

Adresses/Adressen:

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

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

Auteurs/ Reto P. Miloni
Autoren:

Architecte ETH SIA
Ruetistrasse 2
8134 Adliswil
Tél.: 01/709 12 44

Alfred Piazza
Piazza Beratende Ingenieure AG
Länggasse 50
Postfach 105
2500 Bienne

Frédéric Benoit
Bonnard et Gardel
Av. de Cour 61
1006 Lausanne
Tél.: 021/618 11 11
Fax: 021/617 47 18

Tél.: 032/42 50 66
Fax: 032/42 51 60

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, juin 1993

Reproduction autorisée, avec mention de la source.

Commande auprès de l'Office fédéral central des imprimés et du matériel, Berne (N° de com. 724.397.22.51 D/F)

Form. 724.397.22.51 D/F 6.93 500

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, Juni 1993

Auszugsweiser Nachdruck unter Quellenangabe erlaubt.

Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern (Best. Nr. 724.397.22.51 D/F)

Form. 724.397.22.51 D/F 6.93 500

RAVEL - Publications RAVEL

RAVEL — Materialien zu RAVEL

Publications RAVEL
Materialien zu RAVEL

Lumière

Projets pilotes, études de cas

Beleuchtung Pilotprojekte, Fallstudien

Reto P. Miloni



Alfred Piazza
Frédéric Benoit

RAVEL, - Publications RAVEL,
RAVEL, - Materialien zu RAVEL

Office fédéral des questions conjoncturelles
Bundesamt für Konjunkturfragen

INHALTSVERZEICHNIS

Résumé	3
Zusammenfassung	5
Fallstudie 1 : Neue Zürcher Zeitung, Schlieren	7
Fallstudie 2 : EDMZ, Bern	41
Etude de cas 3 : Union UAP-Assurances, Lausanne	109
Etude de cas 4 : SOCOL SA, Renens	139

RESUME

Ce rapport comprend 3 études de cas concernant l'éclairage dans les bâtiments, effectuées dans le cadre du programme d'impulsion RAVEL (Utilisation rationnelle de l'électricité). Ces études avaient pour but de présenter des solutions concrètes dans le sens d'une meilleure utilisation de la lumière naturelle et d'un choix judicieux des systèmes d'éclairage.

Les 3 études présentent chacune à leur manière la démarche du concepteur et ses priorités, la réalisation et ses coûts, ainsi que les résultats obtenus.

La 1ère étude se réfère à la nouvelle construction de la NZZ réalisée à Schlieren / Zurich en 1989. Il s'agit d'un bâtiment administratif dont la forme, la distribution des places de travail, la constitution des façades et les éléments de protection solaire, ainsi que les matériaux choisis ont fait l'objet de soins particuliers. Ils correspondent à l'état le plus récent de la technique en matière d'utilisation de la lumière naturelle et de confort visuel. Les auteurs expliquent les mesures entreprises et montrent qu'une régulation automatique de la position des stores et de l'éclairage permettrait encore d'abaisser de 30 % la consommation d'électricité.

La 2e étude décrit la transformation de l'éclairage du bâtiment administratif de l'EDMZ à Beme. Elle décrit d'une manière détaillée la démarche suivie pour l'assainissement de l'éclairage et comprend de nombreux détails concernant les caractéristiques techniques, une enquête auprès des usagers, les calculs effectués et finalement les coûts. Les économies réalisées représentent Fr. 85'000.- par année. Les investissements s'amortissent en 8 ans.

La 3e étude se réfère à un bâtiment administratif situé à Lausanne et qui a fait l'objet d'une rénovation importante. Les niveaux 1, 3 et 4 ont été entièrement transformés, alors que le niveau 2 n'a été transformé que plus tard. Il constitue ainsi l'état de référence. Les locaux ont été répartis différemment et leur profondeur a été réduite. Les feuilles réfléchissantes à l'intérieur et les stores en tissu CFF laissent passer la lumière naturelle sans stries et sans contrastes. Un système de régulation de l'éclairage en fonction de la lumière naturelle permet d'ajuster l'éclairage en fonction des besoins. Le résultat est une réduction de 50 % de la consommation.

L'étude No 4 présente la conception d'un nouvel éclairage dans un atelier d'une entreprise de peinture. Une amélioration du confort visuel aux places de travail permet de réduire la consommation à moins de la moitié.

Ces 4 études présentent l'état des connaissances en 1992. Elles sont particulièrement utiles aux architectes, ingénieurs et éclairagistes pour les projets de nouvelles constructions et de transformations.

ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Bericht enthält vier Fallstudien über die Beleuchtung in neuen und sanierten Gebäuden. Sie wurden im Rahmen des Impulsprogrammes RAVEL (Rationelle Verwendung von Elektrizität) durchgeführt. Das Ziel war, konkrete Lösungsvorschläge für eine bessere Beleuchtung mit Sehkomfort zu analysieren.

Jede Studie präsentiert das Vorgehen des Planers, die gesetzten Prioritäten, die Realisierung und deren Kosten, sowie die erhaltenen Resultate.

In Fallbeispiel 1 analysieren die Autoren das 1989 fertiggestellte NZZ-Verwaltungsgebäude in Schlieren. An dem Bau wurde die Form, die Grundrissgestaltung, die Anordnung der Arbeitsplätze und Fensteröffnungen, die Sonnenschutzelemente aber auch die Materialien im Gebäudeinnern nach neuestem Wissensstand auf Tageslichtnutzung und Verbesserung des Lichtkomforts ausgerichtet. Die Autoren beschreiben in der Studie, wie die verschiedenen Massnahmen aussehen und zeigen auf, wie sich durch den Einbau einer intelligenten Beleuchtungssteuerung der Stromverbrauch sogar noch um bis zu 30 % reduzieren liesse.

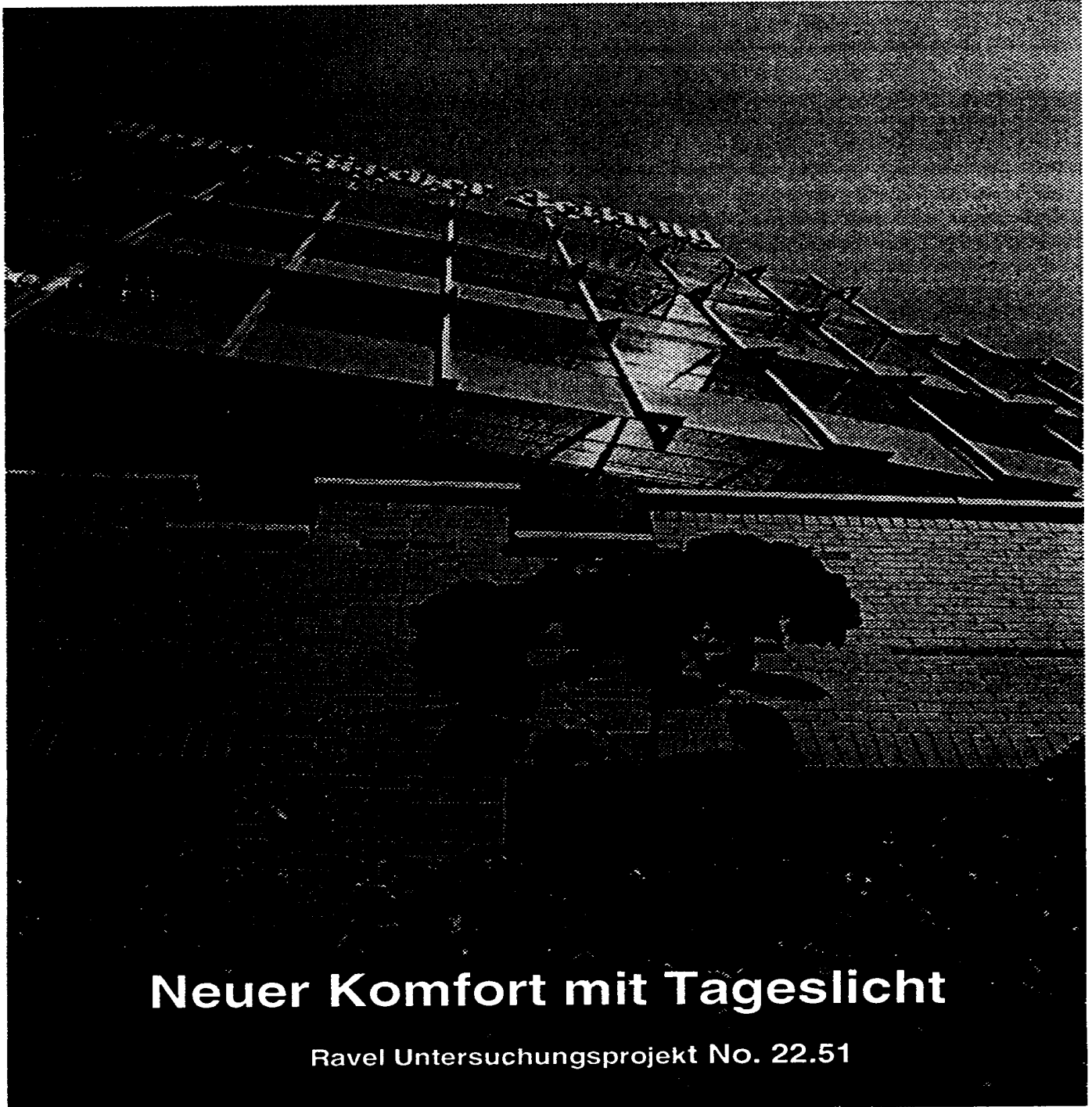
Die zweite Fallstudie befasst sich mit der Sanierung des EDMZ-Gebäudes in Bem. Eine durchdachte Sanierung führte hier zu jährlichen Einsparungen von über Fr. 85'000.-. Die Sanierungs-Kosten finanzieren sich in 8 Jahren selbst.

Dass sich das Tageslicht auch in bestehenden Gebäuden zur Verbesserung des Lichtkomforts und zur Senkung der Stromkosten einsetzen lässt, belegt die dritte Fallstudie. In dem untersuchten Objekt - ein viergeschossiges Versicherungs-Gebäude - wurden die Räume neu unterteilt und ihre Tiefe verringert. An der Fenster-Innenseite angebrachte Reflexions-Folien und Gitterstoff-Storen halten die Hitze ab und lassen das Tageslicht blend- und streifenfrei passieren. Hochfrequenz-Beleuchtungs-Systeme ermöglichen es, jeden Raumsektor auf die Lichtverhältnisse abgestimmt auszu-leuchten. Das Ergebnis : Reduktion des Stromverbrauches auf die Hälfte.

Fallbeispiel Nummer vier zeigt, wie ein sorgfältig geplantes Beleuchtungs-Konzept in einem Fertigungsbetrieb den Lichtkomfort am Arbeitsplatz erhöht und den Stromverbrauch auf weniger als die Hälfte reduziert. Untersucht wurde die 528 m² grosse Fertigungshalle eines Industriebetriebes in Renens.

Aus den vorliegenden vier Praxis-Studien gewinnen Architekten, Licht- und Elektro-Planer wertvolle Lösungsansätze und Vorgehens-Empfehlungen für eigene Sanierungs- und NeubauProjekte.

Fallstudie "Neue Zürcher Zeitung"



Neuer Komfort mit Tageslicht

Ravel Untersuchungsprojekt No. 22.51

Reto P. Miloni, Dipl. Architekt ETH SIA, Adliswil

Inhalt**Seite**

1.	Resumé	9
2.	Raum- und lichtbestimmende Dispositionen und Attribute	11
2.1	Standort- und Gebäudecharakterisierung	11
2.1.1	Gebäudefunktion	11
2.1.2	Situation (Ort, Höhe)	11
2.1.3	Hauptfassaden und Büro - Orientierung	12
2.1.4	Gebäudegeometrie und Raumanordnung	12
2.1.5	Nachbarschaft (Horizont und Beschattung)	13
2.2	Büroraumcharakterisierung (Grossraum- bzw. Gruppenbüro)	13
2.2.1	Raumabmessungen	14
2.2.2	Fenster	14
2.2.3	Raumfunktion	15
2.2.4	Möblierung	16
2.2.5	Benutzungszeit	16
2.2.6	Photometrie der Hauptflächen	16
2.3	Sonnenschutzelemente	16
2.3.1	Sonnenschutzgläser	17
2.3.2	Lisenen, Gitterroste	18
2.3.3	Gitterstoffstoren	18
2.3.4	Sonnenschutzfaktor und Lichtdurchlässigkeiten	19
2.4	Beleuchtungsdisposition	20
2.4.1	Leuchtenanordnung, Leuchtenzahl, Bestückung	20
2.4.2	Vorschaltgeräte	21
2.4.3	Leuchteneinbau und Abstand zu Nutzfläche	22
3.	Darstellung quantitativer Aspekte der Beleuchtung	23
3.1	Licht- und energietechnische Messungen	23
3.1.2	Tageslichtverlauf im Raum	23
3.1.3	Beleuchtungsstärkenmessungen	24
3.1.4	Leuchtdichteverhältnisse	26
3.1.5	Energieverbrauch	27
4.	Akzeptanz der Beleuchtungsanlagen und Sonnenschutzsysteme	29
4.1	Ziel der Befragung	29
4.2	Auswertung der Befragung	29
4.2.1	Arbeitsplatzsituation	29
4.2.2	Tageslicht- und Beleuchtungsverhältnisse im Allgemeinen	29
4.2.3	Kunstlicht	29
4.2.4	Sonnen- und Blendschutz	30
4.2.5	Raumklima	30
4.2.6	Energiebewusstsein, Information	30
4.3	Verbesserungsmöglichkeiten aus Nutzersicht	30
5.	Energiesparpotential mit Lichtsteuerung	32
5.1	Gründe für eine automatische Lichtsteuerung	32
5.2	Investitionskosten für Nachinstallation einer Lichtsteuerung	32
5.3	Mutmassliche Energieeinsparung	33
5.2.4	Pay- Back	33
6.	Anhang	
6.1	Grundrissverkleinerung G-Geschoss	35
6.2	Grundrissverkleinerung H-Geschoss	36
6.3	Prinzipschnitt Südfassade Kopfbau NZZ	37
6.4-6.6	Beleuchtungsstärkemessungen AVOR-Büro	38-40

1. Résumé

Das NZZ-Verwaltungsgebäude wurde gegen Ende der 80-er in Schlieren gebaut. In dieser Zeit wurde hoher Energieeinsatz im Zeitungsdruck für eine rasche und auflagenstarke Zeitungsproduktion als unumgänglich erachtet. Rationelle Datenübertragung, Druckformenherstellung wie auch der Druck und die versandgerechte Bereitstellung verlangen aus produktionstechnischen Gründen enormen Energieeinsatz. Strom wurde darum ziemlich unzweifelhaft an die Klemme gegeben, denn aus Produktivitätsgründen darf ein Zeitungsverlag, der sein Blatt im harten Konkurrenzkampf aktuell, farbig, umfangreich und zeitgerecht beim Kunden anliefern will, im betrieblichen Bereich nicht allzu haushälterisch mit Energie umgehen.

Dem kompromisslosen Bekenntnis zu Leistung durch gezielten Energieeinsatz im Druckbereich stand bei der NZZ von Planungsbeginn an das klarformulierte Ziel gegenüber, in weniger produktivitätsrelevanten Bereichen - wie z.B. bei haustechnischen Installationen und bei der Gebäudehülle - so haushälterisch wie möglich mit fossiler und elektrischer Energie umzugehen. Die als Generalplaner der Gesamtanlage verpflichteten Zürcher Architekten und Ingenieure der Wenaweser und Wolfensberger AG versuchten darum, neben den üblichen Energiesparbemühungen (z.B. Minimierung der Transmissionswärme- und Luftwechselverluste) neue Wege zur Energieeinsparung bei gleichzeitiger Komfortverbesserung zu gehen.

So wurde ein Neubau konzipiert, dessen Gebäudehülle mit passiven Mitteln klimamoderierend wirkt: Gebäudeform, Querschnitt, Grundrissgestaltung, aber auch die geometrische Disposition der Öffnungen, eine energieeffiziente Fassadenkonstruktion mit speziellen Sonnenschutzelementen sowie photometrisch wirksame Raumbegrenzungsmaterialien drücken die Suche nach einem sinnvollen Kompromiss zwischen optimalem Lichtstrahlungsgewinn, bester Wärmespiegelung und hohem Komfort aus. Das Ziel war, durch Raffinesse in der Materialwahl, "intelligente" Fassaden und durch eine sequentielle Steuerung haustechnischer Systeme sichtbare 'Bremsspuren' in den Stromrechnungen zu hinterlassen.

Diese Fallstudie beschreibt und interpretiert für den interessantesten Teil des NZZ-Gebäudes, den total südorientierten Kopfbau, die das Licht- und Raumklima bestimmenden Bauteile genauer. Die wichtigsten Komponenten werden beschrieben und hinsichtlich ihrer spezifischen Leistungsfähigkeit in dem hier interessierenden Zusammenhang der rationellen Energieverwendung durchaus kritisch hinterfragt.

Die gefundene Konzeption weist recht gute Tageslichtnutzungsqualitäten bei überdurchschnittlichem Arbeitsplatzkomfort auf. Sie kann damit ausser bei Fehlbedienungen von Storen und künstlicher Beleuchtung an der stetig sich weiterdrehenden Stromverbrauchsspirale tatsächlich eine Reduktion bewirken.

Leider offenbarten die durchgeführten Messungen sowie eine Benutzerbefragung, dass trotz hinreichenden Tageslichtqualitäten der Gang zum Lichtschalter am morgen zum unverzichtbaren Ritual geworden ist. Eine energieeffiziente Gebäudehülle und Haustechnik bewirken also erst einen Teil der möglichen Reduktion des Stromverbrauchs. Was nützt ein guter Tageslichtdurchgang durch die Fassade, wenn ohne Bedarf die Storen abgesenkt bleiben, das Licht unnötigerweise eingeschaltet bleibt, wenn der Gang zu Bedienungsschaltern aus Gedankenlosigkeit oder Bequemlichkeit unterbleibt?

Offensichtlich kommt zielbewusstes Energiesparen nicht darum herum, global intelligentere Regelsysteme einzusetzen. Ein weitergehendes Sparpotential ist nur dann zu aktivieren, wenn im Regelkreis Gebäude-Mensch-Technik ein neues Element eingeführt wird: Die sonnenstands- und benutzerabhängig regulierbare Lichtsteuerung, welche über eine Schnittstelle auch die Storenstellung optimiert.

Storenregelungen und Beleuchtungssteuerungen sind ohne wenn und aber auf einen gemeinsamen Zielwert, eine bestimmte "ambiance lumineuse" zu programmieren, um situativ

richtige, den Benutzerbedürfnissen ebenso wie den Aussenbeleuchtungsverhältnissen entsprechende Beleuchtungsverhältnisse zu erzeugen. Chronisch fehlbediente Handschaltungen von Beleuchtungsanlagen und einzelintelligente Storengruppenregelungen müssten, wie dies bei der Raumkonditionierung längst selbstverständlich geworden ist, sequentiellen Beleuchtungs- und Storensteuerungen weichen.

Der Produktinnovation beim Bau "intelligenter Fassaden" muss nun die Prozessinnovation einer intelligenteren Systemregeltechnik folgen.

Im Rahmen dieser Fallstudie wird denn auch das Stromsarpotential einer intelligenten, aber noch nicht mit dem Storensystem gekoppelten, Beleuchtungssteuerung (Luxmate) errechnet: Es beträgt in jedem Fall über 50 % des gemessenen Stromverbrauches und die Mehrkosten werden durch die Energieeinsparungen bei heutigen Strompreisen in rund 7 Jahren amortisiert.

Die bei ganz normalen Bürobenutzern durchgeführte Befragung zeigte überdies - und dies ist sicherlich ein Lichtblick für das ressourcenbewusste Bauen - dass energetisch bereits weitgehend sensibilisierte Benutzer gegenüber der Thematik des 'Neuen Komforts mit Tageslicht' nicht nur sehr offen sind, sondern in Zukunft von Planern, Unternehmern und Forschung noch mehr Informationen und vor allem funktionsfähige, bezahlbare, einfach zu handhabende sowie ästhetisch befriedigende Lösungen erwarten.

