleitet, von einem tourenzahlregulierten Abluftventilator erfasst und neben dem Liftschacht übers Dach ins Frei abgegeben.

Lüftungsanlage Büros:

Der vorgewärmten Luft aus der WRG wird nach Bedarf Aussenluft beigemischt. Die Mischluft wird dann nachgewärmt, befeuchtet, mit dem Ventilator erfasst, in zwei Zonen aufgeteilt und durch ein Kanalsystem den Klimaheizwänden unter der Fensterbrüstung zugeführt.

In den Klimaradiatoren strömt die Luft im Winter über einen lamellierten Heizkörper und wird dort nachgewärmt. Die Regulierung der Zuluft wird mit einem thermostatischen Heizkörperventil erreicht. Im Sommer kann mittels eines manuellen Umschalters eine Klappe bedient werden, die den Luftstrom um den Heizkörper lenkt. (siehe Schnitt Büro im Anhang) Die Abluft wird durch Abluftgitter an den Innenwänden der Büros angesaugt und via Sammelkanäle in den Gangzonen mit einem Ventilator im 2.UG der zentralen WRG zugeführt.



Prinzipschema Lüftungsanlage Büros Hochstrasse

Lüftungsanlage Sitzungszimmer:

Die Sitzungszimmer werden durch eine eigene Lüftungsanlage mit variablem Volumenstrom bedient. Die Volumenstromregler werden mittels Luftqualitätsfühler reguliert, wobei bei Minimallast eine Mindestluftmenge von 40% der Zuluftmenge verteilt wird.

Kälteanlagen

Die Kälteerzeugung besteht aus einem Kolbenkompressor und einem grossen Latentspeicher für die Ausnutzung des Niedertarif-Stroms. Kälte wird jedoch nur für die Sitzungszimmer und die EDV-Räume gebraucht.

MSR-Konzept

Das Gebäude ist für die Haustechnikanlagen (Kälte, Lüftung, Heizung) mit einer SPS (Speicherprogrammierbaren Steuerung) ausgerüstet, wobei diese durch ein Leitsystem zentral überwacht und gesteuert werden. Das Leitsystem übernimmt vor allem die Steuerung der SPS über die Anpassung der Betriebszeiten von Heizungs-, Lüftungs-, Kälte-, Storen- und Beleuchtungsanlagen und die Betriebsüberwachung.

Konzept Büros

Sonnenschutz

Die Fenster sind mit aussenliegenden Rafflamellenstoren ausgerüstet. Mit der automatischen Storenanlage lassen sich die Storen vom Leitsystem aus zentral öffnen und schliessen. Diese Steuerung erlaubt eine Optimierung des Wärmeschutzes im Winter und im Sommer vor allem ausserhalb der Arbeitszeiten und bei Abwesenheit von einzelnen Personen. Pro zwei Fenster können die Storen mittels Handtaster individuell bedient werden.

Gebäudespeicherung

Im Sommer und während der Übergangszeit wird die Gebäudespeichermasse als thermischer Speicher in den Betriebsablauf der Heizungs- und Kälteanlagen integriert. Um einen entsprechenden Speichereffekt zu bewirken, wurde in den Büros bewusst auf eine Doppeldecke verzichtet und die Masse der Decken in Abstimmung auf die eingelegten Lüftungskanäle mit einer Dicke von 30cm ausgeführt. Die im Raum wirksame Speichermasse beträgt 740 kg /M^2 . (siehe Schnitt Büro im Anhang)

Sommerbetrieb:

Um die physikalischen Eigenschaften der Gebäudemasse zu nutzen wird in der Nacht, ab einer Tagesmitteltemperatur von 24°C mittels Aussenluft von Minimum 6°C unter der Raumtemperatur die Speichermasse soweit abgekühlt, dass am darauffolgenden Morgen der Kühleffekt der Decke genutzt werden kann.Ü

bergangsbetrieb (Frühjahr und Spätherbst

Weil der Wärmeanfall durch Sonneneinstrahlung, Apparateabwärme (EDV), Beleuchtungs- und Personenwärme in der Gebäudemasse zum Teil gespeichert wird, können zu Beginn und gegen das Ende der Heizperiode die Pumpen der Raumheizgruppen durch Speichereffekt später in Betrieb gesetzt und vorzeitig abgeschaltet werden. Durch diese Betriebsoptimierungen kann der VVärmeverbrauch entsprechend reduziert werden. Die bestmögliche Nutzung des Speichereffektes wird mit Hilfe des Hausleitsystems optimiert, wobei Temperaturabweichungen von bis zu 2°C zugelassen werden.

Beleuchtung

Für die Beleuchtung wurden Spiegelrasterleuchten mit minimaler Wärmeentwicklung, hoher Lichtausbeute und einer guten Ausleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen eingesetzt. Die Beleuchtungsstärke in den Büros beträgt ca. 500 Lux, bei einer spezifischen Leistung von $15,4 \text{ W/m}^2$.

Grunddaten untersuchtes Einzelbüro

Für die Messungen wurde das Einzelbüro einer Bereichssekretärin ausgewählt. Das Büro ist sehr stark mit Geräten belastet und liegt auf der Südseite des Gebäudes. In diesem Büro befinden sich vor allem zwei Laserdrucker die als Ausgabereinheiten für acht in anderen Büros befindlichen Computerstationen dienen.

Dimensionen

Einzelbüro über 2-Achsen	Breite = 2,85 m	Tiefe = 5,75 m	Höhe = 2,91 m
	Fläche = $16,4 \text{ m}^2$	Volumen	= $47,5 \text{ m}^3$

Gebäudehülle

Fenster

3-fach Isolierverglasung mit Holz-Metall Rahmen

K-VVvert inkl. Rahmen	= $2,0 \text{ W/M}^2\text{-K}$
Fensterflächenanteil	= 12,7 % bezogen auf Bodenfläche

Sonnenschutz

Aussenlamellenstoren
Sonnenschutzfaktor = 0,18

Aussenwand

Zweischalenmauerwerk Sichtbackstein / Beton
Isolation 8 cm

K-Wert = $0,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Speichermasse

Hauptanteil: offene Betondecke mit eingelegten Lüftungsrohren
spezifische Speichermasse = 740 kg /M^2

Lüftung

Die Zuluft wird von dem jeweils einem Stock tieferen und offen im Gang geführten Luftkanal abgezweigt und über die im Boden des jeweiligen Büros eingelegten Röhren zu den Klimaradiatoren geführt. Die eingelegten Röhren haben einen Durchmesser von 7.5 cm.

Die Zuluft wird über zwei Klimaradiatoren (einer pro Achse) die unter den Fenstern platziert sind zugeführt. Im Sommer wird die Zuluft um den Heizkörper herumgeführt. Die Abluft wird auf der Gangseite oberhalb der Türe abgezogen. (Schnitt im Anhang)

Normaler Lüftungsbetrieb auf Stufe 1

Betriebszeit: 6.00 - 20.00

Luftmenge:

2 * 50 m³/h

Luftwechsel:

2-fach/h

Nachtauskühlung auf Stufe 11

Freigabe: 00.00 - 06.00

Bedingung:

- Tagesmitteltemperatur $\geq 24^{\circ}\text{C}$ - Aussentemperatur 6°C unter

Raumtemperatur

Luftmenge:

2 * 100 m³/h

Luftwechsel:

4-fach/h

Potenzielle interne Wärmelasten

Bei den Geräten entspricht die Leistung der effektiven mittleren

	Leistung W	spezifische Leistung W/m ²
Personen		
Eine Bereichssekretärin	65	4,0
Geräte		
Computer IBM PS/2 Modell 60	99	6,0
Bildschirm IBM	56	3,4
Drucker 2 Abteilungsdrucker Brother HL8e	2 * 250	30,5
Schreibmaschine IBM Kugelkopf	38	2,3
Radio-Kassettenrecorder	5	0,3
Filter-Kaffeemaschine Miostar MI65 / 800W	116	7,1
Total Geräte	814	49,6
Beleuchtung		
6 Bildschirmarbeitsplatzleuchten mit Spiegel- raster; Vorschaltgerät Knobel Etawatt	6*42	15,4
Total potenzielle interne Lasten	1131	69,0

Betriebsleistung über eine Stunde und nicht der maximalen installierten "Typenschild-" Leistung.

Messresultate

Randbedingungen

Einstellungen der Lüftungsanlagen

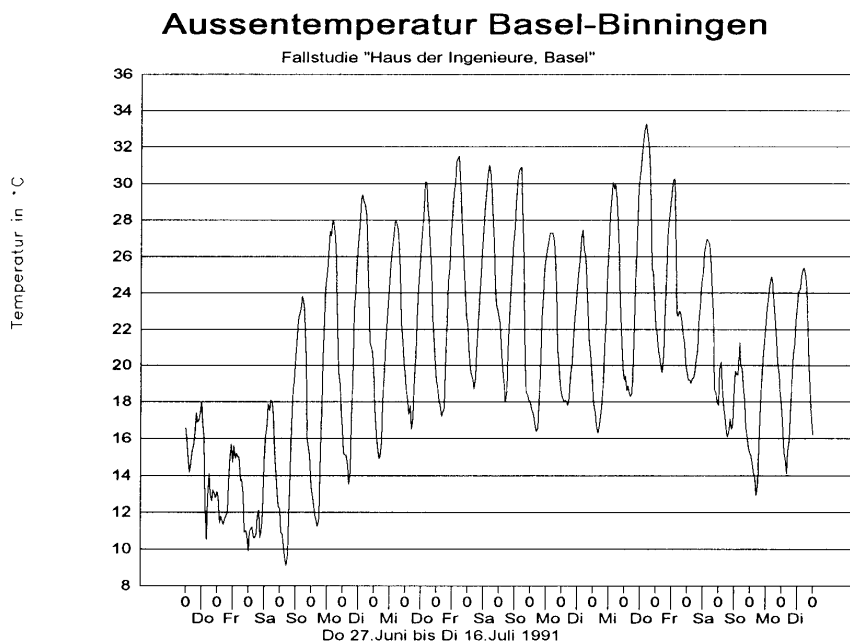
Die Einstellungen und Betriebszeiten der Lüftungsanlagen wurden in den ersten eineinhalb Wochen (26.Juni - 5.Juli) übernommen und keine Änderungen vorgenommen. Aufgrund eines Problems (Wärmepaket) mit dem Anlauf der zweiten Stufe lief die Nachtauskühlung in den ersten zwei Tagen nicht.

In der zweiten Hälfte (8.-17.Juli) der Messperiode wurde versucht durch Änderungen an den Betriebszeiten verschiedene weitere Betriebszustände (ohne und mit längerer Nachtauskühlung) zu erhalten. Die Messungen in der zweiten Hälfte sind deshalb unter diesen Gesichtspunkten zu betrachten.

Aussenklima

Die Aussentemperaturen waren für die Zielsetzung der Untersuchungen sehr ideal. In der Messperiode von drei Wochen (14 Arbeitstage) wurde an 8 Arbeitstagen eine Aussentemperatur von 28°C erreicht davon erreichten sogar 5 Arbeitstage Temperaturen von über 30°C . Die maximal Temperatur betrug am Donnerstag 1.1.Juli $33,3^{\circ}\text{C}$.

Für die Aussentemperatur wurde auf die Aussentemperaturmessungen des Lufthygieneamtes beider Basel, Station Binningen, zurückgegriffen. Die Werte entsprechen den publizierten Temperaturwerten der Stadt Basel, welche auch für die Auslegung von Anlagen herangezogen werden.



Benutzerverhalten

Das ausgemessene Einzelbüro ist der Arbeitsplatz einer Bereichssekretärin. Dadurch, dass die in diesem Büro installierten zwei Drucker als Abteilungsdrucker dienen, sind deren Betriebszeiten relativ gross. Zum Teil wurden grössere Druckaufträge auch über die Nacht aufgegeben. Die Aussenstoren waren während der Messperiode praktisch immer geschlossen, dies vor allem wegen dem Blendungseffekt bei der Bildschirmarbeit. Hingegen waren die inneren zwei Beleuchtungsreihen während der Arbeitszeit immer in Betrieb.

Durchschnittliche Arbeitszeit des Büros: 7.30 - 17.30

Das Fenster wurde in der ersten Hälfte der Messperiode praktisch nie geöffnet, was eine unbeeinflusste Messung zuließ. In der zweiten Hälfte der Messperiode stand das Fenster jedoch bis auf einen Tag immer offen. Die Raumtemperaturmessungen in dieser Zeit sind deshalb sehr stark von der direkten Einwirkung von aussen beeinflusst. Das öffnen der Fenster zeigt auch eine gewisse Unzufriedenheit der Benutzer mit dem Raumkomfort.

Wirkungsgradmessungen

Für die Bestimmung der Wirkungsgrade von den Motoren und Ventilatoren wurden die Druckverluste und die Energieverbräuche ausgemessen.

Wirkungsgrad Zusammenstellung Lüftungsanlage Büro Hochstrasse

	Luftmenge m ³ /h	Druckverlust [Pa] Zu- und Abluft	Leistung kW	Wirkungsgrad η_v
Stufe I	16 751	520	6.6	0.36
Stufe II	32 290	1560	29.1	0.46

Die Wirkungsgrade sind nicht speziell gut. Durch eine gute Auslegung der Ventilatoren und

Motoren (η_v Stufe I = 0.55; η_v Stufe II = 0.65) könnten ca. 9000 kWh Elektrizität pro Jahr eingespart werden.

Interne Lasten

Der grösste Anteil der internen Lasten sind die Geräte. Alle installierten Geräte wurden für die Messungen über einen kWh-Zähler geführt und der Energieverbrauch über einen Impulsausgang aufgezeichnet.

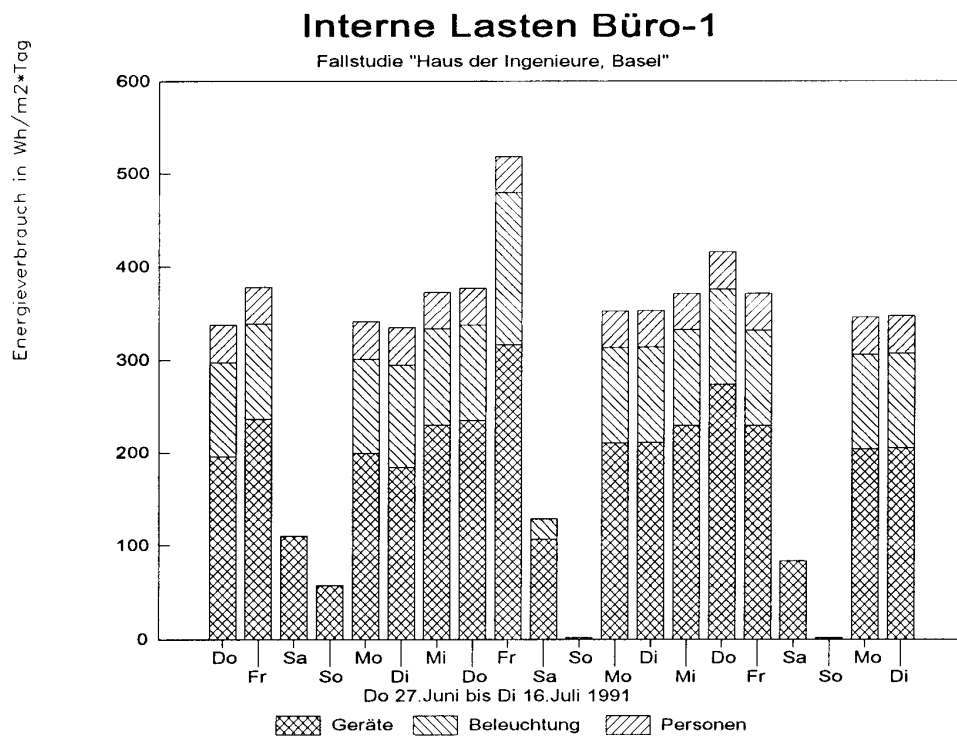
Die Betriebszeiten der Beleuchtung wurden mit einem Licht-Empfindlichen-Widerstand aufgenommen.

Die effektiven, durchschnittlichen internen Lasten, während der Arbeitszeit (7.30 - 17.30), setzen sich wie folgt zusammen.

Durchschnittliche effektive interne Lasten

	Leistung W	spez. Leistung W/m ²
Personen	65	4,0
Geräte	312	19,0
Beleuchtung	176	10,7
Total effektive Lasten	545	33,7

Über die einzelnen Tage der Messperiode ergibt sich folgender Energieverbrauch:



Der überdurchschnittlich hohe Energieverbrauch am Freitag 5. Juli 1991 ist darauf zurückzuführen, dass beide Drucker über die Nacht in Betrieb waren.

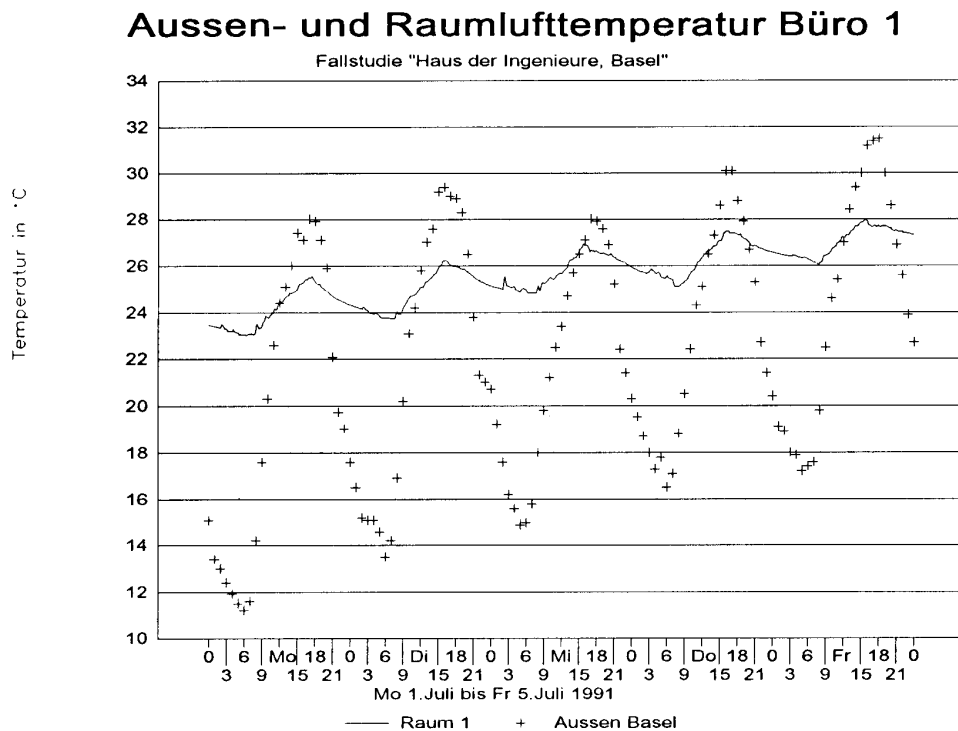
Die effektiven, mittleren internen Lasten über 24h liegen bei 372 Wh/m². Dieser Wert ist für ein normales Büro sehr hoch.

Temperatur-Komfort

Untersuchtes Büro:

Die Raumlufttemperatur wurde im untersuchten Büro auf Achselhöhe (1.3 Meter) und im Abstand von 2 Metern vom Fenster aufgezeichnet.

Das folgende Diagramm zeigt die erste Juli-Woche, wobei an allen fünf Arbeitstagen die Aussentemperaturen über 28°C gestiegen sind.



Die Raumlufttemperaturen steigen gemäss den Aussentemperaturen kontinuierlich an, erreichen aber auch beim fünften aufeinanderfolgenden Hochsommertag und bei einer Aussentemperatur von 31,5°C nur knapp 28°C.

Nach der SIA-Empfehlung 382/1 liegt der Betriebsbereich für die Raumlufttemperatur im Sommer bei Büroaktivitäten zwischen 22-28°C. Wobei während Hitzetagen (Aussentemperatur 30°C) die Raumtemperatur über 28°C ansteigen darf. Für diese Ausnahmesituationen bestehen keine Garantieansprüche.

Gemäss den obenstehenden Messungen sind diese Bedingungen ohne künstliche Kühlung, auch bei grossen Internen-Lasten und längeren Hochsommerperioden, erreichbar.

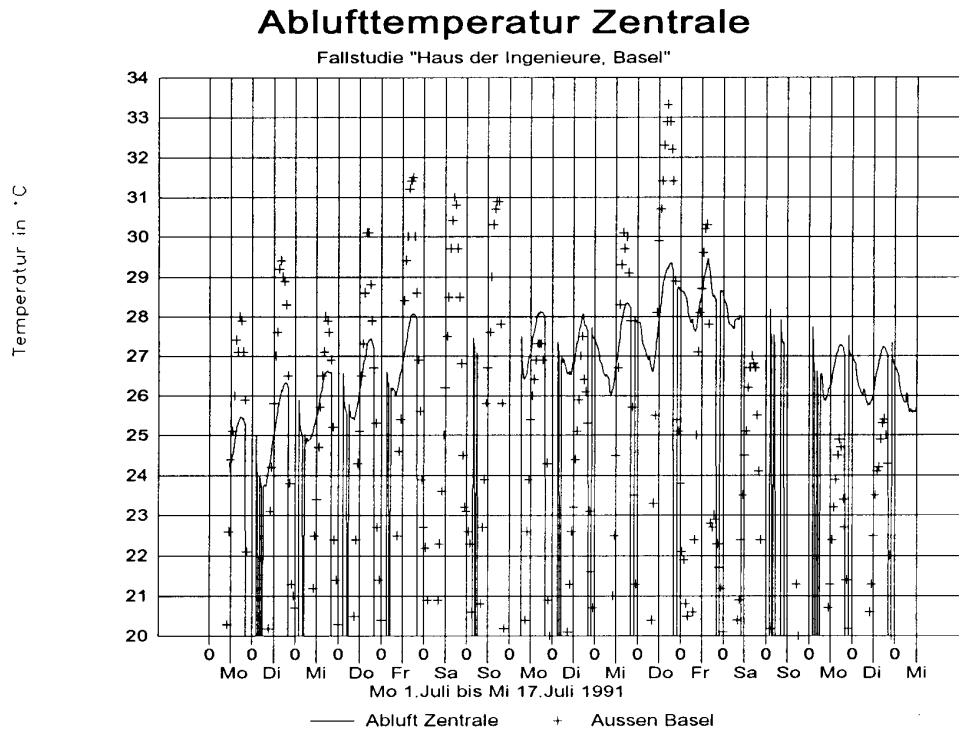
Für den Komfort ist jedoch folgende Einschränkung zu machen:

Durch das grosse Speicherverhalten des Gebäudes sind die Raumtemperaturen am Morgen oder an kühleren Tagen, die auf eine heisse Periode folgen, über den Aussentemperaturen. Dieser Zustand wird als sehr unangenehm empfunden. Durch die Möglichkeit das Fenster zu öffnen kann dieses Problem entschärft werden.

Abluft der gesamten Lüftungsanlage Hochstrasse

Zur Betrachtung der ganzen Messperiode wird die Ablufttemperatur der gesamten Lüftungsanlage Hochstrasse herangezogen. Die Raumtemperatur des untersuchten Büro 1 sind durch das offene Fenster in der zweiten Hälfte der Messperiode zu stark beeinflusst.

Bei den Messungen im zweiten Teil der Messperiode (ab Mo 8. Juli) ist zu berücksichtigen, dass die Nachtauskühlung zum Teil gar nicht oder nur auf der Stufe 1 in Betrieb war.



Trotz der veränderten Versuchsbedingungen sind auch in der zweiten Messperiode die Ablufttemperaturen im Bereich der ersten Periode. Eine Ausnahme bilden nur der Donnerstag 1. Juli und der darauffolgende Freitag die als Hitzetage ohne Garantieansprüche gelten.

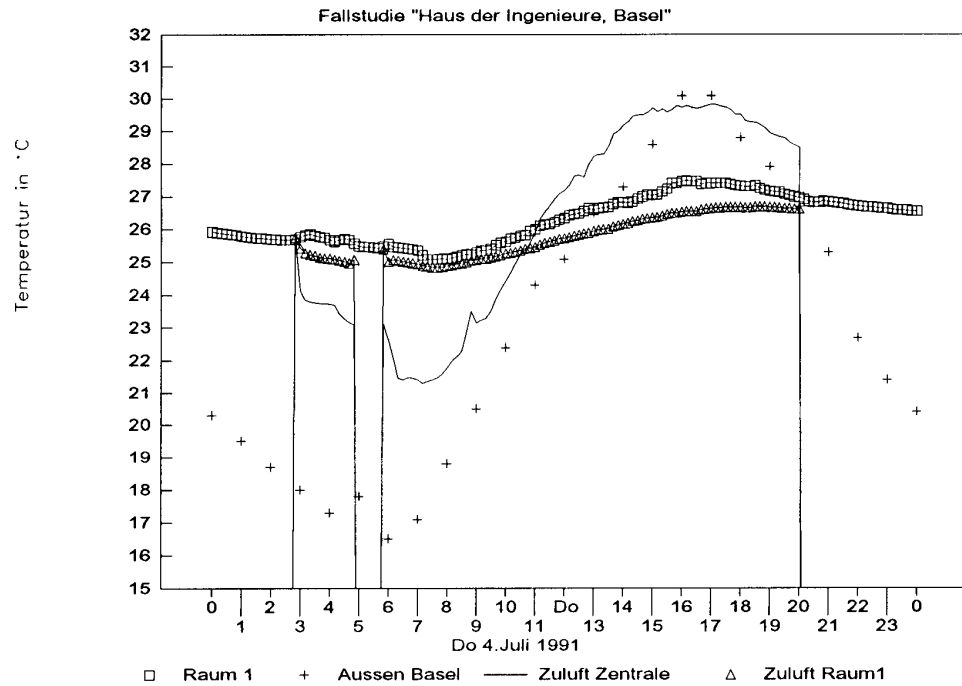
Die Auskühlung des Gebäudes nach der langen Hitzeperiode braucht auch wiederum seine Zeit. Die Auskühlung ist jedoch, durch den im nächsten Kapitel erwähnten Steuerungsfehler, sehr erschwert.

Zulufttemperatur Büro und Speicherverhalten der Lüftung

Zur Untersuchung des Speichereffektes, der in die Böden eingelegten Lüftungsrohre, wurde die Zulufttemperatur nach dem Monoblock der Lüftungsanlage Hochstrasse (Zuluft Zentrale) und beim Eintritt in den Büroraum (Zuluft RaumI) aufgezeichnet.

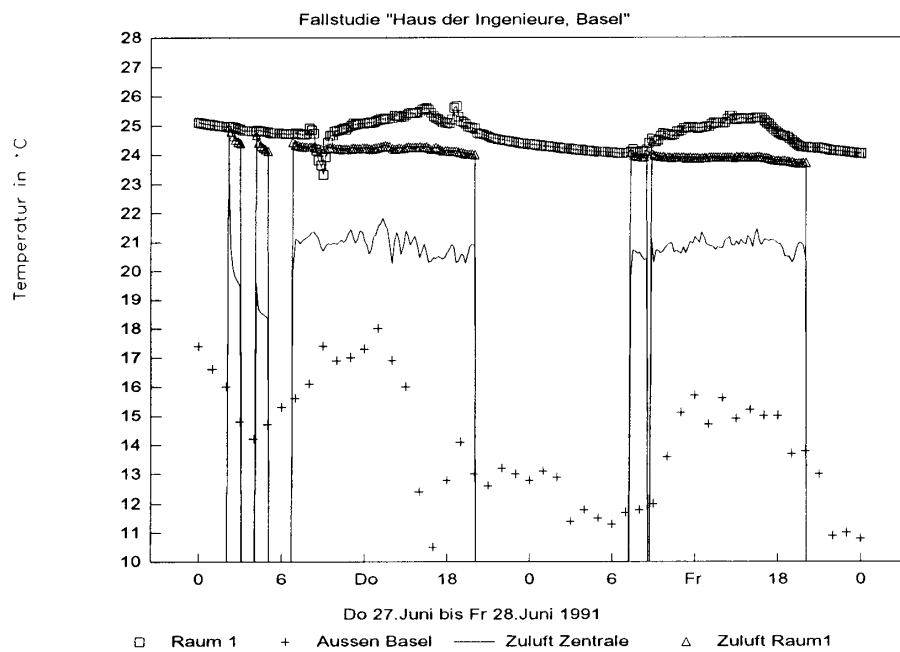
Auf dem nachfolgenden Tagesdiagramm ist dieses Speicherverhalten der gesamten Luftverteilung gut ersichtlich. Bei einer effektiven Aussentemperatur von 30°C gelangt die Zuluft mit ca. 26,5°C in den Raum, womit eine echte Kühlwirkung erreicht wird.

Temperaturverhalten Büro 1



Auch beim umgekehrten Fall, mit tiefen Aussentemperaturen, ist ersichtlich, dass die Zuluft im Raum viel höher ist als die Zuluft in der Zentrale.

Temperaturverhalten Lüftung

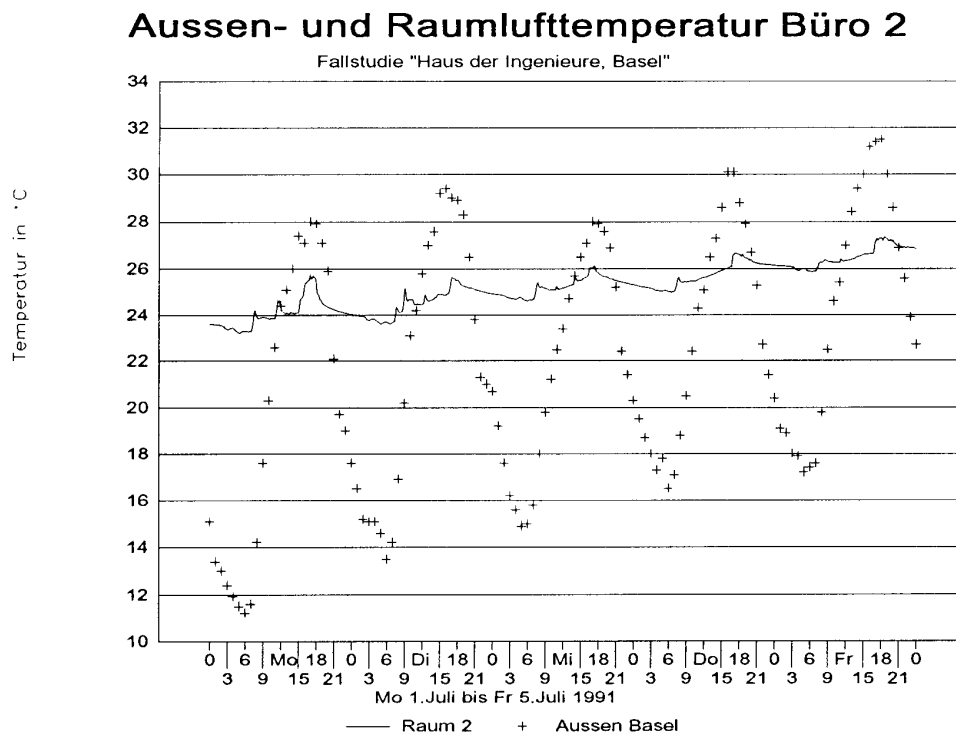


Nach den zwei Diagrammen fällt auf, dass die Steuerung die Zulufttemperatur in der Zentrale regelt und somit das speicherverhalten der Lüftung nicht berücksichtigt. Trotz einer Raumlufthtemperatur von über 24°C und einer Zulufttemperatur von auch über 24°C wird in der Zentrale, bei Normalbetrieb der Lüftung, die Zuluft auf 20-21 °C vorgewärmt. Die Folge ist eine Überhitzung in den Räumen und auch die Speichermasse kann nicht "entladen" werden.

Temperaturverhalten Büro 2

Als Referenz und als Vergleichswert wurde in einem zweiten, weniger belasteten und auf der Nordseite liegenden Büro noch eine zusätzliche Raumlufthtemperaturmessung installiert.

Dieses Doppelbüro war in der ersten Juli-Woche nur durch eine Person belegt.



Wie die Messungen zeigen, liegt die Raumlufthtemperatur durchschnittlich um 0,5°C tiefer als im Büro 1.

Feuchtigkeitsverhalten

Zusammen mit der Temperatur wurde im untersuchten Büro 1 auch die relative Raumlufthfeuchtigkeit aufgezeichnet. Als Feuchtigkeitsproduzenten im Büro treten die Personen und die Filterkaffeemaschine auf. Die Messungen zeigen (siehe Anhang), dass innerhalb der Arbeitszeiten die Feuchtigkeit zwischen 45-57% liegt. Gemäss SIA-Empfehlung ist im Temperaturbereich zwischen 20-28°C eine relative Feuchtigkeit von 30-70% tolerierbar.