Adliswil, 25. April 1993



Reto P. Miloni

Abb.1 NZZ-Hauptfassade mit vorgehängtem Sonnenschutzglas vor Büroräumen

2. Raum- und lichtbestimmende Dispositionen und Attribute

2.1 Standort-und Gebäudecharakterisierung

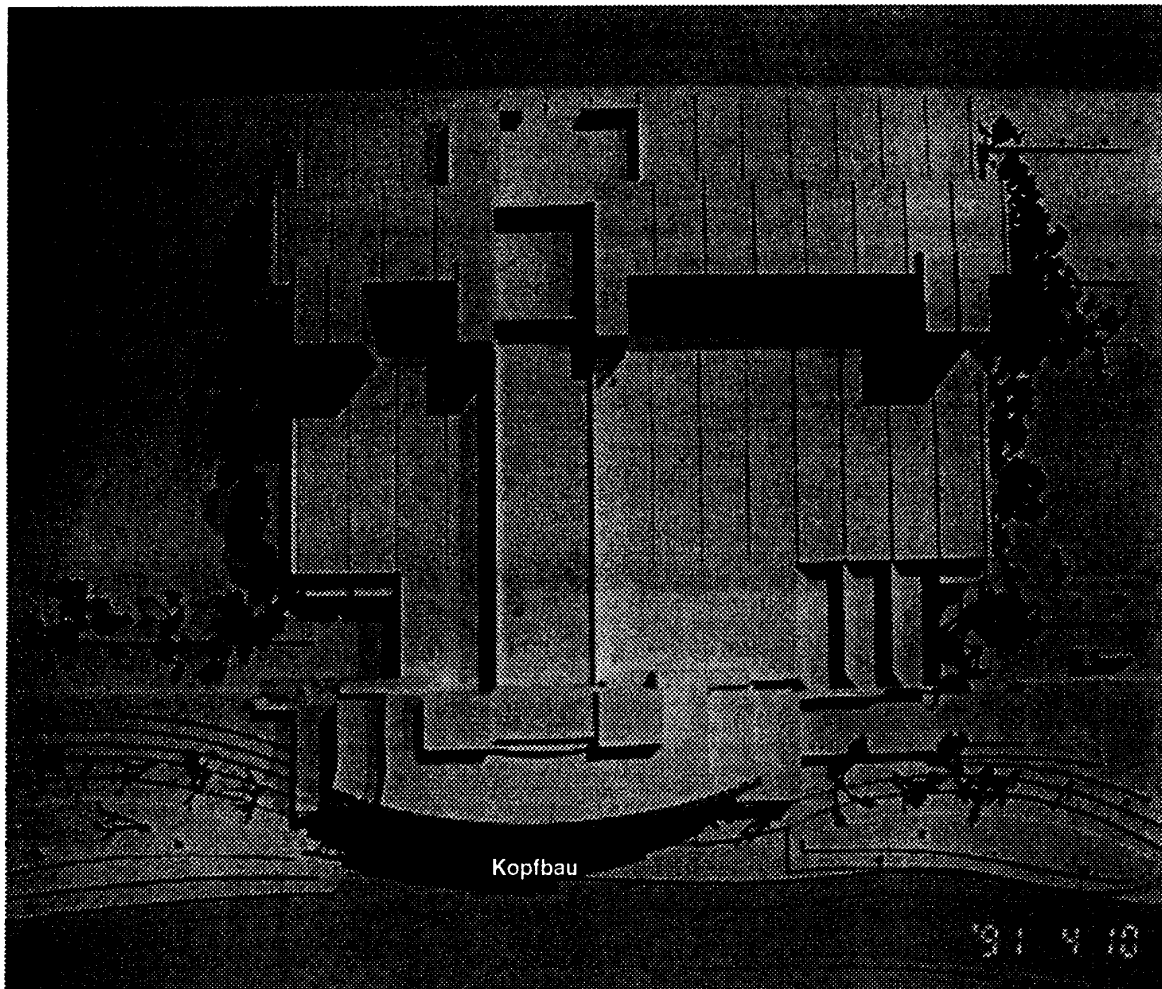
2.1.1 Gebäudefunktion

Im NZZ Druckzentrum wird - neben anderen Erzeugnissen - die "Neue Zürcher Zeitung" gedruckt. Ausser der Zeitungsproduktion mit Druckvorbereitung, Papierlager und Auslieferungsräumen beherbergt der Neubau auch Büroräume für die Verlagsadministration, den Abonnentendienst, den Buchverlag NZZ, sowie die Büroräume für die Akzidenzdruckerei NZZ Fretz.

2.1.2 Situation

Der Neubau der NZZ liegt 394 Meter über Meer in Schlieren, Kanton Zürich, zwischen der Zürcherstrasse und der Bahnlinie Zürich-Bern auf ebenem Grund von rund 25'000 m2 Fläche.

Während der intensive Güterumschlag (Papieranlieferung per Bahnwaggon) von Norden her erfolgt, erreicht der Fussgänger von der Zürcherstrasse her den 6-geschossigen Kopfbau, der Büroräumlichkeiten auf insgesamt drei Geschossen sowie zahlreiche Räume für die soziale und technische Infrastrukturen enthält: Portierloge, Werkstatt, Restaurant, Saal,



Abwartwohnungen, Gästekeller, Sicherheitszentrale.

Abb. 2 Modellfoto mit Situation NZZ. Richtung Süden und Zugangsseite gekrümmte Kopfbaufassade

2.1.3 Hauptfassaden und Büroorientierung

Die eindeutige "Schokoladenseite" der NZZ-Anlage ist die Hauptfassade mit den mehrheitlich dahinterliegenden Büroarbeitsplätzen. Diese rein nach Süden orientierte Kopfbauwand ist gewissermassen der "Kühlergrill" des Druckzentrums: leicht und transparent schwingt er sich im kühnen Bogen über die darunterliegende Strasse hinaus.

In unseren Breitengraden gehören südorientierte Büros zu den beliebtesten -auch wenn man über die erhöhte Strahlungsexposition von Südfassaden weiss. So auch bei der NZZ.

Die charakteristische südliche Glasfront des Baus in städtebaulich hervorragender Lage hat darum vielfältigen Anforderungen zu genügen, ist sie doch:

Systemträger für Wartungs- und Fluchtbalkone (Klima-Servicefassade)

Tageslichthaut und Wärmeschutzschild vor den hier liegenden Büroarbeitsplätzen

Schattenspender, Klimamodulator, Blendschutz und sogar Schallschutz

Repräsentationselement am attraktivsten Ort des Grundstücks

Ordnungs- und Gestaltungselement, weiches Gebäudemitte, Eingang und die Öffnung des Hauses NZZ zur Aussenwelt



mit klaren architektonischen Mitteln betont.

Abb. 3 Hauptfassade des Kopfbaugebäudes NZZ von Südosten her

Einzelne südost- bis südwestorientierte Chefbüros sind über Eck angeordnet. Sitzungszimmer, Treppenhäuser, Toiletten sowie Atelierräume für Montage und Satzerfassung in der Druckformenherstellung sind nach Norden gerichtet.

Die Nordfassade des Kopfbaugebäudes ist von aussen kaum einsehbar, da sie über den darunterliegenden Produktionsstrakt auskragt. Im Mitteltrakt über den Garderoben liegen reine ost- bzw. westorientierte Büros der Verlagsdruckerei NZZ Fretz AG.

2.1.4 Gebäudegeometrie und Raumanordnung

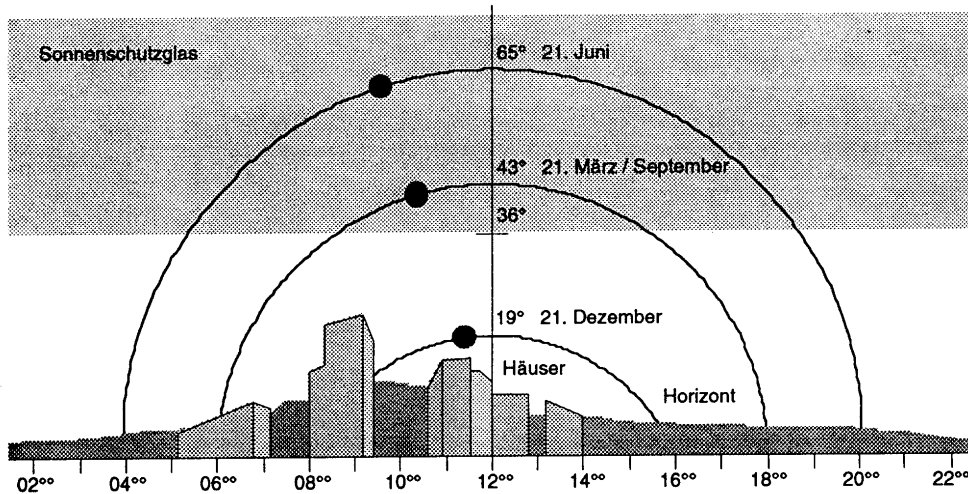
Alle Büros ausser den Eckbüros sind nur einseitig lateral belichtet. Die im Projektstadium vom Architekten vorgeschlagene Einspiegelung von Zenitlicht über ein Zentraloberlicht wurde aus feuerpolizeilichen und Kostengründen nicht realisiert.

Die Südfassade ist

aus gestalterischen Gründen und zum verbesserten Zenitlichteinfall bei bedecktem Himmel rückwärts geneigt (Rücksprung von 60 cm pro Stockwerk) mit einem Radius von 120 Meter gekrümmt. Dadurch werden die Einzel-, Funktions- oder Grossraumbüros im Tagesverlauf von der Sonne unterschiedlichen bestrahlt dies bewirkt geringere thermische Lasten bei sommerlicher Wärmeexposition und damit eine Kühllastverminderung (geringere Gleichzeitigkeit).

2.1.5 Nachbarschaft (Horizont und Beschattung)

Richtung Süden wird der NZZ-Kopfbau durch Hochhäuser und niedrige Mehrfamilienhäuser abgeschattet. Eine tiefstehende Wintersonne verschwindet bei unter 80 hinter dem Hügelrücken der etwa 600 Meter hohen südlichen Limmattalmoräne. Einmal über dem Horizont stehend (wenn nicht durch benachbarte Bebauungen abgedeckt) scheint eine tieferstehende Sonne in die Raumentiefe hinein. Ab 360° Elevation verschwindet die Sonne hinter dem vorgehängten Sonnenschutzglas.



nenschutzglas.

Abb. 4 Nachbarschaft Richtung Süden mit Sonnenkreis, Nachbarhäusern und Wald am Horizont

Da die untersten Büros mehr als 9.00 Meter über dem Terrain liegen und von der gegenüberliegenden Häuserzeile durch eine breite Strassenf lucht getrennt sind, ist -trotz teilweise eingeschränktem Horizont - eine hinreichende Tageslichtnutzung möglich.

2.2 Büroraumcharakterisierung (Grossraum- bzw. Gruppenbüro)

Aufgrund unterschiedlicher firmenspezifischer Organisationsstrukturen mussten im Hause NZZ verschiedene Raum unterteilungen gefunden werden. Diese reichen vom Grossraumbüro bis zum Zellenbüro. Im Rahmen dieser Fallstudie wurden zwei Haupttypen untersucht.

Die Raumqualitäten sind in allen Bürotypen sehr ansprechend:

südorientierte Einzelbüros haben eine Raumtiefe von ca. 6.1 0 Meter das Grossraumbüro ist etwas tiefer (ca. 8.00 Meter excl. Liftlobby und Gang) Ausser in den Einzelbüros mit einer Fläche von 21 m²/Person sind die Personendichten mit 12 bis 15 m²/Person recht niedrig.

alle Büros haben eine lichte Höhe von 2.58 m bei 3.60 m Geschosshöhe die jeweilige Bürobreite ergibt sich aus einem Vielfachen der Fensterteilung von ca. 1.65 Meter und ist in jedem Fall als eher "üppig" zu bezeichnen die grosszügige Fensterbreite ermöglicht eine flexible Grundrisseinteilung je nach Funktion und gewünschter Mitarbeiterzahl pro Büro Der Ausbau ist gehoben: in allen Büros sind Wandschränke integriert und vor den Fensterbrüstungen liegt ein Installationskanal mit Sims, dereingebaute Heizkörperverdeckt.

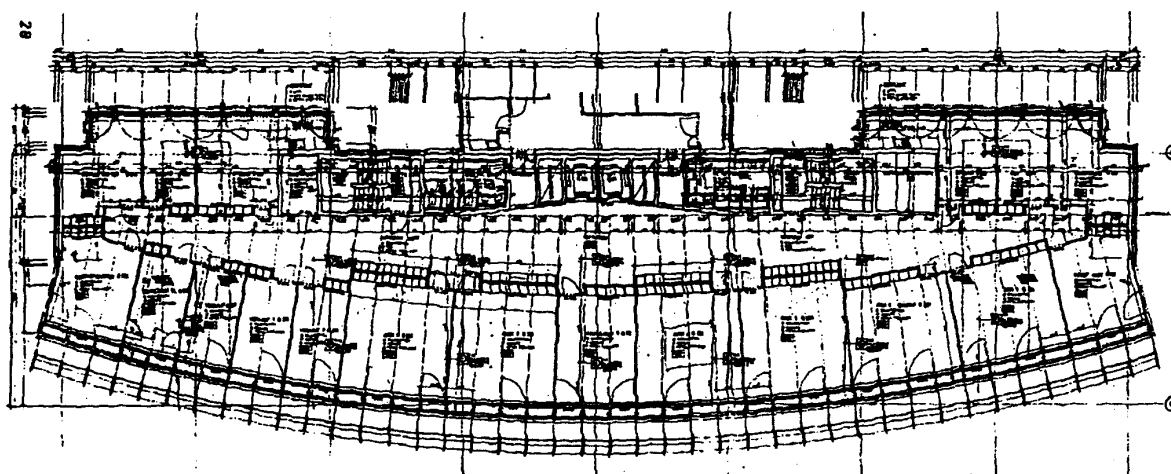


Abb. 5 Typischer Bürogrundriss (Architekten und Generalplaner. WaWo AG Zürich)

2.2.1 Raumabmessungen

Bürotyp	Einzelbüro	Zweierbüro	Gruppenbüro	Grossraumbüro
Breite (B)	3.30 Meter	4.95 Meter	6.60 Meter	31.00 Meter
Tiefe (T)	6.10 Meter	6.10 Meter	6.10 Meter	9.50 Meter
Fläche (F)	21 m ²	30 m ²	39 m ²	297 m ²
Mitarbeiter (P)	1 Personen	2 Personen	3 Personen	24 Personen
Dichte (F/P)	21 m ² /P	15 m ² /P	13 m ² /P	12 m ² /P

Abb. 6 Bürotypen, Raumbreiten, Mitarbeiterzahl und Belegungsdichte

2.2.2 Fenster

Alle Fenster liegen als durchgehendes horizontales Band über einer massiven Brüstung. Diese ist aussen komplett isoliert und mit Alublech verkleidet:

- die Fenster mit einer mittleren Breite von 1.65 Meter werden jeweils im Stoss aussen von einer Lisene abgedeckt, die bei seitlichem Sonnenstand abschattet
- in jedem Büro kann mindestens ein Fensterflügel geöffnet werden - als Fluchtweg zu aussenliegenden Gitterrostumgängen, zu Reinigungs oder Lüftungszwecken sowie aus psychologischen Gründen
- die Aussicht Richtung Süden ist allerdings nicht erhebend (z.T. alte Hochhäuser)
- die runden Tragstützen sind nach innen von der Fassade detachiert. Damit wird der Tageslichteinfall in Fassadenebene durch keinerlei Tragelemente eingeschränkt. Im Büro selbst entsteht durch die eingezogenen Stützen nur ein unwesentlicher Verlust an möblierbarer Fläche
- die Oeffnungsdipositionen und damit die Voraussetzungen für eine gute Tageslichtnutzung sind gut: Nettoglasflächenanteil (Fläche des Flügelrahmenlichtes) ca. 20 %
- insgesamt finden sich hinter der ebenso repräsentativen wie zweckmässigen Hauptfassade mehrheitlich ansprechende Bedingungen für eine tageslichtorientierte Büroarbeitsplatznutzung

- die Fenster wurden selbstverständlich unter wärme-, schall- und sicherheitsspezifischen Gesichtspunkten optimiert: - einbrennlackierte Ganzmetallfenster - erhöhte Schallschutzqualitäten (41 dB(A)) - 3-fach Isolierglas mit Normalglas und Wärmedurchlasswiderstand von 1.8 W/m²K - keine Glas-Beschichtung - weder innen noch aussen - durchbruchhemmen- des Glas (als Vorbeugung gegen Vandalenakte)

Bürotyp	Einzelbüro	Zweierbüro	Gruppenbüro	Grossraumbüro
Fensterbreite	2 Felder/3.30 m	3 Felder/4.95 Meter	4 Felder/6.60 m	19 Felder/31.00 m
Bodenfläche	21 m ²	30 m ²	39 m ²	297 m ²
Nettoglasfläche	4.04 m ² (19 %)	6.06 m ² (20 %)	8.08 m ² (19 %)	38.4 m ² (13 %)

Abb. 7 Fensterbreiten, Nattoglasflächen und Bodenflächen nach Bürotypen

2.2.3 Raumfunktion

In den Büros werden übliche Bürotätigkeiten wie Bildschirmarbeit, Telefondienst, Arbeitsvorbereitung (AVOR) oder Druckvorlagenbearbeitung ausgeführt.

Als typische Messräume wurden ausgewählt:

ein Grossraumbüro im H-Geschoss mit 24 Mitarbeitern auf 297 m² ein AVOR-Funktionsbüro im G-Geschoss mit 3 Mitarbeitern auf 39 m²

Das Grossraumbüro entspricht einem kommunikationsfreundlichen "bureau paysagé":

- einerseits sind in den 300 m² Gesamtfläche (12.5 m²/Mitarbeiter) die grosszügige Liftlobby (74 m²) sowie eine eigene Teeküche mit 8 Sitzplätzen (18 m²) integriert
- andererseits werden die aus Platz- und Systemgründen relativ eng untereinander verketteten Arbeitsplätze durch verschiedene Pflanzengruppen sowie einen halbhoher Raumabschluss zwischen Ein an und Teeküche räumlich auf elockert.

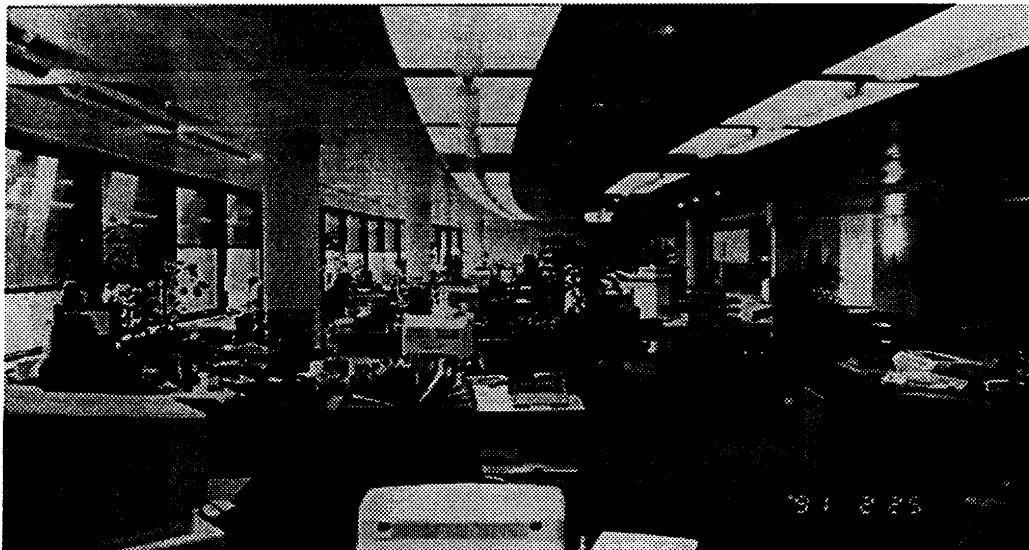


Abb. 8 Grossraumbüro mit integrierter Teeküche

Das Funktionsbüro entspricht einem typischen AVOR-Büro: im Team arbeiten in der Regel zwei AVOR-Sachbearbeiter mit einer Sekretärin oder einem Aussendienstmitarbeiter.