Energiebedarf Lüftung

Der Energiebedarf für die Lüftung (Antriebsenergie) setzt sich aus einem Anteil der zentralen Luftaufbereitung und der Anlage Hochstrasse zusammen. Beide Energieverbräuche wurden aufgezeichnet und über die Luftmengen wurde der Anteil pro m² berechnet. Der Energieverbrauch enthält die Zu- und Abluftventilatoren und alle dazugehörigen Nebenaggregate. Es wird der Normalbetrieb (Stufe 1) und die Nachtauskühlung (Stufe 11) unterschieden.

	Luftwechsel	spez. Leistung	Betriebs- stunden	Jahresenergieverbrauch	
	1/h	W/m ²	h/a	kWh/m ² *a	MJ/m ² *a
Normalbetrieb (Stufe I)	2,1	3,4	3'500	11,8	42,5
Nachtauskühlung (Stufe II)	4,2	16,0	180	2,9	10,4
Total Stufe I + II				14,7	52,9

Eine Zusammenstellung der "Mittleren Leistungen" nach dem Entwurf SIA 380/4 befindet sich im Anhang.

Zu diesem Energieverbrauch sind folgende Anmerkungen zu machen:

Die gesamte Lüftungsanlage ist auf einen Luftwechsel von 4.2-fach/h ausgelegt. Der Systemdruck für den Normalbetrieb auf der ersten Stufe ist deshalb gering.

Der Aussenluftwechsel von 100 m³ /h und Person ist relativ hoch. Vor allem im Winter könnte durch eine Reduzierung, neben der Förderenergie auch viel Wärmeenergie eingespart wer-

den.

Der Druckverlust im Monoblock wird vor allem noch durch einen Luftwäscher und einen nicht gebrauchten Luftkühler erhöht.

Versuchsbetrieb

Im zweiten Teil der Messperiode wurden verschiedene Versuche mit geänderten Betriebszeiten der Nachtauskühlung durchgeführt. Diese Versuche brachten jedoch nicht die erhofften Ergebnisse, die zu einer Optimierung der Anlage führen sollten. Die Schwierigkeiten sind vor allem, dass die einzelnen Tage nicht vergleichbare Voraussetzungen aufweisen (Aussentemperaturverlauf) und die Speicherwirkung des ganzen Gebäudes zu träge ist um kurzzeitige Änderungen und Versuche zu erlauben.

Erkenntnisse

Komfort

Gemäss den Messungen können die nach den Normen festgelegten Temperatur- und Feuchtigkeits- Bedingungen eingehalten werden.

Der erreichte Komfort ist für das untersuchte, sehr hoch belastete Büro an der oberen Grenze. Eine Temperatur von 28°C wurde bereits als unangenehm empfunden.

Vor allem am Morgen und nach einer Hitzeperiode sind die Raumtemperaturen gegenüber aussen sehr hoch und unangenehm. Durch das öffnen des Fensters lässt sich dieser Umstand jedoch verbessern.

Die Messungen zeigen jedoch, dass ein solches System auch bei hohen internen Lasten wirksam sein kann. Eine interessante Detail ist, dass durch die in die Speichermasse eingelegten Röhren bereits die Zuluft gekühlt ist und ein angenehmer Effekt entsteht.

Durch die Abänderung des bestehenden Regelungsproblems und eine Optimierung der Nachtauskühlung kann noch einiges mehr erreicht werden.

Speicherverhalten

Die Dimensionierung des Speicherverhaltens eines Gebäudes ist sehr aufwendig und schwierig zu erfassen. Wie aus dieser Fallstudie ersichtlich ist, können Speichermassen an verschiedenen Orten wirksam werden und einen grossen Einfluss auf das Verhalten eines Gebäudes oder einer Lüftungsanlage ausüben. Die Probleme liegen bei der geeigneten Dimensionierung und einer effizienten Auskühlung des Speichers.

Energieverbrauch

Der Energieverbrauch (Luftförderung) für den Normalbetrieb (Tag) ist durch die grossen Luftmengen (100m³/h und Person) und die langen Betriebszeiten relativ gross. Der Energiebedarf für die Nachtauskühlung erscheint bescheiden und sollte noch mit verschiedenen anderen Systemen verglichen werden.

Optimierungsmöglichkeiten

Der Einregulierung und Optimierung von haustechnischen Anlagen wird allgemein zuwenig Beachtung geschenkt. Mit den bestehenden Steuerungsmöglichkeiten (SPS und Leitsystem) können Änderungen an der Steuerung einfach realisiert und ausprobiert werden.

Die Messungen zeigen, dass eine Zulufttemperaturregelung in der Zentrale, bei diesem System mit den grossen Speichermassen, nicht sinnvoll ist. Die Anlagen müssten auf die effektive Zulufttemperatur in den Räumen geregelt werden. Nur so kann das Speicherverhalten der Lüftung in die Regelung einbezogen und der daraus entstehende Energiegewinn eingespart werden. Im weiteren würde diese Änderung eine Überhitzung des Gebäudes bereits in der Übergangszeit vermeiden und somit bessere Grundvoraussetzungen gegen eine Aufheizung des Gebäudes schaffen.

Die Luftmengen und Betriebszeiten für die Nachtauskühlung könnten noch auf ihre grösste Effizienz und den kleinsten Energieverbrauch optimiert werden.

Einen grossen Einfluss auf das Raumklima hat auch die Betätigung der Fenster. Durch das Öffnen des Fensters kann ein um einiges grösserer Aussenluftwechsel im Raum erzeugt werden als mit der Lüftungsanlage. Das heisst auch, dass mit einer auf die Temperaturdifferenz zwischen Aussen- und Innenluft optimierten Fensterbedienung der Mitarbeiter seinen Komfort selber verbessern kann.

Anhang

Schnitt Büro

Messstellenplan

Zusammenstellung über Luftmengen und
Energiebedarf

Zusammenstellung Mittlere Leistung nach
SIA 380/4

Diagramme der gemessenen Grössen

Messstellenverzeichnis "Fallstudie Nachtauskühlung"

Messgrösse	Sym.	Pos.	Messstelle	Bereich	Messgerättyp	Ablesintervall
Lüftungsanlage						
Antriebsenergie	Q	1.1	Elektrozuleitung Schaltschrank Lüftung Hochstrasse	typ 100000kWh	kWh-Zähler mit Impulsausgang	10 min.
Antriebsenergie	Q	1.2	Elektrozuleitung Schaltschrank Lüftung Zent. WRG+Hochstr.	typ 100000kWh	kWh-Zähler mit Impulsausgang	10 min.
Temperatur	T	2.1	Zuluft Lüftung Hochstrasse	0 - 60°C	Widerstandsthermometer	10 min
Feuchtigkeit	ϕ	2.2	Zuluft Lüftung Hochstrasse	0 - 100%	kapazitives Hygrometer	10 min
Temperatur	T	3	Abluft Lüftung Hochstrasse	0 - 60°C	Widerstandsthermometer	10 min
Büro 1						
Raumlufttemperatur	T	4.1	Referenzpunkt	0 - 60°C	Widerstandsthermometer	10 min
Raumluftfeuchte	ϕ	4.2	Referenzpunkt	0 - 100%	kapazitives Hygrometer	10 min
Temperatur	T	5	Zuluft nach Klimaradiator	0 - 60°C	Widerstandsthermometer	10 min
Temperatur	T	6	Abluftgitter	0 - 60°C	Widerstandsthermometer	10 min
Fensteröffnungszeit	Z	7	Fensterreedkontakt	0 - 1	Statusabfrage alle 2 Sekunden	10 min
Lichtbetriebszeit	Z	8	Beleuchtung (Fenster Reihe)	0 - 1	Statusabfrage alle 2 Sekunden	10 min
Geräteenergie	Q	9	Elektrozuleitung Bürogeräte	typ 100000kWh	kWh-Zähler mit Impulsausgang	10 min
Büro 2						
Raumlufttemperatur	T	10	Referenzpunkt	0 - 60°C	Widerstandsthermometer	10 min
Meteo						
Aussentemperatur	T	11.1	Gebäude Nordseite	-20°C - +60°C	Widerstandsthermometer	10 min
Aussenluftfeuchtigkeit	ϕ	11.2	Gebäude Nordseite	0 - 100%	kapazitives Hygrometer	10 min
Aussentemperatur	T	12	Metostation Basel-Binnungen	-20°C - +60°C	Aufzeichnung Lüft hygieneamt beider Basel	60 min

Alle Messgrössen wurden mit je einem Datalogger in der Lüftungszentrale und einem in den Büros aufgezeichnet.

Luftmengen Zusammenstellung [m3/h]

Lüftungsanlage	Zuluftmengen in m3/h	
	Tagesbetrieb Stufe I	Nachtauskühlung Hochstrasse, Stufe II
Hochstrasse	LB2 17 425	32 270
Zwinglistrasse	LB3 10 290	
Sitzungszimmer	LB4 2 364	5 910
Einstellhalle	LB5 von Abluft	
Archiv	LB6 9 840	9 840
Tech.Zentrale	LB7 3 060	3 060
Zentrale WRG	LB1 42 979	51 080

Zusammenstellung Leistung und Energiebedarf Lüftungsanlage

	Lüftungsanlagen			Spezifische Leistungen auf ein 2-Achsiges Büro bezogen Fläche = 16.4 m2 Volumen = 47.5 m3				
	Leistungs- bedarf kW	zugeordnete Luftmenge m3/h	spez. Leistung W/m3	Luftmenge m3/h	l/h	W/m2	Betriebszeit h/a	Energie- Verbrauch MJ/m2*a kWh/m2*a
Stufe I								
Hochstrasse	6.60	17 425	0.38					
Zentrale WRG	7.50	42 979	0.17					
Total Stufe I			0.55	100	2.1	3.4	06.00 - 20.00	3 500 42.5 11.8
Stufe II								
Hochstrasse	30.60	32 270	0.95					
Zentrale WRG	18.60	51 080	0.36					
Total Stufe II			1.31	200	4.2	16.0	2h/Tag (Sommer) 180	10.4 2.9

Tabelle 5

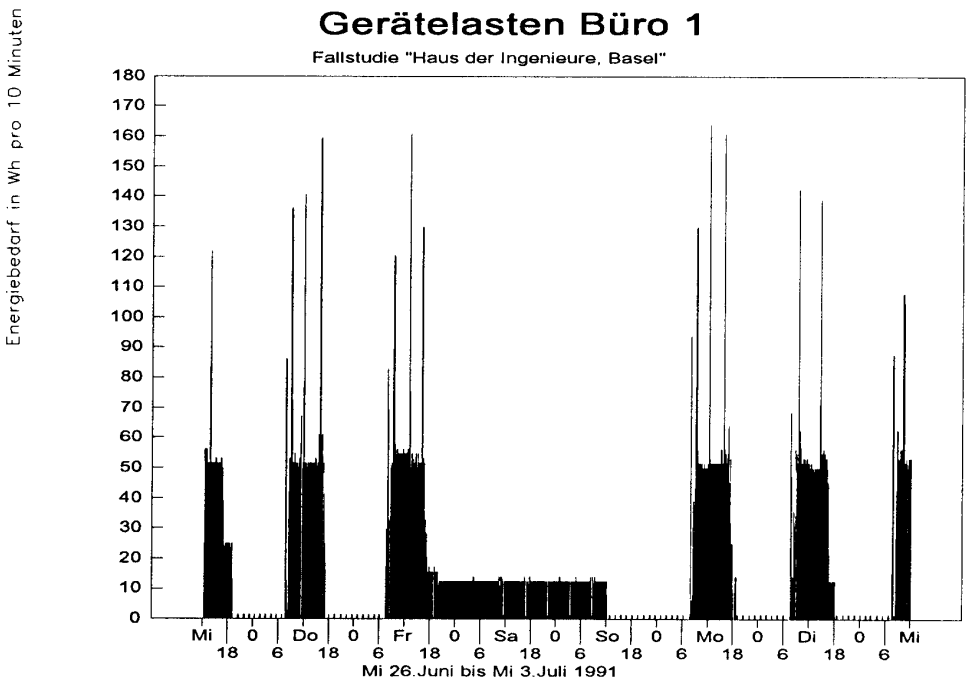
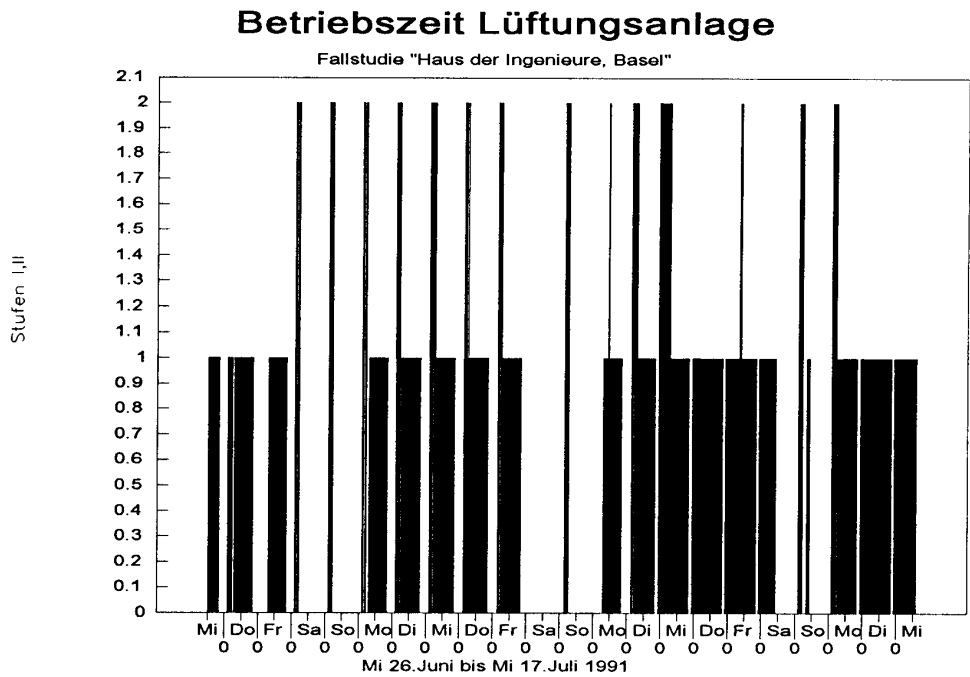
MITTLERE LEISTUNG [W/m ²]										SIA 380/4	
Objekt, Ort: <i>Haus der Ingenieure, Basel</i> Datum: <i>27.1.92</i> Planer: <i>Günther Messinger, Herweg & Lee AG, Rorschach</i>										KI = Klasse OW = Objektwert	
Betriebseinheit	Infrastruktur-funktion		Haustechnik HT							Betriebseinricht. BR	
	A [m ²]	ha [t/a]	DT	KI	AL OW	KI	OW	KI	BL OW	AH	ZD
Büro	164	2750				3	5,35	2	98 *	20,5	
Verkaufsfläche											
Schulräume											
Bettzimmer											
Sitzungszimmer											
Hörsaal											
Restaurant											
EDV											
Küche											
Verkehrsfläche											
Lager											
Eingangshalle											
Parking											

Abkürzungen: siehe Bild 1

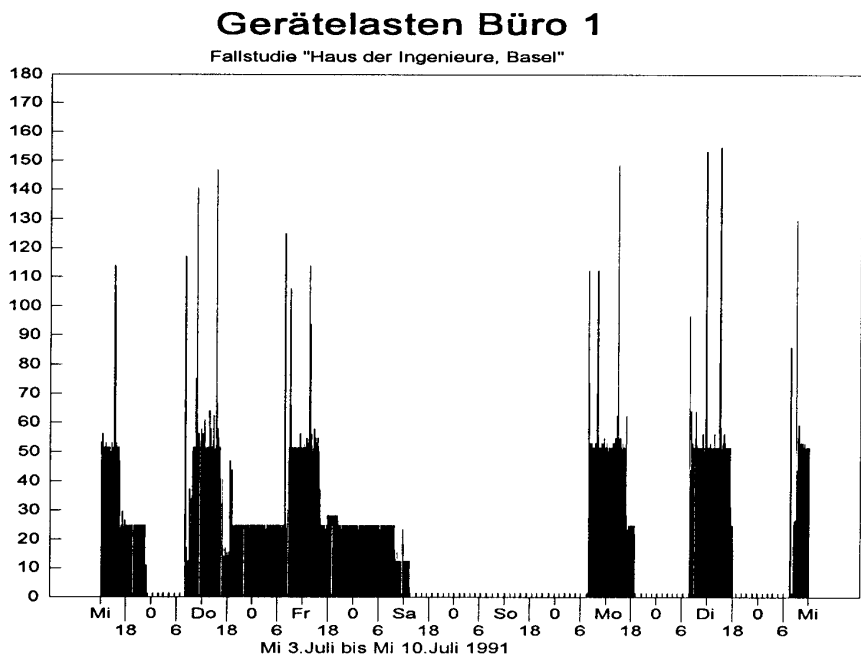
Klasseneinteilung: Tab. A-2

Best- und Grenzwerte: Tab. A-3

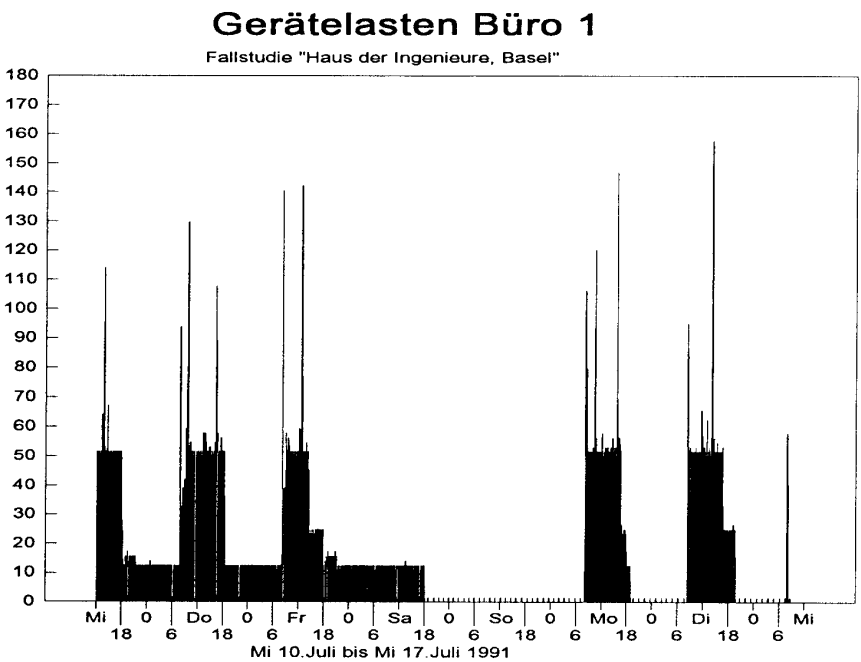
* Mittelwert der Messperiode (Sommer)



Energiebedarf in Wh pro 10 Minuten

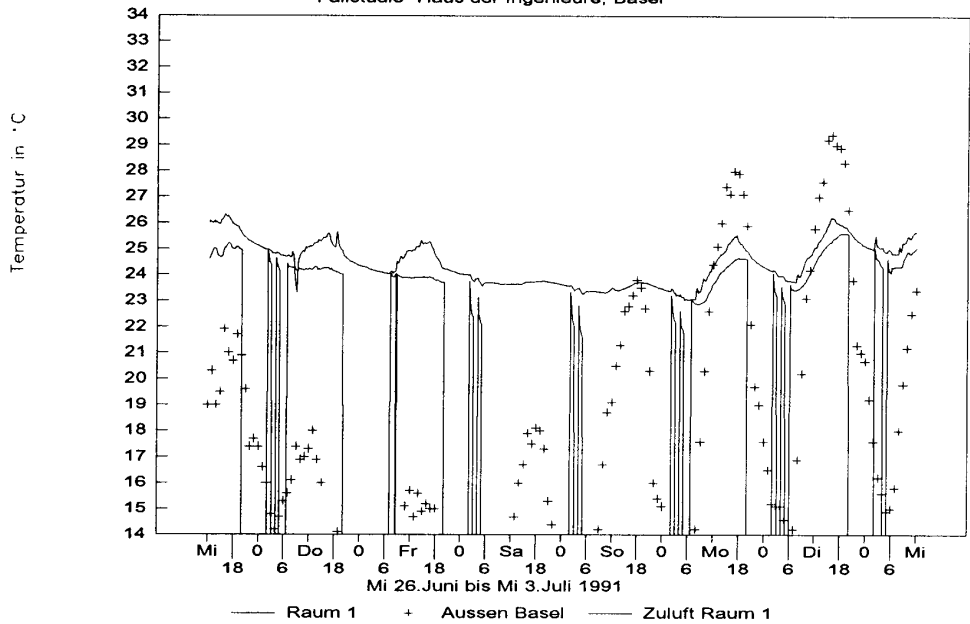


Energiebedarf in Wh pro 10 Minuten



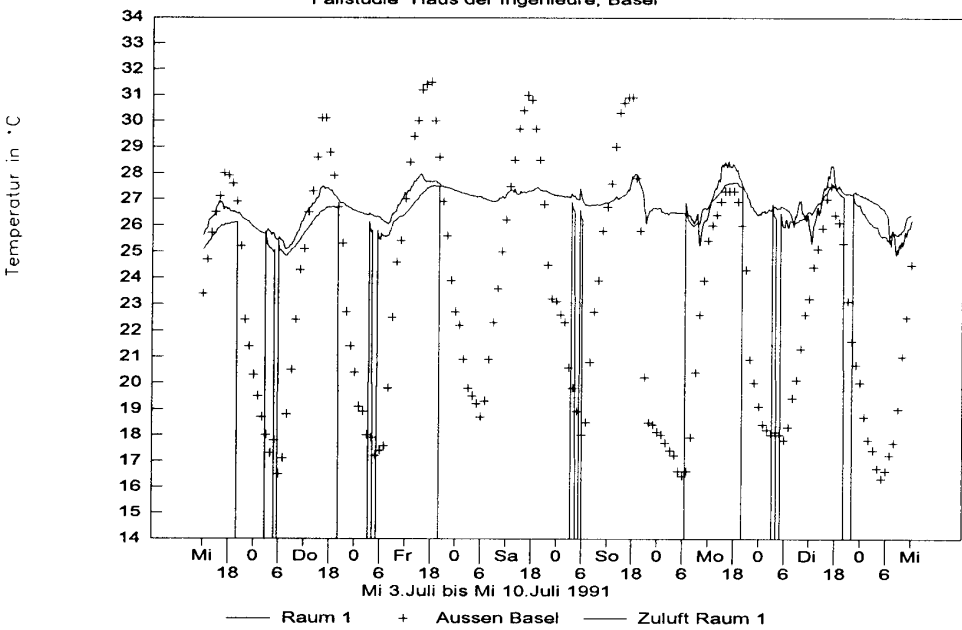
Temperaturverhalten Büro 1

Fallstudie "Haus der Ingenieure, Basel"

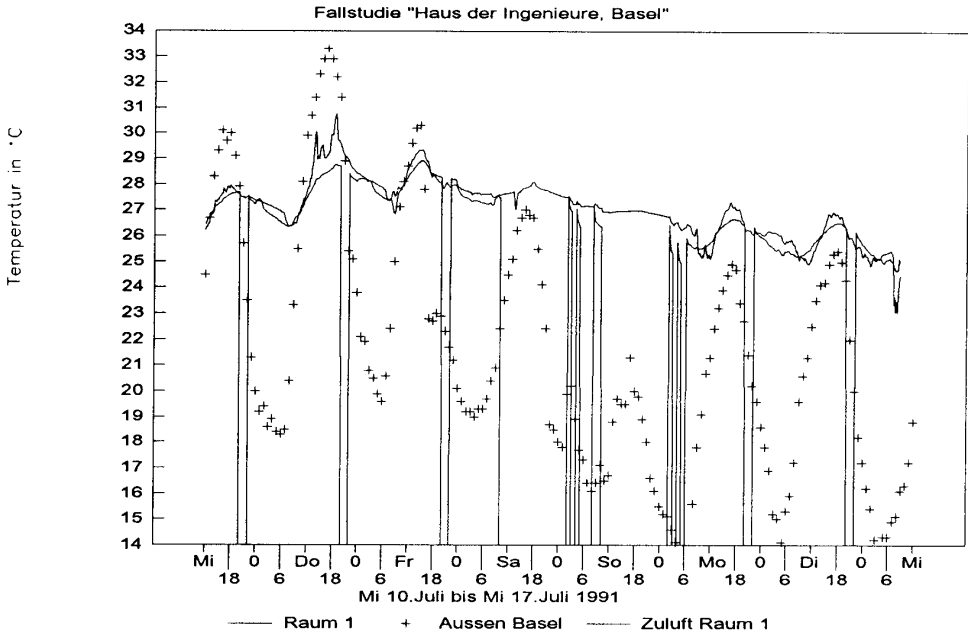


Temperaturverhalten Büro 1

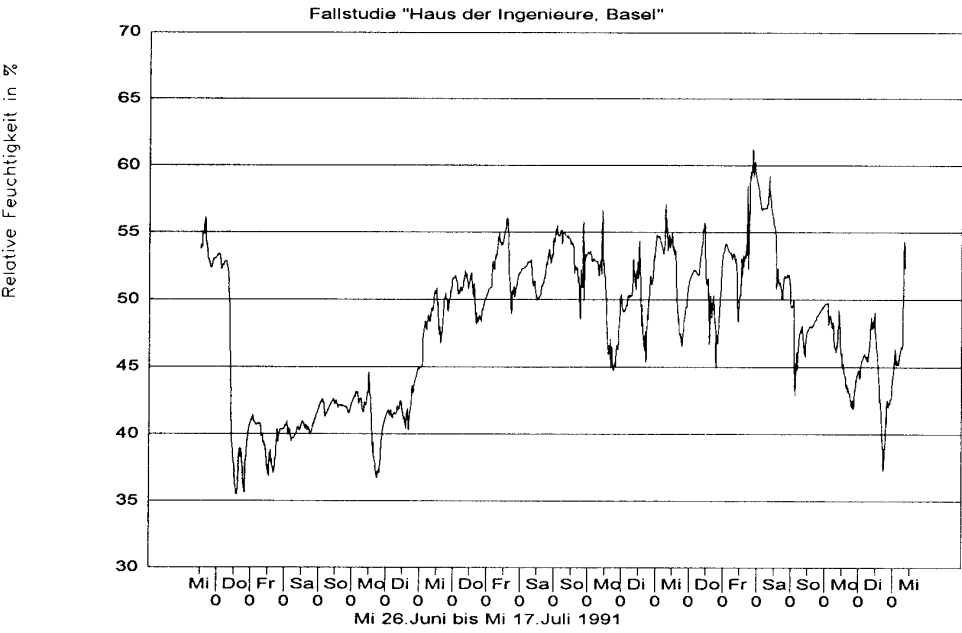
Fallstudie "Haus der Ingenieure, Basel"



Temperaturverhalten Büro 1



Raumluftfeuchtigkeit Büro 1



Fallstudie 3

Klimaanlage Kantine

Haus der Ingenieure Basel

Niklaus Herzog

Ressort 1 1: Haustechnik

RAVEL, - Materialien zu RAVEL,

Bundesamt für Konjunkturfragen

Adressen:

Herausgeber: Bundesamt für Konjunkturfragen (BfK)
Belpstrasse 53
3003 Bern
Tel.: 031/61 21 39
Fax: 031/46 41 02

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

Ressortleiter: Charles Weinmann
Weinmann-Energies SA
Route d'Yverdon 4
1040 Echallens
Tel.: 021/881 47 13
Fax: 021/881 10 82

Autor: Niklaus Herzog
Herzog+Lee AG
Kirchgasse 12
4153 Reinach
Tel.: 061/711 50 54
Fax: 061/711 54 81

RAVEL - Materialien zu RAVEL

Inhaltsverzeichnis

Ausgangslage und Zielsetzungen	3
Zusammenfassung der Resultate	3
Objektbeschreibung	3
Standort und Nutzung	3
Bau- und Haustechnik-Konzept	4
Gebäudehülle	4
Wärmeversorgung	4
Heizung	4
Warmwassererzeugung	4
Lüftungsanlagen	4
Auslegung der Zuluftmenge (Stufe 11)	5
Kälteanlagen	5
Beleuchtung	5
Öffnungszeiten des Personalrestaurant	5
Messresultate	6
Randbedingungen	6
Aussenklima	6
Einstellungen der Lüftungsanlagen	6
Wirkungsgradmessungen	7
Interne Lasten	7
Temperaturverteilung im Restaurant	8
Komfort ohne Kühlung	9
Raumlufttemperaturen	9
Zulufttemperaturen	11
Raumluftfeuchtigkeit	12
Kühlbetrieb	12
Raum- und Zulufttemperaturen	12
Kälte-Energieverbrauch	13
Gegenüberstellung des Energieverbrauches	14
Jahresverbrauch mit und ohne Kühlung	14
Anhang	16
Messstellenplan	16
Grundriss	16
Zusammenstellung Energiekennwerte nach SIA 380/4	16
Diagramme der gemessenen Grössen	16

Ausgangslage und Zielsetzungen

Das Personalrestaurant "Zum goldenen Schlüssel", des Schweizerischen Bankverein im "Haus der Ingenieure", wurde auf eine Kapazität von 400 Mittagessen ausgelegt und wird durch den SV-Service geführt. Bei der Planung wurde für das ganze Restaurant inklusive die Küche eine Klimaanlage mit mechanischer Kühlung vorgesehen. Im Laufe des kantonalen Bewilligungsverfahren wurde jedoch eine Kühlung untersagt.

Durch diese messtechnische Untersuchung sollen die zwei Betriebszustände, mit und ohne Kühlung im Personalrestaurant (Essen und Cafeteria) untersucht und dargestellt werden. Von Interesse ist speziell der Energieverbrauch und der Temperaturkomfort bei den unterschiedlichen Betriebsarten.

Zusammenfassung der Resultate

Die Messungen zeigen ganz allgemein, dass es bei einer Lüftungsanlage auf viele und sehr verschiedene Dinge ankommt, die alle einen grossen Einfluss auf den Energieverbrauch haben. Das heisst auch, dass der Kühlenergie zum Teil eine zu grosse Bedeutung zugesprochen wird und die Optimierung des Energiebedarfes für die Luftförderung oft vernachlässigt wird.

In diesem Fall beträgt der gesamte, zusätzliche Energieaufwand für eine Sommerkonditionierung (Kühlung) 15% des jährlichen Elektroenergieverbrauches für die Aussenluftzuführung.

Durch die Messungen wurde als erstes eine regeltechnischer Fehler aufgedeckt. Dieser bewirkte, dass die Lüftungsanlage, an heissen Tagen ab 26°C, zum Teil über die Fernheizung nachheizte. Durch diesen Umstand wurden die Messungen der ersten dreieinhalb Wochen in Frage gestellt und die Messungen mussten ausgedehnt werden.

Ohne Kühlung (Ist-Zustand) und trotz der hohen internen Lasten von 60W/m² und keiner grossen Speicherwirkung des Raumes, steigen die Raumlufttemperaturen nicht über 28°C. Dies ist vor allem auch darauf zurückzuführen, dass die Öffnungszeiten des Personalrestaurant (11.30 - 14.00) vor dem Tagesmaximum der Aussentemperaturen liegen und somit an der Mehrzahl der Tage mit der Aussenluft eine kühlwirkung erreicht werden kann. An den heissen Tagen wirkten sich die hohen Aussentemperaturen jedoch doppelt belastend auf den Komfort aus.

Dadurch, dass die maximale Frischluftmenge während der Öffnungszeiten bei voller Belegung gebraucht wird, muss die heisse Aussenluft von z.T über 30°C direkt in den Raum eingeblasen werden. Diese hohen Zulufttemperaturen wirken sich negativ auf den Komfort aus und verhindern, bei den bestehenden Lufteinlässen, auch eine gute Luftinduktion der "Frischluft" in dem Aufenthaltsbereich.

Die Messungen zeigen, dass mit einer leichten Kühlung der Zuluft um ca. 4°C ein Grossteil der Lasten abgeführt und zusätzlich die Luftinduktion verbessert werden kann.

Der Mehrverbrauch einer leichten Zulufttemperaturkühlung ist sehr gering und wird praktisch durch eine Reduzierung der Luftmenge am Morgen, auf die erste Stufe, aufgehoben. Das heisst klar, dass diese leichte Zulufttemperaturkühlung eine Komfortverbesserung aber keinen Mehrverbrauch an Energie bringt.

Durch den bereits vorhandenen Eisspeicher kann auch eine Spitzenbelastung durch den Kälteenergiebedarf über die Mittagszeit vermieden werden.

Durch die Bestimmung der Wirkungsgrade konnte weiter festgestellt werden, dass durch eine bessere Auslegung der Ventilatoren und Motoren die zweifache Energiemenge (2760kWh/a) einer allfälligen Zuluftkühlung eingespart werden kann.