2.2.4 Möblierung

Alle Arbeitsplätze sind rechtwinklig zur Fensterachse angeordnet und von der Fensterbrüstung aus über einen Installationskanal erschlossen. Jeder Mitarbeiter nimmt gegenüber seinen Nachbarn eine leicht versetzte Arbeitsposition ein.

2.2.5 Benutzungszeit

Die Büros werden normalerweise wochentags von rund 08.00 bis 19.00 Uhr benutzt (11 Stunden an 5 Arbeitstagen). Bei durchschnittlich 250 Betriebstagen pro Jahr und einer täglichen Nutzungszeit von 11 Stunden pro Tag liegt die mittlere Nutzungszeit folglich bei 2750 Stunden pro Jahr (h/a).

2.2.6 Photometrie der Hauptflächen

Der Innenausbau der Büros ist mit Ausnahme des im Dekor farblich differierenden Spannteppiches in allen Geschossen identisch:

Element	Material	Farbe, Textur	Reflexionsgrad
Decken	Metall, gelocht	reinweiss	73.0%
Wände	Tapete gestrichen	elfenbein	76.0%
Böden	Spannteppich	braunrot	13.0%
Türblätter	Holz gestrichen	altrosa bzw. weinrot	66.0%
Fensterrahmen	Alu gestrichen	weinrot	12.0%
Wandschränke	Kunstharz	crèmeweiss	70.0%
Simsen	Kunstharz	crèmeweiss	70.0%
Tischplatten	Bimbaumholz	naturlackiert	44.0%

Abb.,9 Materialien und Photometrie der Hauptflächen sowie Lichtreflexionsgrade

Während die Decken und Wände hell gehalten sind, ist der weinrote Farbton der Fenster, der aus Verschmutzungsgründen dunkel gehaltene Spannteppich sowie die hölzernen Tischplatten einer hohen Lichtreflexion abträglich. Die Decke ist trotz des Feinlochungsanteils von 15 % sehr hell und reflektiert einen Grossteil des einfallenden Lichts im Raum auf Arbeitsebene zurück.

2.3 Sonnenschutzelemente

Am NZZ-Neubau wurde eine Kombination der verschiedensten Sonnenschutzelemente montiert. Diese Konzeption ermöglicht:

Wärmespiegelung bei hochstehender Sommersonne

Wärmegewinne bei niedrigstehender Winter Sonne gezielten Blendschutz durch motorisch absenk- und ausfahrbare Storen gleichmässige Abschattung dank Gitterstoffstoren - keine 'Zebrastreifen'! gute Wahrnehmungsbedingungen genügend Tageslicht für Büroarbeit in Fensternähe (auch ohne Kunstlicht!) visuellen Aussenkontakt bei hochgezogenen Gitterstoffstoren farbneutralen Tageslichtdurchgang durch beschichtungs- und beschichtungsfreie Isoliergläser.

Nachteile:

keine tageszeitliche oder saisonale Anpassung der Stellung des Sonnenschutzglases Blendung der Nachbarschaft bei niedrigstehender Sonne insbesondere im Winter keine Tageslichtumlenkung oder Einspiegelung in die Raumtiefe kein Storgebrauch bei Sturmwind und hellem Himmel (Föhnlagen) wegen geringer

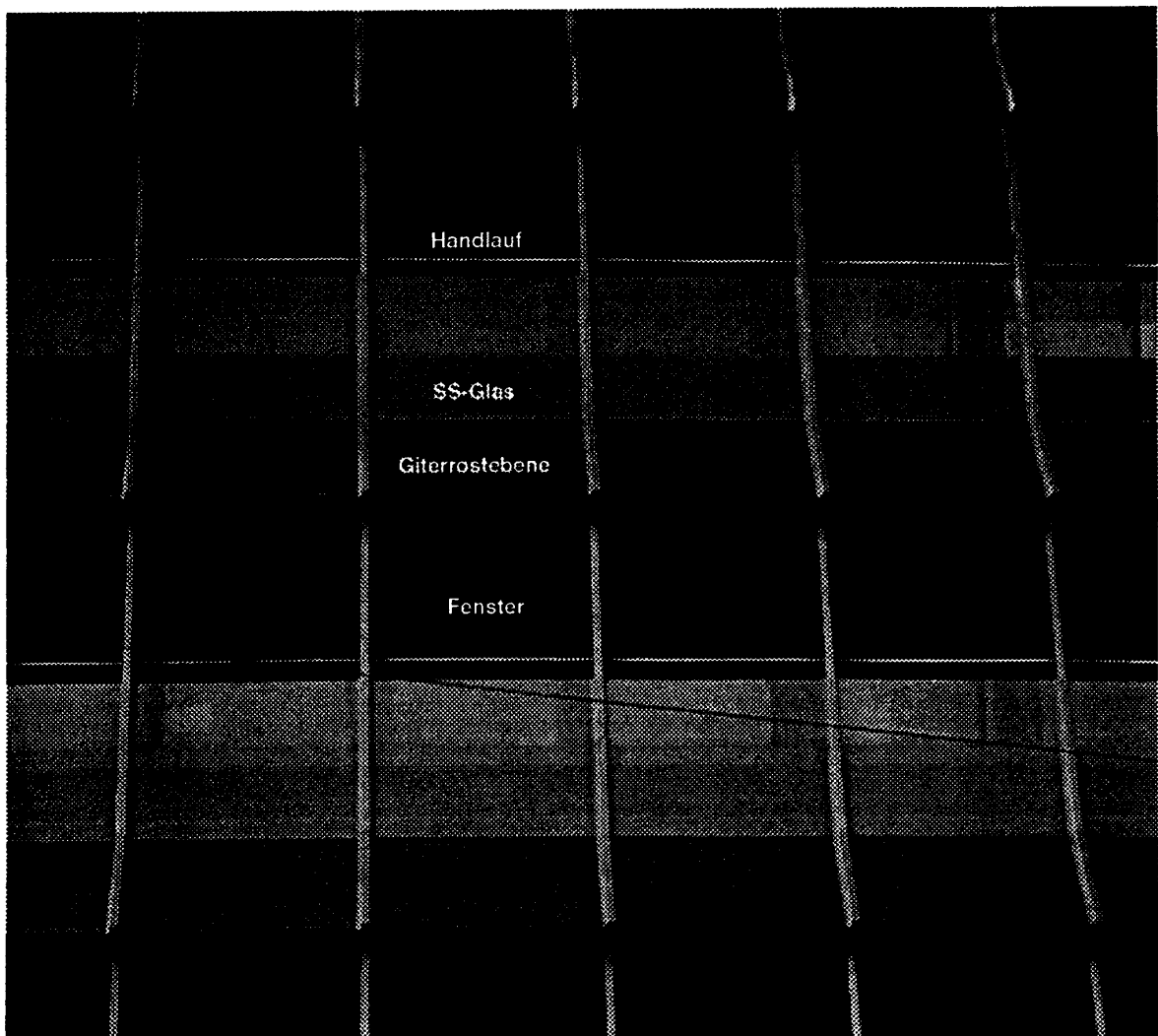
Diagonalzugfestigkeit des Gitterstoffes (Screenstoff)

reduzierte Lichttransmission bei bedecktem Himmel (insbesondere unerwünschte Ausfilterung des besonders lichtreichen Zenitlichtes) zusätzlicher bescheidener Reinigungsaufwand für Gläser (Staub setzt sich auf geneigten Flächen leichter ab und reduziert Lichttransmission).

2.3.1 Sonnenschutzgläser

An äusseren Lisenen, rund 1.50 Meter vor der eigentlichen Fassade vorgehängt, sind beim NZZ- Neubau Sonnenschutzgläser befestigt (Typ SO 20). Diese sind jeweils auf Fensterhöhe unterbrochen und im unteren Bereich leicht gegen aussen abgeknickt, sodass der aus psychologischen und arbeitsrechtlichen Gründen erwünschte Ausblick ins Freie gewährleistet ist (gemäss Eidgenössischem Fabrikgesetz muss bei gewerblichen Räumen die Fenstergrösse mindestens $\frac{1}{6}$ der Bodenfläche und die Aussicht ins Freie mindestens $\frac{1}{18}$ der Bodenfläche betragen). Die Sonnenschutzgläser wirken

bei einem Sonnenstand von mehr als 36 Grad am längsten Sommertag (21. Juni) während 9 Stunden an einem Frühjahrs bzw. Herbsttag (21. März/September) 4.5 Stunden an einem Wintertag überhaupt nicht (die tiefe Winter Sonne kann



unter der Scheibe in die Raumtiefe hineinscheinen und diesen erwärmen).

Abb. 10 Sonnenschutzgläser an vorgehängter Klima Servicefassade

Die verwendeten Sonnenschutzgläser sind damit aufgrund ihrer geometrischen Anordnung (Lage in Bezug auf Fensteröffnungen) saisonal selektiv: Im Winterhalbjahr, wenn ein solarer Wärmegewinn erwünscht ist, scheint die Sonne unter den Sonnenschürzen herein, während sie im Sommerhalbjahr bei höherem Sonnenstand zuerst die Sonnenschürze passieren muss, bevor ihre Strahlung auf das Fenster bzw. den dann noch abrollbaren Gitterstoffstoren auftrifft.

Bei dieser Konzeption wurden in der Planungsphase die Blendungserscheinungen auf die Nachbarschaft unterschätzt, was nachträglich zu Reklamationen führte. Insbesondere bei starker Mittagssonne entstehen erhebliche Reflexe. Zum Zeitpunkt der Konzeption der NZZ waren Sonnenschutzgläser noch nicht lieferbar, die bei gleich guten Transmissionseigenschaften weniger Energie auf die Nachbarschaft zurückgestrahlt hätten (z.B. aufgrund einer höheren Absorption und geringeren Reflexion). Heute würde man in diesem Anwendungsbereich eher gefärbte Gläser applizieren oder unter Mehrkosten eine deutlich bessere Lösung mit transluziden Sonnenschutzgläsern und einlaminieren Photovoltaikerelementen suchen. Damit würde man der Reflexblendung entgegen und gleichzeitig bei Sonnenschein Solarstrom produzieren.

2.3.2 Lisenen, Gitterroste

Die Fensterstöße werden durch konische Lisenen abgedeckt. Sie betonen die radiale Richtung der Fassade und ergeben vor allem bei niedrigstehender und seitlich einstrahlender Sonne in Randstunden und Uebergangszeiten eine beträchtliche Abschattung. Die Gitterroste dienen als Notsteg im Fluchtfall. Auch sind sie als Wartungsplattform für Reinigungsarbeiten und Storenreparaturen dienlich.

Zwischen Sonnenschutzgläsern und dahinterliegender Metallfassade entsteht ein abgeschatteter Zwischenraum. Dieser bewirkt bei sommerlichen Temperaturen einen Kamineffekt. Die dunkelrote Farbe der Fassadenbleche absorbiert die Wärme und heizt im Sommer die dahinterliegenden Betonbrüstungen trotz Wärmeisolation und Hinterlüftung erheblich auf. Der entstehende leichte Luftzug (Thermik) sorgt vor der Fassade für eine langsam aufsteigende (rotierende) Luftwalze. Die gesamte vorgehängte Konstruktion bewirkt eine verminderte direkte Sonnenbestrahlung der Fensterflächen und damit:

eine Reduktion der Oberflächentemperaturen der Glasscheiben vor den Büros eine verminderte Temperaturabstrahlung ins Rauminnere

eine Komfortverbesserung in den besonders beliebten fensternahen Bereichen.

2.3.3 Gitterstoffstoren

Gitterstoffstoren sind bei Architekten aufgrund ihrer Sonnenschutzfunktion, einfachen Montage, motorischen Bedienbarkeit und auch dank ihrer Preiswürdigkeit beliebt. Auch bei der NZZ werden die direkt vor dem Fenster abrollbaren Gitterstoffstoren als zusätzlicher Blendschutz und zur Minimierung hochsommerlicher Wärmegewinne eingesetzt:

die gewählte grau-beige Gewebeart weist eine gute Sonnenschutzfunktion aber einen schlechten Tageslichtdurchgang auf (siehe Abb. 1 1). Bei abgesenkten Storen wird in aller Regel das Kunstlicht eingeschaltet (siehe auch Ergebnis der Befragung) die Storengruppen sind pro Büro in einer Gruppe ansteuerbar und motorisch absenkbar Sturmwächter bzw. eine "Abwartsteuerung" ermöglichen das gesamthafte Absenken bzw. Aufziehen aller Gitterstoffstoren im geschlossenen Zustand - vor allem nachts - sind die dunklen Storen wegen des entstehenden "Höhleffektes" einem ansprechenden Ambiente abträglich eine Schnittstelle zur Beleuchtungssteuerung bzw. zum Hausleitsystem ist noch nicht vorhanden. Diese Ergänzung würde z.B. in Abhängigkeit vom Sonnenstand bzw. von der Himmelsleuchtdichte eine gezielte Storenabsenkung ermöglichen.



Abb. 11A VOR-Büro mit abgesenkten Gitterstoffstoren und eingeschaltetem Kunstlicht

2.3.4 Sonnenschutzfaktor und Lichtdurchlässigkeiten

Da die Sonnenschutzsysteme durch die Gitterrosttrennung thermisch entkoppelt sind, lassen sich die Sonnenschutzfaktoren der einzelnen Systeme theoretisch multiplizieren. Die Lichtdurchlässigkeit des Gesamtsystems kann dabei als Produkt der einzelnen Systemfaktoren aufgefasst werden. Ein Sonnenschutzfaktor von mindestens 0.15 ist gemäss Besonderer Bauverordnung der Baudirektion¹ im Kanton Zürich Voraussetzung für die Bewilligung einer Teilklimatisierung.

Bereich	Eigenschaft	Fensterglas	SS-Glas	Subtotal	Gitterstoff	Total
Licht	Transmission	63.0%	56.0%	35.3%	24.0%	8.5%
Licht	Reflexion	34.0%	39.0%	13.3%	71.0%	9.4%
Licht	Absorption	3.0%	5.0%	0.2%	5.0%	0.0%
Energie	Transmission	76.0%	53.0%	40.3%	24.0%	9.7%
Energie	Reflexion	12.0%	29.0%	3.5%	71.0%	2.5%
Energie	Absorption	12.0%	18.0%	2.2%	5.0%	0.1%

Abb. 12 Transmission von Licht und Energie durch Fenster, Sonnenschutzglas und Gitterstoffstoren

Insgesamt ergeben sich vorteilhafte Leistungsmerkmale bezüglich Wärmeschutz und Wahrnehmungskomfort durch das saisonal selektive und sinnvolle Zusammenwirken:

niedrige Gesamtenergietransmission bei hohem sommerlichem Sonnenstand von 0.10 (10 %) bzw. eine Lichttransmission von 0.09 (9 %). Dies entspricht gegenüber einem guten Lamellenstoren (O. 15) einer um rund 50 % verbesserten Abschattung im Winter wird der Licht- und Energiedurchlass bloss durch das normale Fensterglas reduziert stabile Wahrnehmung (guter Sehkomfort, blendfreies Arbeiten), da Gitterstoffstoren im Gegensatz zu Lamellenstoren keine störenden "Zebrastreifen" bewirken.

2.4 Beleuchtungsdisposition

Die Stückzahl von deutlich mehr als 100 Leuchten am Neubau NZZ erlaubte eine bedürfnisgerechte Serienanfertigung von Sonderleuchten bei unbedeutenden Mehrkosten. Für den NZZ-Neubau wurde deshalb unter verschiedenen Leuchtenlieferanten ein Wettbewerb zur Erlangung von Entwürfen für neue Beleuchtungskörpertypen veranstaltet. Das für die NZZ konfektionierte Produkt einer ein und zweiflammigen Langfeldleuchte ist deckenintegrierbar in Modellen für Leuchtstofflampen mit 36 und 58 Watt.

Auf der Basis des Konzeptes 'mildes Licht' (Indirekt-Direkt-Leuchte) wurde das Beleuchtungskonzept so ausgelegt, dass der Tageslichtgang durch das Kunstlicht sanft unterstützt wird. Tageslicht- und Kunstlichtstimmungen haben eine ähnliche Lichtverteilung im Raum:

- * mit rhythmischen Leuchtenabständen von 1.80 m und identischen Leuchtentypen wird in Richtung zunehmender Raumtiefe der natürliche Tageslichtverlauf mit Kunstlicht unterstützt
- * die verwendeten Leuchten sind als kombinierte Indirekt-Direktleuchte zwar nicht voll BAP-tauglich (da nur teilweise entblendet). Trotzdem ist die Lichtverteilung für Bildschirmarbeit hinreichend reflexfrei
- * dank dem Direktanteil ist eine genügende Schattigkeit gewährleistet
- * die Leuchten wurden in ihrer Grundrissgeometrie und Auflagerausbildung montagefreundlich gestaltet (der Deckenbauer kann sie mit einem Griff auf die Tragfrieze auflegen und an der steckerfertigen Konstruktion anschliessen)
- * durch ihre Farbgebung und flächige Ausführung ist die Leuchte zwar völlig dem Deckenton angepasst, aber dennoch das wichtige Deckengestaltungselement überhaupt

2.4.1 Leuchtenanordnung, Leuchtenzahl, Bestückung

Funktionsbüro

- * 12 Stück RCE-Leuchten (4 Stück 2-f lammig, 8 Stück 1-f lammig) à 36 Watt
- * Leuchtenabstand 180 cm
- * EVG Typ PC 32, Verlustleistung 4 W
- * Schaltung in 2 Gruppen
- * Anschlussleistung: 576 W oder 14.8 W/m²
- * Leuchtenbreite 60 cm analog Deckenplattenraster
- * Leuchtenlänge speziell auf (konische) Bandraster abgestimmt
- * von Deckenbauer montierte Leuchte liegt wie Deckenplatte auf Bandraster auf

Bereich	Fläche	Leuchte	Anzahl	Leistung	Leistung	Inst. Leistung
Funktionsbüro	39 m ²	RCE 1/36	8 Stk	32 + 4 W	288 W	7.4 W/m ²
Funktionsbüro	39 m ²	RCE 2/36	4 Stk	2 x 32 + 4 W	288 W	7.4 W/m ²
Total	39 m²		12 Stk		576 W	14.8 W/m²

Abb. 13 Leuchtenart und installierte Leistung im Funktionsraumbüro, G-Geschoss

Grossraumbüro

- 58 Stück RCE-Leuchten (17 Stück 2-flammig, 41 Stück 1-flammig) à 36 Watt
- Leuchtenabstand 180 cm
- EVG Typ PC 32, Verlustleistung 4 W
- Schaltung in 2 mal 6 Gruppen
- Anschlussleistung: 3'000 W Grossraumbelichtung oder 1 l. 1 W/m²
- Leuchtenbreite 60 cm analog Deckenplattenraster
- Leuchtenlänge speziell auf konische Bandraster abgestimmt

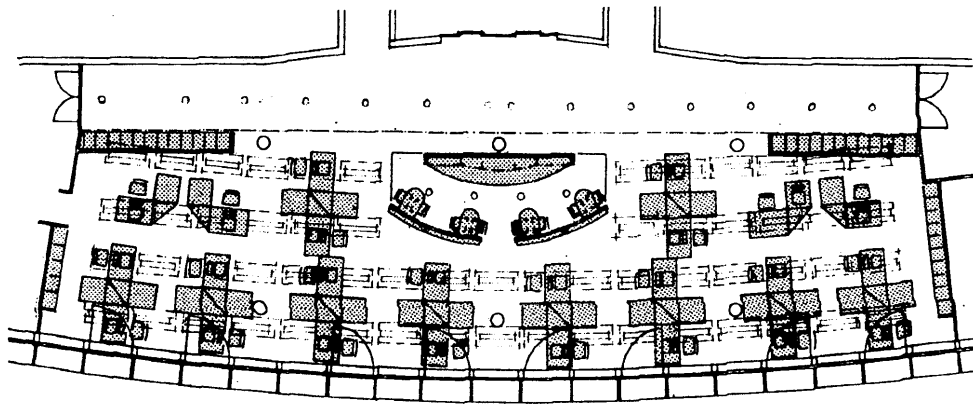


Abb. 14 Leuchtendisposition im Grossraumbüro mit Langfeldleuchten und Spots

Teeküche innerhalb Grossraumbüro (18 m², 8 Sitzplätze):

8 Stück ZumtobelVGuzzini-Niedervoltleuchten 12 Volt/50 Watt Leuchtenabstand ca. 1.50/1.20 m elektronische Trafos 6 W pro 2 Niedervolt-Spots keine Helligkeitsregulierung, 1 Gruppe geschaltet Anschlussleistung: 424 W oder 23.6 W/m²

Spoteinbau im Bandraster

Liftlobby und Gangzone innerhalb Grossraumbüro (74 m²):

13 Stück Zumtobel Optos-Einbau-Tiefstrahler à 10 Watt Verlustleistung 2 W

Leuchtenabstand ca. 2.00 m

Schaltung in 1 Gruppe

Anschlussleistung: 168 W Gangbeleuchtung oder 2.3 W/m²

Gemessen am Beleuchtungskomfort liegt die mittlere installierte Leistung von 11.0 W/m² im Grossraumbüro im Rahmen. In diesem Wert ist auch der Anteil an stimmungsbetonender Niedervoltbeleuchtung für die Teeküche im Nahbereich der Arbeitsplätze enthalten.