Die Aussagen beziehen sich auf diese konkrete und bestehende Anlage und können nicht verallgemeinert werden. Speziell bei Neuplanungen bestehen verschiedene Möglichkeiten die Luftförderenergie zu reduzieren. (z.B Quelllüftung)

Objektbeschreibung

Standort und Nutzung

Das Personalrestaurant "Zum goldenen Schlüssel" ist im Haus der Ingenieure integriert. Das Haus der Ingenieure steht zentral gelegen in der unmittelbaren Nähe des Hauptbahnhof SBB in Basel. Das Gebäude wurde als Bürogebäude für verschiedene Ingenieurunternehmen und Institute mit bis zu 300 Personen geplant. Dabei musste auch die bereits vorhandene Autoreparaturwerkstätte mit Ausstellungs- und Verkaufsräumen in die Überbauung integriert werden.

Bau- und Haustechnik-Konzept

Die Gebäudehülle hat allgemein einen hohen Isolationswert. Dieser hat jedoch aufgrund der grossen Grundfläche und Tiefe des Restaurants einen kleinen Einfluss auf den Energiehaushalt. Die Fenster haben einen Aussenlamellenstoren als Sonnenschutz und Nachtwärmeschutz im Winter und werden zentral vom Personal bedient.

Bei den Haustechnikanlagen wurde auf einen konsequenten Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen geachtet.

Gebäudekennndaten Restaurant

	Energiekennzahl Wärme		Energiekennzahl Elektro	
	Bezugsfläche m ²	MJ/m ² ·a	Bezugsfläche m ²	MJ/m ² ·a
IST-Zustand für das Jahr 1990	930	66	930	213
Planungs - SOLL nach Energiekonzept	930	156	930	119

Gebäudehülle

Fenster	3-fach Isolierverglasung mit Holz-Metall Rahmen K-Wert inkl. Rahmen = 2,0 W/m ² *K
Sonnenschutz	Aussenlamellenstoren Sonnenschutzfaktor = 0,18
Aussenwand	Zweischalenmauerwerk Sichtbackstein / Beton Isolation 8 cm K-Wert 0.4 W/m ² *K

Speichermasse	kleine Wärmespeicherfähigkeit Doppeldecke, kleiner Anteil Aussenwände
---------------	--

Wärmeversorgung

Die Wärmeversorgung erfolgt ab dem städtischen Fernheiznetz via Heisswasserfernleitung. Für das Personalrestaurant existieren drei Hausinterne Abgänge (Lufterhitzer, Grundlast und Warmwasser) die alle mit einer Wärmemessung ausgestattet sind.

Heizung

Die Raumheizung wurde auf Niedertemperatur ausgelegt. Die Grundlast wird über Heizungskonvektoren abgegeben. Die Hauptlast wird durch die Lüftung übernommen.

Warmwassererzeugung

Die Warmwassererzeugung erfolgt via Umformer in einem Warmwasserspeicher von 2 m³.

Lüftungsanlagen

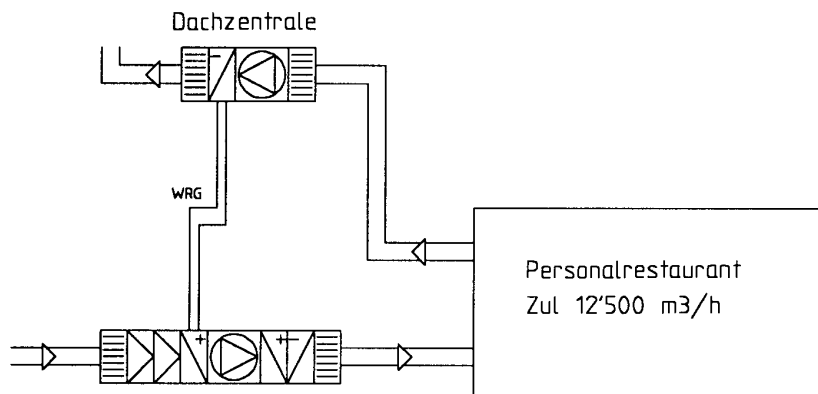
Lüftungsanlage Personalrestaurant

Die Anlage belüftet alle Rastauranträume für Personal, Direktion und Gäste, sowie Ausgabebuffet und Verkehrsflächen. Das Luftaufbereitungsgerät stehen in der Zentrale im 1.UG und ist an einem gemauerten Aussenluftkanal angeschlossen. Es enthält einen Vor- und einen Feinfilter, einen Luftvorwärmer für die Rückgewinnung der Wärme aus der Fortluft, einen Lufterhitzer, einen Luftkühler und einen Ventilator.

Die Zuluft wird durch Kanäle in der Doppeldecke über den Restaurationsräumen geführt und über eine bauseitige Holzdecke in den Räume eingeblasen.

Die Abluft wird über Kanäle zum Fortluftgerät in der Zentrale auf dem Dach des Zwingerstrassentraktes geführt. Im Monoblockapparat befindet sich auch der Wärmetauscher für die Wärmerück

gewinnung. Die Abluftwärme wird durch ein Wasser-Glykolnetz zur Aussenluftvorwärmung wider zurückgeführt. Die Fortluft wird direkt über Dach ausgeblasen.



Prinzipschema Lüftungsanlage Personalrestaurant

Auslegung der Zuluftmenge (Stufe 11)

Personalrestaurant Essen:

120 Plätze (Nichtraucher) ä 26,7 m³/h(LW 7-fach) 3'200 m³/h

Café und Verkehrsfläche:

160 Plätze (Raucher) ä 40,0 m³/h(LW 10-fach) 6'400 m³/h

Gästeraum:

26 Plätze (Raucher) ä 42,3 m³/h(LW 6-fach) 1'100 m³/h

Ausgabebuffet:

Essensausgabe (LW 10-fach) 1'800 m³/h

Total Luftmenge Personalrestaurant 12'500 m³/h

Durchschnittlicher Luftwechsel 7.7-fach

Lüftungsanlage Küche

Die Lüftungsanlage für die Küche entspricht dem Aufbau der Lüftungsanlage für das Personalrestaurant. Die Zu- und Abluft wird über eine Doppeldecke aus Spezialprofilen geführt.

Abluftanlage Nebenräume Küche

Das Trockenlager, der Raum für Reinigungsmaterial, sowie der disponible Raum werden mit einer einfachen Abluftanlage über Dach entlüftet.

Kälteanlagen

Die Kälteerzeugung besteht aus einem Kolbenkompressor und einem grossen Latentspeicher für die Ausnutzung des Niedertarif-Stroms. Kälte wird normalerweise nur für die Sitzungszimmer und die EDV-Räume gebraucht. Das Personalrestaurant hat einen separaten Abgang der mit einem Wärmezähler verrechnet wird.

Beleuchtung

Bei der Beleuchtung werden praktisch ausschliesslich Fluoreszenzlampen eingesetzt. Für die Akzent Beleuchtung im Restaurant wurde dabei auf Kompakt-Fluoreszenzlampen zurückgegriffen.

ffnungszeiten des Personalrestaurant Das Personalrestaurant ist über die Mittagszeit zwischen 11.30 - 14.00 Uhr geöffnet.

Messresultate

Randbedingungen

Aussenklima

Für die Aussentemperatur wurden auf die Aussentemperaturmessungen des Lufthygieneamtes beider Basel, Station Binningen, zurückgegriffen. Die Werte entsprechen den publizierten Temperaturwerten der Stadt Basel, welche auch für die Auslegung von Anlagen herangezogen werden.

In der Messperiode waren die Aussentemperaturen relativ hoch und somit ideal für die Durchführung der Messungen.

Es wurden Tageshöchsttemperaturen von ca. 20 - 34°C gemessen.

Die Diagramme mit dem Aussentemperaturverlauf befinden sich im Anhang.

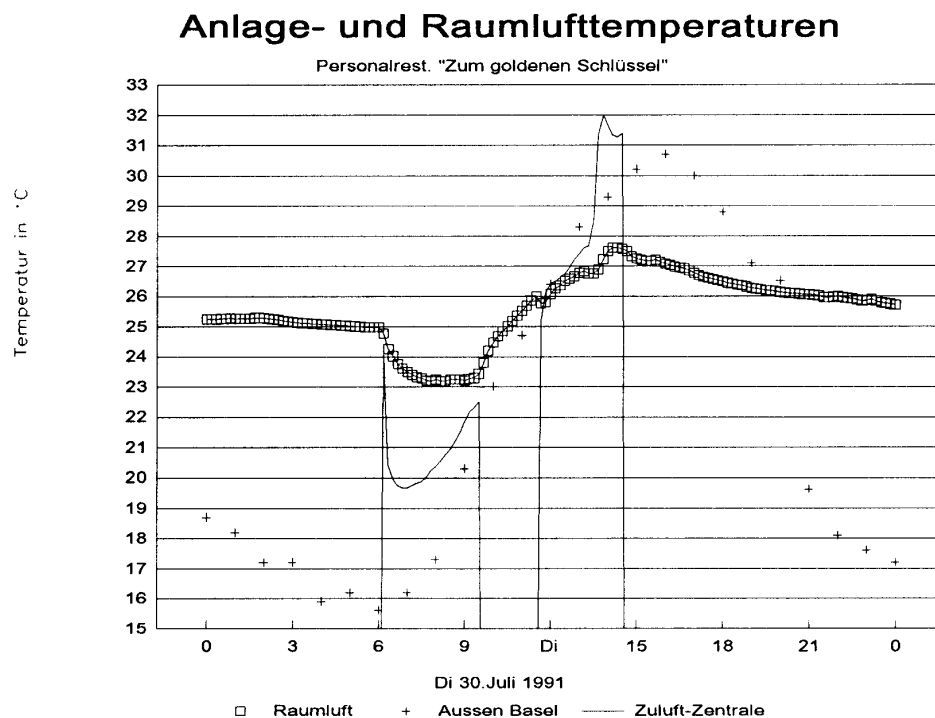
Einstellungen der Lüftungsanlagen

Zu Beginn der Messungen wurde die Lüftungsanlage Kantine so eingestellt, dass am Morgen, zum Auslüften und für das Kantinenpersonal, die Anlage von 6.00 - 9.30 auf der Stufe II läuft. Danach wird die Anlage abgeschaltet und von 11.30 bis 14.30 über die Öffnungszeiten wieder in Betrieb genommen.

Nach den ersten drei Wochen Messungen konnte definitiv festgestellt werden, dass die Anlage, durch einen nicht richtig eingestellten Regler, an heißen Tagen nachheizte. Durch diesen Umstand stiegen die Raumtemperaturen an und die Messungen der ersten dreieinhalb Wochen (17. Juli bis 13. August) sind für die Untersuchungen nicht voll verwendbar.

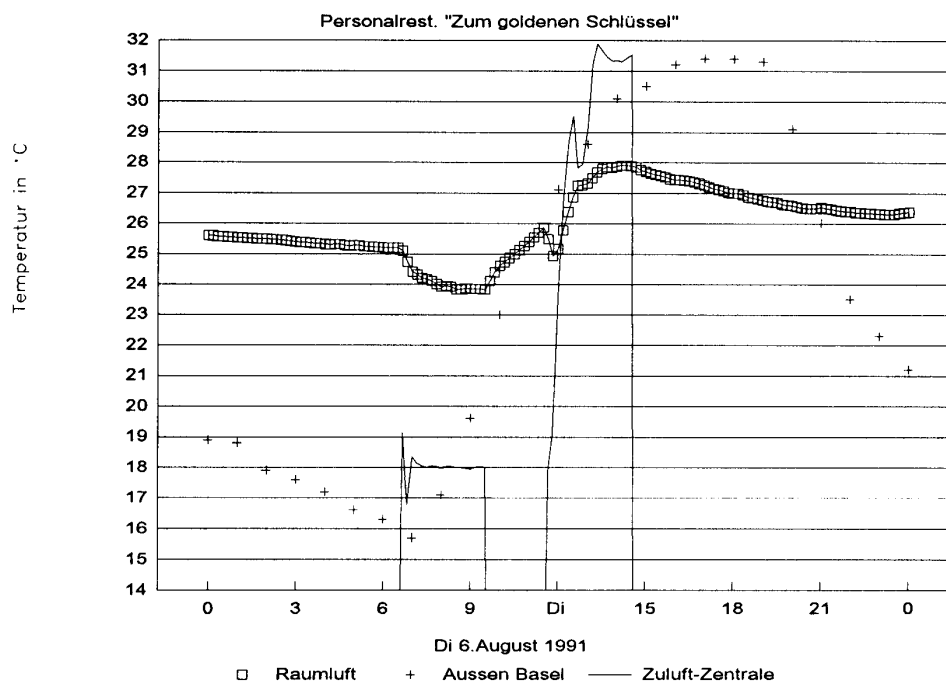
Der Fehler lag bei dem Regler für die Raum-Soll-Temperatur-Schiebung an heißen Tagen. Dieser Regler war zu steil eingestellt und verlangte z.B. bei einer Aussentemperatur von 28°C eine Raumtemperatur von 29°C. Die Anlage versuchte nun dieses Soll-Wert durch nachheizen, mittels der in betriebstehenden Fernwärme, zu erreichen. (siehe nachfolgendes Diagramm vom 30. Juli) Auch bei einem Betrieb mit der Kühlung funktionierte die Kühlung nur am Morgen. Ab einer Aussentemperatur von 26°C wurde nicht mehr gekühlt oder sogar nachgeheizt. (siehe nachfolgendes Diagramm vom 6. August)

Es wird davon ausgegangen, dass bei der Inbetriebnahme dieser Regler nicht eingestellt wurde, weil die Kühlung nicht be-



willigt war und einen Einfluss dieses Reglers auf die Heizung ausgeschlossen wurde.

Anlage- und Raumlufthtemperaturen



Bei dieser Anlage wird auch nicht zwischen einem Normalbetrieb und einer Nachtauskühlung unterschieden. Das heisst auch bei der Nachtauskühlung wird eine minimale Zulufttemperatur und die Solltemperatur auf 22°C vorgeschrieben. Das heisst das Restaurant kann nicht unter 22°C ausgekühlt werden.

In der restlichen Messzeit ab dem 13. August konnten noch einzelne heisse Tage mit und ohne Kühlbetrieb festgehalten werden.

Beim Kühlbetrieb wurde die Anlage am Morgen auf der Stufe 1 betrieben.

Wirkungsgradmessungen

Für die Bestimmung der Wirkungsgrade von den Motoren und Ventilatoren wurden die Druckverluste und die Energieverbräuche ausgemessen.

Die Luftmengen wurden gegenüber der Auslegung, zu einem späteren Zeitpunkt, um ca. 13% reduziert.

Wirkungsgrad Zusammenstellung Lüftungsanlage Personalrestaurant

	Luftmenge m³/h	Druckverlust [Pa] Zu- und Abluft	Leistung kW	Wirkungsgrad η_v
Stufe I	5 350	328	2,7	0.18
Stufe II	10 705	1300	7,6	0.51

Theoretisch könnte durch eine bessere Auslegung und bessere Ventilatoren ($\eta_v=0.65/0.55$) 2760 kWh Elektrizität pro Jahr eingespart werden.

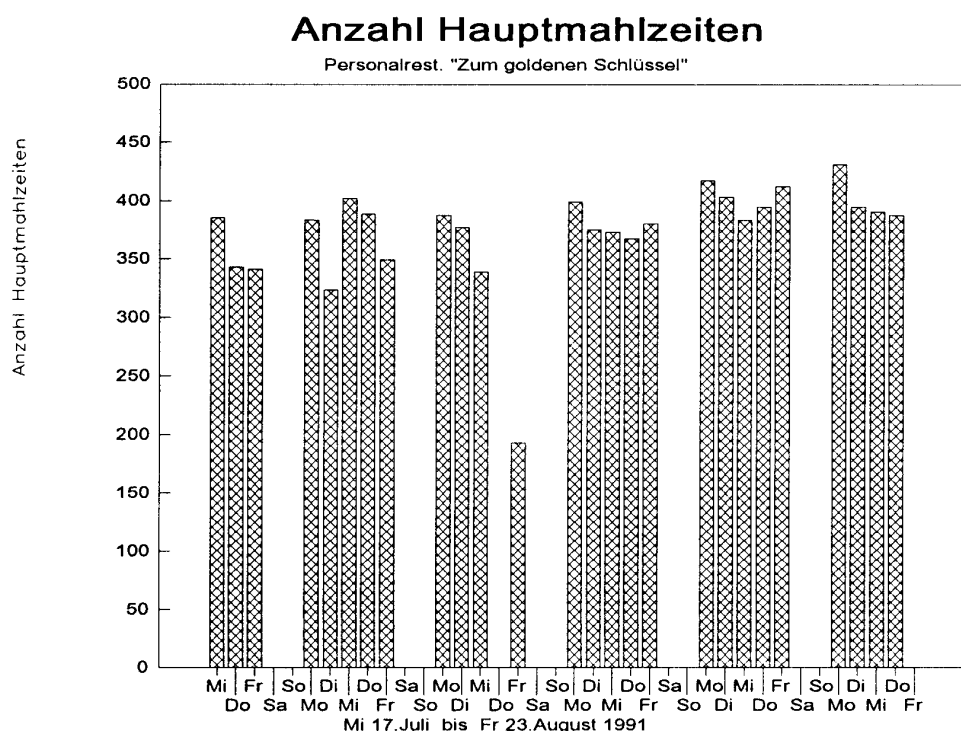
Interne Lasten

Der öffentliche Teil des Personalrestaurants ist in verschiedene Zonen aufgeteilt, welche auch unterschiedliche Lasten aufweisen. Für die Untersuchungen ist vor allem der Aufenthaltsbereich der Gäste massgebend (Personalrestaurant und Cafeteria). Bei der Essen- und Kaffeeausgabe treten zum Teil höhere Lasten auf die jedoch durch erhöhte Luftwechsel lokal abgeführt werden und somit keinen Einfluss auf die anliegenden Flächen haben. Der grösste Anteil der internen Lasten sind die Gäste. 7

Die spezifischen internen Lasten, bei voller Belegung, setzen sich wie folgt zusammen:

	Personalrestaurant	Cafeteria
Personen	54 W/m ²	55 W/m ²
Beleuchtung	8-11 W/m ²	10 W/m ²
Total interne Lasten	60 W/m ²	61 W/m ²

Aufgrund der Statistik der Verkauften Hauptmahlzeiten, während der Messperiode, ist ersichtlich, dass die Belegung konstant ist und die einzelnen Tage, sich auf Grund der internen Lasten, sich miteinander vergleichen lassen. Ein Ausreisser ist lediglich der Freitag 2.August 1991 an dem viele Gäste nicht anwesend waren.



Temperaturverteilung im Restaurant

Die Raumlufttemperatur wurde im Restaurant an drei verschiedenen Orten aufgezeichnet:

Essen (Referenz)

Essensbereich an Mittelpfosten

Nackenhöhe Höhe 1.40 Meter

Kaffee

Im Aufenthaltsbereich der Cafeteria über Kopfhöhe Höhe 2.30 Meter

Ausgabe

Direkt bei Eingang zu der Essensausgabe

ber Kopfhöhe Höhe 2.30 Meter

Die Messpunkte sind im Anhang in einem Grundriss eingezeichnet.

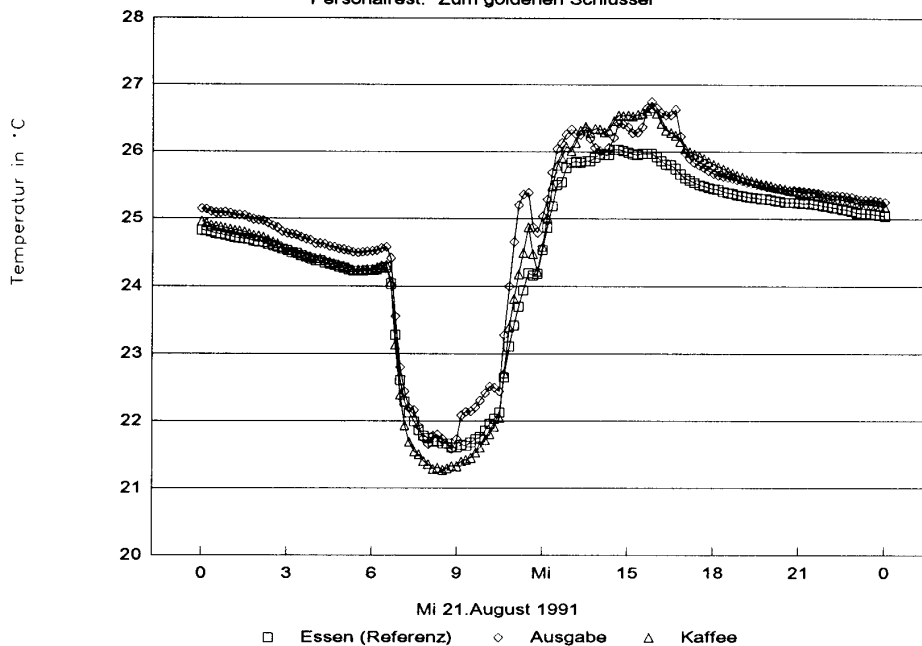
Als Referenzpunkt wurde die Messung beim Essensbereich "Essen" definiert.

Die beiden weiteren Messpunkte befinden sich durch ihre Höhe nicht mehr im Komfortbereich.

Die Temperaturwerte der drei Messpunkte liegen während den Öffnungszeiten des Restaurants maximal ein Grad auseinander.

Raumlufthtemperaturen

Personalrest. "Zum goldenen Schlüssel"



Komfort ohne Kühlung

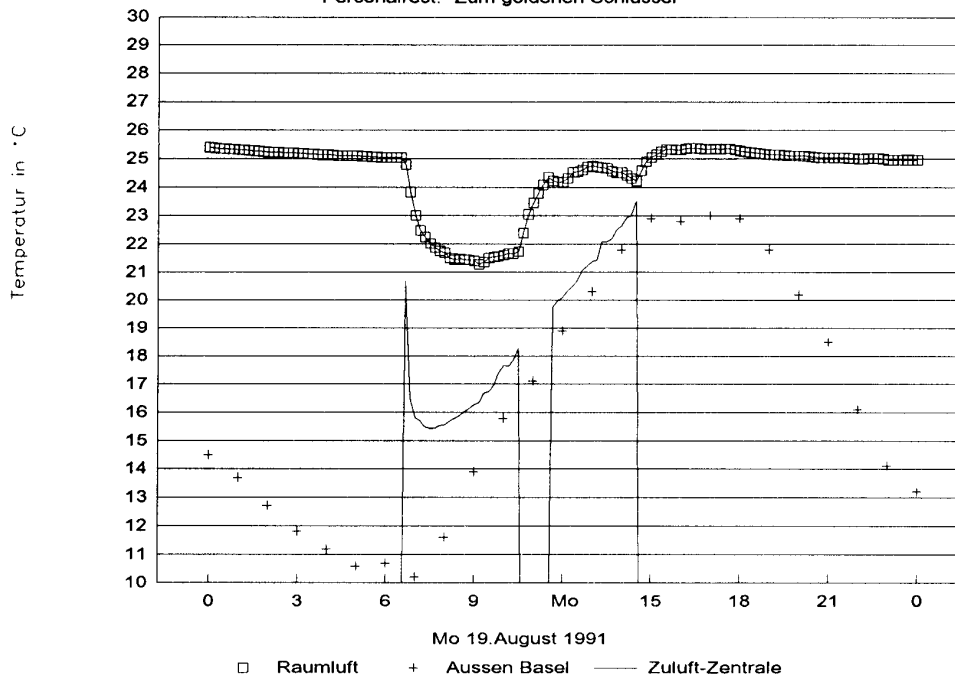
Raumlufthtemperaturen

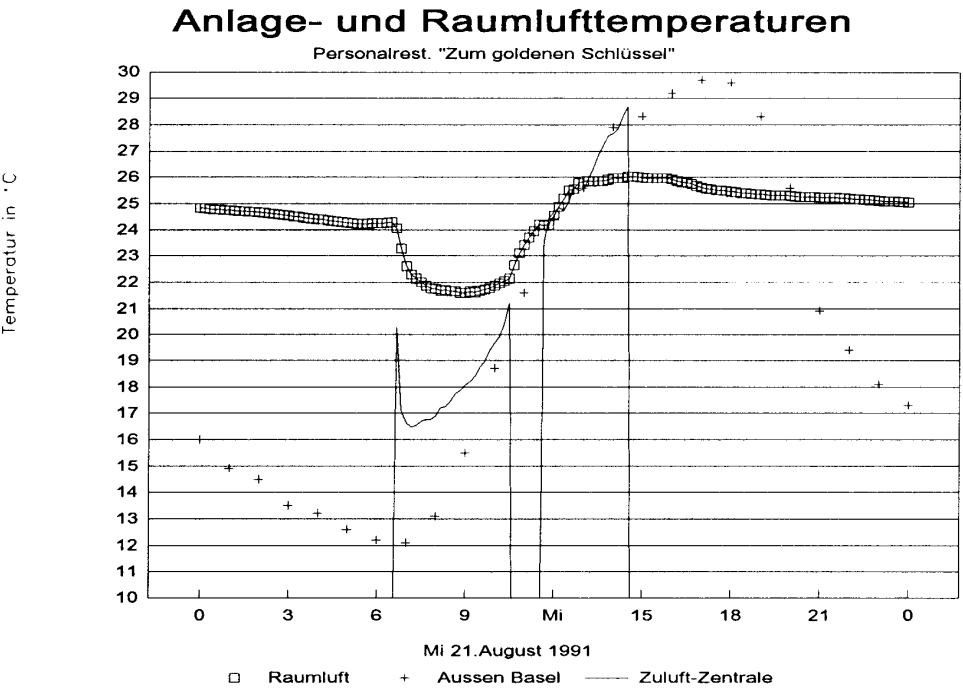
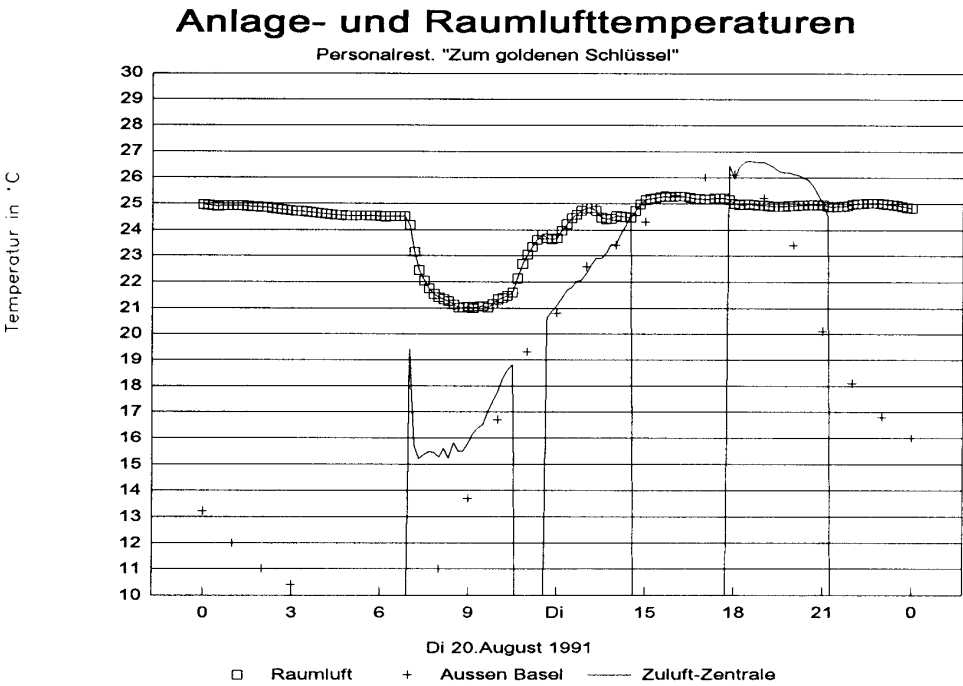
Vom 19. - 22. August wurde die Anlage ohne mechanische Kühlung betrieben.

An den vier aufeinanderfolgenden Tagen sind die Aussen- und Innentemperaturen laufend gestiegen.

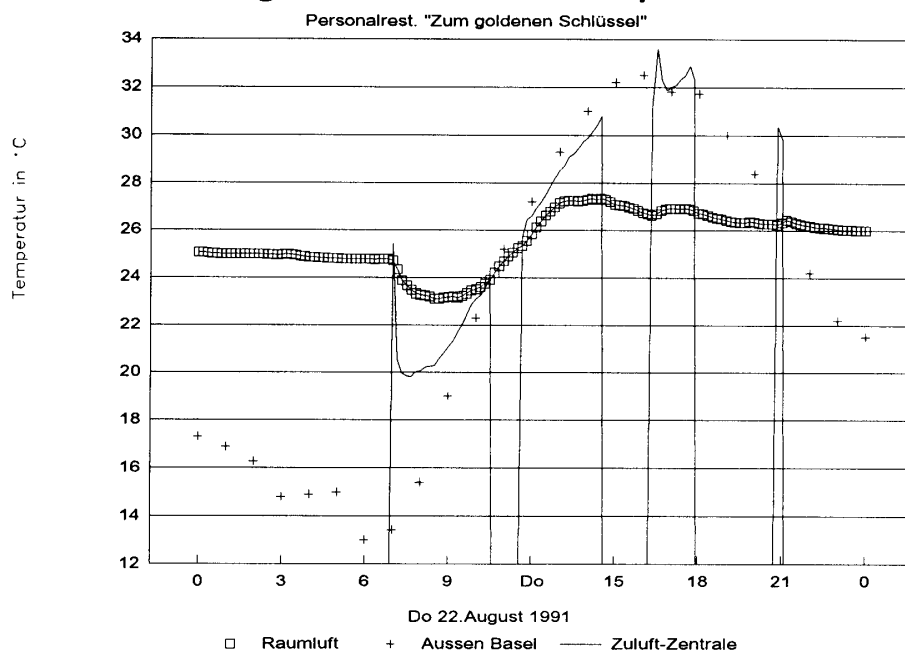
Raumtemperaturen Restaurant

Personalrest. "Zum goldenen Schlüssel"





Anlage- und Raumlufttemperaturen



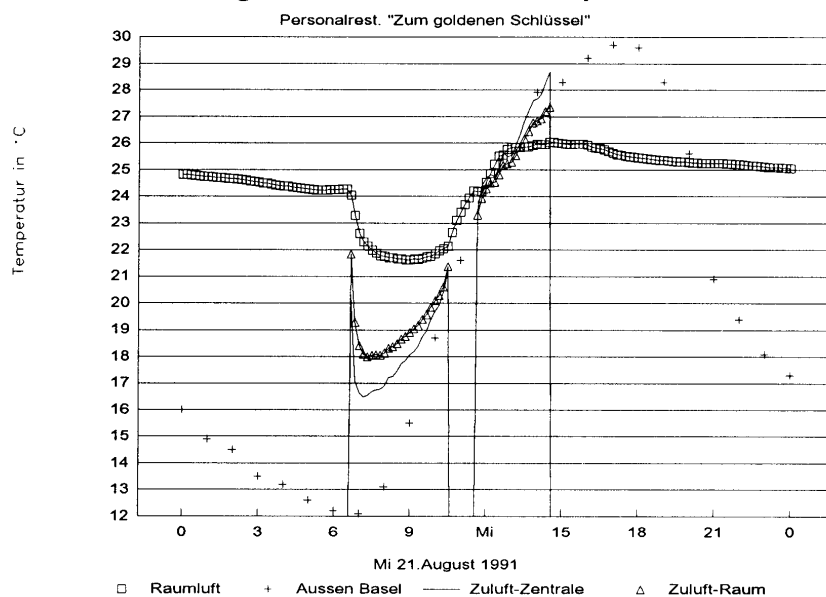
Aus den Messungen ist ersichtlich, dass die Öffnungszeit des Personal-Restaurant (1 1.30 - 14.30) vor dem Aussentemperaturmaximum liegt. Deshalb kann an einem Grossteil der Sommertage (Aussenmaximum unter ca 26°C) mit der Aussenluft eine Kühlwirkung erreicht werden.

Die Raumtemperaturen steigen an "heissen" Tagen gegen 28°C an.

Zulufttemperaturen

Im Restaurant wurde zusätzlich zu den Raumlufttemperaturen, die Temperatur der Zuluft an einem Luftauslass anezeichnet.

Anlage- und Raumlufttemperaturen



Die Raum-Zulufttemperaturen entsprechen praktisch der Zulufttemperatur in der Zentrale und während der Nutzungszeit (11.30 - 14.30) den Aussentemperaturen.

Dadurch, dass die maximale Frischluftmenge während der Öffnungszeiten bei voller Belegung gebraucht wird, muss die heisse Aussenluft von z.T. über 30°C direkt in den Raum eingeblasen werden. Diese hohen Zulufttemperaturen wirken sich negativ auf den Komfort aus und verhindern, bei den bestehenden Lufteinlässen, auch eine gute Luftinduktion in dem Aufenthaltsbereich.

Raumlufffeuchtigkeit

Zusammen mit der Temperatur wurde auch die relative Raumlufffeuchtigkeit aufgezeichnet. Die Messungen zeigen (siehe Anhang), dass innerhalb der Öffnungszeiten die Feuchtigkeit zwischen 40-64% liegt.

Gemäss SIA-Empfehlung ist im Temperaturbereich zwischen 20-28°C eine relative Feuchtigkeit von 30-70% tolerierbar.

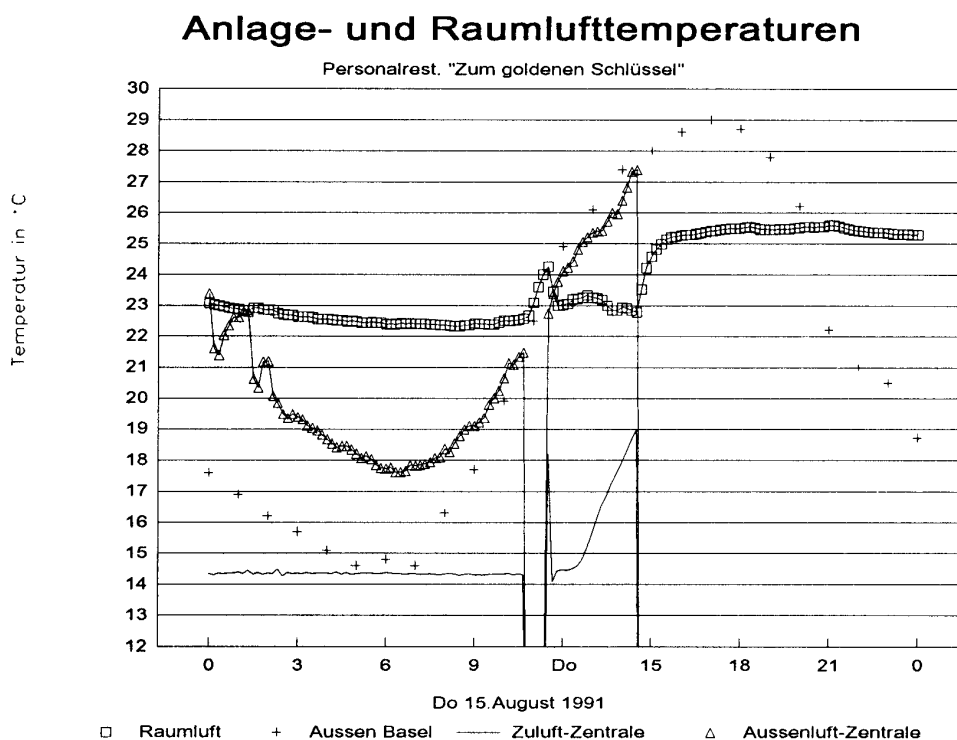
Kühlbetrieb

Raum- und Zulufttemperaturen

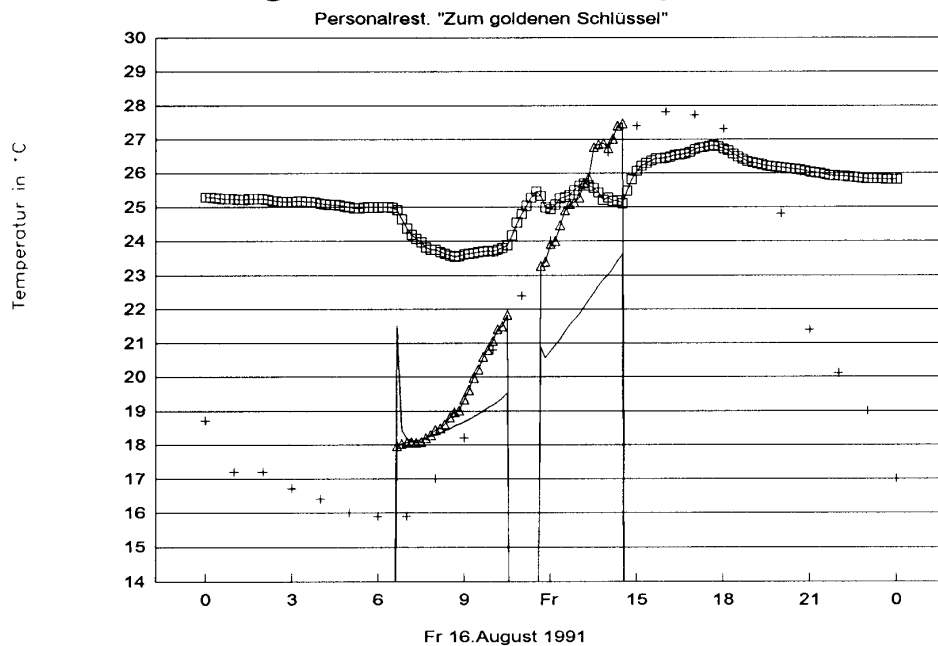
An zwei Messtagen mit Kühlung und unterschiedlichen Betriebseinstellungen konnten die Temperaturen und der Kälteenergieverbrauch aufgezeichnet werden.

Donnerstag 15. August 1991 starke Kühlung

Freitag 16. August 1991 Zuluftkühlung um
ca. 4°C unter Aussentemperatur



Anlage- und Raumlufthtemperaturen



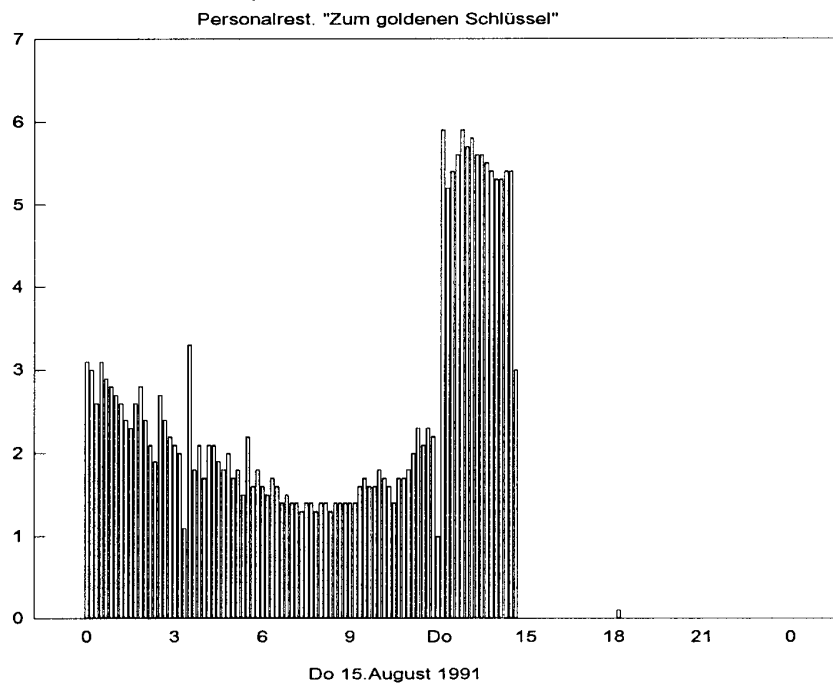
Mit einer leichten Zulufttemperaturkühlung kann, durch den grossen Luftwechsel, schon eine grosser Teil der Lasten abgeführt werden. Auch wird keine zusätzliche, externe Wärmelast durch die Aussenluft eingebracht.

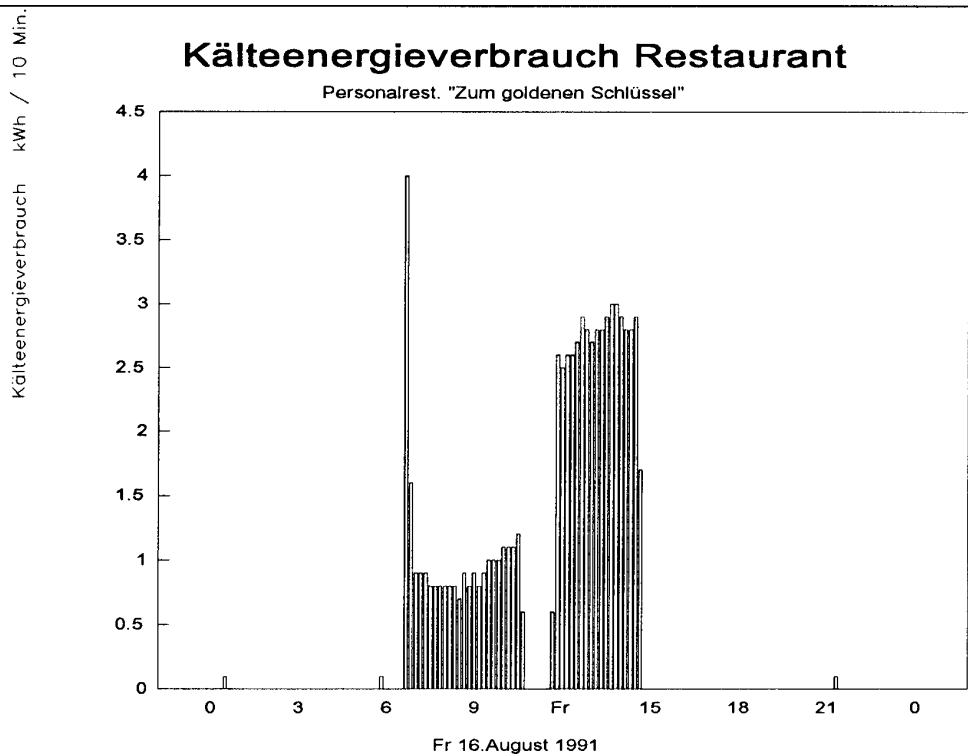
Kälte-Energieverbrauch

Der Kälteenergieverbrauch der Aussenluftkühlung konnte direkt am Wärmezähler abgegriffen werden, der bereits für die interne Kostenabrechnung installiert wurde.

Kälteenergieverbrauch kWh / 10 Mir

Kälteenergieverbrauch Restaurant





Der gemessene Energieverbrauch für die Aussenluftkühlung entspricht in etwa dem theoretisch berechneten Wärmeinhalt der abgekühlten Luft.

Der Kälteenergiebedarf für eine Aussenluftkühlung um 4°C bei der hohen Luftmenge (Stufe 11) beträgt ca. 17.4 kW. Nimmt man eine Totale Leistungsziffer der Kälteanlage von drei an, so beträgt die Elektrische Leistungsaufnahme 5.8 kW.

Gegenüberstellung des Energieverbrauches

Jahresverbrauch mit und ohne Kühlung

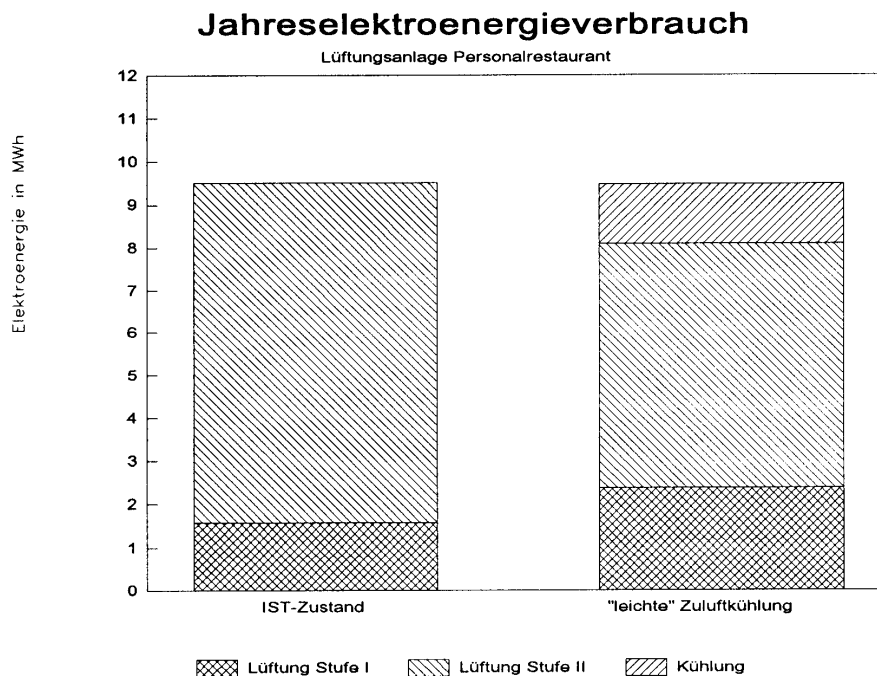
Für die Hochrechnung des Jahresenergieverbrauches wird der Ist-Zustand ohne Kühlung mit einer "leichten" Zuluftkühlung, während der Nutzungszeit, verglichen.

	IST-Zustand (ohne Kühlung)				"leichte" Zuluftkühlung			
	Stufe	Stunden h	Leistung kW	El.Energie kWh	Stufe	Stunden h	Leistung kW	El.Energie kWh
<u>Winterbetrieb</u>								
6.00 - 9.30 Lüftung	I	583	2,7	1 574	I	583	2,7	1 574
11.30 - 14.30 Lüftung	II	500	7,6	3 810	II	500	7,6	3 810
<u>Sommerbetrieb</u>								
6.00 - 9.30 Lüftung	II	292	7,6	2 225	I	292	2.7	788
11.30 - 14.30 Lüftung	II	250	7,6	1 905	II	250	7,6	1 905
11.30 - 14.30 Zuluft- kühlung um 4°C						240	5,8	1 392
Jahresenergie- verbrauch				9 514				9 469

Der Mehrverbrauch für die Kühlung wird durch die Reduktion, aufgrund des niedrigeren Luftwechsel am Morgen (Stufe I) aufgehoben. Das heisst der Energieverbrauch ist für diese beide Betriebsarten identisch.

Die Berechnungen beruhen auf dem Ist-Zustand der Anlage. Durch eine Ersetzen der Motoren und Ventilatoren (Wirkungsgradverbesserung) würde der Energie-Vergleich zu Gunsten des Betriebes ohne Kühlung leicht verändert.

Die Zusammenstellung der Kennwerte nach dem Entwurf SIA 380/4 befindet sich im Anhang.



Anhang

Messstellenplan

Grundriss

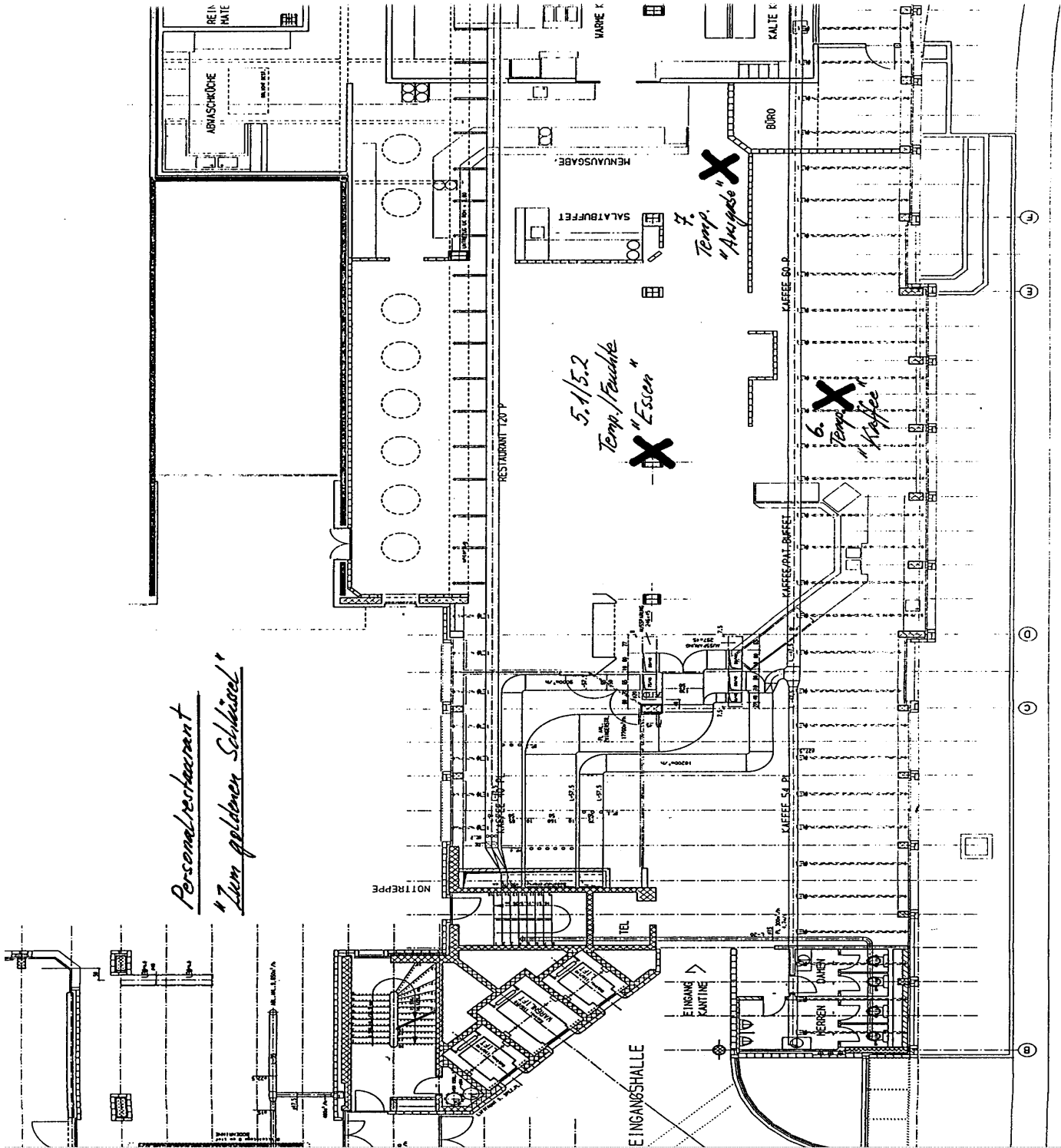
Zusammenstellung Energiekennwerte nach
SIA 380/4

Diagramme der gemessenen Grössen

Messtellenverzeichnis: Personalrestaurant "Zum goldenen Schlüssel"

Messgrösse	Sym.	Pos.	Messstelle	Bereich	Messgerättyp	Ablesintervall
Lüftungsanlage Kantine						
Antriebsenergie	P	1.1	Elektrozuleitung Schaltschrank	0.2 - 20 kW	Wirkleistungsanze	Einmalmessung
Betriebszeit	Z	1.2	Elektrozuleitung Schaltschrank	1-100A	Stromzange	10 min
Temperatur	T	2	Aussenluft Luftfassung	-20°C - +60°C	Wiederstandsthermometer	10 min
Temperatur	T	3.1	Zuluft Lüftung Hochstrasse	0 - 60°C	Wiederstandsthermometer	10 min
Feuchtigkeit	Φ	3.2	Zuluft Lüftung Hochstrasse	0 - 100%	kapazitives Hygrometer	10 min
Kälteerzeugung						
Kälteenergie	Z	4	Kälteabgang Kantine	typ 100000 kWh	Impulsabgang Wärmezähler	10 min
Restaurant						
Raumlufttemperatur	T	5.1	Referenzpunkt Essen	0 - 60°C	Wiederstandsthermometer	10 min
Raumluftfeuchte	Φ	5.2	Referenzpunkt Essen	0 - 100%	kapazitives Hygrometer	10 min
Raumlufttemperatur	T	6	Referenzpunkt Kaffee	0 - 60°C	Wiederstandsthermometer	10 min
Raumlufttemperatur	T	7	Referenzpunkt Ausgabe	0 - 60°C	Wiederstandsthermometer	10 min
Zulufttemperatur	T	8	Zuluftgitter	0 - 60°C	Wiederstandsthermometer	10 min
Meteo						
Aussentemperatur	T	9	Metostation Basel-Binungen	-20°C - +60°C	Aufzeichnung Lüfthygieneamt beider Basel	60 min

Alle Messgrössen wurden mit je einem Datalogger in der Lüftungszentrale, im Restaurant und in der Kältezentrale aufgezeichnet.



Personalrestaurant
"Zum goldenen Schlüssel"

MITTLERE LEISTUNG [W/m ²]										SIA 380/4
Objekt, Ort: <i>Personenverh. "Zum goldenen Silberrikel" im Haus der Ingenieure, Basel</i> Datum: <i>23.1.92</i> Planer:										KI = Klasse OW = Objektwert
Infrastruktur- funktion Betriebseinheit			Haustechnik HT						Betriebseinricht. BR	
	A [m ²]	ha [h/a]	DT	AL KI OW	KO KI OW	BL KI OW	AH	ZD		
Büro										
Verkaufsfläche										
Schulräume										
Bettzimmer										
Sitzungszimmer										
Hörsaal										
Restaurant <i>ohne Küch.</i>	<i>541,5</i>	<i>750</i>		<i>14,07</i>	<i>23,43</i>	<i>10,0</i>				
<i>mit Kühlung</i>	<i>"</i>	<i>"</i>		<i>14,07</i>	<i>23,32</i>	<i>10,0</i>				
EDV										
Küche										
Verkehrsfläche										
Lager										
Eingangshalle										
Parking										

Abkürzungen: siehe Bild 1

Klasseneinteilung: Tab. A-2

Best- und Grenzwerte: Tab. A-3

Die Nutzungszeit (ha) entspricht der Betriebszeit von 11.30 - 14.30.

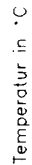
ENERGIEBUDGET [1000 kWh/a]							SIA 380/4	
Objekt, Ort: <i>Personenrest. "Zum goldenen Schüssel" im Haus der Ingenieure, Basel</i> Datum: <i>22.1.92</i> Planer:								
Infrastruktur- funktion Betriebseinheit	Haustechnik HT				Betriebseinricht. BR		Total	
	DT 3	AL 4	KO 5	BL 6	AH 7	ZD 8	HT Σ 3-6	HT+BR Σ 3-6
Büro								
Verkaufsfläche								
Schulräume								
Bettzimmer								
Sitzungszimmer								
Hörsaal								
Restaurant <i>ohne Kühl.</i>		<i>5,72</i>	<i>9,51</i>					
<i>mit Kühlung</i>		<i>5,72</i>	<i>9,44</i>					
EDV								
Küche								
Verkehrsfläche								
Lager								
Eingangshalle								
Total (ohne Parking)								
Parking								
Total								

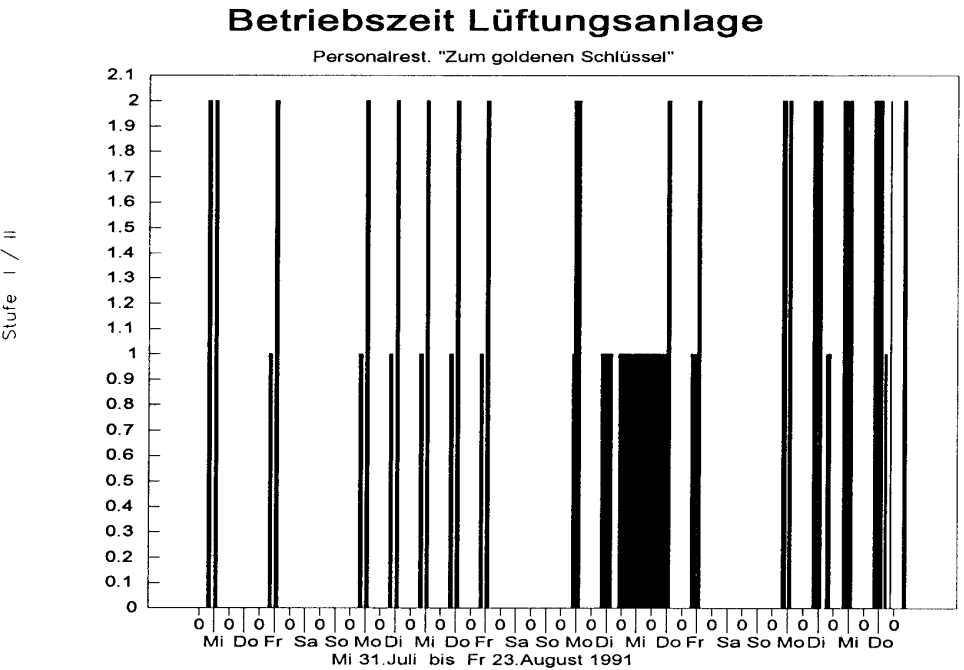
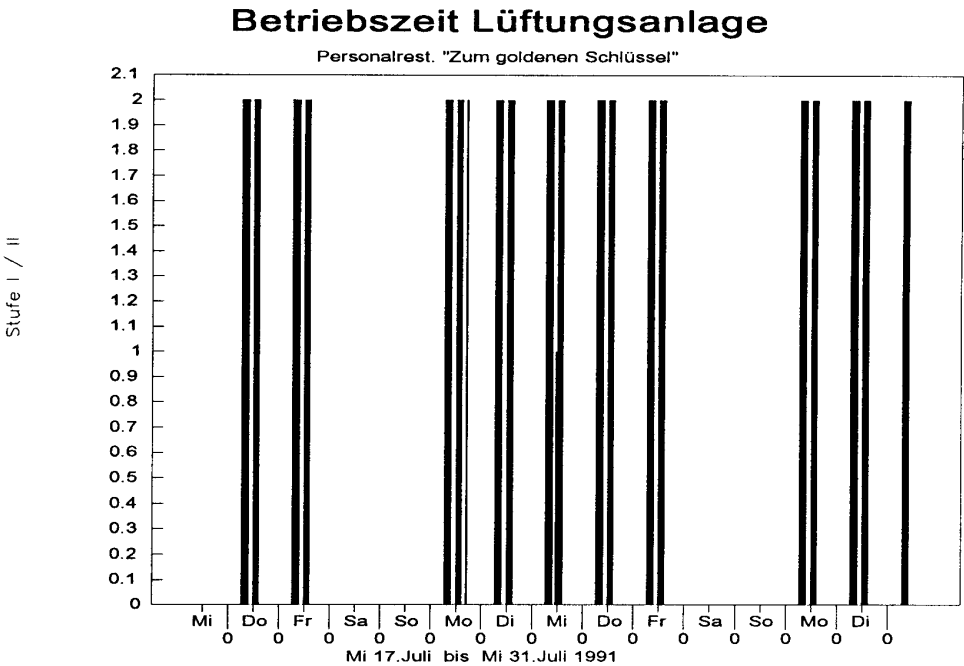
Energiebezugsfläche: *930* * m²
 Raumheizung (1): MWh/a
 Warmwasser (2): MWh/a

Energiekennzahlen
 E_{eh} (3-6): }
 E_e (3-8): } *213*
 E_w (1-2): *66*

MJ/m²a
 MJ/m²a
 MJ/m²a

* *gesamter Restaurant (inkl. Küche + Nebenräumen)*
 Abkürzungen: siehe Bild 1 Entweder AL (4) oder KO (5) ausfüllen

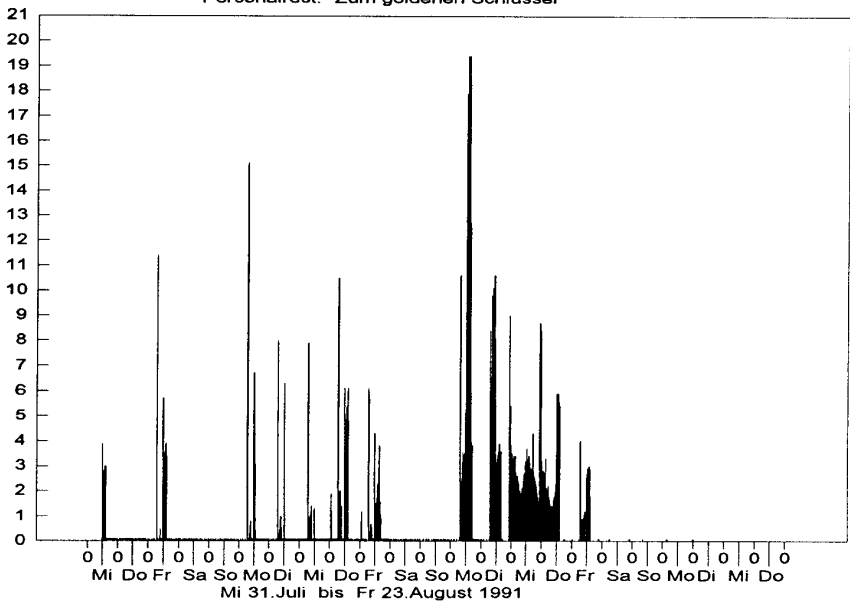




Kälteenergieverbrauch kWh / 10 Min.