Bereich	Fläche	Leuchte	Anzahl	Leistung	Leistung	Inst. Leistung
Grossraum	205 m ²	RCE 1/36	41 Stk	32 + 4 W	1476 W	7.2 W/m ²
Grossraum	205 m ²	RCE 2/36	17 Stk	32 + 4 W	1224 W	6.0 W/m ²
Teeküche	18 m ²	GUZZINI	8 Stk	50 + 3 W	424 W	23.6 W/m ²
Gang/Lobby	74 m ²	TCD	13 Stk	10 + 2 W	156 W	2.1 W/m ²
Total	297 m²		63 Stk		3280 W	11.0 W/m²

Abb. 15 Leuchtenart und installierte Leistung im Grossraumbüro

2.4.2 Vorschaltgeräte

Die verwendeten elektronischen Vorschaltgeräte (EVG) ergeben gegenüber konventionellen bzw. verlustarmen Vorschaltgeräten wesentliche Energieeinsparungen (8 bzw. 3 W bei einer 58 W Leuchtstoff-Lampe). Das EVG verbessert den System-Wirkungsgrad Lampe/Leuchte, sodass aus der gleichen elektrischen Leistung mehr Licht gewonnen, oder mit weniger Lei-

stung die gleiche Lichtmenge erreicht werden kann. Wichtigste Vorteile des EVG's sind:

flackerfreier Soft-Start

minimale Eigenverlustleistung von weniger als 10 % der Lampenleistung flimmerfreies Licht (kein Stroboskop-Effekt) kein Brummen, kein Kathodenflimmern bei niedrigen Temperaturen konstanter Lichtstrom bei Netzschwankungen erhöhte Lebensdauer bei Kryptonlampen

2.4.3 Leuchteneinbau und Abstand zu Nutzfläche

Bei einer Raumhöhe von 2.58m im Licht und einer Schreibtischhöhe von 78cm ist der Abstand zur Nutzfläche durchgehend 180 cm. Die Leuchten wurden durchgehend parallel zur Fensterfront angeordnet (d.h. in konzentrischen Bögen).

Die gewählte RCE-Leuchte weist gegenüber herkömmlichen BAP-Leuchten eine bedeutendere Einbautiefe auf (14.5 cm).

Bei der Deckenplanung, Leitungskoordination und bei der Anordnung von Fensterflügeln sollte beachtet werden, dass die Leuchtenabdeckung über die Decke vorsteht. Dies kann im Extremfall eine Heruntersetzung der Oberkante des Fensterflügels unter die Höhe des Leuchtenkorbes erfordern, oder aber eine Zurückversetzung der ersten Leuchtenreihe hinter die Flucht des geöffneten Fensterflügels.

Zudem sollten nichtdeckenbündige Leuchten gegenüber benachbarten Drallausslässen einen Mindestabstand von einem Meter aufweisen. Anderenfalls sind störende Luftturbulenzen durch am Leuchtenkorb laminar umgelenkte Zuluftströmungen unvermeidlich (Kaltluftabfall).

3. Darstellung quantitativer Aspekte der Beleuchtung

3.1 Licht- und energietechnische Messungen

3.1.2 Tageslichtverlauf im Raum

Am regnerischen Junimorgen des 6.6.1992 sowie am verhangenen Morgen des 14. Dezember 1991 wurden Beleuchtungsstärkemessungen in einem AVOR-Büro bzw. Grossraumbüro durchgeführt. Ohne eingeschaltete Beleuchtung und

Abstand	Messwert auf Nutzebene	Minimalforderung für Büros	Tageslichtquotient (TLQ)	Einschätzung
1 Meter	220 Lux	500 Lux (-2/3)	4.4 %	hoch
2 Meter	100 Lux	500 Lux (-2/3)	2.0 %	mittel
3 Meter	40 Lux	500 Lux (-2/3)	0.8 %	schwach
4 Meter	20 Lux	500 Lux (-2/3)	0.5 %	sehr schwach
5 Meter	17 Lux	500 Lux (-2/3)	0.3 %	sehr schwach
Mittelwert	80 Lux	500 Lux (-2/3)	1.6 %	schwach-mittel

bei völlig hochgezogenen Gitterstoffstoren wurde der Tageslichtverlauf gemessen.

Abstand	Messwert auf Nutzebene	Minimalforderung für Büros	Tageslichtquotient (TLQ)	Einschätzung
0 Meter	170 Lux	500 Lux (-2/3)	2.1 %	mittel
1 Meter	270 Lux	500 Lux (-2/3)	3.4 %	hoch
2 Meter	140 Lux	500 Lux (-2/3)	1.8 %	mittel
3 Meter	95 Lux	500 Lux (-2/3)	1.2 %	schwach
4 Meter	65 Lux	500 Lux (-2/3)	0.8 %	sehr schwach
5 Meter	55 Lux	500 Lux (-2/3)	0.7 %	sehr schwach
6 Meter	30 Lux	500 Lux (-2/3)	0.4 %	sehr schwach
7 Meter	15 Lux	500 Lux (-2/3)	0.2 %	sehr schwach
Mittelwert	104 Lux	500 Lux (-2/3)	1.3 %	schwach

Abb. 16 Beleuchtungsmessung Funktionsbüro am 6.6.1991, regnerisches Wetter, 09.45 Uhr, keine Leuchten in Betrieb, Gitterstoffstoren nicht in Funktion, Aussenbeleuchtungsstärke: 5000 Lux

Abb. 17 Beleuchtungsmessung Grossraumbüro am 14.12.1991, diffuser Himmel, 10.00 Uhr, keine Leuchten in Betrieb, Gitterstoffstoren nicht in Funktion, Aussenbeleuchtungsstärke 8000 Lux

Die Tageslichtnutzungsqualitäten lassen sich wie folgt kommentieren:

die fensternahen Arbeitsplätze weisen einen TLQ von 2 bis 4 % auf. Die Einschätzung des natürlichen Lichtmilieus ist hier noch mittel bis hoch. Die vordere Arbeitsplatzreihe wirkt nach aussen geöffnet die hintere Arbeitsplatzreihe ist mit einem TLQ von weniger als 2 % eher schwach tagesbelichtet; der Mitarbeiter fühlt sich vom Aussengeschehen isoliert hätte man einen Spannteppich mit besserem Reflexionsgrad und statt mittelbraune Naturholztischplatten in Birnbaum hellere Arbeitsflächen (z.B. Birke) gewählt, dann wäre der Tageslichtverlauf im Raum spürbar verbessert worden zudem senkt der dunkle Fensterrahmen direkt hinter dem Fenster die Beleuchtungsstärke um ganze 100 Lux gegenüber einem weiter im Raum liegenden Messpunkt ab. Helle Fensterrahmen hätten ein weiteres zur Raumaufhellung beigetragen die subjektive Raumwirkung wirkt dank heller Decken und Vertikalflächen trotz teilweiser Mängel recht freundlich. Ab einer Raumtiefe von mehr als der zweifachen Fensterhöhe ist eine tageslichtorientierte Grundrissnutzung ohne Tageslichtumlenkung oder anderweitig lichtlenkende Massnahmen auch bei der NZZ eingeschränkt (Tageslichtquotient kleiner als 1 %). Mit höheren Fenstern und einer allfälligen Tageslichteinspiegelung hätten die Tageslichtverhältnisse in der Raumtiefe verbessert werden können.



Abb. 18 Typischer Arbeitsplatz mit deckenintegrierter RCE-Leuchte

3.1.3 Beleuchtungsstärkenmessungen

Am regnerischen Junimorgen des 6.6.1992 wurden verschiedene Beleuchtungsstärkemessungen mit und ohne eingeschaltete Beleuchtung bzw. abgesenkte Gitterstoff storen in einem typischen AVOR-Büro durchgeführt.

Abstand	1 Meter	2 Meter	3 Meter	4 Meter	5 Meter	Mittel
Achse 1	1170 Lux	840 Lux	770 Lux	650 Lux	600 Lux	806 Lux
Achse 2	1290 Lux	990 Lux	780 Lux	760 Lux	760 Lux	916 Lux
Achse 3	1240 Lux	950 Lux	870 Lux	830 Lux	760 Lux	930 Lux
Achse 4	1240 Lux	900 Lux	600 Lux	770 Lux	670 Lux	836 Lux
Achse 5	1100 Lux	850 Lux	890 Lux	710 Lux	630 Lux	836 Lux
Mittel	1208 Lux	906 Lux	782 Lux	744 Lux	684 Lux	865 Lux

Abb. 19 Beleuchtungsmessung Funktionsbüro am 6.6.1991, regnerisches Wetter, 09.00 Uhr, Leuchten in Betrieb, Gitterstoffstoren nicht in Funktion Aussenbeleuchtungsstärke 5000 Lux.

Abstand	1 Meter	2 Meter	3 Meter	4 Meter	5 Meter	Mittel
Achse 1	730 Lux	705 Lux	665 Lux	670 Lux	610 Lux	676 Lux
Achse 2	765 Lux	820 Lux	600 Lux	680 Lux	720 Lux	717 Lux
Achse 3	710 Lux	780 Lux	600 Lux	735 Lux	720 Lux	721 Lux
Achse 4	760 Lux	710 Lux	600 Lux	635 Lux	640 Lux	669 Lux
Achse 5	604 Lux	830 Lux	720 Lux	590 Lux	580 Lux	665 Lux
Mittel	714 Lux	769 Lux	637 Lux	662 Lux	654 Lux	687 Lux

Abb. 20 Beleuchtungsmessung Funktionsbüro am 6.6.1991, 09.15 Uhr, alte Leuchten in Betrieb, Gitterstoffstoren in Funktion, regnerisches Wetter, Aussenbeleuchtungsstärke 5000 Lux

In den Funktionsbüros der NZZ Fretz AG sind die Beleuchtungsstärken sehr gut:

die Horizontalbeleuchtungsstärken (Em) auf Nutzebene von 687 bis 865 Lux sind als "völlig ausreichend" für die Tätigkeit "Arbeitsvorbereitung mit Druckvorlagenbeurteilung" zu beurteilen
 der Einfluss der zweiflammigen Leuchte in der ersten Reihe hinter dem Fenster tritt klar zu Tage. Diese Leuchtenreihe müsste ganz oder teilweise ausgeschaltet oder zumindest tageslichtabhängig geregelt werden die in Richtung der Raumtiefe exponentiell abfallende Beleuchtungsstärke liegt am raumtiefsten Punkt immer noch deutlich über 500 Lux.

An einem verhangenen Dezembertag wurde das Grossraumbüro gemessen:

Die Beleuchtungsanlage ist im Grossraum für die vorgesehene Nutzung (Telefonbeantwortung mit direktem Zugriff auf den Computer) richtig dimensioniert die mittlere Horizontalbeleuchtungsstärke auf Nutzebene (Em) liegt in den vorderen Arbeitsplatzbereichen zwischen 400 und 800 Lux bereits ab 3 Meter Entfernung vom Fenster wird der Beitrag des Tageslichtes gemessen am Gesamtbeleuchtungsniveau kleiner als 10 % wichtig wäre hier eine Gruppenschaltung der Beleuchtungskörper, welche im fensternahen Bereich eine tageslichtabhängige Lichtabschaltung erzwingen würde in Ergänzung dazu wären geometrische, physikalische und photometrische Kunstgriffe zur Tageslichteinspiegelung in grössere Raumtiefen dringend erwünscht.

Abstand	1 Meter	2 Meter	3 Meter	4 Meter	5 Meter	6 Meter	7 Meter	8 Meter	Mittel
Achse 1	430 Lux	445 Lux	440 Lux	325 Lux	220 Lux	98 Lux	78 Lux		291 Lux
Achse 2	415 Lux	255 Lux	390 Lux	470 Lux	430 Lux	325 Lux	150 Lux		348 Lux
Achse 3	530 Lux	820 Lux	570 Lux	580 Lux	540 Lux	455 Lux	270 Lux		538 Lux
Achse 4	510 Lux	700 Lux	725 Lux	580 Lux	520 Lux	420 Lux	255 Lux	140 Lux	481 Lux
Achse 5	410 Lux	600 Lux	430 Lux	420 Lux	320 Lux	290 Lux	240 Lux	130 Lux	355 Lux
Achse 6	550 Lux	570 Lux	530 Lux	470 Lux	410 Lux	302 Lux	160 Lux	100 Lux	387 Lux
Achse 7	550 Lux	750 Lux	670 Lux	620 Lux	540 Lux	370 Lux	200 Lux	120 Lux	478 Lux
Achse 8	540 Lux	900 Lux	620 Lux	520 Lux	525 Lux				621 Lux
Mittel	482 Lux	630 Lux	547 Lux	498 Lux	438 Lux	323 Lux	193 Lux	123 Lux	437 Lux

Abb. 21 Beleuchtungsmessung Grossraumbüroam 14.12. 1991, diffuser Himmel, 10.00 Uhr, Leuchten in Betrieb, Gitterstoffstoren nicht in Funktion, Aussenbeleuchtungsstärke Eh: 8000 Lux

Abstand	1 Meter	2 Meter	3 Meter	4 Meter	5 Meter	6 Meter	7 Meter	8 Meter	Mittel
Achse 1	270 Lux	370 Lux	360 Lux	360 Lux	210 Lux	130 Lux	95 Lux		256 Lux
Achse 2	260 Lux	190 Lux	270 Lux	480 Lux	380 Lux	240 Lux	120 Lux		277 Lux
Achse 3	390 Lux	580 Lux	630 Lux	560 Lux	530 Lux	430 Lux	250 Lux		481 Lux
Achse 4	390 Lux	600 Lux	610 Lux	520 Lux	500 Lux	390 Lux	260 Lux	120 Lux	424 Lux
Achse 5	260 Lux	490 Lux	410 Lux	370 Lux	270 Lux	315 Lux	220 Lux	130 Lux	308 Lux
Achse 6	330 Lux	480 Lux	530 Lux	430 Lux	320 Lux	290 Lux	170 Lux	100 Lux	331 Lux
Achse 7	400 Lux	560 Lux	570 Lux	520 Lux	480 Lux	270 Lux	370 Lux	115 Lux	411 Lux
Achse 8	360 Lux	620 Lux	620 Lux	490 Lux	460 Lux				510 Lux
Mittel	333 Lux	486 Lux	500 Lux	468 Lux	394 Lux	295 Lux	212 Lux	116 Lux	376 Lux

Abb. 22 Beleuchtungsmessung Grossraumbüro am 14.12..1991, diffuser Himmel, 10.00 Uhr, Leuchten In Betrieb, Gitterstoffstoren In Funktion, Aussenbeleuchtungsstärke Eh: 8000 Lux

3.1.4 Leuchtdichteverhältnisse

An einem typischen, fensterorientierten Arbeitsplatz wurden bei stabilen Bedingungen (500 Lux) Messungen mit einem Leuchtdichtemessgerät durchgeführt:

die Leuchtdichteverhältnisse sind insgesamt homogen. Die Leuchtdichtekontraste sind bescheiden und im Gesichtsfeld der Mitarbeiter finden sich angenehme Wahrnehmungsbedingungen. Ein korrektes und ermüdungsfreies Arbeiten am Bildschirm ist von höchster unternehmerischer Priorität. Eine stabile Wahrnehmung und ein fehlerarmes Arbeiten werden erleichtert. Dies ist für die NZZ lebenswichtig, da jede bei der EDV-Eingabe entstehende Fehladressierung verärgerte Kunden und Unkosten bewirken würde der stärkste Leuchtdichtekontrast wird durch den weinroten Fensterrahmen hervorgerufen (gemessene Infeld-Umfeldleuchtdichte: 1:20) selbst der Leuchtdichtekontrast der 'mildes Licht' ausstrahlenden RCE-Leuchte ist bei dem hier im Fensterbereich zweiflammigen Modell (also doppelter Lichtstrom von rund 7000 Lumen!) mit 1: 1 5 noch tolerierbar

während die Richtwerte für die zulässigen Leuchtdichtekontraste von 1 zu 10 im Infeldbereich mit 1 zu 8 (Fassade im Hintergrund zu Bildschirm) deutlich unterschritten werden, sind die empfohlenen maximalen Leuchtdichtekontraste von 1 zu 50 im Umfeldbereich 1 zu 225 klar überschritten (Leuchte zu "Missetäter" Fensterrahmen) dunkle Fensterrahmen (auf der Rauminnenseite) sollten zur Perfektionierung des visuellen Komforts an Arbeitsplätzen auf jeden Fall vermieden werden.

Bezeichnung	Leuchtdichte	Maximalkontrast
Dunkelroter Fensterrahmen auf Scharnierhöhe	4 cd/m ²	1 zu 225
Helle innere Fensterbrüstung mit Lineargitter	70 cd/m ²	1 zu 16
Bildschirm – Mitte	80 cd/m ²	1 zu 14
Notizblock hell	90 cd/m ²	1 zu 12
Schreibtischplatte Birnbaum vor Tastatur	40 cd/m ²	1 zu 28
Tastatur Mitte	55 cd/m ²	1 zu 20
Fassade im Hintergrund (gegenüberliegende Häuser)	10 cd/m ²	1 zu 110
Raum neben Pflanze im Hintergrund	40 cd/m ²	1 zu 28
Bewölkter Himmel hinter Sonnenschutzglas	30 cd/m ²	1 zu 37
Metaldecke weiss	20 cd/m ²	1 zu 55
Hell verputzte Betonstütze im Gesichtskreis	80 cd/m ²	1 zu 14
Leuchtenkorb mit ausstrahlendem Direktlicht	300 cd/m ²	1 zu 4
Leuchtenreflektor über 2-flammiger Leuchte, Indirektlicht	1100 cd/m ²	1 zu 1

Abb. 23 Leuchtdichtemessung an einem typischen Arbeitsplatz, 26. November 1992, Regnerisches

Wetter, tiefe Wolkendecke, 15.25 bis 15.40 Uhr, Aussenbeleuchtungsstärke Eh: 500 L ux

Abb. 24 Leuchtdichtevertelung am Arbeitsplatz Im Fensterbereich

3.1.5 Energieverbrauch

An ausgewählten Tagen wurde durch einen konzessionierten Elektroinstallateur eine Energiemessung durchgeführt. Aufgrund der installierten Leistung und der Bezugsfläche liess sich der spezifische Energieverbrauch für typische Tage ermitteln. Die Nutzungszeit entspricht mit 2'750 h/a dem schweizerischen Mittel.

Aufgrund eingeschalteter Nebenaggregate (Kaffeemaschinen, Kühlschränke, Kopierer), die rund um die Uhreingeschaltet waren, wardie Messungfürden Energieverbrauch der Beleuchtungskörper nicht repräsentativ. Indessen zeigten sich klare "Schaltsprünge" bei den ausgemessenen Phasen, die einen Hinweis darauf gaben, dass die Beleuchtung nach "Gefühl" und nicht bedarfsgerecht geschaltet wurde. Die in einem AVOR-Büro durchgeführte Energiemessung ist jedoch repräsentativ.

Büro (Typ)	Nutzungs- zeit	Installierte Leistung	Energie- verbrauch	Bezugs- fläche	Installierte Leistung	Spez. Tages- Energieverbrauch
	h/a	P _{total}	E _{24h}	A	P _i =P _{total} /A	E _{24h}
AVOR-Büro	2750 h/a	576 W	3970 Wh/24h	39 m ²	14.8 W/m ²	102 Wh/m ² /24h

Abb. 25 Spezifischer Energieverbrauch, installierte Leistung und Bezugsflächen in Büros

Aufgrund der mittleren Leistung kann der Betriebsfaktor und der Jahres-Energieverbrauch ermittelt werden. Da es sich im AVOR-Büro um einen Funktionsraum mit höchstens 3 Mitarbeitem handelt, ist die Schaltdisziplin gegenüber Grossräumen besser. Bei unbesetztem Raum oder bei hinreichenden Tageslichtbedingungen wird der Lichtschalter im Funktionsbüro gegenüber der diesbezüglich eher undisziplinierten Handhabungsweise im Grossraum bewusster betätigt.

Büro (Typ)	Mittlere Leistung	Maximale Leistung	Betriebs- faktor	Jahres-Energieverbrauch für Beleuchtung
	P _m =E/h/a	P _{max}	fb=P _m /P _{max}	E=P _m xh/a
AVOR-Büro	9.3 W/m ²	14.8 W/m ²	0.63	25.6 kWh/m ² a

Abb.26 Mittlere und maximale Leistung, Betriebsfaktor und Jahres-Energieverbrauch pro m² in Büros

Es resultiert eine mittlere Leistung von 9.3 W/m² bei einem Betriebsfaktor von 0.63, was angesichts der gemessenen Luxwerte (Ein: 687 Lux) und der hohen installierten Leistung von 14.8 W/m² akzeptabel ist.

4. Akzeptanz der Beleuchtungsanlagen und Sonnenschutzsysteme

4.1 Ziel der Befragung

Ziel der Befragung war es, herauszufinden, ob die vorstehend beschriebenen Einrichtungen und Systeme sich in der Praxis beim Benutzer bewähren. Der dazu entworfene Fragebogen gliedert sich in die folgenden Befragungskomplexe:

Technische Daten
 Personenprofil
 Aktuelle Arbeitsplatzsituation
 Licht
 - Allgemein
 - Kunstlicht / Tageslicht
 - Sonne / Sonnenschutz
 Raumklima
 Energie / Energiebewusstsein

Die Befragung wurde in den Raumtypen "Einzel-", "Gruppen-" und "Grossraumbüro" durchgeführt.

4.2 Auswertung der Fragebogen

4.2.1 Arbeitsplatzsituation

Alle Befragten arbeiteten im Durchschnitt 25-75% ihrer täglichen Arbeitszeit mit Bildschirmen. Blendungen und Reflexionen durch Sonneneinstrahlung und helles Zenitallicht sind bei Sonne nicht zu umgehen, sodass der Blendschutz (Gitterstoffstoren) überdurchschnittlich oft eingesetzt wird.

Der Ausblick aus dem Fenster wurde regelmässig zur Entspannung, wobei jedoch die Aussicht wegen der verbauten Nachbarschaft mehrheitlich nicht befriedigte (80%). Das allgemeine Wohlbefinden am Arbeitsplatz wurde überwiegend als 'ziemlich gut' beurteilt. Verbesserungswünsche wurden vorgebracht, betrafen aber weder Beleuchtung noch Sonnenschutz.

4.2.2 Tageslicht und Beleuchtungsverhältnisse im Allgemeinen

Bei der Beurteilung der vorhandenen Lichtsituation zeigte sich ein ausgewogenes Bild zwischen "gut" und "befriedigend". Allerdings empfand eine Mehrheit der Befragten (60%) die Lichtsituation an ihrem früheren Arbeitsplatz als besser, da dort aufgrund der geringeren Bürotiefe und nur einreihigen Arbeitsweise über noch mehr nutzbares Tageslicht verfügt wurde.

Der überwiegende Teil aller Befragten (80%) würde sich eine individuell einstellbare Arbeitsplatzbeleuchtung wünschen.

4.2.3 Kunstlicht

Die Beleuchtung an den Arbeitsplätzen war gemäss Selbsteinschätzung der Befragten während 75-100% der Arbeitszeit eingeschaltet. Als Grund dafür wurde durch die Befragten der stark abdunkelnde Gitterstoffstoren, der sehr häufig wegen Blendung und Reflexion grossflächig abgesenkt werden muss, angegeben.

Bei der Frage nach zu viel oder zu wenig Licht ergab sich bei den Antworten eine sehr grosse Streuung zwischen "zuviel" und "viel zu wenig" was darauf schliessen lässt, dass die nötige "Lichtmenge" von der einzelnen Person sehr subjektiv und persönlich beurteilt wird. Praktisch alle Befragten würden bei ihrer Arbeit blendungsfreies Tageslicht dem Kunstlicht vorziehen.

4.2.4 Sonnen- und Blendschutz

Das Sonnenschutzsystem wurde von allen Befragten als gut beurteilt. Hier stand bei der Beurteilung der Blendschutz (Gitterstoffstoren) im Vordergrund.

Einer Mehrheit (80% der Befragten) war das Vorhandensein und die Wirkungsweise der vorgehängten Sonnenschutzgläser bis zur Befragung allerdings unbekannt! Der Gitterstoffstoren wurde vor allen Dingen bei Blendung und Wärmestrahlung durch die (tiefstehende) Sonne eingesetzt. Einmal unten, wurde kaum mehr eine Anpassung an sich verändernde Aussenlichtverhältnisse vorgenommen.

4.2.5 Raumklima

Das Vorhandensein einer Klimaanlage (einzelraumregulierte Volumenstromregler) bewirkte eine unterschiedliche Benutzerszufriedenheit:

von den Benutzern der Einzel und Gruppenbüros wurde sie als Vorteil empfunden, da sie eine individuelle Regelung des Raumklimas in Grenzen ermöglicht (Sommerkühlung) von den Grossraumbenutzer wurde sie wegen zu grosser Zugluftentwicklung eher als

Nachteil angegeben

allgemein wurde das Raumklima bei Sonneneinstrahlung als zu warm empfunden (einem raschen Temperaturanstieg im Innenraum aufgrund starker Sonneneinstrahlung, die unter der Sonnenglasschürze hereinzudringen vermag, wäre nur über eine Absenkung der Zulufttemperatur oder höhere Luftgeschwindigkeiten beizukommen. Dieser grössere, kühlere Volumenstrom würde als Zuglufterscheinung interpretiert. Damit diese Zuglufterscheinung in Grenzen bleibt, hat man sich entschlossen, die bei Sonneneinstrahlung ansteigenden Raumtemperaturen nicht "à tout prix" runterzukühlen und man lässt bei Sonnenschein die Raumtemperatur in Grenzen ansteigen ein noch effizienterer Sonnenschutz sowie eine noch bessere Schwerspeicherfähigkeit der im Innenraum verwendeten Massen könnte diesen Temperaturanstieg zusätzlich dämpfen

das Öffnen der Fenster zum Lüften unterbleibt im Grossraum völlig, da die Lärmbelästigung von der Strasse her dies als nicht ratsam erscheinen lässt (die Klimaanlage würde allerdings auch bei geöffnetem Fenster nicht zusammenbrechen) hingegen werden die Fenster in den Einzel und Gruppenbüros nach Aussage der Befragten regelmässig zum Lüften benutzt.

4.2.6 Energiebewusstsein, Information

Die meisten der Befragten waren der Ansicht, dass sie zu wenig bis gar nicht über das Zusammenspiel der Faktoren Licht, Sonnenschutz, Raumklima und Energieverbrauch informiert seien. Allgemein würden vermehrte Informationen zum Thema Energieverbrauch und zum Energiesparen am Arbeitsplatz begrüsst.

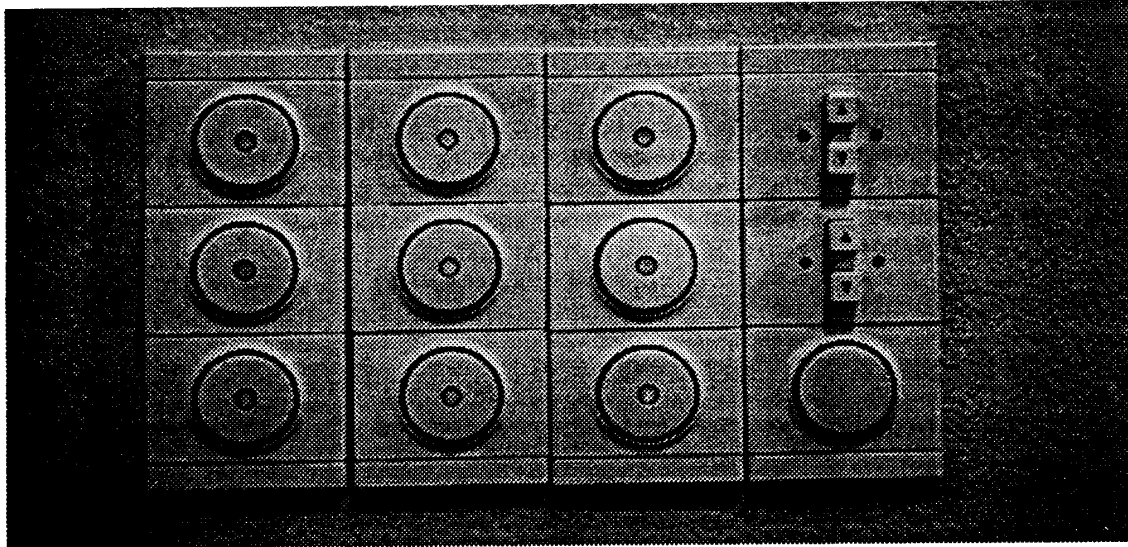
Die meisten Befragten würden ein verfeinertes Instrumentarium zum Energiesparen am Arbeitsplatz befürworten. Spontan wurde eine bessere (ev. automatische) Beleuchtungssteuerung und eine Einzelabsenkung der Gitterstoffstoren je Fenster genannt.

4.3 Verbesserungsmöglichkeiten aus Nutzersicht

Nachstehend noch einige Fakten und Zusammenhänge die aus der eigentlichen Befragung nicht hervorgingen sondern erst in einem vertiefenden Nachgespräch mit den Befragten zu Tage traten:

die Beleuchtung und Storensteuerung im Grossraumbüro liesse sich über zwei Schalterarmaturen von je 12 Ein/Aus-Schaltern relativ gut der Lichtsituation anpassen

dass dies kaum je im gedachten Sinne gemacht wird, hat einen ebenso trivialen wie folgeschweren Grund: Da die einzelnen Schalter nicht gekennzeichnet sind, ist es für den Benutzer sehr schwer zu erkennen, welche Lampengruppe mit welchem Schalter gesteuert werden kann. Ergebnis - da niemand lange herumexperimentieren will, werden im Normalfall jeweils alle Schalter betätigt und alle Lampen sind in Betrieb obwohl dies nicht unbedingt nötig ist. Der Installateur hat der Bauherrschaft seinerzeit die Beschriftung der Schalterplatten nahegelegt. Die NZZ wollte die Gravuren selber vornehmen. Fa-



zit: kleine Unterlassung, grosse Negativwirkung.

Abb. 27 Die etwas verwirliche und unbeschriftete Schalterplatte lädt nicht zur Handhabung ein

als Konsequenz ergibt sich im Grossraumbüro der NZZ auf der Basis eines - gemessen an den Sehbedürfnissen - übertriebenen Beleuchtungspegels ein Ambiente der Ruhe, der Wahrnehmungskonstanz auf hohem Niveau es scheint, als ob wie in Legebatterien- überdas Beleuchtungsniveau dasvegetative Nervensystem der Mitarbeiter stimuliert werden sollte ähnlich ist die Situation bei den Gitterstoffstoren. Da im Grossraumbüro der Blendschutz nur in vier Sektoren zu je 5-6 Fenstereinheiten gesteuert werden kann, muss im Extremfall für einen am Fenster besetzten Arbeitsplatz, der durch Blendung gestört wird, jeweils das halbe Grossraumbüro abgedunkelt und die Beleuchtung eingeschaltet werden. Wäre eine elektrische oder manuelle "Einzelfenster-Steuerung" vorhanden, könnte der Blendschutz wesentlich gezielter eingesetzt werden und der Tageslichtgewinn für die hinteren und nicht direkt sonnenbeschienenen Bürozonnen bliebe

erhalten

Nachteil der starren Sonnenschutzgläser ist ihre relative Wirkungslosigkeit bei tiefstehender Sonne im Herbst, Winter und Frühling. Dies führt zu unangenehmer Blendung, welcher wiederum mit dem zwangsläufig grossflächigen Einsatz der Gitterstoffstoren begegnet werden muss. Auch hier wäre eine Einzelfenster-Steuerung wünschenswert.

5. Energiesparpotential mit Lichtsteuerung

5.1 Gründe für automatische Lichtsteuerung

Die heutigen Büro - und Verwaltungsgebäude orientieren sich an den zeitgemässen Forderungen hinsichtlich Flexibilität, Rentabilität, Energie-Effizienz und Wohlbefinden am Arbeitsplatz.

Um diesen Ansprüchen auch in technischen Anlagen und Gebäudeinstallationen, insbesondere auch bei der Beleuchtung, gerecht zu werden, müssen heute Anlagen und Systeme in hohem Masse integriert werden. Dies indem sie einerseits konzeptionell strukturiert und andererseits "intelligent" aufgebaut sind.

Im NZZ-Neubau wurde dem Anspruch nach Wohlbefinden am Arbeitsplatz in vielfacher Hinsicht durch die konzeptionelle Gestaltung Rechnung getragen. So wurden unter anderem sehr grosse Fensterflächen mit speziellen Vorrichtungen integriert, die eine optimale Tageslichtnutzung zulassen. Konsequenterweise wurden die Arbeitsplätze auch tageslichtorientiert angeordnet.

Zum möglichst intelligenten Aufbau der Beleuchtungssysteme war zum Zeitpunkt des NZZNeubaus noch kein Bussystem für eine moderne Beleuchtungssteuerung auf dem Markt. So wurde eine konventionelle Lichtschaltung (Handbetätigung von verwirrend reichhaltig bestückten Schalterplatten) installiert. Damit kann die Kunstlichtsituation mehr schlecht als recht in Abhängigkeit des Tageslichtes beeinflusst werden.

Dies führt dazu, dass auch bei genügendem Tageslicht am Arbeitsplatz, wenn das Kunstlicht ausgeschaltet werden könnte, der Gang zum Lichtschalter nicht vollzogen wird. Dies unter anderem auch noch aus der Befürchtung heraus, dass bei der Bedienung der heute unbeschrifteten Schalterplatten unbeabsichtigt dem Nachbarn das Licht ausgedreht werden könnte, dieser lautstark reklamiert und so auch akustisch für Unruhe im Grossraum gesorgt ist. Dass derartige Szenen wirklich nicht aus der Luft gegriffen sind, hat eine Befragung bei der NZZ ans Licht gebracht (siehe Kapitel 4).

Mit einem intelligenten Lichtmanagement wie z.B. dem LUXMATE wäre es möglich, in Abhängigkeit des Tageslichtes das Kunstlicht zu regulieren. Mit diesem Lichtmanagementsystem könnten ohne häufiges Schalten und Dimmen per Knopfdruck die benutzergerechten und zonalen Anforderungen abgedeckt werden. Das richtige Beleuchtungsniveau - einmal eingestellt - würde sich im weiteren aussenlichtgesteuert von selbst regeln. Dass dabei handfeste Einsparungen im Energieverbrauch bei gleichzeitig erhöhter Motivation und Leistungsbereitschaft resultieren könnten, liegt auf der Hand.

5.2 Investitionskostenschätzung für Nachinstallation LUXMATE

Die Investitionskostenschätzung für die vorgängig im Detail beschriebenen Funktions- und Grossraumbüros basiert auf folgenden Annahmen:

es wird eine mittlere Flexibilität gewünscht (d.h. Arbeitsplatzzonen werden berücksichtigt und können verändert werden) Komponenten der tageslichtabhängigen Steuerung, die nur einmal im Gebäude benötigt werden (z. B. übergeordneter Rechner, Tageslichtsensor etc.), werden anteilmässig eingerechnet.

a) Funktionsbüro (AVOR - Büro)

Für die anzusteuernenden Beleuchtungskörper (8 Stück RCE 1/32 W, 4 Stk RCE 2/32 W) würde das LUXMATE - Lichtmanagement benötigen:

- 8 Stk digitale EVG PC - A 1/32 W
- 4 Stk digitale EVG PC - A 2/32 W
- 2 Stk digitale Schnittstellen DSI
- 1 Stk Gruppeneingabegerät GEG

-Kosten für Systemkomponenten: Fr. 1'018.- Kostenanteil an einmalige Komponenten pro Gebäude: Fr. 400.- Total Investition auf bestehende Anlage pro Büro: Fr. 1'418.-

b) Grossraumbüro

Für die Anzahl der Beleuchtungskörper (41 Stück RCE1/32W, 17 Stück RCE2/32W) würde das LUXMATE - Lichtmanagement benötigt:

- 1 Stk digitale EVG PC - A 1/32 W
- 17 Stk digitale EVG PC - A 2/32 W
- 12 Stk digitale Schnittstellen DSI
- 5 Stk Gruppeneingabegerät GEG
- Kosten für Systemkomponenten: Fr. 5'343.-
- Kostenanteil an einmalige Komponenten pro Gebäude: Fr. 1'931.-
- Total Investition auf bestehende Anlage: Fr. 7'274.-

5.3 Mutmassliche Energieeinsparung

Im höher installierten Funktionsbüro könnte mit LUXMATE der Energieverbrauch auf einen Viertel (25 %), im Grossraumbüro auf einen Drittel (32 %) reduziert werden. Der Vollständigkeit halber ist bei der im Hause Zumtobel im Programm "Luxmate Energy" durchgeführten Energieeinsparungsberechnung der Messwert der im Funktionsbüro durchgeführten Energiemessung, sowie die Möglichkeit einer Grenzwertschaltung bei 400 Lux angegeben.

Ganz eindeutig bringt eine Grenzwertschaltung gegenüber der Handbedienung (gemessene Werte) im AVOR-Büro nur eine unwesentliche Einsparung (ca. 10 %). Die Devise muss also

Büro (Typ)	Dauerlicht 8 – 19 Uhr	Licht gemäss Messung	Grenzwertschaltung	Luxmate-Steuerung	Sparpotential minimal	Sparpotential maximal
AVOR-Büro	1584 kWh	998 kWh	916 kWh	400 kWh	- 598 kWh	- 1'184 kWh
	(100 %)	(63 %)	(58 %)	25 %)	(- 60 %)	(- 75 %)
Grossraum	7425 kWh	–	4964 kWh	2'402 kWh	–	- 5'023 kWh
	(100 %)	–	(67 %)	(32 %)	–	(- 68 %)

heissen: Wenn Lichtreulieren, dann richtig, mit einem intelligenten Lichtmanagement!

Abb. 28 Sparpotential durch Grenzwertschaltung oder Luxmate-Steuerung

5.4 Pay-Back

Auf der Basis der durch den Systemlieferanten (ZUMTOBEL) offerierten Investitionskosten sowie bei einem durchschnittlichen Energiepreis von 0.20 Fr/kWh wurden die Pay-back-Zeiten ermittelt.