Kälteenergieverbrauch Restaurant

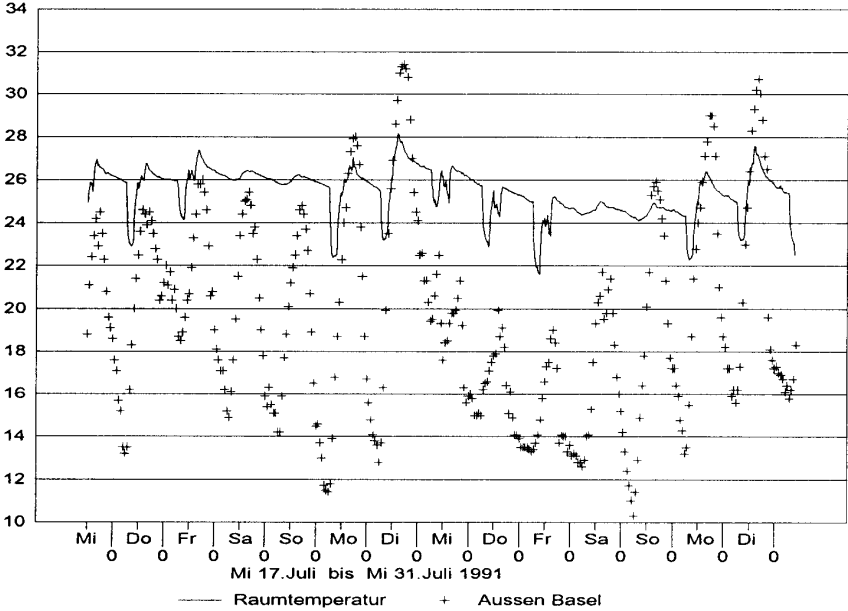
Personalrest. "Zum goldenen Schlüssel"



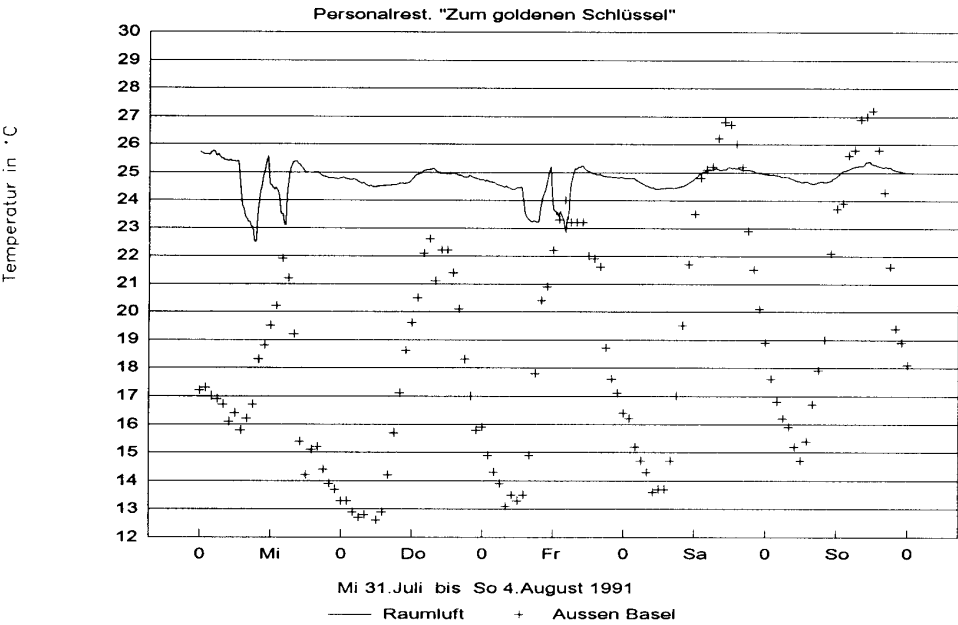
Raumlufttemperatur Restaurant

Personalrest. "Zum goldenen Schlüssel"

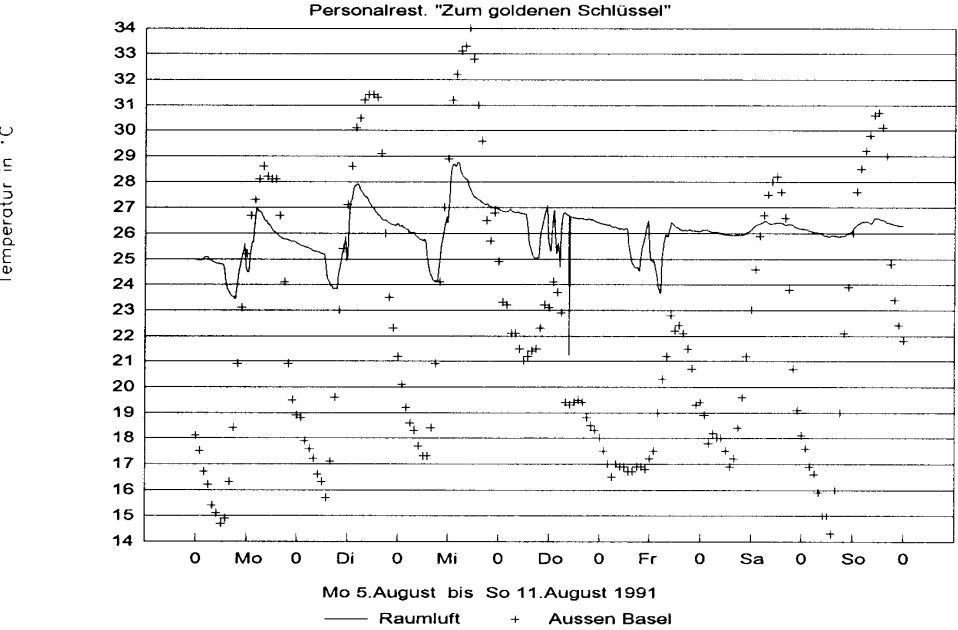
Temperatur in °C

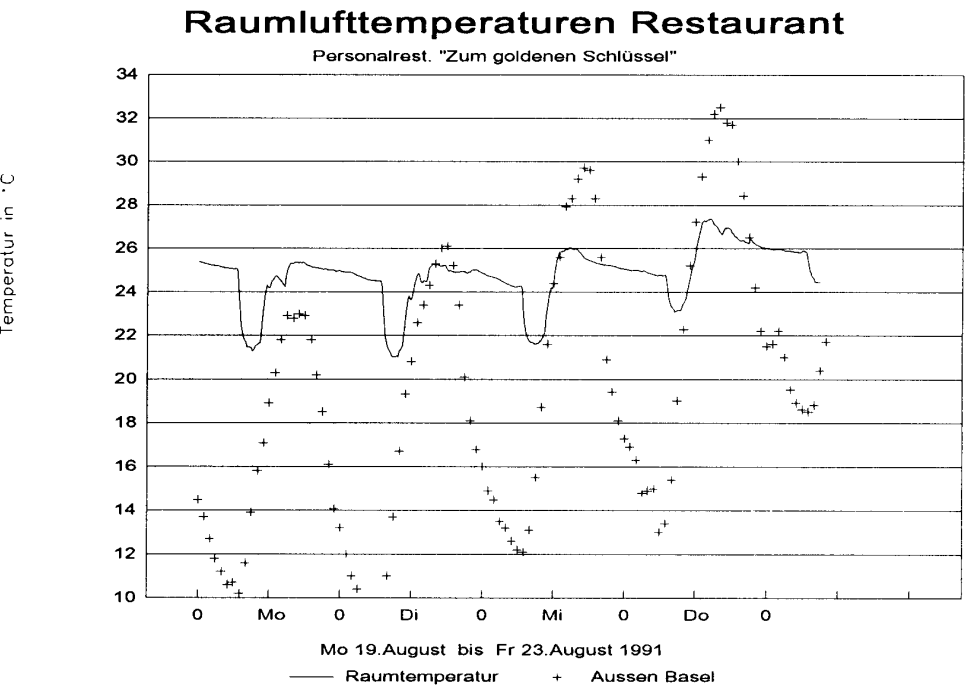
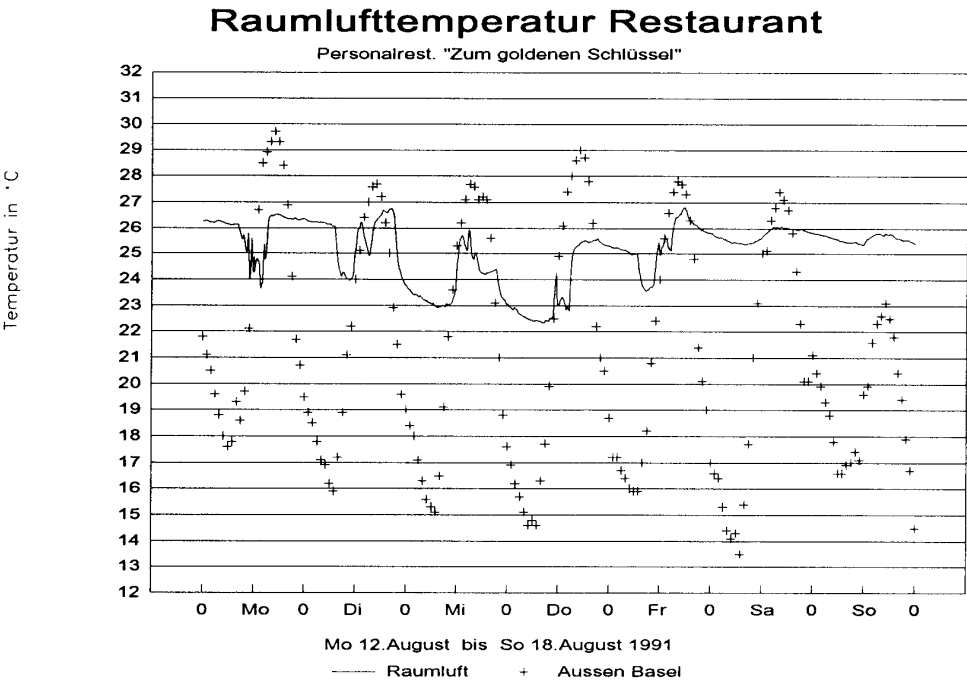


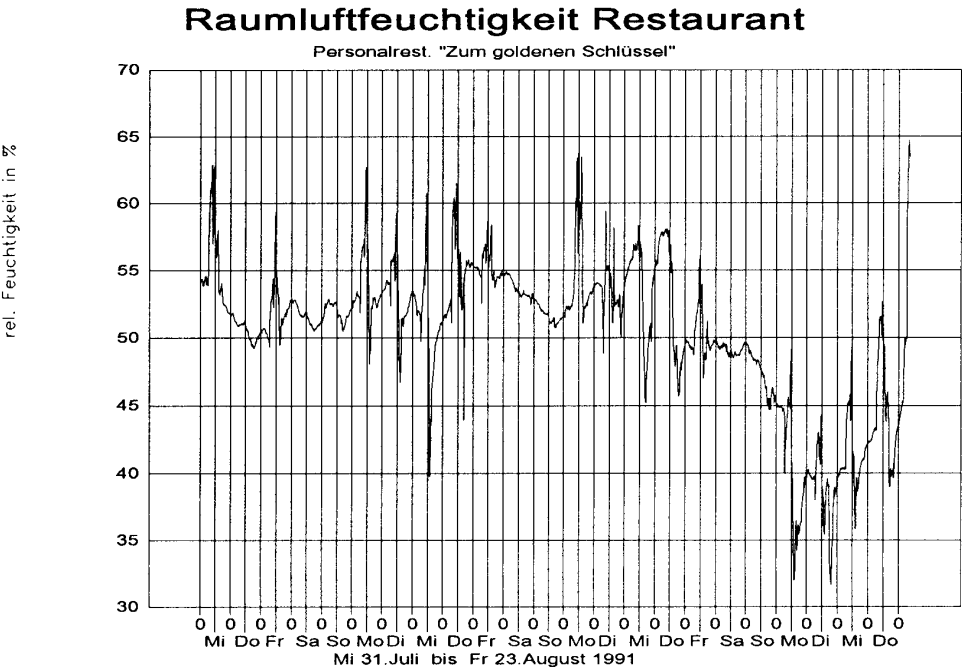
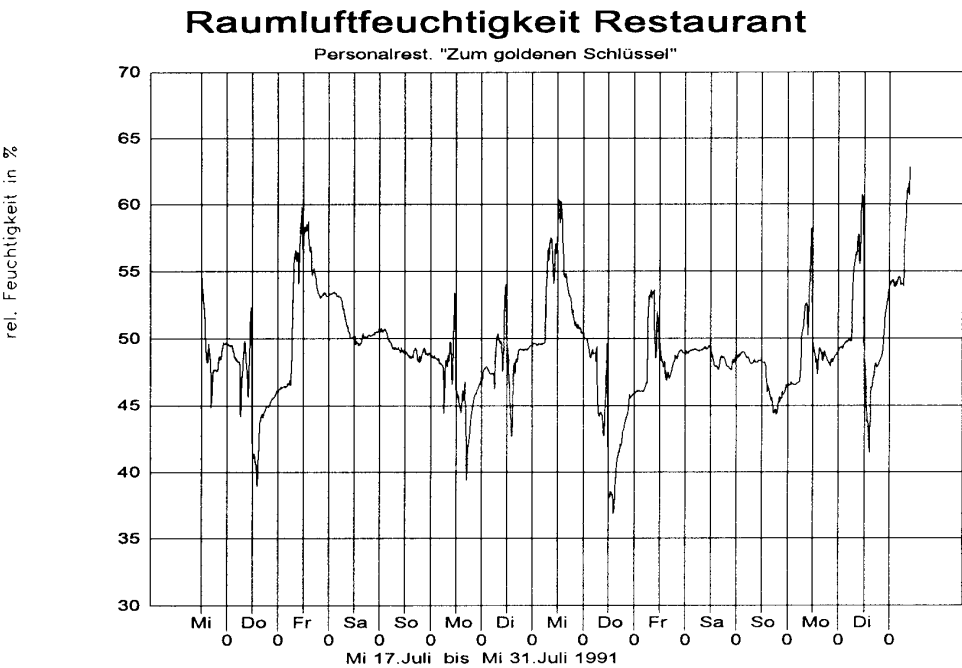
Raumlufttemperatur Restaurant



Raumlufttemperatur Restaurant







Fallstudie 4

Variables Luftmengensystem

Geschäftshaus SIEHLAG Zürich

A. Altenburger
R. Strauss



H. Hug
R. Staub

Ressort 1 1: Haustechnik

RAVEL - Materialien zu RAVEL

Bundesamt für Konjunkturfragen

Adressen:

Herausgeber: Bundesamt für Konjunkturfragen (BfK)
Belpstrasse 53
3003 Bern
Tel.: 031/61 21 39
Fax: 031/46 41 02

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

Ressortleiter: Charles Weinmann
Weinmann-Energies SA
Route d'Yverdon 4
1040 Echallens
Tel.: 021/881 47 13
Fax: 021/881 10 82

Autoren: A. Altenburger
R. Strauss
H. Hug
EWI Elektrowatt Ingenieure AG
Bellerivestrasse 36
8034 Zürich
Tel.: 01/385 22 11
Fax: 01/385 24 25

R. Staub
Kummler+Matter AG
Hohlstrasse 176
8026 Zürich
Tel.: 01/247 47 47
Fax: 01/291 02 62

RAVEL - Materialien zu RAVEL

	Seite
1. ZUSAMMENFASSUNG	4
2. AUFGABENSTELLUNG	5
2.1. Ausgangslage	5
2.2. Vorgehen	6
2.3. Termine	7
3. ANLAGENBESCHRIEB	8
3.1. Anlagenbeschrieb	9
3.2. Prinzipschema	12
3.3. Grundriss	15
4. MESSKONZEPT	20
4.1. Aussentemperatur	20
4.2. Raumtemperatur	
4.3. Luftvolumenstrom	
4.4. Ventilatorleistung	21
4.5. Elektroverbrauch Kälte	
4.6. Elektroverbrauch Beleuchtung, AH, ZD	
4.7. Heizwassertemperaturen	
4.8. Heizwassermenge	
4.9. Befeuchtung	
4.10. WRG-Motor	
4.11. Kälteverbrauch	22
Tab.1. Messsignale Dauermessung	23
Tab.2. Messsignale Temporärmessung	24
5. BETRIEBSEINHEITEN	25
5.1. Zone A	25
5.2. Zone B	
Tab.3. Flächen der Betriebseinheiten	26
6. ZÄHLERABLESUNGEN	27
Tab.4. Zählerablesung Klima	28
Tab.5. Zählerablesung Heizung	29
Tab.6. Zählerablesung Kälteerzeugung	30
Tab.7. Zählerablesung Kälteabgabe	31

	Seite
7. WOCHENMESSUNGEN	32
Tab.8. Mittlere Leistungen Woche 23	33
Tab.9. Mittlere Leistungen Woche 32	34
Tab.10. Mittlere Leistungen Woche 42	35
Tab.11. Mittlere Leistungen Woche 43	36
8. MESSKURVEN	37
8.1. Diagrammverzeichnis	37
8.2. Diagramme Woche 23	38
8.3. Diagramme Woche 32	56
8.4. Diagramme Woche 42	74
8.5. Diagramme Woche 43	91
9. FOTOS DER MESSSTELLEN	109

1. ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des Bundesprogrammes RAVEL (Rationelle Verwendung von Elektrizität) wurde von uns das Untersuchungsprojekt Nr. 11.53 bearbeitet. Das Projekt hatte zum Ziel, die relevanten Stromverbraucher einer Klimaanlage mit variablen Luftvolumenstrom zu erfassen.

Das ausgewählte Messobjekt war das Geschäftshaus SIHLAG am Stauffacher in Zürich. Bauherr und Betreiber ist die Schweizerische Bankgesellschaft (SBG), welche das Messprojekt in jeder Phase unterstützte und uns somit die besten Voraussetzungen zur Durchführung der Arbeiten schuf.

Es sei an dieser Stelle erlaubt unseren Dank an die Vertreter der SBG auszusprechen.

Die Arbeiten starteten im Februar 1991 und die letzten Messungen fanden Ende Oktober statt. Nebst einer Dauermessung wurden insbesondere vier typische Wochen (Winter, Frühling, Sommer und Herbst) ausgemessen. Die Messungen beschränkten sich auf zwei Klimaanlagen, welche zur Konditionierung der Büros 1.-5.OG. dienen.

Die Ergebnisse sind in Anlehnung an die Empfehlung SIA 380/4 ausgewertet worden. Als Basis wurde die Betriebseinheit "Büro" gewählt, da diese mit einem Anteil von 56% der Gesamtfläche aller Betriebseinheiten überwiegt.

Die mittleren Leistungen beziehen sich somit immer auf eine Nutzungsdauer von 2750 h/a.

Eine Bewertung der einzelnen Betriebseinheiten und im speziellen die separate Erfassung der Zentralen Dienste, war im Rahmen dieses Messprojekts nicht möglich. Mit zusätzlichen Messtellen und Einzelmessungen könnte dies aber in einem erweiterten Messprojekt noch nachgeholt werden.

Die mittleren Leistungen der einzelnen Infrastrukturfunktionen ergeben sich wie folgt [W/m^2]:

Infrastrukturfunktion	Bezugsperiode				
	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr 1)
Diverses	0,22	0,05	0,0	0,04	2,14
Aussenluftzufuhr	2,73	2,84	4,05	2,78	3,97
Konditionierung	4,35	7,43	23,79	5,33	12,16
Bel.,AH,ZD	30,10	29,99	28,12	30,16	29,59
Total 2)	37,40	40,31	55,96	38,31	47,86

- 1) Die Jahreswerte sind nicht aus den Wochenmessungen hochgerechnet, sondern entsprechen den Zahlen aus den Monatsrapporten.
- 2) Aus messtechnischen Gründen sind die Anteile der Zentralen Dienste entgegen SIA 380/4 enthalten.

2. AUFGABENSTELLUNG

2.1. Ausgangslage

Damit ein Messprojekt mit dem Ziel, die relevanten Stromverbraucher einer Klimaanlage mit variablen Luftvolumenstrom zu erfassen, überhaupt gestartet werden konnte, bedurfte es der Auswahl eines geeigneten Objektes.

Auswahlkriterien waren in erster Linie:

- Grösse des Objekts (Luftvolumenstrom 10'000-20'000m³/h)
- Alter der Anlage (Modern, aber mindestens 1 Jahr in Betrieb)
- Keine Um- oder Ausbauten während Messperiode
- Betreiber einverstanden
- Messstellen stationär vorhanden
- Im Raum Zürich gelegen

Nach verschiedenen Kontakten und Absprachen wurde von uns das Geschäftshaus SIHLAG am Stauffacher in Zürich als Messobjekt empfohlen.

Das seit Herbst 1988 in Betrieb stehende Bürogebäude weist sechs Obergeschosse auf. Im Erdgeschoss befinden sich nebst einer Schalterhalle der Bank vorwiegend Verkaufslokalitäten. Im 1.-5. Obergeschoss befinden sich die Büroräumlichkeiten der Bank, welche sich in verschiedene Betriebseinheiten aufteilen (Tabelle 3) und von zwei zentralen Klimaanlage im 6. Obergeschoss versorgt werden.

2.2. Vorgehen

In einer ersten Phase wurde folgendes Vorgehen festgelegt:

1). Erfassen der Hauptdaten über gesamte Messperiode.

Hauptdaten:

- Luftmenge
- Aussentemperatur
- Interne Wärmelast
- Stromverbrauch Ventilatoren
- Raumtemperatur

2). Erfassen der spez. Verbrauchsdaten während typischer Messwochen:

Messwoche	Jahreszeit	Spez. Verbrauchsdaten
1	Winter	Wärmeverbrauch
-		Stromverbrauch Umwälzpumpen
-		Stromverbrauch WRG-Motor
2	Frühling	Wärme- und Kälteverbrauch
-		Stromverbrauch Umwälzpumpen
-		Stromverbrauch Kälte
-		Stromverbrauch WRG-Motor
3	Sommer	Kälteverbrauch
-		Stromverbrauch Umwälzpumpen
-		Stromverbrauch WRG-Motor
4	Herbst	Wärme- und Kälteverbrauch
-		Stromverbrauch Umwälzpumpen
-		Stromverbrauch Kälte
-		Stromverbrauch WRG-Motor

2.3. Termine

1. Messwoche	Februar/März 1991
2. Messwoche	April/Mai 1991
3. Messwoche	Juli/August 1991
4. Messwoche	Oktober/November 1991

Messperiode Hauptdaten: Februar bis November 1991

Auswertung der Messungen mit Bericht: Ende 1991

Bemerkung:

Aufgrund des grossen Aufwandes bei der Einrichtung und Installation der diversen Messstellen (Tabelle 1 und 2) war es erst im Mai möglich, die ersten brauchbaren Messungen zu tätigen. Die Messung für die Winterwoche wurde somit auf den Spätherbst verlegt.

3. ANLAGENBESCHRIEB

Der folgende Anlagenbeschrieb mit den Prinzipschemata der Klimaanlage Büro's (Zone A und Zone B), dem Prinzipschema "Lüftungs- und Klimaanlage" des gesamten Gebäudes und den Grundrissen der Bürogeschosse 1.-5.OG. sind den Revisionsunterlagen des Bauherrn entnommen.

Er gewährt innert Kürze einen Überblick über die Klimatechnischen Gegebenheiten des betrachteten Gebäudeteils.

Aus den Grundrissen sind jeweils grün (Zone A) und blau (Zone B) die von der entsprechenden Klimaanlage versorgten Räumlichkeiten ersichtlich. Die eingezeichneten Arbeitsplatzkonfigurationen entsprechen zum Teil nicht mehr der Situation, sind aber für die weiteren Betrachtungen auch nicht von Bedeutung.

Spezifische Kennzahlen (Planung)

Investitionskosten	(1988):
Klimaanlage A+B	Fr. 1'200'000.-
Luftmenge	31'700 m ³ /h
Fr.*h/m ³	Fr. 37.85
Energiebezugsfläche	2'770 m ²
Fr./m ² EBF	Fr. 433.21

Lüftungskanallängen:

Aussenluft (pro Anlage)	17 m
Zuluft (längster Strang)	80 m

Luftgeschwindigkeiten:

Steigzonen	5 - 6 m/s
Geschossverteilung	3 - 4 m/s

3.1 Anlagenbeschreibung

Für die Teilklimatisierung der Büros im 1. Obergeschoss bis zum 5. , Obergeschoss sind zwei Teilklimaanlagen mit variablen Luftvolumenströmen installiert.

Die Klimageräte sind in der Klimazentrale im Dachgeschoss installiert. Die Zuluftapparateteile enthalten Filter, Enthalpietauscher, Ventilator, Prallplattendiffusor, Vorwärmer, Luftkühler und Luftwäscher. Die Fortluftapparateteile enthalten Filter, Enthalpietauscher und Fortluftventilator.

Zur Energierückgewinnung ist ein rotierender Enthalpietauscher mit ca. 75 % Wirkungsgrad eingebaut.

Die Aussenluft wird im Hofbereich angesaugt (Höhe Dachgeschoss) und gelangt über einen bauseitigen Schacht mit eingebauten Schalldämpfern zu den Zuluftapparaten. In den Zuluftapparaten wird die Luft aufbereitet. Die Zuluftventilatoren fördern die aufbereitete Luft anschliessend durch die Zuluftblechkanalnetze zu den einzelnen Bürogeschossen.

Die Luftauslassgeräte (Moduline-Luftauslässe)

sind in der Hohldecke im Bereich über den Büro's untergebracht, bestehend aus einem Lufteintrittsanschluss, einer schalldämmend ausgekleideten Druckkammer, einem verstellbaren Luftmengenregler, balgähnlichen Drosselklappen und einem Diffusor. Durch den Diffusor gelangt die Zuluft in den Raum.

Die Raumtemperaturregulierung in den Büros erfolgt über den zugeführten Volumenstrom in Sequenz mit der Raumheizung (Heizventile). Die Regeleinheiten werden so gestaltet, dass bei Unterschreiten des Sollwert-Luftvolumenstromes ca. 30 % des Nennvolumenstromes, die Volumenstromregelgeräte infolge fehlender Raumlaster und um eine Raumauskühlung zu vermeiden, auf Stellung "ZU" schalten.

Innenliegende Räume und Sitzungszimmer sind

vor dem Moduline-Luftauslass mit Elektro Nachwärmer ausgerüstet, um ein Auskühlen dieser Räume zu verhindern.

Die Rückluft wird von den Fortluftventilatoren durch Fortluftleuchten abgesogen und über das Rückluftkanalnetz, zu den Fortluftapparaten geführt. Via Energierückgewinnung wird die Fortluft anschliessend über Dach ins Freie geblasen.

Raumkonditionen

Winter

Heizbetrieb +22 °C,

40 %r.F.

(Büros und Sitzungs-
zimmer exkl.

Kühlbetrieb +23 °C,

ca. 40 %r.F.

Nebenräume)

Sommer

+26 °C,

ca. 50 %r.F.

mit gleitender Anhebung der Temperatur, ohne Entfeuchtungsschaltung (Anschluss des Luftkühlers für grösstmögliche Entfeuchtungsleistung im Gegenstromprinzip).

Wärmeverluste

Die Transmissionsverluste werden durch die Raumheizung gedeckt.

Wärmeanfall

a) Beleuchtung (Fortluft über Abluftleuchten),

Büro's, Sitzungszimmer 20 W/m²

Gleichzeitigkeitsfaktor 0,75

Restwärmefaktor 0,35

Restwärmeanfall

Beleuchtung 5,5 W/m²

b) Apparate

Büro's, Sitzungszimmer W/m²

c) Personen

Büro's pro 8 m² 1 Person

Für die Auslegung des minimalen

Aussenluftanteils max. 280 Personen

d) Reserveleitungen für spätere Technisierung

Büro's, Sitzungszimmer 15 W/m²

e) externer Wärmeanfall gemäss Kühllastberechnung

Luftmengen

Zuluft
m³/hRückluft
m³/h

1. OG: Büro's, Sitzungszimmer, XC's

2. OG: Büro's, Sitzungszimmer, WC's

3. OG: Büro's, Sitzungszimmer,

4. OG: Büro's, Sitzungszimmer, WC's

5. OG: Büro's, Sitzungszimmer, WC's

s. Grundrisspläne WC's

pro Module Auslass = max. 85 m³/hmin. 25,5 m³/h

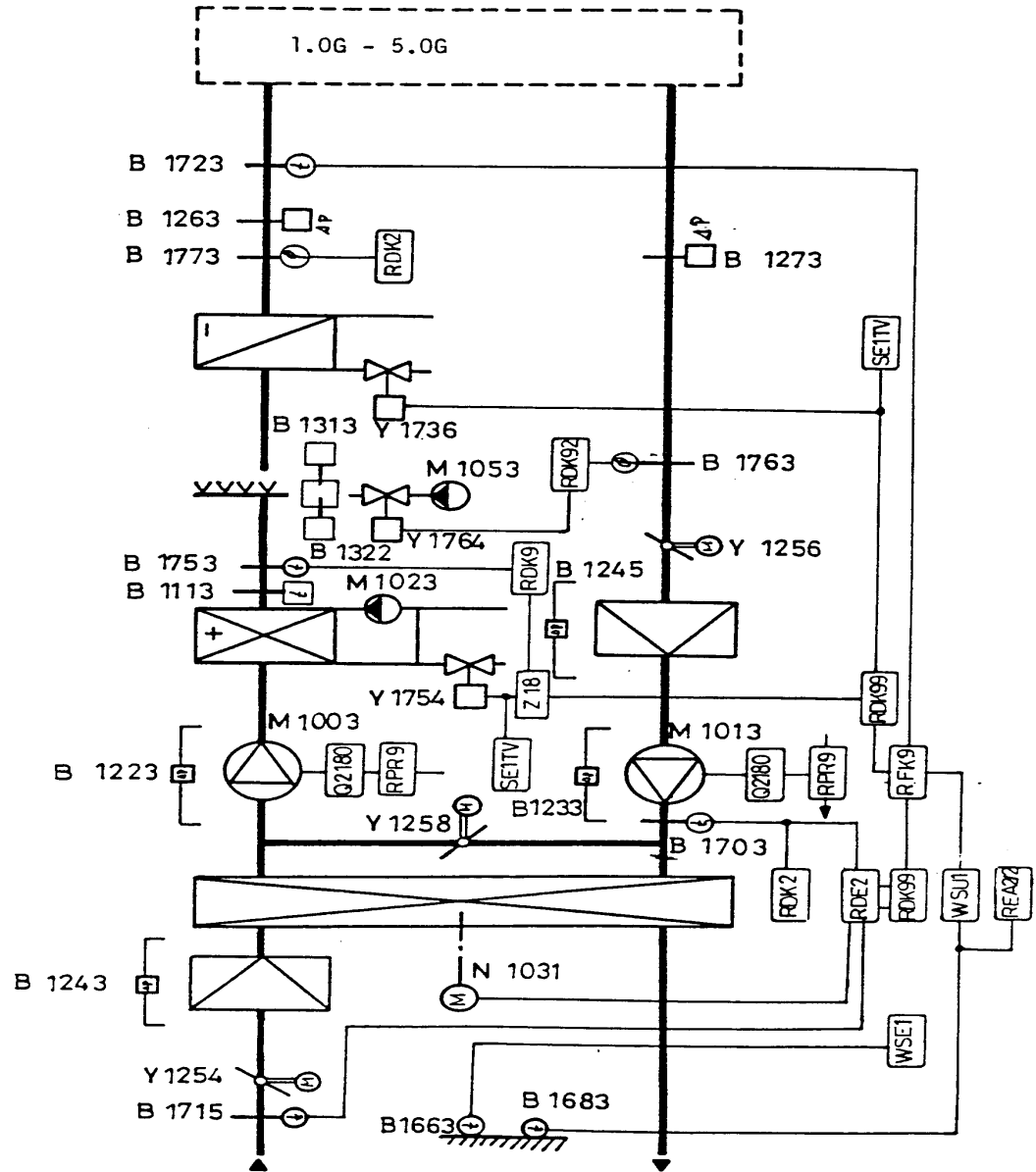
z.T. weniger (s. Grundrisspläne)

Minimaler Aussenluftanteil		34 m ³ /h / Person	
Luftwechsel			0 1 1
Büro's, Sitzungszimmer		ca. 5,8 fach/h	
Leistungsdaten		A B	
Zuluftventilator		16270 / 15430 m ³ /h, 1500 U/min.	
Fortluftventilator		15450 / 14660 m ³ /h, 1500 U/min.	
Energierückgewinnung			
Winter			
Aussenluft		11 °C, 80 %r.F.	
Rückluft		+ 22 °C, 40 %r.F.	
Lufterwärmung auf		+ 13 °C	
Sommer			
Aussenluft		+ 32 °C, 38 %r.F.	
Rückluft		+ 29 °C, 42 %r.F.	
Luftabkühlung auf		+ 29,8 °C	
Lufterhitzer			
Lufterwärmung	von auf	10 °C 22 °C	
Heizmedium PWW		65/45 °C	
Luftkühler			
Luftkühlung	von auf	+ 25 °C, 70 %r.F. + 13 °C, 92 %r.F.	
Kühlmedium KW	12/6 °C		
Luftwäscher			
Luftbefeuchtung	x = auf X =	5,2 g/kg 8,2 g/kg	
Grenzwert für die durch die Teilklimaanlagen verursachten Geräusche			
(Definition der Grenzwerte gemäss SIA 181/3, LnA dB(A))			
Büros, Sitzungszimmer		35 dB(A) +2 dB(A)	
Nebenräume		45 dB(A) +2 dB(A)	
(z. B. Archiv)			

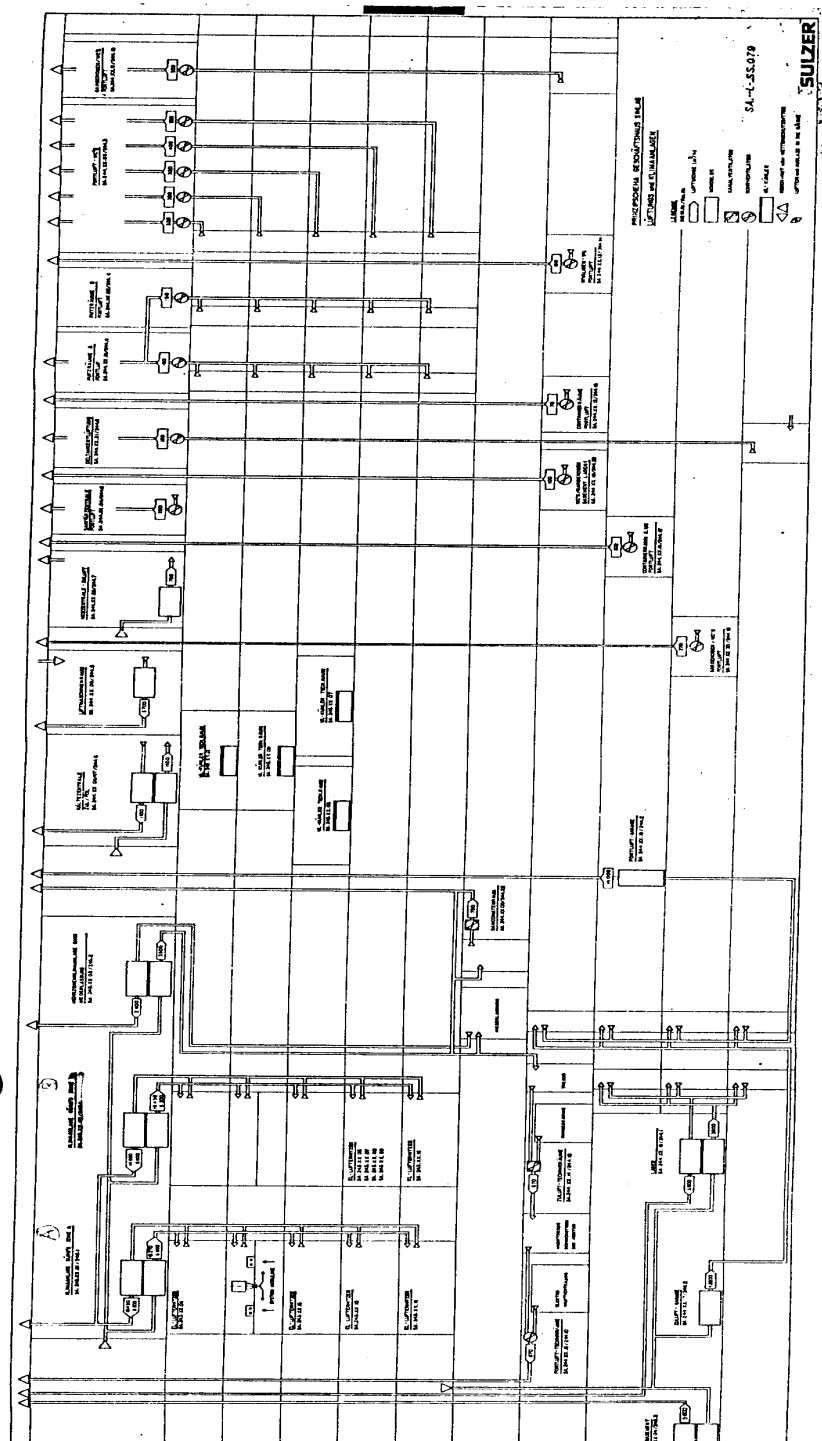
3.2

SP. 245. XX.01 Pos. 245.1 Klimaanlage Büro's (Anlagen)