Dabei zeigt sich, dass die für die Nachinstallation eines Luxmate- Lichtmanagementsystems notwendige Investition von weniger als Fr. 500.- pro Arbeitsplatz sich bei gleichbleibenden Strompreisen in rund 7 Jahren zurückzahlt und der Energieverbrauch für die Beleuchtung um 60 bis 75 % reduziert werden kann. Bei steigenden Strompreisen würde sich die Amortisationszeit entsprechend verkürzen.

Bürotyp	AVOR	Grossraum	Total
Fläche	39 m2	297 m2	336 m2
Arbeitsplätze	3 Personen	24 Personen	27 Personen
Investitionskosten Luxmate pro Büro	1'418 Fr.	7'274 Fr.	8'692 Fr.
Investitionskosten Luxmate pro Arbeitsplatz	473 Fr/Person	303 Fr/Person	322 Fr/Person
Investitionskosten Luxmate pro Fläche	36 Fr/m2	25 Fr/m2	26 Fr/m2
Einsparung bei Grenzwertschaltung	134 Fr/Jahr	490 Fr/Jahr	623 Fr/Jahr
Pay – Back bei Grenzwertschaltung	10.5 Jahre	15 Jahre	14 Jahre
Jährliche Einsparung mit Luxmate minimal	120 Fr/Jahr	–.–	–.–
Jährliche Einsparung mit Luxmate maximal	237 Fr/Jahr	1'005 Fr/Jahr	1'242 Fr/Jahr
Pay – Back bei Luxmate	6 - 12 Jahre	7 Jahre	7 Jahre

Abb. 29 Pay - Back bei Installation eines nachträglichen Luxmate - Lichtmanagementsystems

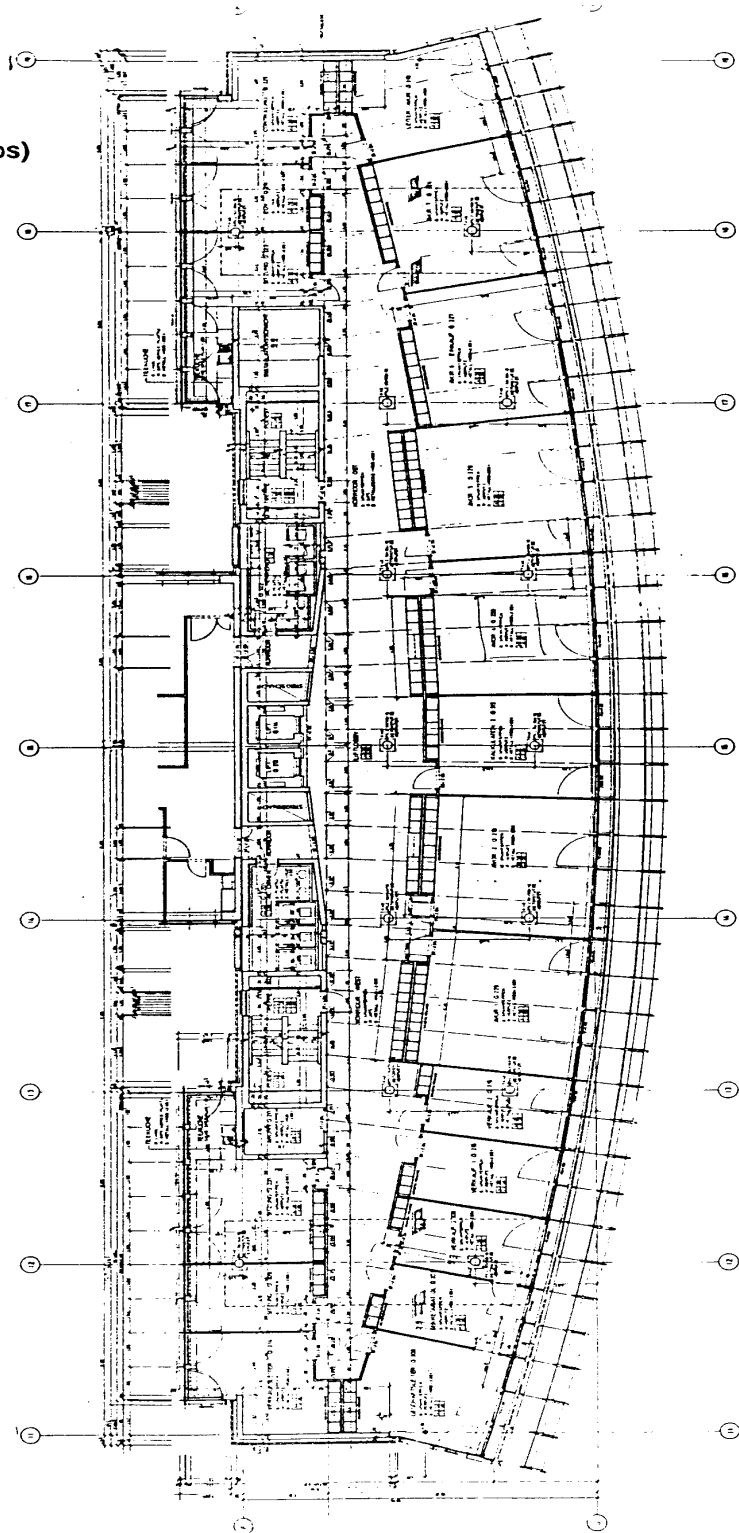
Bei dieser Art von intelligentem Lichtmanagement ist neben dem finanziellen und energetischen Nutzen viel subjektiver Nutzen im Sinne des verbesserten visuellen Komforts vorhanden. Der weitere Zusatznutzen einer intelligenten Beleuchtungssteuerung liegt:

in der erhöhten Motivation der Mitarbeiter durch ein stimulierendes, mengenmässig richtig gesteuertes und trotzdem individuell anpassbares Lichtmilieu im den NZZ- Mitarbeitern vermittelten Gefühl, zum rationellen Einsatz des Stromes einen persönlichen Beitrag zu leisten in geringeren Fehlleistungsquoten durch stabilere Wahrnehmung und damit per saldo erhöhter Produktivität

in einer zukunfts geschützten Investition, da garantiert wäre, dass bei Umbauten (Trennwandversetzungen, Umpositionierungen von Arbeitsplätzen) softwaremässige Mutationen vorgenommen werden können, was gegenüber hardwaremässig verkabelten, handgeschalteten und unterputzverlegten Installationen eine drastische Reduktion der Umbaukosten nach sich ziehen würde.

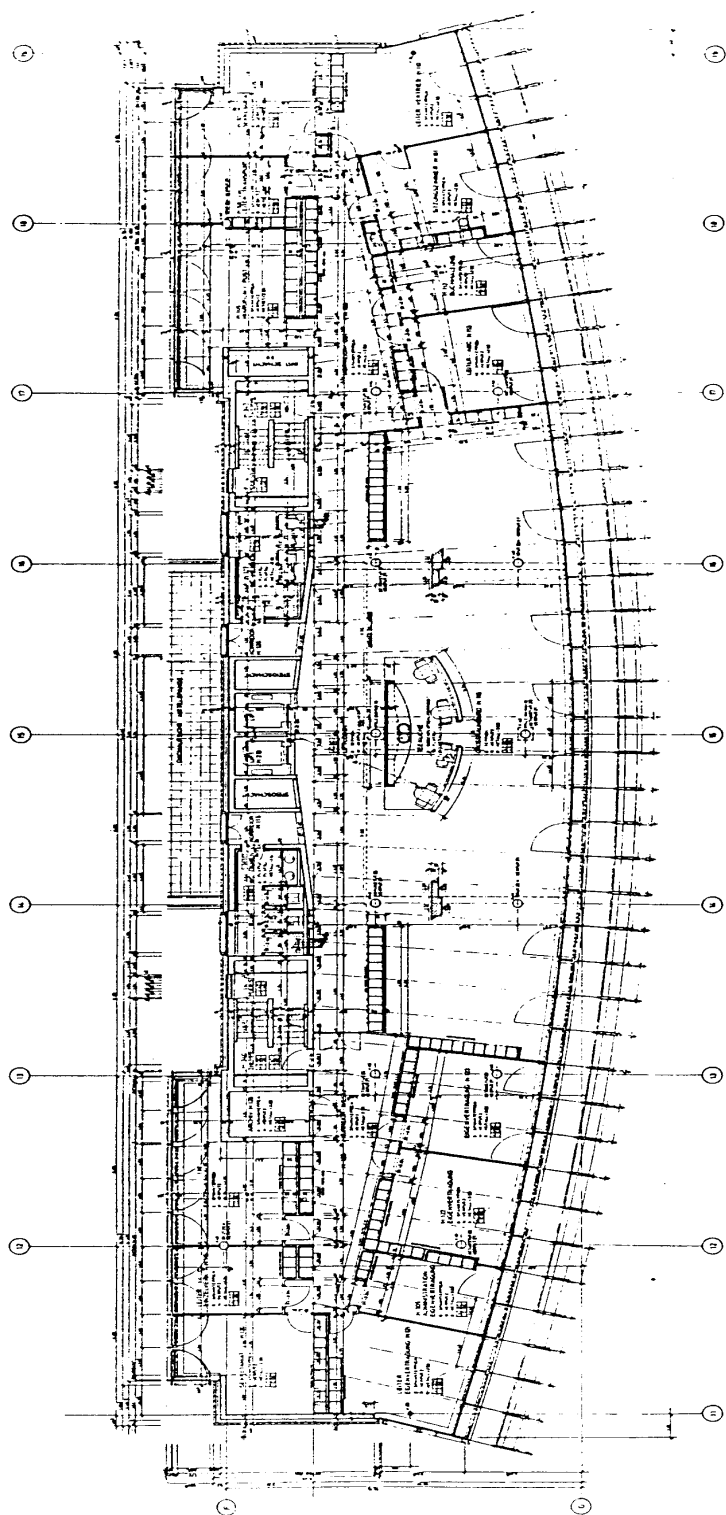
Tageslichtabhängige Lichtmanagementsysteme werden deshalb in Zukunft zum Regulierungsstandard von Bürogebäuden wie demjenigen der NZZ gehören, da durch sie erhöhte Ansprüche hinsichtlich visuellem Komfort, Wirtschaftlichkeit und Energie-Effizienz erfüllbar werden.

**6.1 Grundrissverkleinerung
G-Geschoss
(AVOR- oder Funktionsbüros)**



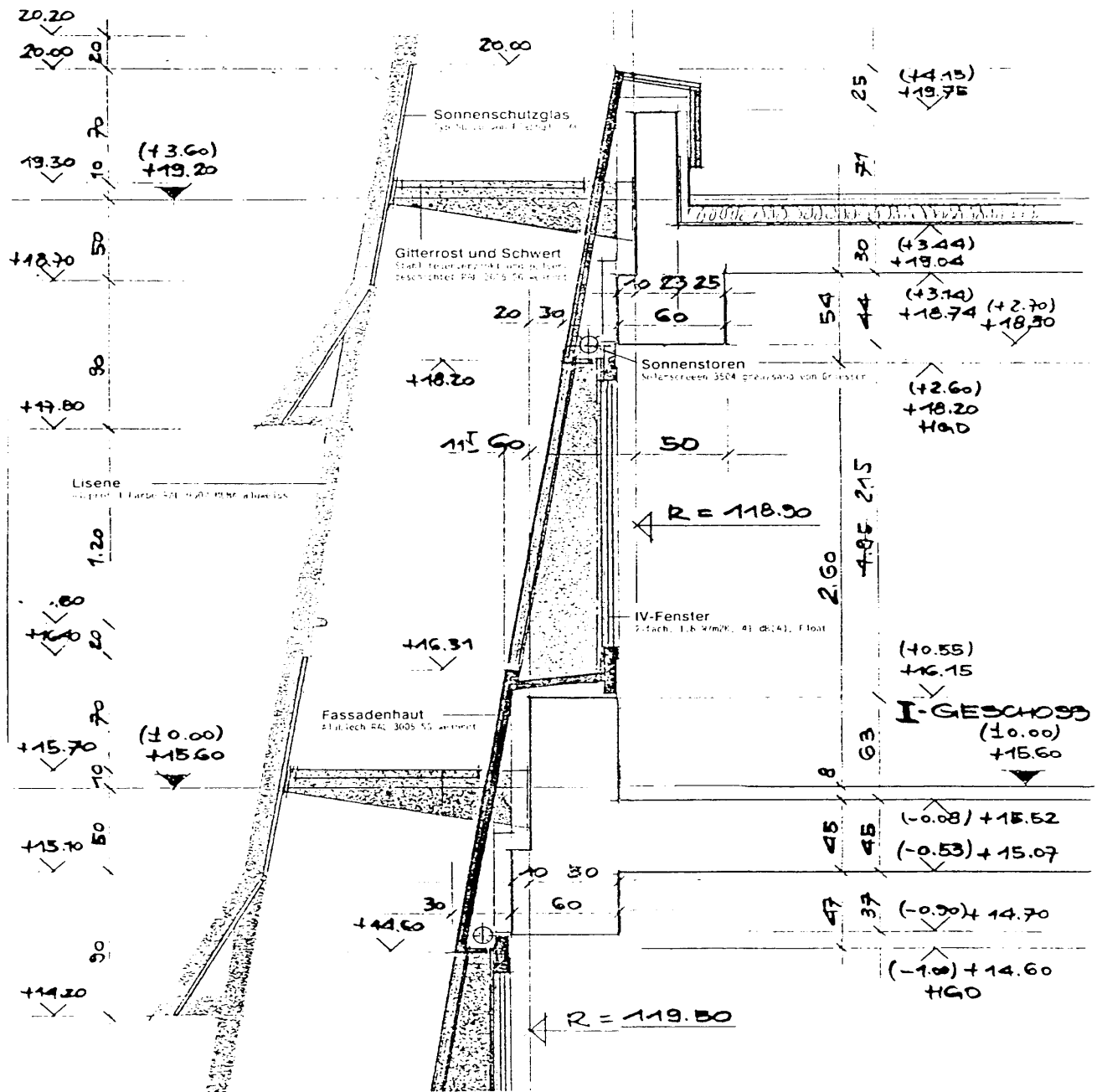
Architekten und Generalplaner:
Wenaweser und Wolfensberger AG, Zürich

6.2 Grundrissverkleinerung H-Geschoss (Grossraumbüro)



Architekten und Generalplaner:
Wenaweser und Wolfensberger AG, Zürich

6.3 Prinzipschnitt Südfassade Kopfbau NZZ



Architekten und Generalplaner:
Wenaweser und Wolfensberger AG, Zürich

6.4 Beleuchtungsstärkemessungen AVOR-Büro Tageslicht mit hochgezogenen Storen

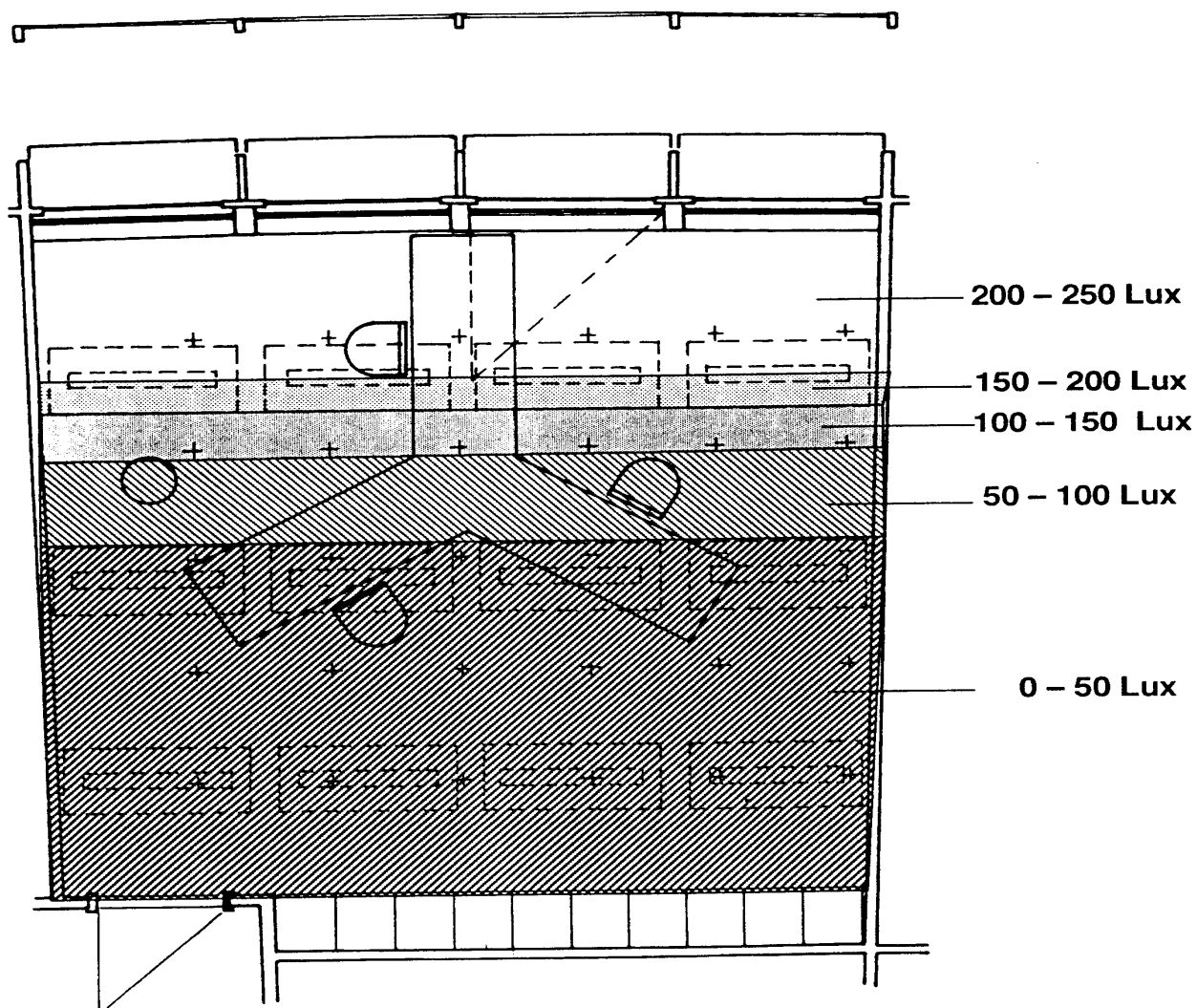
Regentag, 6.6.1991

Aussenbeleuchtungsstärke: Eh: 5000 Lux

Gitterstoffstoren hochgezogen

Kunstlicht ausgeschaltet

Mittlere Beleuchtungsstärke Em auf Nutzebene: 80 Lux



Messungen durch Zumtobel AG, Schweiz
Matthias Elmer

6.5 Beleuchtungsstärkemessungen AVOR-Büro Tageslicht mit abgesenkten Storen und Kunstlicht

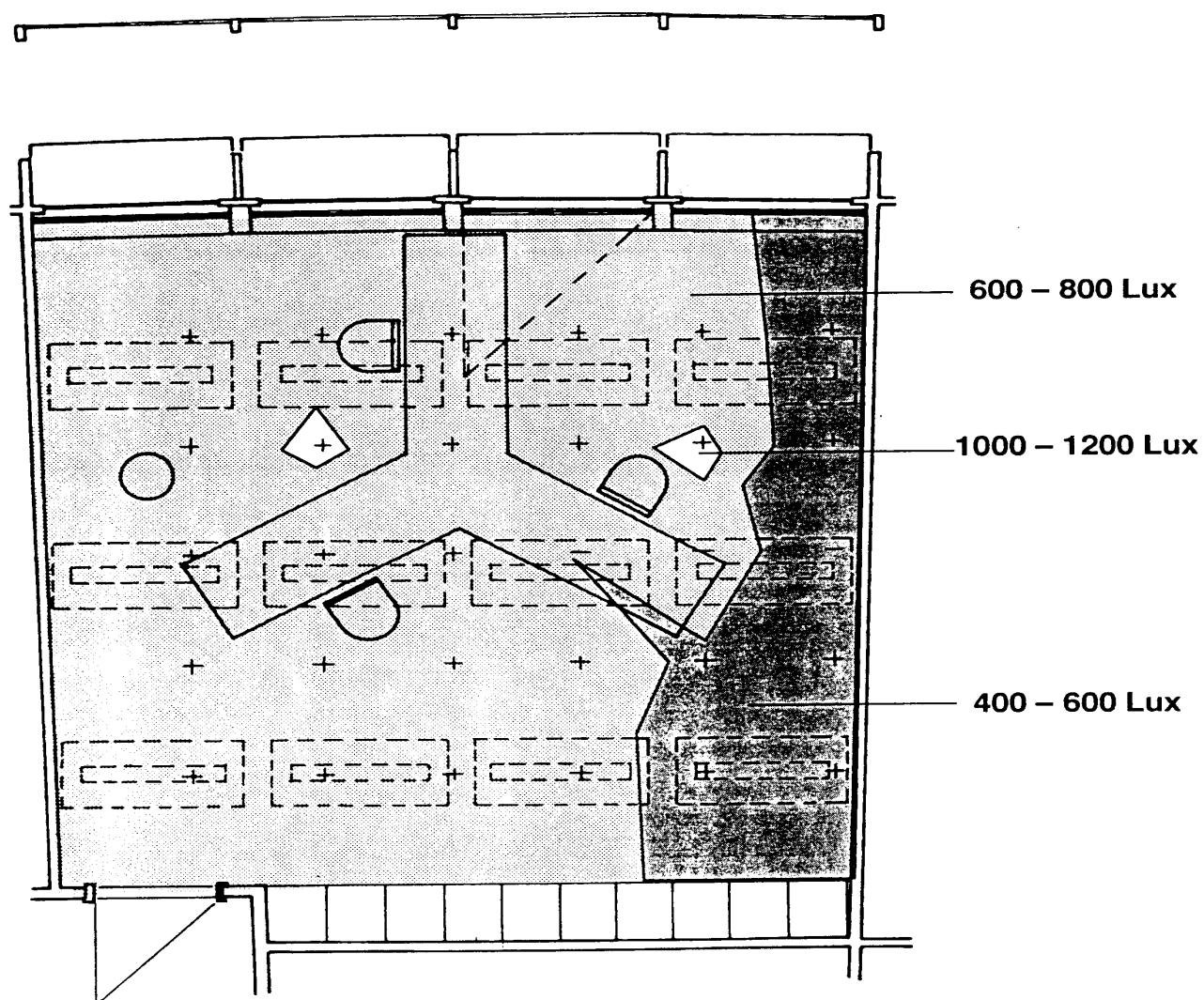
Regentag, 6.6.1991

Aussenbeleuchtungsstärke: E_h : 5000 Lux

Gitterstoffstoren abgesenkt

Kunstlicht eingeschaltet

Mittlere Beleuchtungsstärke E_m auf Nutzebene: 676 Lux



Messungen durch Zumtobel AG, Schweiz
Matthias Elmer

6.6 Beleuchtungsstärkemessungen AVOR-Büro Tageslicht und Kunstlicht mit hochgezogenen Storen

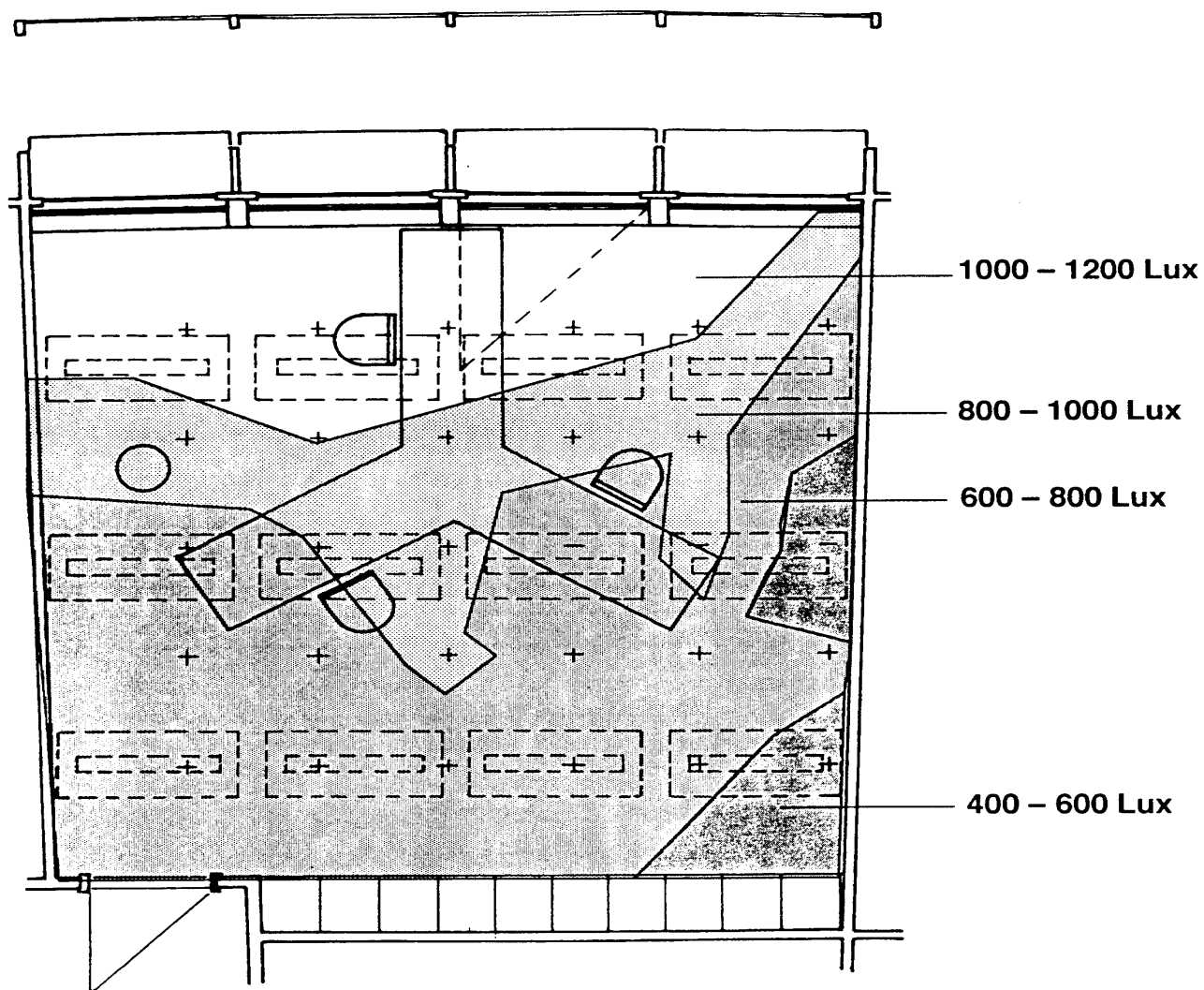
Regentag, 6.6.1991

Aussenbeleuchtungsstärke: Eh: 5000 Lux

Gitterstoffstoren hochgezogen

Kunstlicht eingeschaltet

Mittlere Beleuchtungsstärke Em auf Nutzebene: 806 Lux



Messungen durch Zumtobel AG, Schweiz
Matthias Elmer

FALLSTUDIE NR. 2

Objekt : EDMZ
Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale Fellerstrasse 21
3027 Bern - Bümplitz

Autor : Alfred Piazza, Bienne

INHALT

Kapitel 0 Inhaltsverzeichnis der Kurzfassung

0.1	Vorwort über die Kurzfassung/Erläuterungen über die Sanierung	43
0.2	Inhaltsverzeichnis der vollständigen Studie	
1	Auftrag	44
2	Zielsetzung	44
3	Das zu sanierende Gebäude (Vorstellung der EDMZ)	45
4	Problematik des Ist-Zustandes	47
5	Fortschritte in der Beleuchtungstechnik	49
6	Hinweis zur Erarbeitung der Planungsgrundlagen	50
7	Messungen und Analysen der verschiedenen Beleuchtungskörper	53
8	Ermittlung des Betriebsfaktors	58
9	Festlegung bzw. Berechnungen der effektiven Jahresbrennstunden	63
10	Sinnvolle Sparmassnahmen unter Berücksichtigung der vorhandenen Installationen	66
11	Beschreibung von drei Varianten	67
12	Mitarbeiter-Akzeptanz	72
13	Detaillierte Computerberechnungen	79
14	Vergleichstabelle War/Ist-Zustand der installierten Beleuchtungskörper	90
15	Detaillierte Kostenanalyse	91
16	Illustrationen	105

0.1 Vorwort Über die Kurzfassung/Erläuterungen über die Sanierung

Diese Kurzfassung bespricht die Sanierung der Beleuchtungsanlage im allgemeinen. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Erläuterungen im Kapitel 15 beziehen sich hier auf die gesamte Bürobeleuchtungsanlage (Büros EG bis 5. OG). Die detaillierten Computerberechnungen beschränken sich jedoch nur auf das Büro 1.07 im 1. OG.

Dem Interessenten stehen selbstverständlich ausführliche Informationen in der vollständigen Studie zur Verfügung.

Die Sanierung der Beleuchtungsanlage erwies sich, wie im Kapitel 4 erwähnt, als notwendig infolge erhöhtem Energieverbrauch, Wartungs- und Reinigungsaufwand. Aufgrund der Analyse und Beurteilung verschiedener Kriterien über den Zustand der Beleuchtungsanlage stand fest, dass eine Anpassung unentbehrlich war.

Es wurden mehrere Bemusterungen durchgeführt und in Zusammenarbeit mit dem EDMZ-Personal mittels zweier verschiedener Fragebögen vor und nach der Sanierung bewertet.

1. AUFTRAG

Das Bundesamt für Konjunkturfragen (BfK) hat mit dem Impulsprogramm RAVEL (Rationelle Verwendung von Elektrizität) Untersuchungsprojekte definiert, ausgeschrieben und in Auftrag gegeben. Ziel dieser Untersuchung ist es, Lücken im Basiswissen zu eruieren. Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine Fallstudie über die Sanierung einer Beleuchtungsanlage. Zusammen mit anderen Studien sollen die Ergebnisse in Umsetzungsprojekte und in die Ausbildung einfließen.

2. ZIELSETZUNG

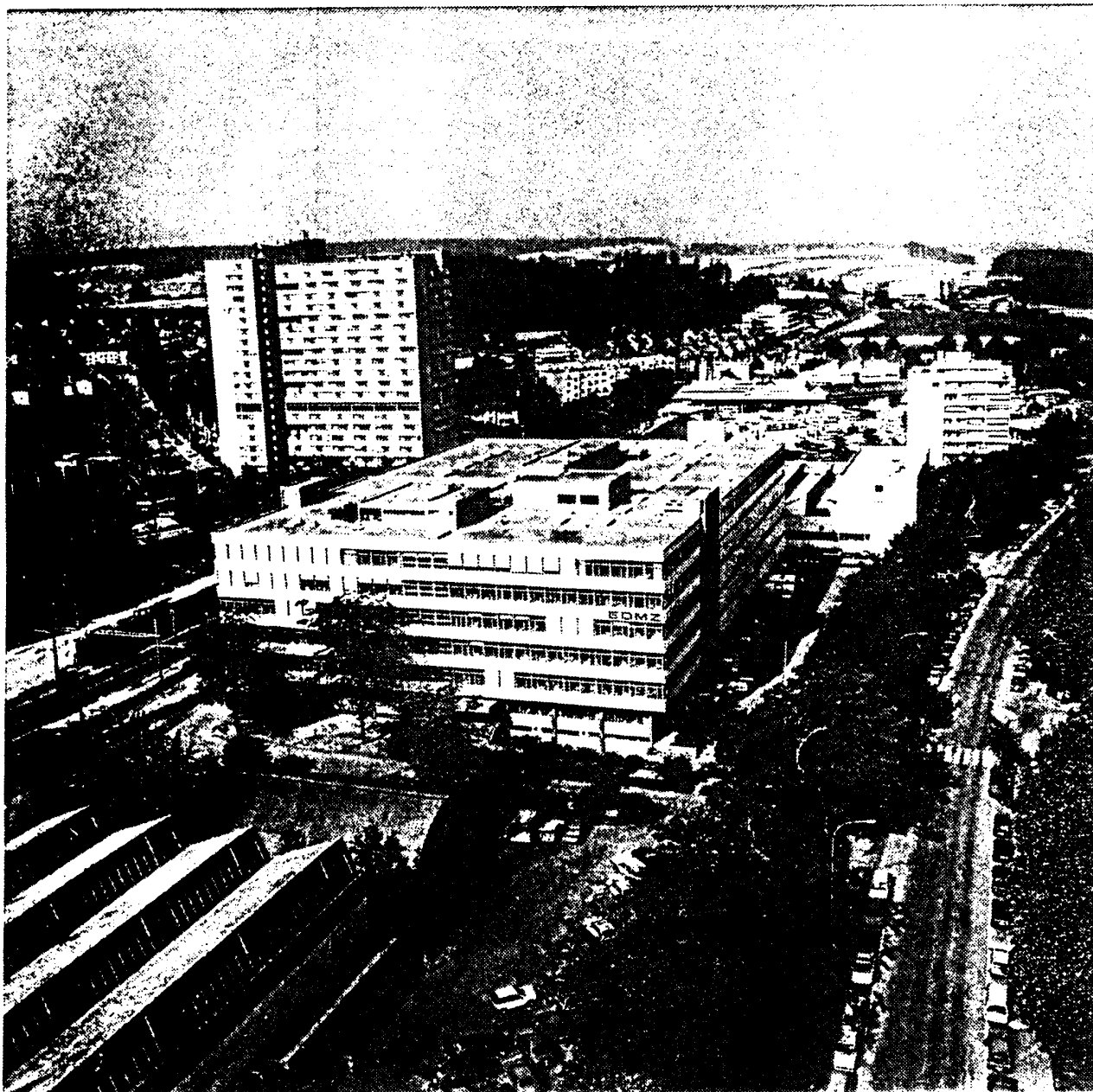
In sehr vielen, und leider auch in neu erbauten, Gebäuden entsprechen die Beleuchtungsanlagen nicht oder nicht mehr den heutigen Anforderungen und Richtlinien. Bei der Sanierung von Beleuchtungsanlagen werden sowohl Energieersparnisse als auch Verbesserungsmassnahmen gesucht, unter Anwendung der verschiedenen zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten und Systeme.

Nachstehend beschriebene Vorgehen, um Beleuchtungsanlagen sinnvoll zu erneuern, beruhen nicht nur auf den in der EDMZ gesammelten Erfahrungen, sondern auch auf früher geplanten Anlagen und sollen mithelfen, bereits bestehende Empfehlungen, Vorschriften und Richtlinien über Beleuchtungssysteme zu erweitern.

Es gibt heute noch zu wenig Material über dieses interessante Gebiet, das Architekten und Elektroplanern zur Verfügung steht; diese Arbeit soll einen Beitrag für zukünftige Lichtplaner leisten.

EDMZ Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale

Fellerstrasse 21
3027 Bern-Bümpliz



AFB - Gebäude 2011.DM

Aussicht Ost-Fassade

3.1 Vorstellung der EDMZ

EDMZ-Neubau Bümpliz-Nord

In der Sommersession 1963 hat das Parlament der Errichtung eines Neubaus für die EDMZ in Bümpliz-Nord zugestimmt.

Kredit:		Grundstück	Fr. 1 250 000.-
	Baukosten	Fr. 17 150 000.-	
	Mobiliar, Einrichtungen	Fr. 2 360 000.-	
Baubeschluss:	13. März 1964		
Baubeginn:	Mai 1965		
Technische Daten:	Bauareal	7 700 m ²	
	Ueberbauung	4 500 m ²	
	Bruttoraumfläche	34 000 m ²	
	Nutzlagerraum	29 000 m ²	
Bezug des Neubaus:	Frühjahr 1968		

Das Bauland von rund 7700 m² befindet sich an der Fellerstrasse (Tscharnergut) in Bümpliz, in unmittelbarer Nähe der Station Bümpliz-Nord. Das Gebäude umfasst zwei Untergeschosse, Erdgeschoss und fünf Ober-geschosse. Im Ostteil des Gebäudes befinden sich, abgetrennt vom eigentlichen Lagerraum, Büros und Werkstätten, im obersten Geschoss das Rechenzentrum der Bundesverwaltung RZ.BV, Dienstwohnungen, Kantine, Aufenthalts- und Schulungsräume. Die Grundfläche be-trägt ca. 4500 m² pro Stockwerk.

4. Problematik des Ist Zustandes

4.1 Ausgangslage

Anlässlich verschiedener Besprechungen im Januar 1988 wird entschieden, ein Sanierungskonzept für die EDMZ an der Fellerstrasse 21, Bern-Bümpliz, zu erstellen. Eine Analyse des damaligen Zustandes sei untenstehend aufgeführt:

4.2 Analyse und Beurteilung über den Zustand der Beleuchtungsanlage der EDMZ

1. Die meist installierten zweiflammigen Rasterleuchten mit einer Leistung von ca. 100 W (Ausführung 2x40 W) und die konventionellen Vorschaltgeräte sind als veraltet zu betrachten.
2. Die installierte Beleuchtungs-Leistung, vor allem in den Korridoren und zum Teil auch in den Büros, ist zu hoch, bis zu 40 W/m².
3. Die meisten Büros sind nur mit einem Schalter Schema 0 versehen, welcher die ganze Bürobeleuchtung einoder ausschaltet.
4. Eine ergonomisch richtige Ausleuchtung der Arbeitsplätze (z.B. bei Bildschirmarbeitsplatz) ist nicht gewährleistet.
5. Obwohl die meisten Beleuchtungskörper mit einer Röhre von 36 W (D 26 mm) ausgerüstet sind, werden hier nur geringfügige Energieersparnisse erreicht, da die Verlustleistung der alten Vorschaltgeräte unverändert bleibt.
6. Wartung/Reinigung:
Wegen der Veralterung der Beleuchtungskörper sind momentan die wartungsarbeiten zu hoch. Für die Reinigung der Kunststoffraster ist einerseits mit Schwierigkeiten zu rechnen (Rasterung zu klein), anderseits können solche Raster wegen Farbveränderung nicht mehr den ursprünglichen Glanz erreichen.

7. Eine gewisse Anzahl Vorschaltgeräte fangen an zu brummen (dadurch wird die Lebensdauer der Röhre verkürzt und nicht zuletzt das Personal gestört).
8. Durch eine Meinungsumfrage beim EDMZ-Personal wird eindeutig eine blendungshemmende, energiesparende Beleuchtungsanlage gewünscht.

4.3 Schlussfolgerungen

Aufgrund der Analyse und des Zustandes der Beleuchtungsanlage steht nun fest, dass eine sinnvolle Anpassung unbedingt erforderlich ist. Die bestehende Beleuchtungsanlage ist licht- und energietechnisch veraltet. Die ergonomisch richtige Ausleuchtung der Arbeitsplätze (Bildschirmarbeitsplätze) in den Büros und die Blendungsbegrenzung in den Lager ist nicht gewährleistet.

Der Wunsch nach einer besseren Raumatmosphäre und energiesparenden Beleuchtungsanlagen wird durch eine Meinungsumfrage beim EDMZ-Personal eindeutig geäußert. Dies bedingt ein modernes Lichtkonzept, d.h. unter anderem auch eine Anforderung an die Beleuchtungsqualität.