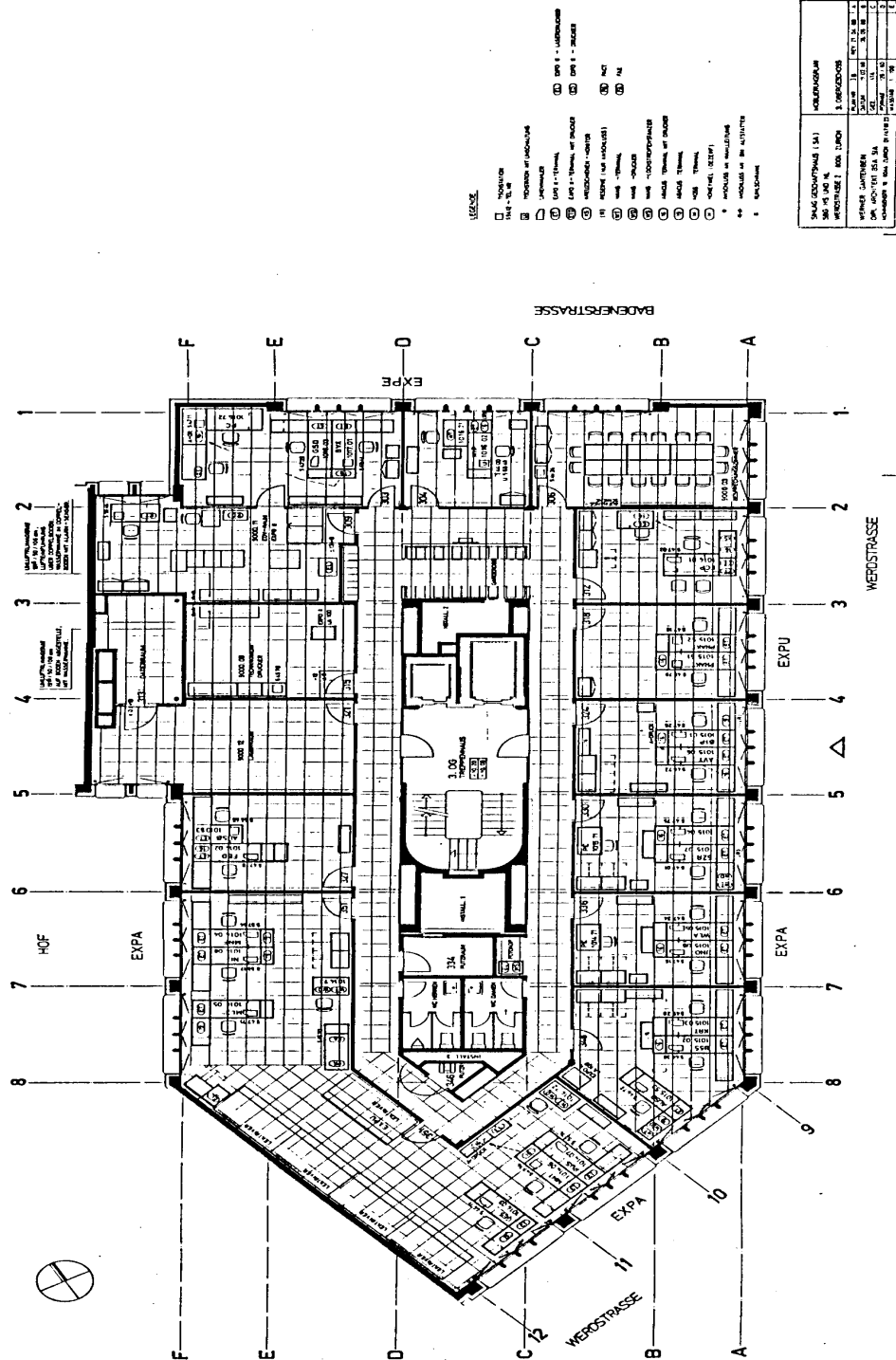
A

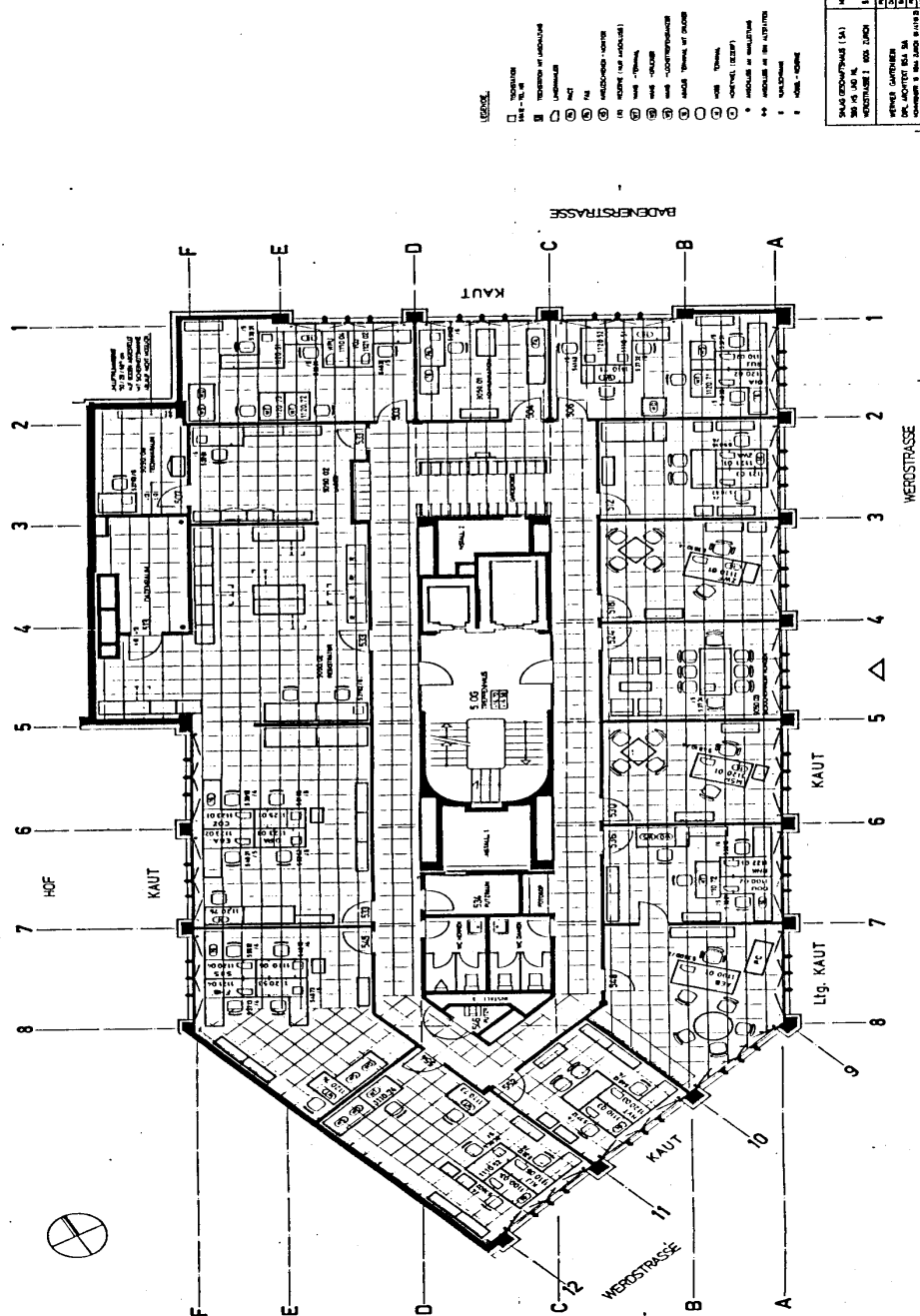


910001



SOLLAS ZERSTÖRUNGSFÄHIG (5A) 500 KG UND ME. ANFANGSSTADIUM 2. KLOS. ZURICH	MOSSBRUNNEN 1. ORIENTIERUNGSS	2. Juni 1980 3. Juni 1980 4. Juni 1980 5. Juni 1980 6. Juni 1980 7. Juni 1980 8. Juni 1980 9. Juni 1980 10. Juni 1980 11. Juni 1980 12. Juni 1980 13. Juni 1980 14. Juni 1980 15. Juni 1980 16. Juni 1980 17. Juni 1980 18. Juni 1980 19. Juni 1980 20. Juni 1980 21. Juni 1980 22. Juni 1980 23. Juni 1980 24. Juni 1980 25. Juni 1980 26. Juni 1980 27. Juni 1980 28. Juni 1980 29. Juni 1980 30. Juni 1980 1. Juli 1980 2. Juli 1980 3. Juli 1980 4. Juli 1980 5. Juli 1980 6. Juli 1980 7. Juli 1980 8. Juli 1980 9. Juli 1980 10. Juli 1980 11. Juli 1980 12. Juli 1980 13. Juli 1980 14. Juli 1980 15. Juli 1980 16. Juli 1980 17. Juli 1980 18. Juli 1980 19. Juli 1980 20. Juli 1980 21. Juli 1980 22. Juli 1980 23. Juli 1980 24. Juli 1980 25. Juli 1980 26. Juli 1980 27. Juli 1980 28. Juli 1980 29. Juli 1980 30. Juli 1980 31. Juli 1980 1. August 1980 2. August 1980 3. August 1980 4. August 1980 5. August 1980 6. August 1980 7. August 1980 8. August 1980 9. August 1980 10. August 1980 11. August 1980 12. August 1980 13. August 1980 14. August 1980 15. August 1980 16. August 1980 17. August 1980 18. August 1980 19. August 1980 20. August 1980 21. August 1980 22. August 1980 23. August 1980 24. August 1980 25. August 1980 26. August 1980 27. August 1980 28. August 1980 29. August 1980 30. August 1980 31. August 1980 1. September 1980 2. September 1980 3. September 1980 4. September 1980 5. September 1980 6. September 1980 7. September 1980 8. September 1980 9. September 1980 10. September 1980 11. September 1980 12. September 1980 13. September 1980 14. September 1980 15. September 1980 16. September 1980 17. September 1980 18. September 1980 19. September 1980 20. September 1980 21. September 1980 22. September 1980 23. September 1980 24. September 1980 25. September 1980 26. September 1980 27. September 1980 28. September 1980 29. September 1980 30. September 1980 1. Oktober 1980 2. Oktober 1980 3. Oktober 1980 4. Oktober 1980 5. Oktober 1980 6. Oktober 1980 7. Oktober 1980 8. Oktober 1980 9. Oktober 1980 10. Oktober 1980 11. Oktober 1980 12. Oktober 1980 13. Oktober 1980 14. Oktober 1980 15. Oktober 1980 16. Oktober 1980 17. Oktober 1980 18. Oktober 1980 19. Oktober 1980 20. Oktober 1980 21. Oktober 1980 22. Oktober 1980 23. Oktober 1980 24. Oktober 1980 25. Oktober 1980 26. Oktober 1980 27. Oktober 1980 28. Oktober 1980 29. Oktober 1980 30. Oktober 1980 31. Oktober 1980 1. November 1980 2. November 1980 3. November 1980 4. November 1980 5. November 1980 6. November 1980 7. November 1980 8. November 1980 9. November 1980 10. November 1980 11. November 1980 12. November 1980 13. November 1980 14. November 1980 15. November 1980 16. November 1980 17. November 1980 18. November 1980 19. November 1980 20. November 1980 21. November 1980 22. November 1980 23. November 1980 24. November 1980 25. November 1980 26. November 1980 27. November 1980 28. November 1980 29. November 1980 30. November 1980 1. Dezember 1980 2. Dezember 1980 3. Dezember 1980 4. Dezember 1980 5. Dezember 1980 6. Dezember 1980 7. Dezember 1980 8. Dezember 1980 9. Dezember 1980 10. Dezember 1980 11. Dezember 1980 12. Dezember 1980 13. Dezember 1980 14. Dezember 1980 15. Dezember 1980 16. Dezember 1980 17. Dezember 1980 18. Dezember 1980 19. Dezember 1980 20. Dezember 1980 21. Dezember 1980 22. Dezember 1980 23. Dezember 1980 24. Dezember 1980 25. Dezember 1980 26. Dezember 1980 27. Dezember 1980 28. Dezember 1980 29. Dezember 1980 30. Dezember 1980 31. Dezember 1980
--	----------------------------------	--





4. MESSKONZEPT

Um die verschiedenen Verbraucher zu erfassen mussten rund 30 Messstellen installiert werden.

Die einzelnen Messpunkte sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengefasst.

In Tabelle 1 sind die Messstellen der Dauermessungen aufgelistet, während in der Tabelle 2 diejenigen der Temporärmessungen zu finden sind.

Eine bildliche Darstellung der Messtellen zeigt die Fotodokumentation.

Die Zeitintervalle zwischen den einzelnen Messungen wurden nach anfänglich 10 Minuten auf Stundenwerte geändert.

Somit wurde die Speicherkapazität der Datalogger nicht mehr allzusehr belastet und gleichzeitig die Qualität der Messung nicht in Frage gestellt.

4.1. Aussentemperatur

Die Aussentemperatur wurde an einer Stelle erfasst, die Sekundäreinflüsse wie Strahlung, Witterung etc. praktisch ausschloss.

Der Temperaturfühler wurde im Ansaugschacht der Aussenluftzufuhr zu den Klimaanlage platziert. Somit war dieser der effektiven in die Klimaanlage gelangenden Zuluft ausgesetzt, doch wenn die Anlage nicht in Betrieb war konnten die gemessenen Werte relativ stark von der effektiven Aussentemperatur abweichen. Dies war vor allem dann der Fall, wenn sich im Sommer eine Art Wärmestau im Ansaugschacht der Klimaanlage einstellte (Abendsonne, stillstehende Luft). Für die Messungen war dieser Umstand jedoch nicht wesentlich, da in erster Linie die Aussentemperatur während der Betriebszeit massgebend war.

4.2. Raumtemperatur

Die Raumtemperatur wurde nicht in Einzelnen Räumen erfasst, sondern im Rückluftkanal beider Anlagen gemessen.

Das ergab eine mittlere Raumtemperatur der Büros, was nicht heisst, dass in

einzelnen Räumen zum selben Zeitpunkt höhere oder tiefere Werte anzutreffen gewesen wären.

Im weiteren ist wie schon bei der Aussentemperaturmessung zu beachten, dass die ausserhalb der Betriebszeit gemessenen Temperaturen nicht den effektiven Raumtemperaturen entsprechen.

4.3. Luftvolumenstrom

Die Messung der Luftvolumenströme war wie erwartet eine der schwierigsten. Es galt einerseits eine Messstelle zu finden, welche Strömungstechnisch günstig ist und andererseits einen geeigneten Fühler einzusetzen. Nebst der eigentlichen Messstelle wurden auch Referenzmessungen

durchgeführt, welche die vom Luftgeschwindigkeitsfühler gelieferten Daten bestätigten.

Auch wenn die absolute Genauigkeit nicht gewährleistet ist, so ist doch zumindest der charakteristische Verlauf der Volumenströme aus den Messkurven deutlich ersichtlich.

4.4. Ventilatorleistung

Um die Leistungsverläufe der vier Ventilatoren erfassen zu können, wurde am jeweiligen Frequenzumformer eine Schnittstelle eingebaut, welche ein der momentanen Leistung entsprechendes Signal lieferte.

4.5. Elektroverbrauch Kälte

Die Klimaanlage des Gebäudes werden von zwei Kältemaschinen versorgt. Der Stromverbrauch wird für jede Maschine einzeln über Elektrozähler erfasst. Durch das installieren eines Abtastkopfes (optische Drehzahlerfassung) konnte dieser Verbrauch ebenfalls auf einem Datenspeicher erfasst werden.

4.6. Elektroverbrauch-Beleuchtung, Arbeitshilfen und Zentrale Dienste

Die "Interne Last" der Bürogeschosse konnte über einen zentralen Elektrozähler im Untergeschoss erfasst werden.

Die installation eines Abtastkopfes (optische Registrierung der

Zählerimpulse) ermöglichte ein direktes Einlesen der Verbrauchswerte auf einen Datenspeicher.

4.7. Heizwassertemperaturen

Die Heizwassertemperaturen wurden mittels Anlegefühlern (PT100) beim jeweiligen Lufterhitzeranschluss (Vor-/Rücklauf) erfasst,

Wichtig war nicht die Absolute Temperatur, sondern die Temperaturdifferenz, welche in die Berechnung der Heizleistung einfließt.

4.8. Heizwassermenge

Die Lufterhitzer sind im Konstantvolumenstrom geschaltet, so dass nur das Ein/Aus-Signal der Heizwasserpumpe erfasst werden musste.

Der Massenstrom war aus Anlagekennlinie und Pumpencharakteristik zu berechnen und konnte zusammen mit der Heizwassertemperaturdifferenz zur Berechnung der Heizleistung verwendet werden.

4.9. Befeuchtung

Die Leistung der Befeuchterpumpe konnte ähnlich wie diejenige der

Ventilatoren über die Frequenzumformer (Drehzahläquivalentes Signal) erfasst werden.

4.10. WRG-Motor

Die Antriebsleistung der beiden 90W-Motoren konnte direkt über ein Spannungssignal auf den Datenspeicher gelesen werden.

4.11. Kälteverbrauch

Mit der Erfassung der Zählerimpulse der Durchflusszähler für Klima- und Umluftkühler konnte der Leistungsverlauf direkt aufgezeichnet werden. Die installation der Schnittstelle war jedoch im Zähler vorzunehmen und die aufgezeichneten Werte sind weitgehend nicht brauchbar, so dass zur Bestimmung der Kälteleistungsziffer auf die manuellen Zählerablesungen zurückgegriffen werden musste.

Messsignale Ravel

7.11.1991

Alle analogen Messsignale sind arithmetische Mittelwerte aus alle 10s erfolgten Abtastungen

Signale Dauermessung Ravel					
Spalte	Signal	Umrechnung	Symbol	Einheit	Beschreibung
A			t		Datum & Zeit
B	D1	D1-3	TA	C	Ausstemperatur
C	D2	D2-2	TRa	C	Raumtemperatur bei A
D	D3	D3-2	TRb	C	Raumtemperatur bei B
E	D9	3220*D9	VZLa	m3/h	Zuluftvolumenstrom A
F	D10	2590*D10	VZLb	m3/h	Zuluftvolumenstrom B
G	D11	0,135*D11 ^ 1,5	PEZLa	kW	Eingang FU Zuluft A
H	D12	0,226*D12 ^ 1,5	PEZLb	kW	Eingang FU Zuluft B
I	D13	0,060*D13 ^ 1,5	PEALa	kW	Eingang FU Abluft A
J	D14	0,087*D14 ^ 1,5	PEALb	kW	Eingang FU Abluft B
K	D17	D17/50	PEK1	kW	El. Kältemaschine 1
L	D18	D18/50	PEK2	kW	El. Kältemaschine 2

Bemerkung

Eichung, minus 1 C Strahlung (gilt nur bei laufender Klimaanlage)
 Eichung (gilt nur bei laufender Klimaanlage)
 Eichung (gilt nur bei laufender Klimaanlage)
 Geeichte Geschwindigkeitsmessung
 Geeichte Geschwindigkeitsmessung
 Leistung aus Stromsignal ermittelt
 Leistung aus Stromsignal ermittelt
 Leistung aus Stromsignal ermittelt
 Leistung aus Stromsignal ermittelt
 50 Imp/kWh (n=1); Messperiode 1h
 50 Imp/kWh (n=1); Messperiode 1h

Abgeleitete Größen Dauermessung

D9	VZLa-500	VALa	m3/h	Abluftvolumenstrom A	Fortluftanlagen (Offene Fenster nicht erfasst)
D10	VZLb-1800	VALb	m3/h	Abluftvolumenstrom B	Fortluftanlagen (Offene Fenster nicht erfasst)
D9	3,94*VZLa ^ 2+368	pZLa	Pa	Druck über Ventilator ZLa	Gemessene Widerstandslinie
D10	2,24*VZLb ^ 2+350	pZLb	Pa	Druck über Ventilator ZLb	Gemessene Widerstandslinie
D9	1,95*VALa ^ 2+214	pALa	Pa	Druck über Ventilator ALa	Gemessene Widerstandslinie
D10	1,29*VALb ^ 2+226	pALb	Pa	Druck über Ventilator ALb	Gemessene Widerstandslinie

Fortluftanlagen (Offene Fenster nicht erfasst)
 Fortluftanlagen (Offene Fenster nicht erfasst)
 Gemessene Widerstandslinie
 Gemessene Widerstandslinie
 Gemessene Widerstandslinie
 Gemessene Widerstandslinie

Signale Elektromessung Ravel

Spalte	Signal	Umrechnung	Symbol	Einheit	Beschreibung	Bemerkung
A	N		t		Datum & Zeit	
B	O	Xm/25	Pi	kW	Beleuchtung Bürogeräte	300 Imp/kWh über Stromwandler n=2; Messperiode 10 min
B	O	Xh/150	Pi	kW	Beleuchtung Bürogeräte	300 Imp/kWh über Stromwandler n=2; Messperiode 1 h

Tabelle 1

Signale Temporr�rmessung Ravel					Einheit	Beschreibung	Bemerkung
Spalte	Signal	Umrechnung	Symbol	t			
A	Q					Datum & Zeit	
B	R	T1	TVLa	C		Temperatur W�rmevorlauf A	
C	S	T2	TRLa	C		Temperatur W�rmer�cklauf A	
D	T	T3	TVLb	C		Temperatur W�rmevorlauf B	
E	U	T4	TRLb	C		Temperatur W�rmer�cklauf B	
F	V	T10*0,206-0,664	PBa	kW		Leistung Befeuchterpumpe A	Eichung des Drehzahl abhängigen Signals
G	W	T11*0,206-0,664	PBb	kW		Leistung Befeuchterpumpe B	Eichung des Drehzahl abhängigen Signals
H	X	T12*4,5	PWa	W		Leistung WRG-Motor A	0-20V = 0-90W
I	Y	T13*4,5	PWb	W		Leistung WRG-Motor B	0-20V = 0-90W
J	Z	14V = ein	Sa	-		Einschaltung Heizpumpe A	0V = Aus ; 14V = Ein
K	AA	14V = ein	Sb	-		Einschaltung Heizpumpe B	0V = Aus ; 14V = Ein
L		T17m*0,06	QKU	MW		Kälteenergie Umluftz�hler	1 Zähler-Impuls = 10 kWh
L	AB	T17h*0,01	QKU	MW		Kälteenergie Umluftz�hler	1 Zähler-Impuls = 10 kWh
M		T18m*0,6	QKH	MW		Kälteenergie Klimaz�hler	1 Zähler-Impuls = 100 kWh
M	AC	T18h*0,1	QKH	MW		Kälteenergie Klimaz�hler	1 Zähler-Impuls = 100 kWh

Zusammengefasste Grössen der Temporr rmessung

(T15=ein)*3,24*(T1-T2)	QH�	kW	Wärmeenergie A	Heizpumpenvolumenstrom V=2,8 m3/h
(T16=ein)*3,24*(T3-T4)	QHb	kW	Wärmeenergie B	Heizpumpenvolumenstrom V=2,8 m3/h

Tabelle 2

5. BETRIEBSEINHEITEN

Die in Tabelle 3 aufgeführten Betriebseinheiten sind den Grundrissplänen entnommen.

Sie sind nach der jeweiligen Klimazone aufgeführt und wie folgt gewichtet:

5.1. Zone A

Büro	47,6%
Sitzungszimmer	8,7%
Verkehrsfläche	20,7%
Sanität	0,7%
Archiv/Lager	13,5%
EDV/Technik	<u>8,8%</u>
Total	100%

5.2. Zone B

Büro	64,5%
Sitzungszimmer	6,4%
Verkehrsfläche	16,0%
WC/Putzraum	6,4%
Cafeteria	<u>6,7%</u>
Total	100,0%

Flächen der Betriebseinheiten

Anlage A						
Bezeichnung [-]	Etag					Total [m2 EBF]
	1.OG. [m2 EBF]	2.OG. [m2 EBF]	3.OG. [m2 EBF]	4.OG. [m2 EBF]	5.OG. [m2 EBF]	
Büro	114	175	115	144	122	670
Sitzungszimmer	15	55	30	0	23	123
Verkehrsfläche	74	54	54	54	54	290
WC/Putzraum	0	0	0	0	0	0
Sanität	10	0	0	0	0	10
Cafeteria	0	0	0	0	0	0
Archiv/Lager	0	12	44	45	89	190
EDV/Technik	0	0	57	55	12	124
Total	213	296	300	298	300	1407

Anlage B						
Bezeichnung [-]	Etag					Total [m2 EBF]
	1.OG. [m2 EBF]	2.OG. [m2 EBF]	3.OG. [m2 EBF]	4.OG. [m2 EBF]	5.OG. [m2 EBF]	
Büro	113	121	215	215	215	879
Sitzungszimmer	0	87	0	0	0	87
Verkehrsfläche	44	42	44	44	44	218
WC/Putzraum	17	19	17	17	17	87
Sanität	0	0	0	0	0	0
Cafeteria	92	0	0	0	0	92
Archiv/Lager	0	0	0	0	0	0
EDV/Technik	0	0	0	0	0	0
Total	266	269	276	276	276	1363

Total Anlage A+B	479	565	576	574	576	2770
-------------------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------

Tabelle 3

6. ZÄHLERABLESUNGEN

Die Zählerablesungen fanden monatlich statt. Sie wurden durch das Betriebspersonal der SBG durchgeführt und manuell auf den Zählerrapporten festgehalten.

Damit ein vollständiges Jahr in die Untersuchung einfließen konnte, wurden die Rapporte vom 1. Oktober 1990 bis 1. Oktober 1991 ausgewertet und in diesen Bericht integriert.

Da der Betrieb der Anlagen schon vor Beginn der betrachteten Periode nicht mehr geändert wurde, kann man davon ausgehen, dass die damit berechneten Jahresverbräuche und mittleren Leistungen durchaus verwendet werden können.

Die Tabelle 4 zeigt die Zählerstände für den Bereich Luftförderung (Betriebsstunden Ventilatoren, Elektrozähler Hoch-/Niedertarif) sowie die daraus berechneten Verbräuche.

Im weiteren sind die installierten Leistungen, die aus Betriebszeit und Stromverbrauch berechneten mittleren Leistungen und der resultierende Betriebsfaktor aufgeführt.

Im letzten Teil sind die auf die Betriebseinheit "Büro" (SIA 380/4) bezogenen Leistungen ($P_{max.}$, P_m) und der Betriebsfaktor aufgelistet.

In Tabelle 5 sind sinngemäss wie in Tabelle 4 die Daten für die Heizung aufgeführt.

Für die Konditionierung können die Daten aus Tabelle 6 verwendet werden.

Sie zeigen die Elektrozählerstände der Kältemaschinen und der Kälteverteilung (Hauptpumpen).

Der Anteil der Klimaanlage A und B am Gesamtverbrauch beträgt nach dem Aufrechnen der installierten Kühlerleistungen aus Schemata und Datenblättern ca. 75%.

In Tabelle 7 sind die Daten für Diverses (Kühlturmventilator, -pumpen) sowie die Zählerstände der Kälteenergiemessungen (Durchflussmessung) festgehalten.

Nebst den mittleren Leistungen und dem Betriebsfaktor wurde auch die Jahresarbeitszahl Kälte berechnet.

Zählerablesungen Klima 1.10.1990-1.10.1991

Datum	Anlage A		Anlage B		Bank	Elektrozähler	
	ZUL	FOL	ZUL	FOL	ZUL	HT	NT
	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	[kWh]	[kWh]
01.10.1990	5959	5989	5935	5935	8109	25941	18484
01.11.1990	6193	6223	6171	6172	8502	29831	18844
30.11.1990	6437	6467	6417	6417	9219	34195	19761
03.01.1991	6706	6736	6688	6689	10015	38635	20783
29.01.1991	6901	6930	6885	6885	10632	41833	21603
28.02.1991	7140	7170	7126	7126	11356	45602	22567
02.04.1991	7389	7418	7377	7377	12131	49649	23550
30.04.1991	7603	7632	7594	7593	12802	53517	24446
28.05.1991	7822	7851	7814	7814	13452	57079	25239
02.07.1991	8096	8125	8091	8090	13950	61926	25719
30.07.1991	8318	8347	8315	8314	14192	66354	25860
03.09.1991	8585	8614	8584	8583	14545	71740	26140
01.10.1991	8819	8847	8808	8807	14820	75822	26340
Verbrauch							
01.10.1990	0	0	0	0	0	0	0
01.11.1990	234	234	236	237	393	3890	360
30.11.1990	244	244	246	245	717	4364	917
03.01.1991	269	269	271	272	796	4440	1022
29.01.1991	195	194	197	196	617	3198	820
28.02.1991	239	240	241	241	724	3769	964
02.04.1991	249	248	251	251	775	4047	983
30.04.1991	214	214	217	216	671	3868	896
28.05.1991	219	219	220	221	650	3562	793
02.07.1991	274	274	277	276	498	4847	480
30.07.1991	222	222	224	224	242	4428	141
03.09.1991	267	267	269	269	353	5386	280
01.10.1991	234	233	224	224	275	4082	200

Pro Jahr	2860	2858	2873	2872	6711	49881	7856
----------	------	------	------	------	------	-------	------

Pinst. [kW]	15	7,5	15	7,5	4,1
Peff. [kW]	3,51	1,76	3,51	1,76	4,1
fbeff. [-]	0,23	0,23	0,23	0,23	1,00

Pmax. [W/m2]	16,25
Pm [W/m2]	3,97
fb [-]	0,24

Tabelle 4

Zählerablesungen Heizung 1.10.1990-1.10.1991

Datum	Wärme- erzeugung	Oel- zähler	Gas- zähler	Wärme WRG	Strom Heizung	
	[MWh]	[l]	[Nm3]	[MWh]	HT [kWh]	NT [kWh]
01.10.1990	637,7	26040	44734	8,01	3062	10409
01.11.1990	658	26040	46389	8,55	3893	10794
30.11.1990	707,2	26040	51197	9,3	5183	11379
03.01.1991	779,3	26040	59167	10,27	6911	12121
29.01.1991	830	26040	64473	11,11	8214	12670
28.02.1991	903,4	26040	72792	11,96	9852	13341
02.04.1991	947,1	26040	76623	13,3	11416	13923
30.04.1991	978,9	26040	79203	14,44	12681	14459
28.05.1991	1006,8	26040	81302	15,59	13891	14945
02.07.1991	1018	26040	81693	16,22	14969	15394
30.07.1991	1019,5	26040	81694	16,42	15212	15512
03.09.1991	1021,7	26040	81694	16,71	15493	15659
01.10.1991	1026,3	26040	81694	17,12	16019	15899
Verbrauch						
01.10.1990	0	0	0	0	0	0
01.11.1990	20,3	0	1655	0,54	831	385
30.11.1990	49,2	0	4808	0,75	1290	585
03.01.1991	72,1	0	7970	0,97	1728	742
29.01.1991	50,7	0	5306	0,84	1303	549
28.02.1991	73,4	0	8319	0,85	1638	671
02.04.1991	43,7	0	3831	1,34	1564	582
30.04.1991	31,8	0	2580	1,14	1265	536
28.05.1991	27,9	0	2099	1,15	1210	486
02.07.1991	11,2	0	391	0,63	1078	449
30.07.1991	1,5	0	1	0,2	243	118
03.09.1991	2,2	0	0	0,29	281	147
01.10.1991	4,6	0	0	0,41	526	240

Pro Jahr	388,6	0	36960	9,11	12957	5490
----------	-------	---	-------	------	-------	------

Für Büro 1. - 5.OG. (ca. 50% Leistungsanteil)

Pmel. [W/m2]	1,21 (Strom)
Pmh [W/m2]	25,51 (Wärme)

Wirkungs- grad Kessel	96,50 %
--------------------------	---------

Bezogen auf Hu = 10,64 kWh/Nm3

Tabelle 5

Zählerablesungen Kälteerzeugung 1.10.1990-1.10.1991

Datum	Kältemaschine 1		Kältemaschine 2		Kälteverteiler	
	HT	NT	HT	NT	HT	NT
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
01.10.1990	21150	14529	15726	6112	17044	15701
01.11.1990	21159	14529	18627	7381	19634	17050
30.11.1990	21169	14529	21016	8603	21697	18093
03.01.1991	23788	15902	21016	8603	22868	18673
29.01.1991	25903	16987	21016	8603	23763	19115
28.02.1991	28370	18248	21016	8603	24810	19638
02.04.1991	31952	20085	21016	8603	26044	20250
30.04.1991	34785	21464	21016	8603	27085	20756
28.05.1991	37771	22773	21044	8603	28202	21262
02.07.1991	38066	22773	26704	10201	31600	22950
30.07.1991	47847	24497	30381	10672	35002	24379
03.09.1991	63636	28349	32355	10847	39057	26163
01.10.1991	64122	28560	38184	11923	42012	27574
Verbrauch						
01.10.1990	0	0	0	0	0	0
01.11.1990	9	0	2901	1269	2590	1349
30.11.1990	10	0	2389	1222	2063	1043
03.01.1991	2619	1373	0	0	1171	580
29.01.1991	2115	1085	0	0	895	442
28.02.1991	2467	1261	0	0	1047	523
02.04.1991	3582	1837	0	0	1234	612
30.04.1991	2833	1379	0	0	1041	506
28.05.1991	2986	1309	28	0	1117	506
02.07.1991	295	0	5660	1598	3398	1688
30.07.1991	9781	1724	3677	471	3402	1429
03.09.1991	15789	3852	1974	175	4055	1784
01.10.1991	486	211	5829	1076	2955	1411

Pro Jahr	42972	14031	22458	5811	24968	11873
-----------------	--------------	--------------	--------------	-------------	--------------	--------------

Pinst. [kW]	62,80	62,80	62,80	62,80	22,5	22,5
Peff. [kW]	20,73	20,73	10,80	10,80	13,4	13,4
fb [-]	0,33	0,33	0,17	0,17	0,60	0,60

Für Büro 1. - 5.OG. (ca. 75% Leistungsanteil)

Pmax. [W/m2]	40,10
Pm [W/m2]	12,16
fb [-]	0,30

Tabelle 6

Zählerablesungen Kälteabgabe 1.10.1990-1.10.1991

Datum	Klima- kühler	Umluft- kühler	Kühlturmventilator			Sprüh- pumpe	Kühltur- pumpe
	[MWh]	[MWh]	I.Stufe [h]	II.Stufe [h]	III.Stufe [h]	[h]	[h]
01.10.1990	145,7	228,15	2628	770	254	5380	5570
01.11.1990	148,5	242,22	2735	772	254	5692	5898
30.11.1990	148,5	254,45	2736	772	254	5707	5937
03.01.1991	149	264,65	2736	772	254	5710	5972
29.01.1991	149,4	273,21	2737	773	254	5712	5993
28.02.1991	149,5	282,82	2740	773	254	5723	6030
02.04.1991	149,6	295,77	2742	773	254	5737	6072
30.04.1991	149,9	306,95	2745	773	254	5751	6106
28.05.1991	151,2	318,3	2761	777	254	5781	6151
02.07.1991	159,1	335,26	2988	815	256	6290	6661
30.07.1991	178,6	350,28	3336	936	300	6923	7295
03.09.1991	200,6	368,71	3829	1105	328	7706	8078
01.10.1991	211,7	382,24	4070	1184	328	8205	8577
Verbrauch							
01.10.1990	0	0	0	0	0	0	0
01.11.1990	2,8	14,07	107	2	0	312	328
30.11.1990	0	12,23	1	0	0	15	39
03.01.1991	0,5	10,2	0	0	0	3	35
29.01.1991	0,4	8,56	1	1	0	2	21
28.02.1991	0,1	9,61	3	0	0	11	37
02.04.1991	0,1	12,95	2	0	0	14	42
30.04.1991	0,3	11,18	3	0	0	14	34
28.05.1991	1,3	11,35	16	4	0	30	45
02.07.1991	7,9	16,96	227	38	2	509	510
30.07.1991	19,5	15,02	348	121	44	633	634
03.09.1991	22	18,43	493	169	28	783	783
01.10.1991	11,1	13,53	241	79	0	499	499

Pro Jahr	66	154,09	1442	414	74	2825	3007
-----------------	-----------	---------------	-------------	------------	-----------	-------------	-------------

Pinst. [kW]	-	-	0,26	2,18	7,5	1,1	1,5
Verbr. [kWh]	66000	154090	375	903	555	3108	4511

Für Büro 1. - 5.OG. (ca. 75% Leistungsanteil)

Pmax. [W/m²]	3,40
Pm [W/m²]	0,93
fb [-]	0,27

Jahresarbeits- zahl Kälte	2,75
--------------------------------------	-------------

Tabelle 7

7. WOCHENMESSUNGEN

In den Tabellen 8-11 sind die mittleren Leistungen für Luftförderung, -konditionierung und die internen Lasten (Beleuchtung, Arbeitshilfen, Zentrale Dienste) ersichtlich.

Im weiteren sind auch die für die Messperiode geltenden mittleren Raum- und Aussenlufttemperaturen aufgeführt.

Wochenmessung

Woche 23, 3.Juni - 9.Juni 1991

Mittlere Aussentemperatur	13 Grad C
Mittlere Raumtemperatur	23 Grad C

Mittlere Leistungen

Luftförderung

Zuluftventilator Anlage A	1,64 W/m2
Fortluftventilator Anlage A	0,74 W/m2
Total Anlage A	2,38 W/m2
Zuluftventilator Anlage B	1,93 W/m2
Fortluftventilator Anlage B	1,38 W/m2
Total Anlage B	3,31 W/m2
Total Luftförderung Büros 1.- 5.OG.	2,84 W/m2

Konditionierung

Kälte elektrisch (75% des Gesamtverbrauchs)	7,43 W/m2
(Kälte thermisch)	24,48 W/m2)
WRG-Motor Anlage A	0,01 W/m2
WRG-Motor Anlage B	0,00 W/m2
Befeuchtung Anlage A	0,07 W/m2
Befeuchtung Anlage B	0,00 W/m2
Heizung Anlage A elektrisch	0,02 W/m2
Heizung Anlage B elektrisch	0,00 W/m2
(Heizung Anlage A thermisch)	0,00 W/m2)
(Heizung Anlage B thermisch)	0,00 W/m2)
Total Konditionierung Büros 1.- 5.OG.	7,48 W/m2
Total Luftförderung und -konditionierung	10,32 W/m2

Interne Lasten

Arbeitshilfen, Beleuchtung etc.	29,99 W/m2
(Personenwärme ca. 160 Pers. à 130W/Pers.)	7,50 W/m2)
Total Interne Lasten	37,49 W/m2

Tabelle 8

Wochenmessung

Woche 32, 5.August - 11.August 1991

Mittlere Aussentemperatur	24 Grad C
Mittlere Raumtemperatur	26 Grad C

Mittlere Leistungen

Luftförderung

Zuluftventilator Anlage A	2,52 W/m2
Fortluftventilator Anlage A	0,88 W/m2
Total Anlage A	3,40 W/m2
Zuluftventilator Anlage B	3,27 W/m2
Fortluftventilator Anlage B	1,45 W/m2
Total Anlage B	4,72 W/m2
Total Luftförderung Büros 1.- 5.OG.	4,05 W/m2

Konditionierung

Kälte elektrisch (75% des Gesamtverbrauchs)	23,79 W/m2
(Kälte thermisch	44,16 W/m2)
WRG-Motor Anlage A	0,00 W/m2
WRG-Motor Anlage B	0,00 W/m2
Befeuchtung Anlage A	0,00 W/m2
Befeuchtung Anlage B	0,00 W/m2
Heizung Anlage A elektrisch	0,00 W/m2
Heizung Anlage B elektrisch	0,00 W/m2
(Heizung Anlage A thermisch	0,00 W/m2)
(Heizung Anlage B thermisch	0,00 W/m2)
Total Konditionierung Büros 1.- 5.OG.	23,79 W/m2
Total Luftförderung und -konditionierung	27,84 W/m2

Interne Lasten

Arbeitshilfen, Beleuchtung etc.	28,12 W/m2
(Personenwärme ca. 160 Pers. à 130W/Pers.	7,50 W/m2)
Total Interne Lasten	35,62 W/m2

Tabelle 9

Wochenmessung

Woche 42, 14.Oktober - 20.Oktober 1991

Mittlere Aussentemperatur	12 Grad C
Mittlere Raumtemperatur	23 Grad C

Mittlere Leistungen

Luftförderung

Zuluftventilator Anlage A	1,55 W/m2
Fortluftventilator Anlage A	0,85 W/m2
Total Anlage A	2,40 W/m2
Zuluftventilator Anlage B	1,76 W/m2
Fortluftventilator Anlage B	1,41 W/m2
Total Anlage B	3,17 W/m2
Total Luftförderung Büros 1.- 5.OG.	2,78 W/m2

Konditionierung

Kälte elektrisch (75% des Gesamtverbrauchs)	5,33 W/m2
(Kälte thermisch)	17,27 W/m2)
WRG-Motor Anlage A	0,01 W/m2
WRG-Motor Anlage B	0,00 W/m2
Befeuchtung Anlage A	0,04 W/m2
Befeuchtung Anlage B	0,02 W/m2
Heizung Anlage A elektrisch	0,01 W/m2
Heizung Anlage B elektrisch	0,00 W/m2
(Heizung Anlage A thermisch)	0,00 W/m2)
(Heizung Anlage B thermisch)	0,00 W/m2)
Total Konditionierung Büros 1.- 5.OG.	5,37 W/m2
Total Luftförderung und -konditionierung	8,15 W/m2

Interne Lasten

Arbeitshilfen, Beleuchtung etc.	30,16 W/m2
(Personenwärme ca. 160 Pers. à 130W/Pers.)	7,50 W/m2)
Total Interne Lasten	37,66 W/m2

Tabelle 10

Wochenmessung

Woche 43, 21.Oktober - 27.Oktober 1991

Mittlere Aussentemperatur	6 Grad C
Mittlere Raumtemperatur	21 Grad C

Mittlere Leistungen

Luftförderung

Zuluftventilator Anlage A	1,47 W/m2
Fortluftventilator Anlage A	0,87 W/m2
Total Anlage A	2,34 W/m2
Zuluftventilator Anlage B	1,72 W/m2
Fortluftventilator Anlage B	1,42 W/m2
Total Anlage B	3,14 W/m2
Total Luftförderung Büros 1.- 5.OG.	2,73 W/m2

Konditionierung

Kälte elektrisch (75% des Gesamtverbrauchs)	4,35 W/m2
(Kälte thermisch)	12,18 W/m2)
WRG-Motor Anlage A	0,03 W/m2
WRG-Motor Anlage B	0,01 W/m2
Befeuchtung Anlage A	0,14 W/m2
Befeuchtung Anlage B	0,16 W/m2
Heizung Anlage A elektrisch	0,06 W/m2
Heizung Anlage B elektrisch	0,05 W/m2
(Heizung Anlage A thermisch)	0,00 W/m2)
(Heizung Anlage B thermisch)	0,00 W/m2)
Total Konditionierung Büros 1.- 5.OG.	4,57 W/m2
Total Luftförderung und -konditionierung	7,31 W/m2

Interne Lasten

Arbeitshilfen, Beleuchtung etc.	30,10 W/m2
(Personenwärme ca. 160 Pers. à 130W/Pers.)	7,50 W/m2)
Total Interne Lasten	37,60 W/m2

Tabelle 11

8. MESSKURVEN

Folgende Diagramme sind auf den folgenden Seiten für jede Messwoche ersichtlich:

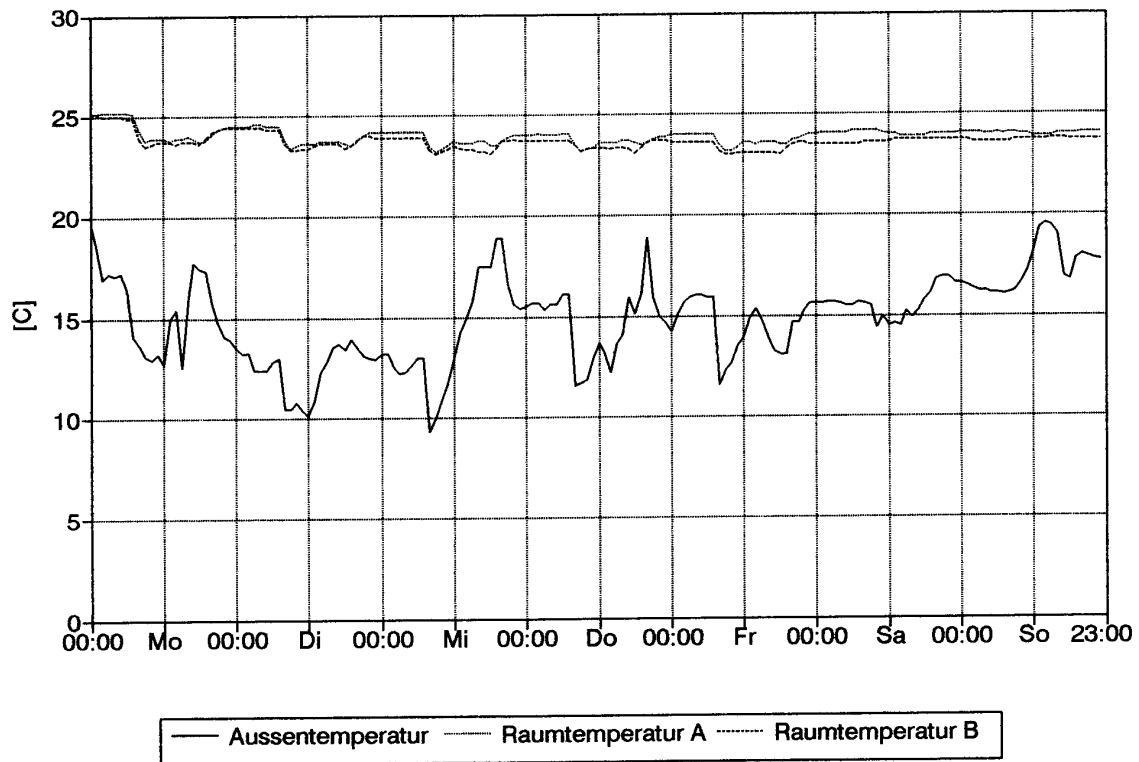
- Aussen- und Raumtemperatur
- Zuluftvolumenstrom Anlage A+B
- Ventilatorleistungen Anlage A+B
- Elektrische Leistung Kältemaschinen
- Impulse Kälteenergiezähler
- Leistung WRG-Motor
- Leistung Befeuchterpumpe
- Betrieb Heizpumpe
- Heizwassertemperaturen
- Heizleistung Klimaanlage
- Elektroverbrauch (Bel.,AH,ZD)
- Flächenspezifischer Elektroverbrauch (Bel.,AH,ZD)
- Ventilatorleistung in Funktion des Volumenstroms Anlage A
- Ventilatorleistung in Funktion des Volumenstroms Anlage B
- Wirkungsgrad in Funktion des Volumenstroms Anlage A
- Wirkungsgrad in Funktion des Volumenstroms Anlage B
- Volumenstrom in Funktion der Aussentemperatur Anlage A
- Volumenstrom in Funktion der Aussentemperatur Anlage B

03-Jun-91

Woche 23

09-Jun-91

Aussen- und Raum-Temperatur (gilt nur bei laufender Klimaanlage)



Woche 23

Mittlere Aussen-temperatur während Betriebszeit

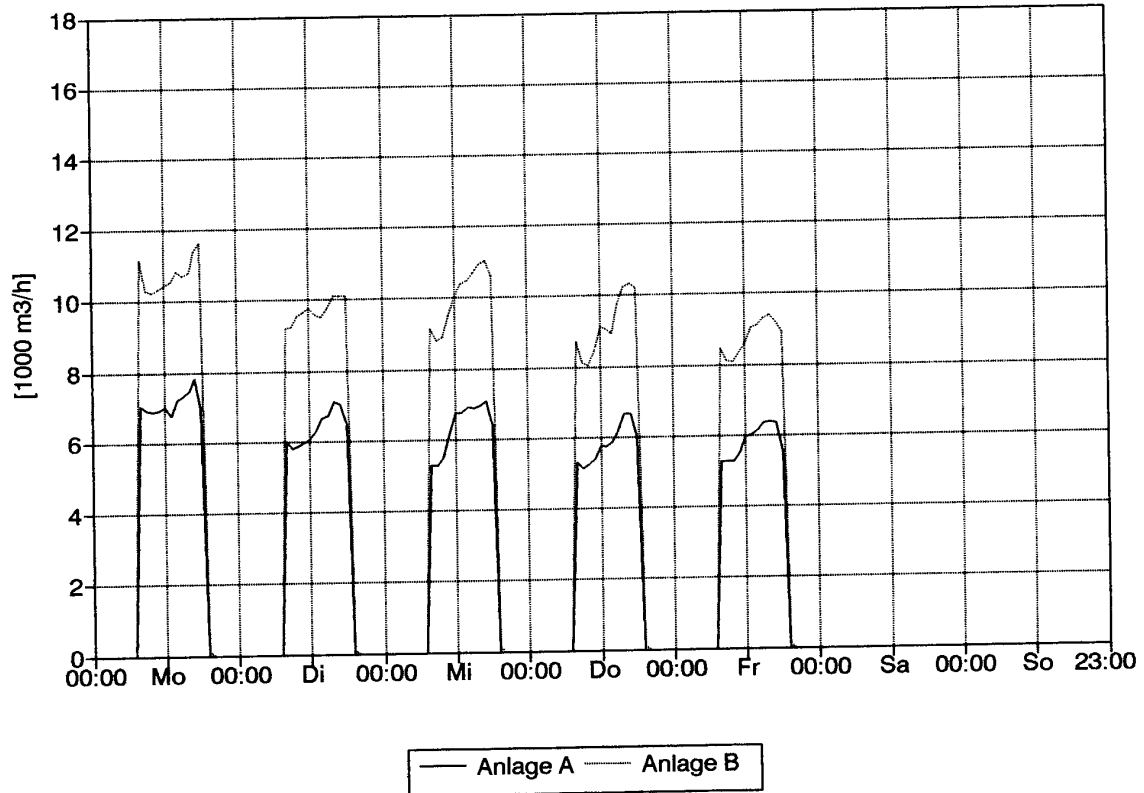
13 [C]

03-Jun-91

Woche 23

09-Jun-91

Zuluftvolumenstrom Anlage A+B



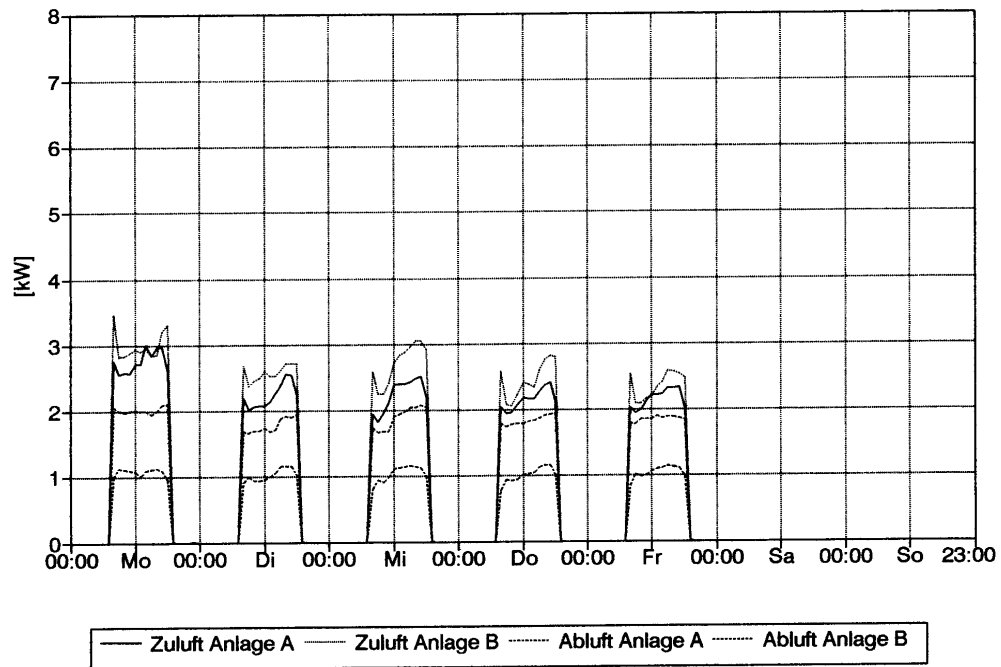
03-Jun-91

Woche 23

09-Jun-91

Ventilatorleistungen Anlage A+B

Eingangsleistung des Frequenzumformers

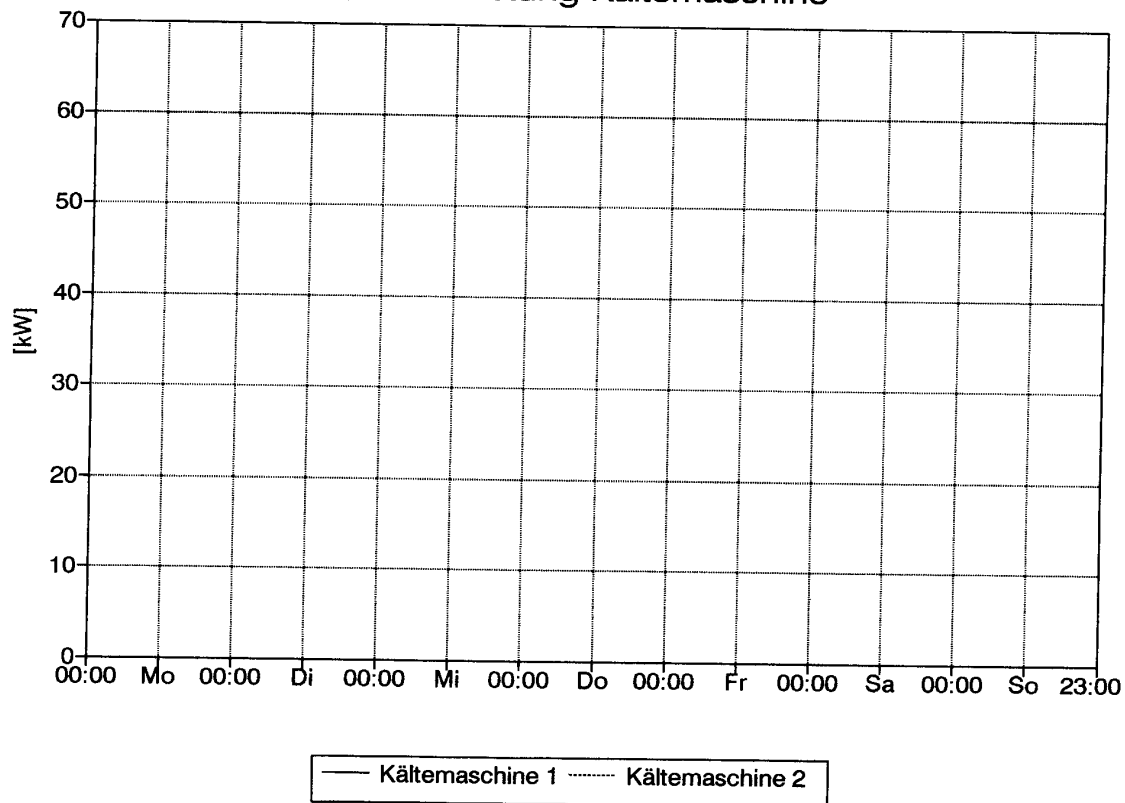


03-Jun-91

Woche 23

09-Jun-91

Elektr. Leistung Kältemaschine



Woche 23

Maschine 1

Maschine 2

Erfasste Anzahl Messwerte:

168

0

Anzahl Betriebsstunden:

0

h

168

Elektrische Energie Kältemaschine :

0,0

kWh

?

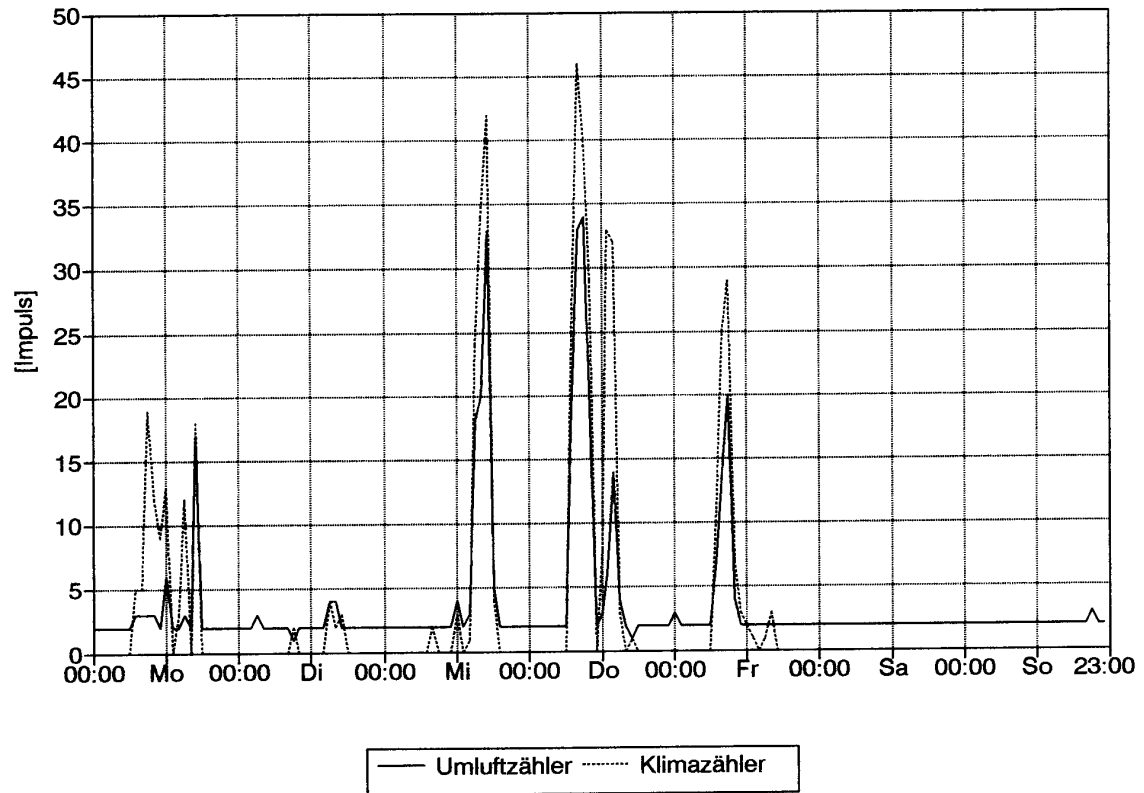
Die laufende Reserve-Kältemaschine wurde nicht erfasst.

03-Jun-91

Woche 23

09-Jun-91

Impulse Kälteenergiezähler

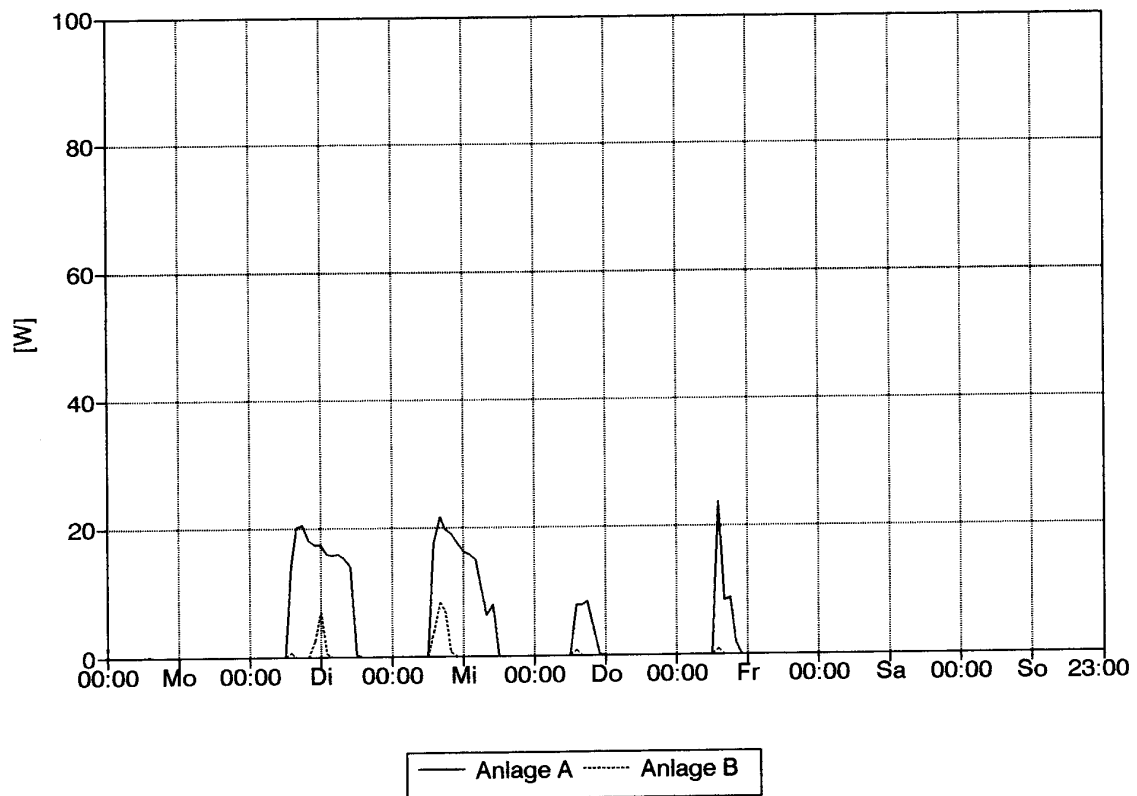


03-Jun-91

Woche 23

09-Jun-91

Leistung WRG-Motor



Woche 23

Anlage A

Anlage B

Elektrische Energie WRG:

0,4

kWh

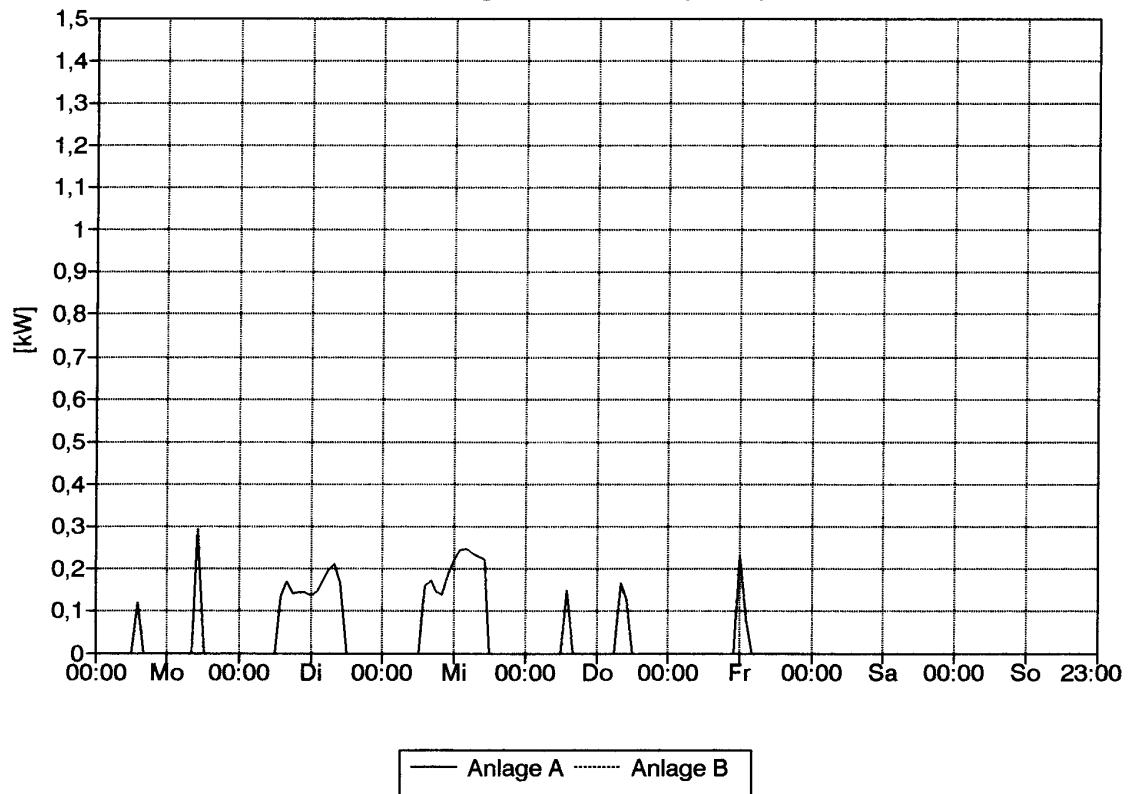
0,0

03-Jun-91

Woche 23

09-Jun-91

Leistung Befeuchterpumpe



Woche 23

Anlage A

Anlage B

Elektrische Energie Befeuchterpumpe :

5,2

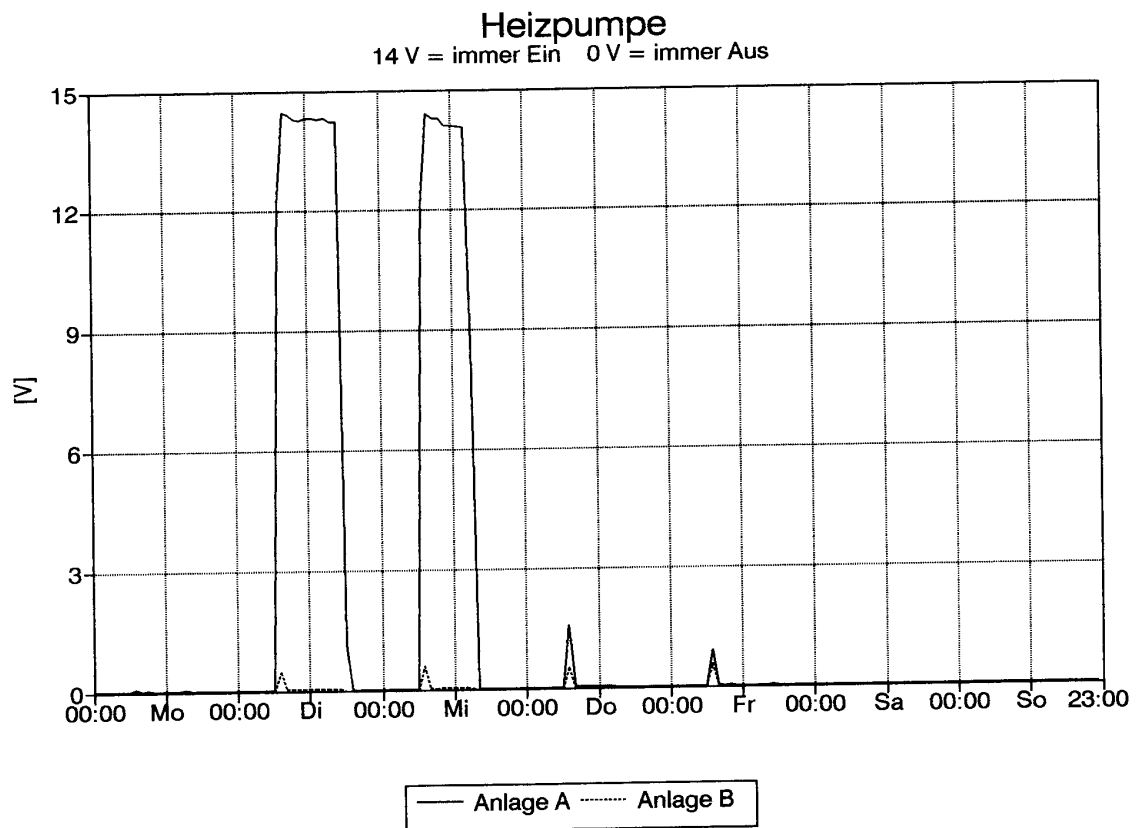
kWh

0,0

03-Jun-91

Woche 23

09-Jun-91



Woche 23

Anlage A

Anlage B

Elektr. Energie Umwälz-Heizpumpe
(Nennleistung Umwälz-Heizpumpe 90 W)

1,8

kWh

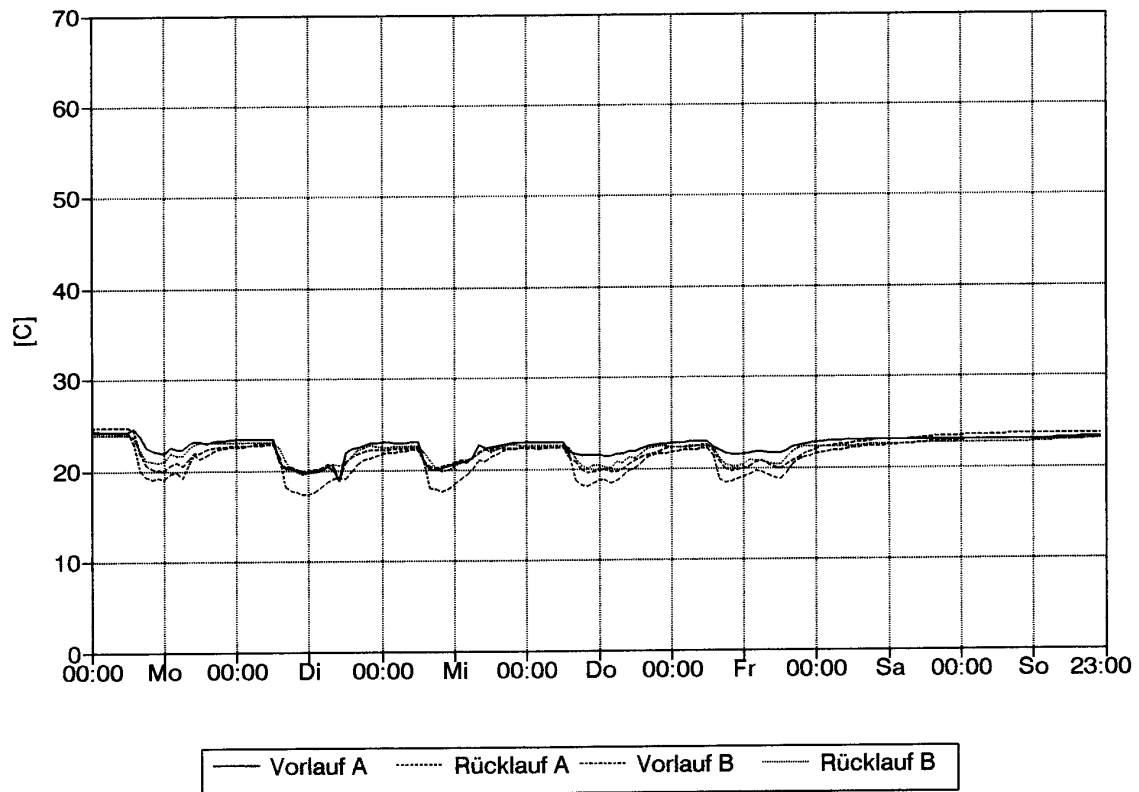
0,0

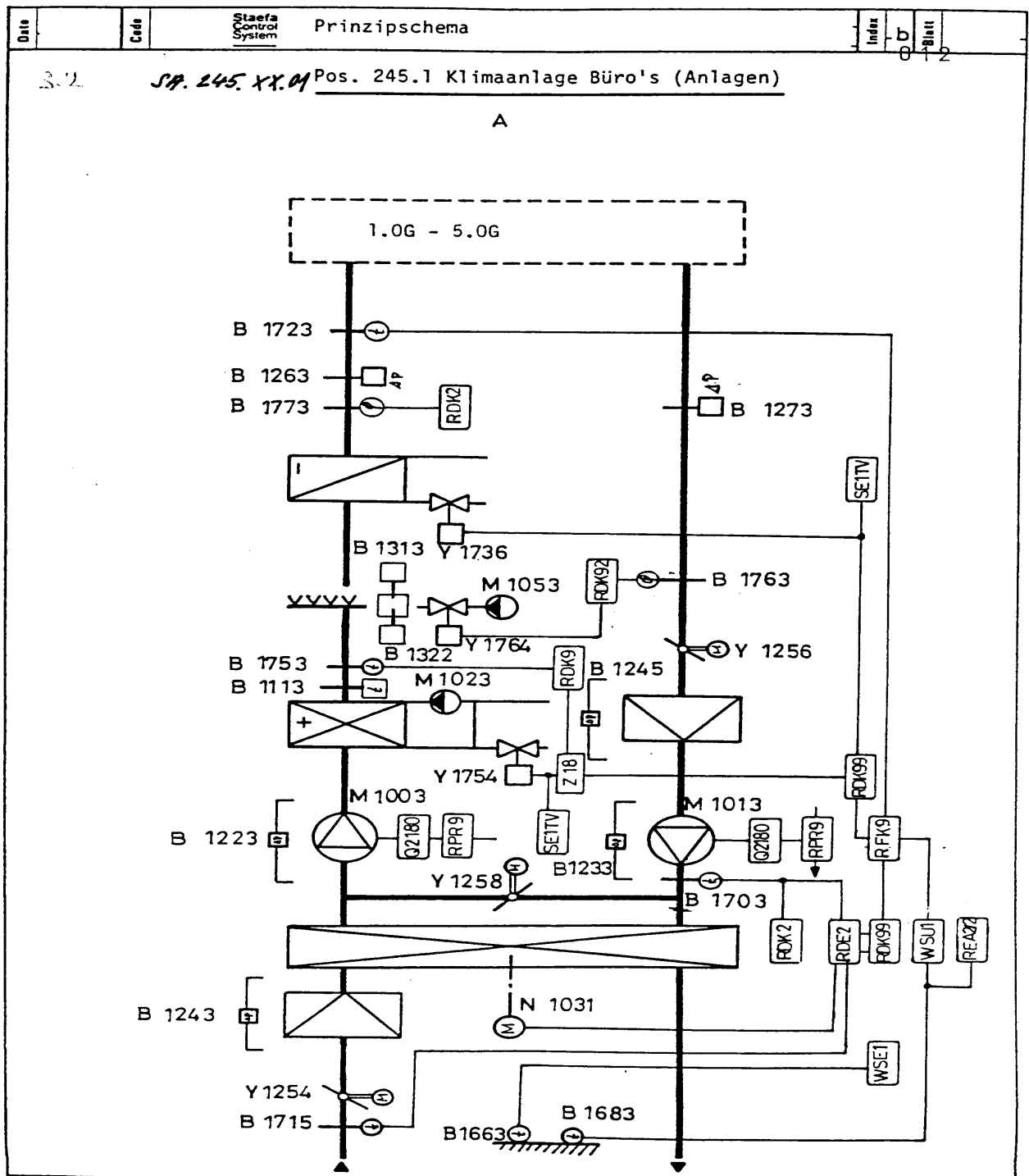
03-Jun-91

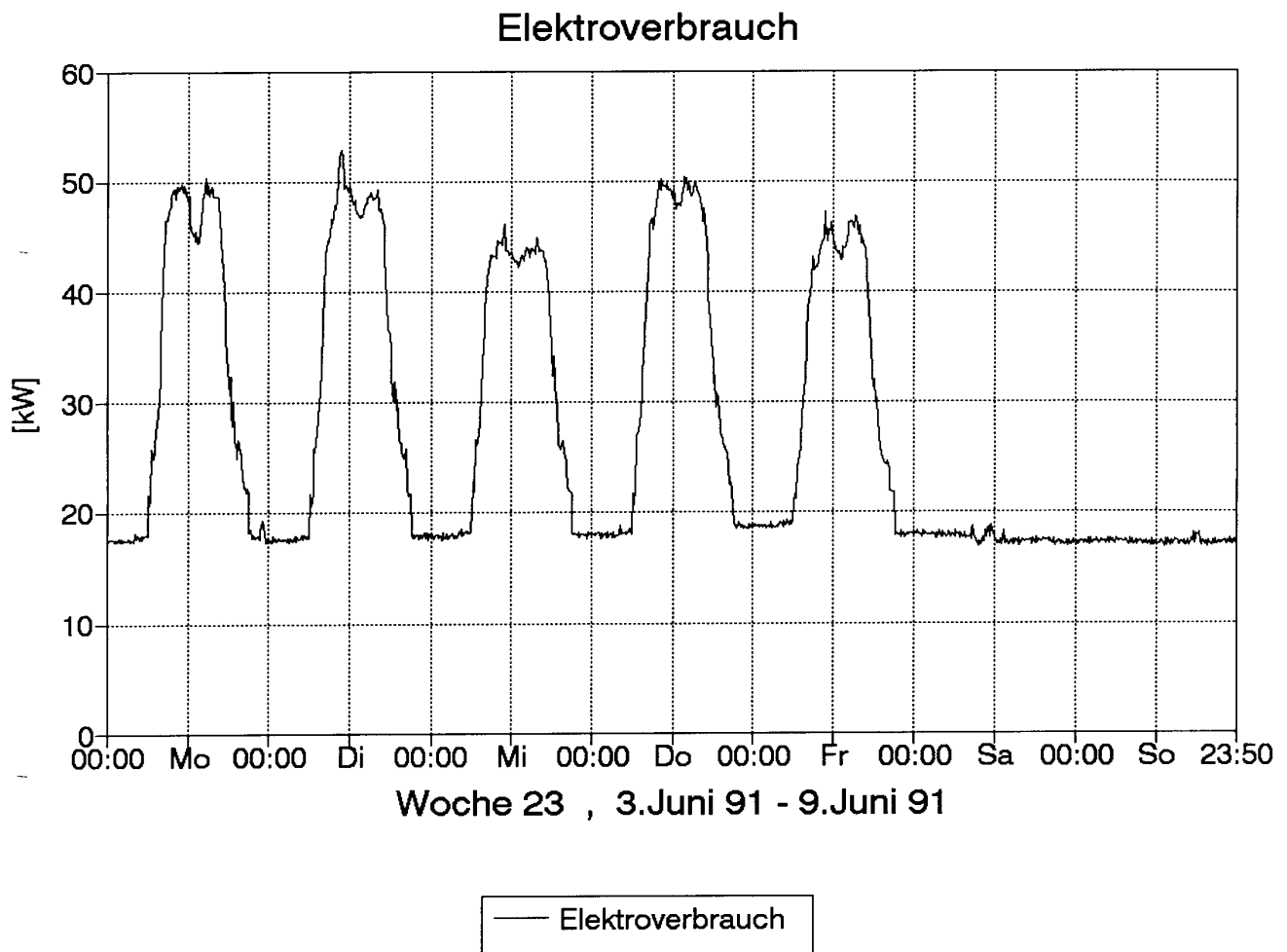
Woche 23

09-Jun-91

Heizwassertemperaturen





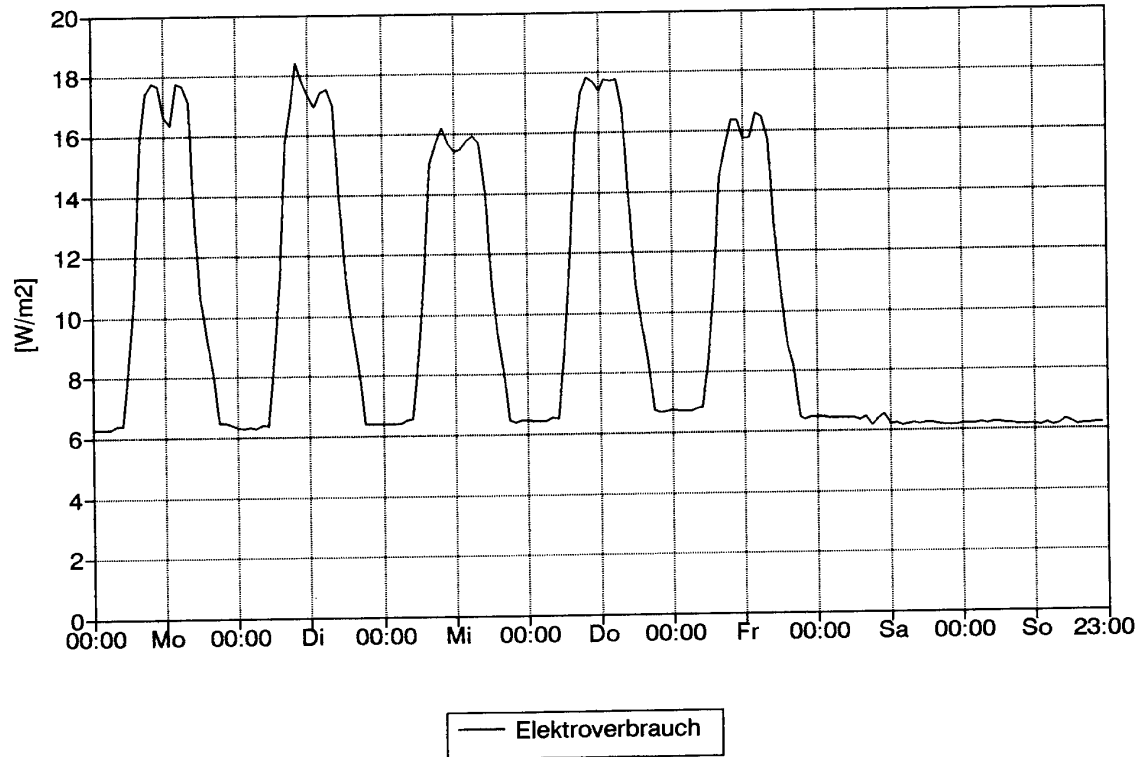


03-Jun-91

Woche 23

09-Jun-91

Flächenspez. allg. Elektroverbrauch
1.-5.Obergeschoss: 2771 m²



Woche 23

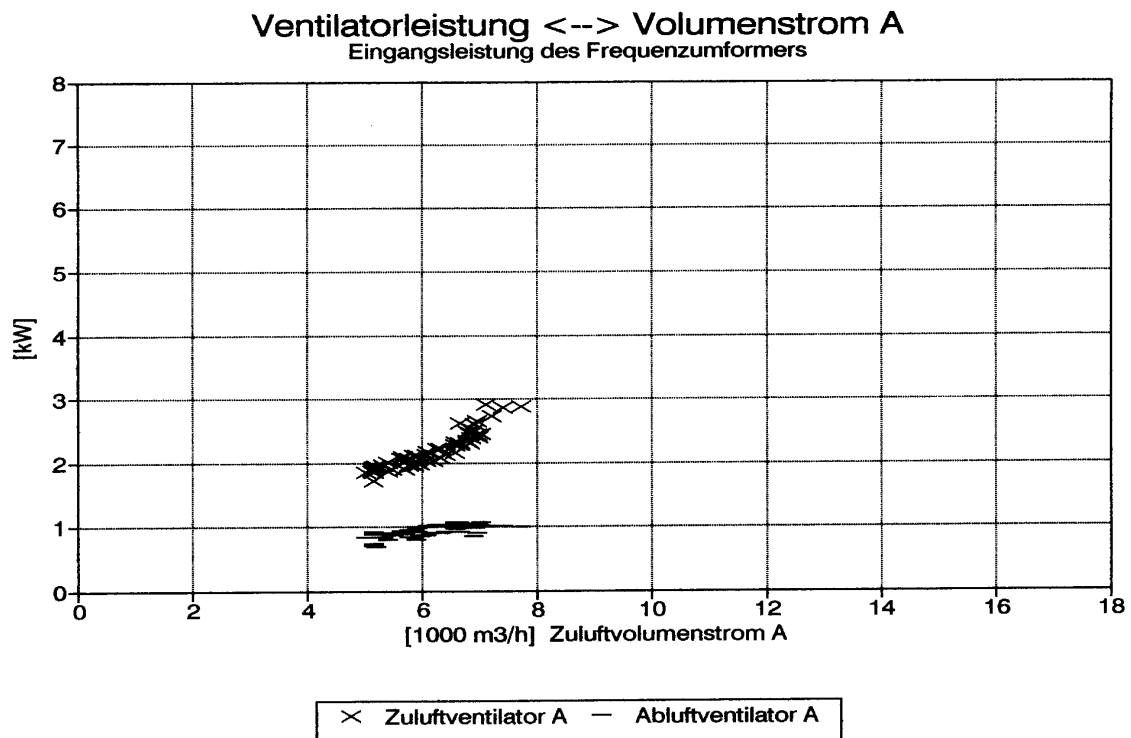
Allg. Elektroverbrauch

4569,6 kWh

03-Jun-91

Woche 23

09-Jun-91



Woche 23

Zuluft A:

Abluft A:

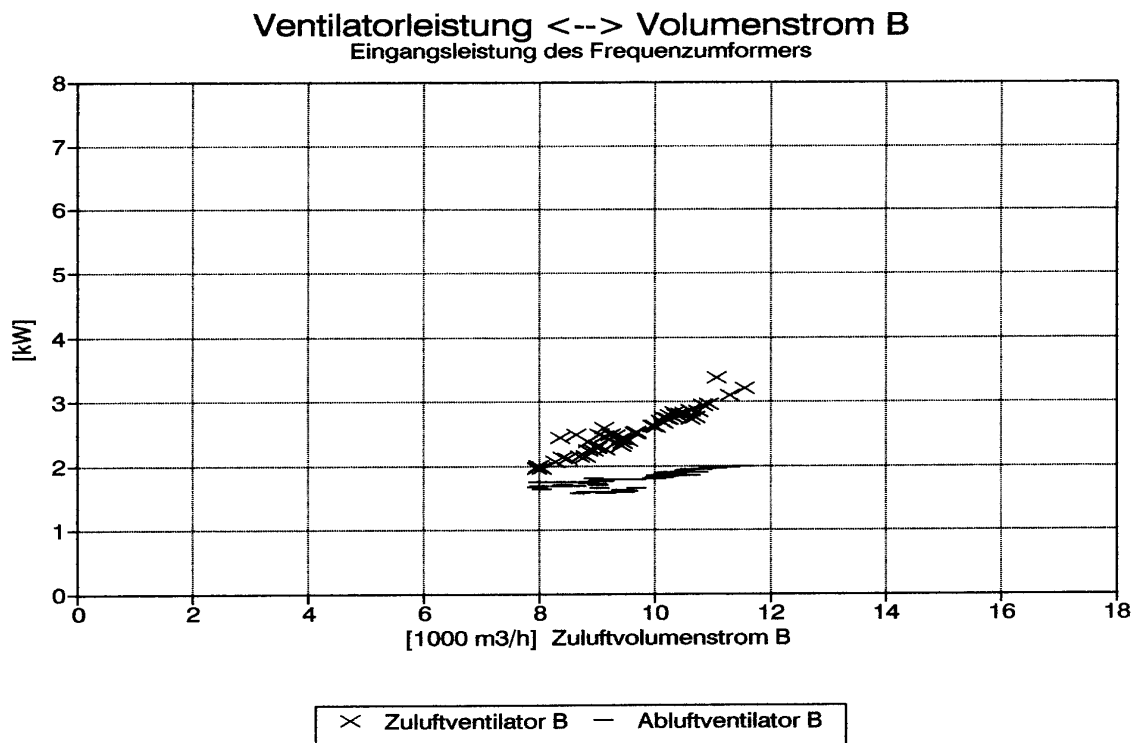
Betriebsstunden Ventilator	55	h	55
Eingangsenergie des Frequenzumformers	127,1	kWh	57,3
Mittlere Eingangsleistung Frequenzumformer	2,31	kW	1,04
Gefördertes Volumen	346279	m3	318811
Mittler Volumenstrom	6296	m3/h	5797
Mittlere aerodyn. Leistung Ventilator	0,93	kW	0,45
Betriebsfaktor Volumenstrom	0,39		0,38
Betriebsfaktor aerodyn. Leistung	0,13		0,12
Wirkungsgrad (aerodyn. / elektr. Leistung)	0,40		0,44
Flächenspez. elektr. Leistung (Betriebszeiten)	1,64	W/m2	0,74

Der aus dem Zuluftvolumenstrom berechnete Abluftvolumenstrom und die davon abgeleiteten Größen sind unzuverlässig und deshalb klein geschrieben.

03-Jun-91

Woche 23

09-Jun-91



Woche 23

Zuluft B:

Abluft B:

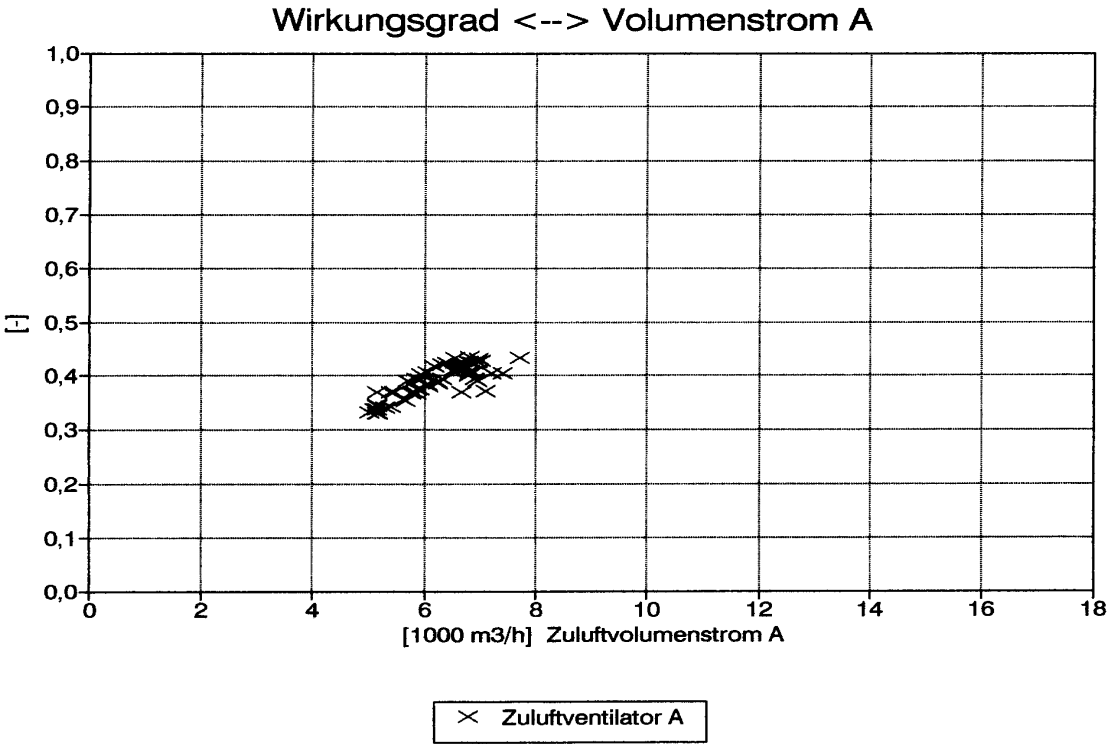
Betriebsstunden Ventilator	55	h	55
Eingangsenergie des Frequenzumformers	144,6	kWh	103,4
Mittlere Eingangsleistung Frequenzumformer	2,63	kW	1,88
Gefördertes Volumen	534369	m ³	434695
Mittler Volumenstrom	9716	m ³ /h	7904
Mittlere aerodyn. Leistung Ventilator	1,53	kW	0,68
Betriebsfaktor Volumenstrom	0,63		0,54
Betriebsfaktor aerodyn. Leistung	0,22		0,18
Wirkungsgrad (aerodyn. / elektr. Leistung)	0,58		0,36
Flächenspez. elektr. Leistung (Betriebszeiten)	1,93	W/m ²	1,38

Der aus dem Zuluftvolumenstrom berechnete Abluftvolumenstrom und die davon abgeleiteten Größen sind unzuverlässig und deshalb klein geschrieben.

03-Jun-91

Woche 23

09-Jun-91

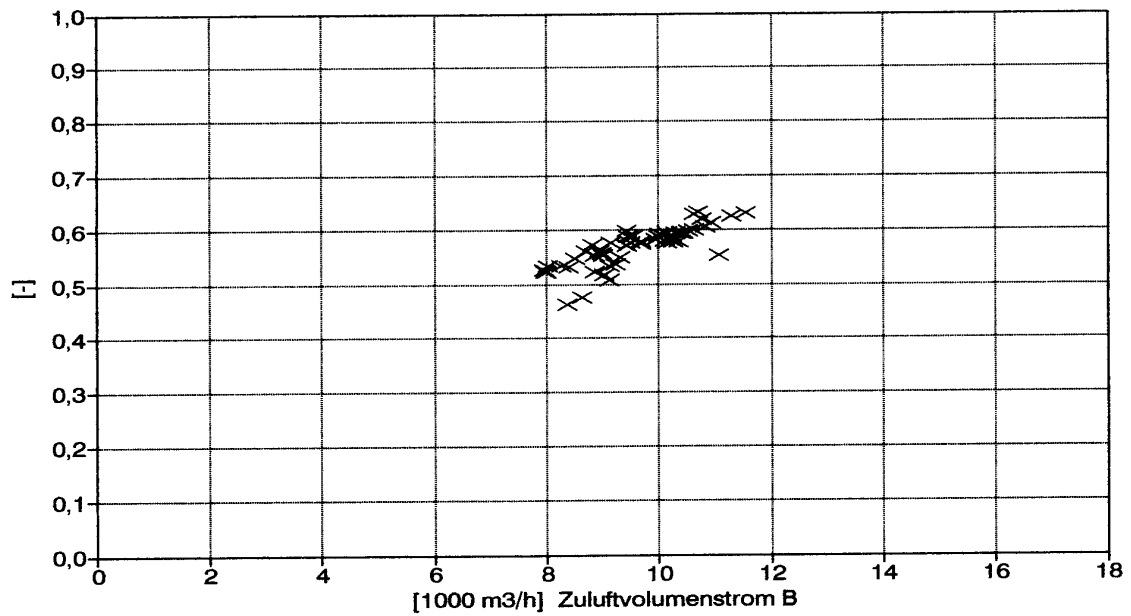


03-Jun-91

Woche 23

09-Jun-91

Wirkungsgrad <--> Volumenstrom B



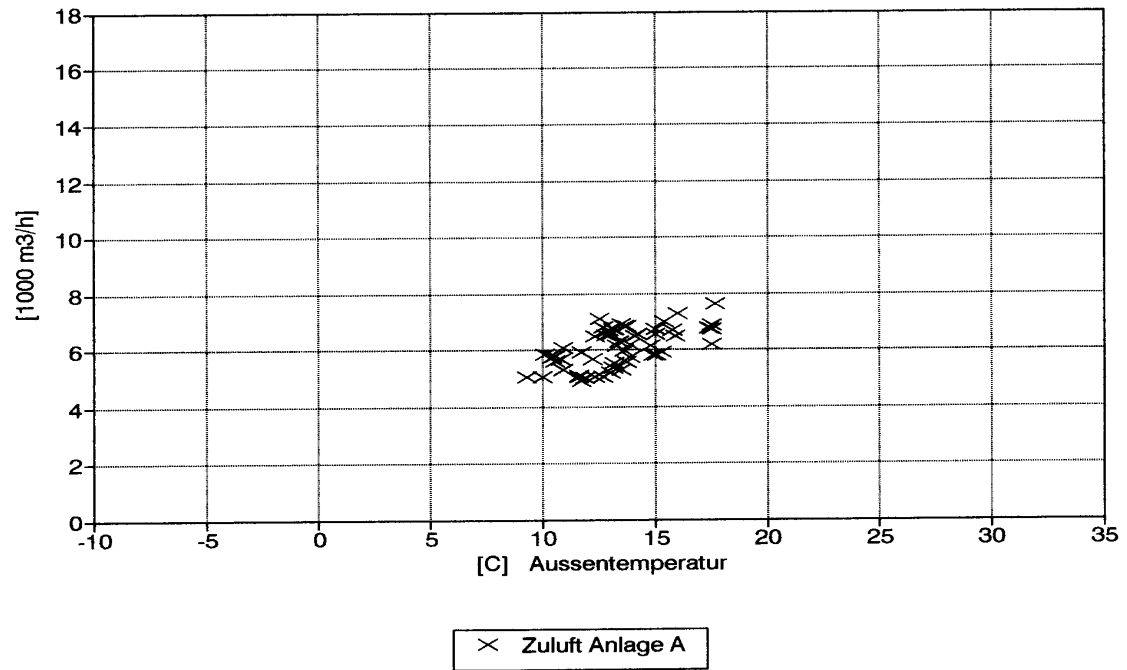
x Zuluftventilator B

03-Jun-91

Woche 23

09-Jun-91

Volumenstrom A <--> Aussentemperatur
Nordseite, mit Umluftgerät für Computer

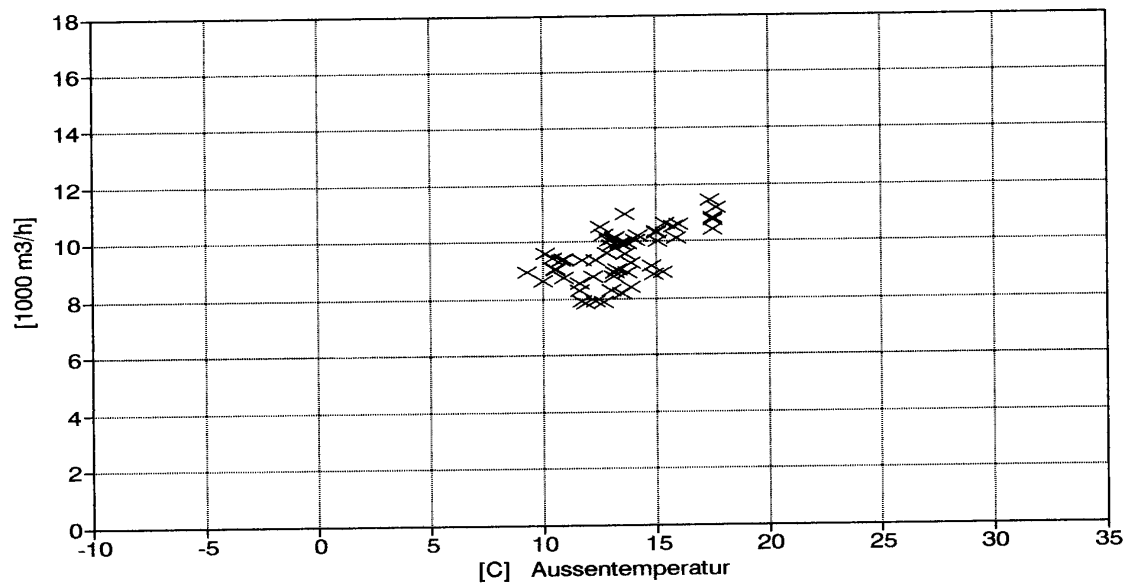


03-Jun-91

Woche 23

09-Jun-91

Volumenstrom B <--> Aussentemperatur
Südseite, nur Büros



× Zuluft Anlage B