Besseres Licht bietet:

- Grosse Möglichkeiten für die Ergonomie
- Raumgestaltung (Ästhetik)
- Wirtschaftlichkeit

5. Fortschritte in der Beleuchtungstechnik

5.1 Einleitung

Die Leuchten-Industrie hat in den letzten Jahren grosse Fortschritte in bezug auf Lichttechnik und Wirtschaftlichkeit erreicht. In einem Zeitraum von ca. 25 Jahren hat sich der Wirkungsgrad der Beleuchtungskörper, inkl. deren Zubehör, von 35% auf 65% fast verdoppelt. Das Verlangen nach Energie-Einsparungen wird immer stärker. Normgerechte Beleuchtungsanlagen lassen sich heute mit ca. der Hälfte (wie in unserem Sanierungsbeispiel EDMZ) der Anschlussleistung realisieren. Die untenstehend beschriebenen Merkmale aus verschiedenen Sichten schildern die letzterzielten Innovationen aus diesem Produkt und zwar:

5.2 Aus der Sicht der Lampen z.B. "TL-D HF":

- Höhere Lichtausbeute (7-10 % mehr mit EVG) - Kleinere Lampenleistung
- Längere Lebensdauer
- Bessere Farbwiedergabe

5.3 Aus der Sicht des Vorschaltgerätes z.B. "EVG":

(besonders empfohlen, wenn mehr als 1'300 Betriebsstunden pro Jahr und Energiepreise ab Fr. 0,15 pro kWh überschritten werden)

- Höherer Leistungsfaktor
- Lampenschonender Warmstart
- Starterloser Betrieb
- Kein stroboskopischer Effekt; stabiles Brennen - Abschaltautomatik des VG am Ende der Lebensdauer der Lampe

5.4 Aus der Sicht der Beleuchtungskörper:

- Höherer Betriebswirkungsgrad
- Bessere Lichtstärkeverteilung
- Bessere Blendungsbegrenzung
- Bessere Lichtfarbe und Farbwiedergabe
(abhängig von der Lampenauswahl)

5.5 Zusammenfassung

5.5.1 Aus der Sicht der gesamten Anlagen (5.2/5.3/5.4)

- Höherer Anlagewirkungsgrad
- Höhere Beleuchtungsqualität
- Attraktives und wärmeres Aussehen der Räume
(z.B. in den Büros mit einer oder mehreren Personen)
- Kleinere Wärmebelastung durch niedrig installierte Leistung
- Substantielle Energieeinsparungen

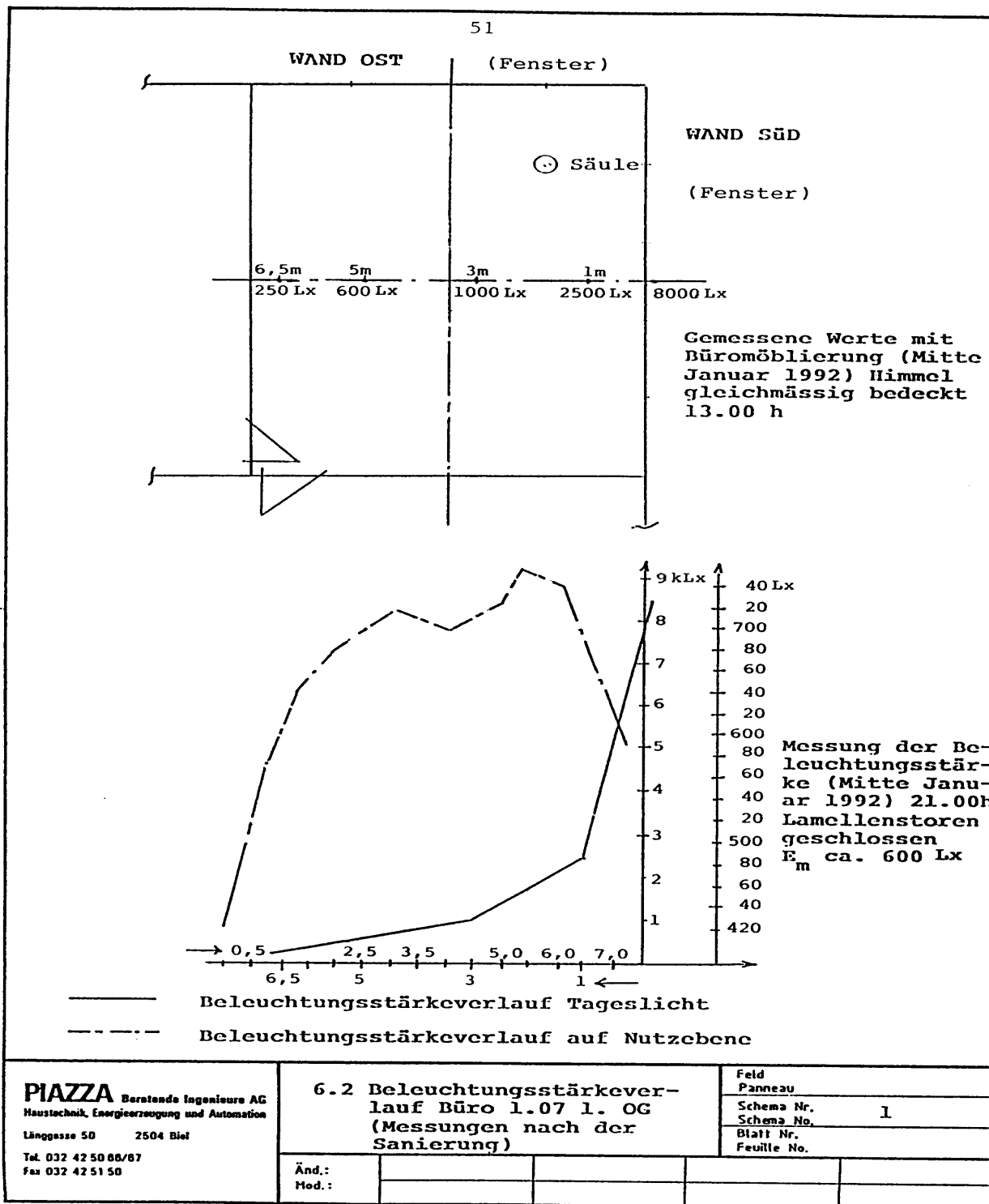
6. Hinweis zur Erarbeitung der Planungsgrundlagen

6.1 Einleitung

Einer der wesentlichen Aufgaben bei der Planung ist die Ermittlung der verschiedenen Kriterien zur Erarbeitung einer Bedarfsanalyse.

Messungen der bestehenden Innengestaltungen, Blendungsbegrenzung, Sonnenschutz sowie Reflexionsgrade der zu sanierenden Anlage sind vorgängig auszuführen. Sie sind für die weiteren Bearbeitungen und Vergleiche unentbehrlich. Mit dem Einsatz von EDV-unterstützten Beleuchtungsprogrammen können diese Messungen, ergänzt mit den zukünftigen Bedürfnissen und Wünschen des Auftraggebers (siehe auch Kapitel 12.4 Fragebogen), sinnvoll verarbeitet werden. Wie aus den verschiedenen Kapiteln dieser Studie zu entnehmen ist, ist neben anderen wichtigen Fakten eine höhere Beleuchtungsqualität ein Hauptmerkmal für die Sanierung einer bestehenden Beleuchtungsanlage. Man kann solche Ziele erfolgreich erreichen durch den Einsatz von Beleuchtungskörpern mit optimaler Lichtverteilung (exakte Lichtlenkung) und hohem Beleuchtungswirkungsgrad, welche sich in die vorhandene Gebäudestruktur bzw. Gebäudeeigenschaft integrieren lassen.

Auf nachfolgender Seite die Aufnahme des Beleuchtungsstärkeverlaufes des Büros 1.07 im 1. OG (Messungen nach der Sanierung). Das Photo in 6.4 zeigt das Büro im Frühling 1989.





PIAZZA Beratende Ingenieure AG
Heustechnik, Energieerzeugung und Automation
Länggasse 50 2504 Biel
Tel. 032 42 50 86/87
Fax 032 42 51 50

6.4 Photographische Aufnahme
Büro 1.07 Frühling 1989

Feld	
Panneau	
Schema Nr.	1
Schema No.	
Blatt Nr.	
Feuille No.	

Änd.:				
Mod.:				

7. Messungen und Analysen der verschiedenen Beleuchtungskörper

7.1 Einleitung

Um zu einem objektiven und reellen Resultat der Untersuchungen zu gelangen, werden die wichtigsten Beleuchtungskörper (alt und neu) einzeln gemessen. Zusätzlich zu den üblichen Messkriterien wie Spannung, Strom, Leistung und Leistungsfaktor wird mittels einem Harmonics-Programm die Oberwellenmessung der erwähnten Alt- und Neu-Beleuchtungskörper durchgeführt (siehe nachfolgende Seiten 16 und 17).

Bemerkung: Die Oberwellenmessungen fanden in unserem Büro statt.
Am Hauptverteilungs-Eingang (Zuleitung zwischen EW-BernTransformator 2 x 540 kVA und Hauptverteilungs-Hauptschalter) sind jedoch heute, mit angeschlossener neuer Beleuchtungsanlage, folgende mittlere Oberwellenwerte gemessen worden:

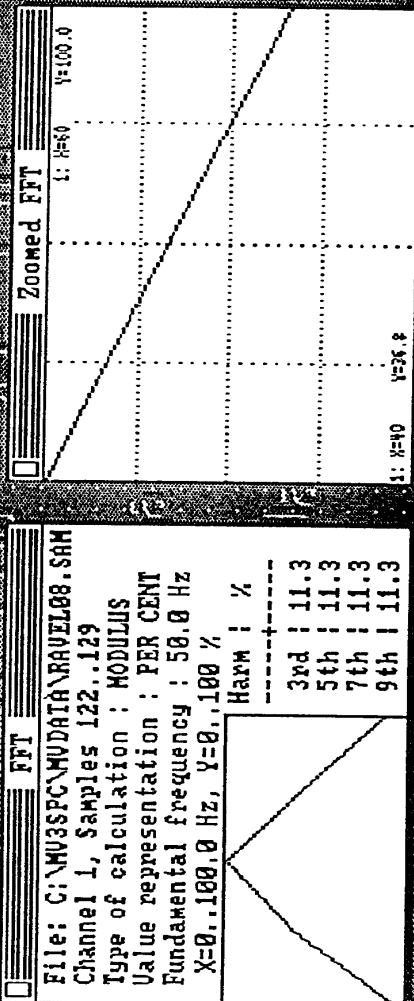
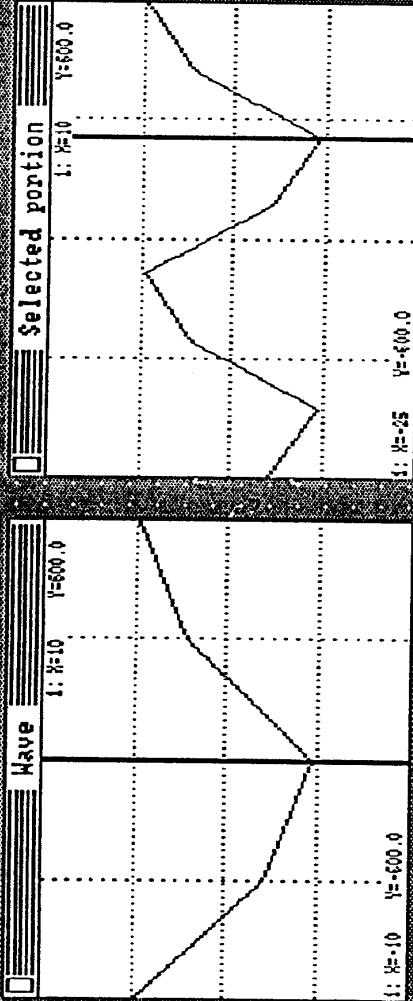
Oberwelle Nr.	Mittelwert		Phase
	Un %	In %	
3	0.25	57.01	L ₁
	0.41	88.13	L ₂
	0.36	236.81	L ₃
5	1.95	154.69	L ₁
	1.82	22.63	L ₂
	1.84	49.84	L ₃
7	0.52	222.76	L ₁
	0.57	92.55	L ₂
	0.74	109.83	L ₃
9	0.11	42.07	L ₁
	0.15	76.47	L ₂
	0.14	188.52	L ₃

- Mit angeschlossener USV-Anlage 300 kVA

- Mit angeschlossener Kompensationsanlage 440kVAr

Fabrikat Zumtobel RAD-A lx36W/I mit Vorschaltgerät und
Röhre Osram lx36W D 26 mm

SELECT RUN ZOOM MEASURE PRINT QUIT



File: C:\MU3SPC\MUDATA\RAVEL08.SAM
Channel 1, Samples 122..129
Type of calculation : MODULUS
Value representation : PER CENT
Fundamental frequency : 50.0 Hz
X=0..100.0 Hz, Y=0..100 %

Harmon	%
3rd	11.3
5th	11.3
7th	11.3
9th	11.3

PIAZZA Beratende Ingenieure AG
Haustechnik, Energieerzeugung und Automation
Länggasse 50 2504 Biel
Tel. 032 42 50 66/67
Fax 032 42 51 50

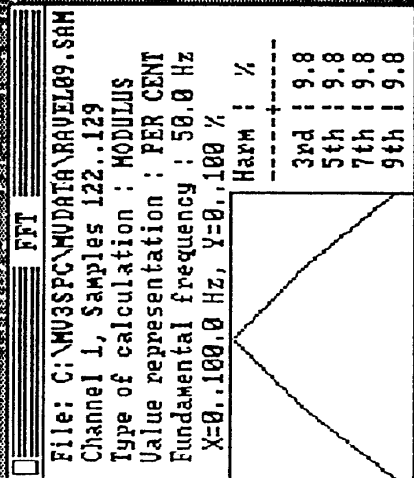
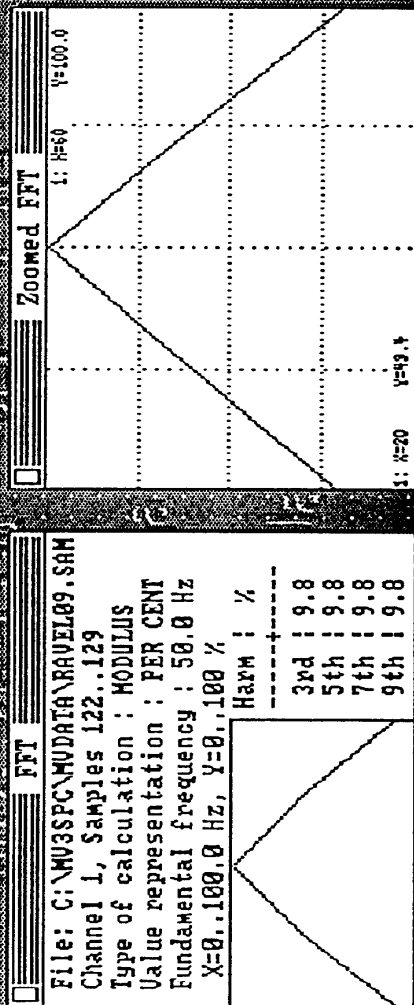
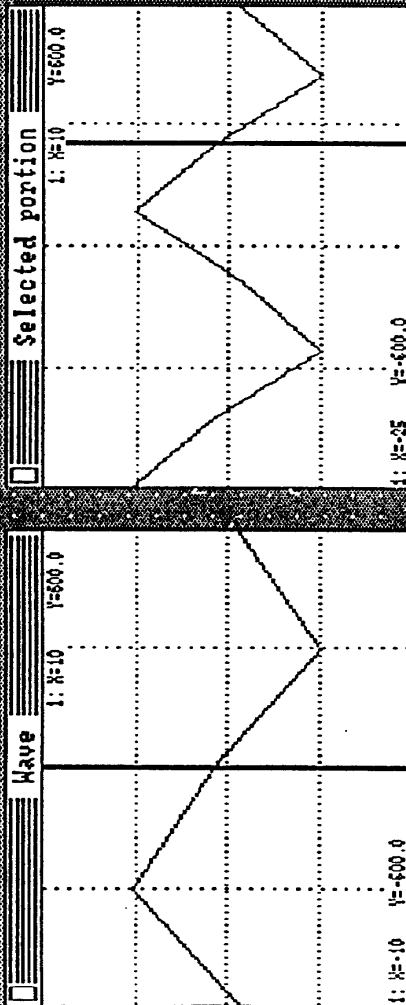
Bürolampe neu

Änd.:				
Mod.:				

Feld	Panneau
Schema Nr.	2
Blatt Nr.	
Feuille No.	

Fabrikat Novelectric 2x40 W/I mit Vorschaltgerät KVG und
Röhre Osram 2x36 W D 26 mm

SELECT RUN ZOOM MEASURE PRINT QUIT



Kodex 2000
Ravel 09

PIAZZA Beratende Ingenieure AG
Haustechnik, Energieerzeugung und Automation
Länggasse 50 2504 Biel
Tel. 032 42 50 86/87
Fax 032 42 51 50

Bürolampe alt

Änd.:
Mod.:

Feld
Panneau
Schema Nr.
Schema No.
Blatt Nr.
Feuille No.

2

56

Energieeinsparungs-Vergleich alte und neue Anlage

	Alte Anlage Büro 1.07	Neue Anlage Büro 1.07
Beleuchtungsstärke	ca. 500 Lx (Betriebswert)	ca. 600 Lx (Betriebswert)
Nutzungsdauer/Jahr	ca. 1650 h	ca. 1320 h
Bestückung	20x2x36 W KVG	20x1x36 W VVG
Lichtstrom pro Leuchte	6900 Lm	3450 Lm
Anschlusswert/Leuchte	110 W	43 W
Anschlusswert total	2200 W	860 W
Energiekosten/Jahr (Arbeits- preis HT 0,11 Fr./kWh)	399.30 Fr.	124.85 Fr.
Stromgrundpreis/kW/Jahr (Gebühr 108.-Fr.)	237.60 Fr.	92.90 Fr.
Jährliche Stromkosten	ca. 636.90 Fr.	ca. 217.75 Fr.
Jährliche Ersparnisse bezogen auf Stromkosten	ca. 419.15 Fr.	bzw. ca. 66 % =====
Raumdaten: LxB = 7,7m x 9,3m		
Raumgrundfläche = 71,61 m ²		
Spezifischer Anschlusswert	ca. 30 W/m ²	ca. 12 W/m ²

8. Ermittlung des Betriebsfaktors

8.1 Beschreibung der Messanlage

Zur Steuerung und Ueberwachung komplexer technischer Anlagen können heutzutage geeignete EDV-Systeme mittels Personalcomputer auch für Beleuchtungsinstallationen sinnvoll eingesetzt werden.

Die eingesetzte Elektronik (siehe unten B), welche wir zu preisgünstigem Einführungspreis durch die Fa. Conson AG erhielten, dient uns vor allem zur Registrierung und Protokollierung der Ein- und Ausschaltvorgänge bzw. Betriebszeit eines Büros verschiedener Personalbelegungen.

Die Messanlage setzt sich wie folgt zusammen:

A) EDV-Anlage

- IBM-Kompatible PC/XT mit 640 KB Ram
- CGA-Farbmonitor
- CGA-Graphikkarte
- Festplatte 20 MB
- 2 Serielle Schnittstellen (Interface; Mouse) - 1 Parallele (Drucker)
- 1 Mouse mit 3-Tasten
- 1 Matrix-Drucker 24N

B) Elektronik

- 1 Interface DC 130
- 1 optische Filter DC 131
- 2 2-Draht-Transmissions Bausteine DC 134
- 4 Ein/Ausgänge-Module DC 22
- 1 Power Supply DC 11

C) Software - Ueberwachungsprogramm

Das Ueberwachungsprogramm registriert alle Daten, steuert und regelt die Zeitabläufe.

D) Installation

Ausrüstung von 4 Büros und 1 Korridor (siehe Prinzipschema 8.2 Blatt 1)

- Büro 1.05	belegt mit	1 Person
- Büro 1.06	"	2-3 Personen
- Büro 1.07	"	3-5 Personen

- Im Korridor sind unter anderem Kopierapparate und Aktenschränke untergebracht; es werden kleine Arbeiten durchgeführt.

Bemerkung: diese Situation bzw. Bürobelegungskonfiguration kommt in der EDMZ wie auch überall sonst in der Bundesverwaltung sehr oft vor.



8.3 Kommentar zu den Messungen

Die in diesem Kapitel ermittelten Betriebszeiten resultieren aus den durchgeführten Messungen während der Periode Februar 91 / Januar 92. Wo Zweifel bestand (da die Steuerelektronik während den Messarbeiten verschiedene kurze Ausfälle erlitt) wurden die Daten interpoliert und als Richtwerte in den Berechnungen eingesetzt. Die Festlegung der Betriebsfaktoren im Kapitel 9 kann jedoch als verbindlich betrachtet werden.

Wichtige Erkenntnisse

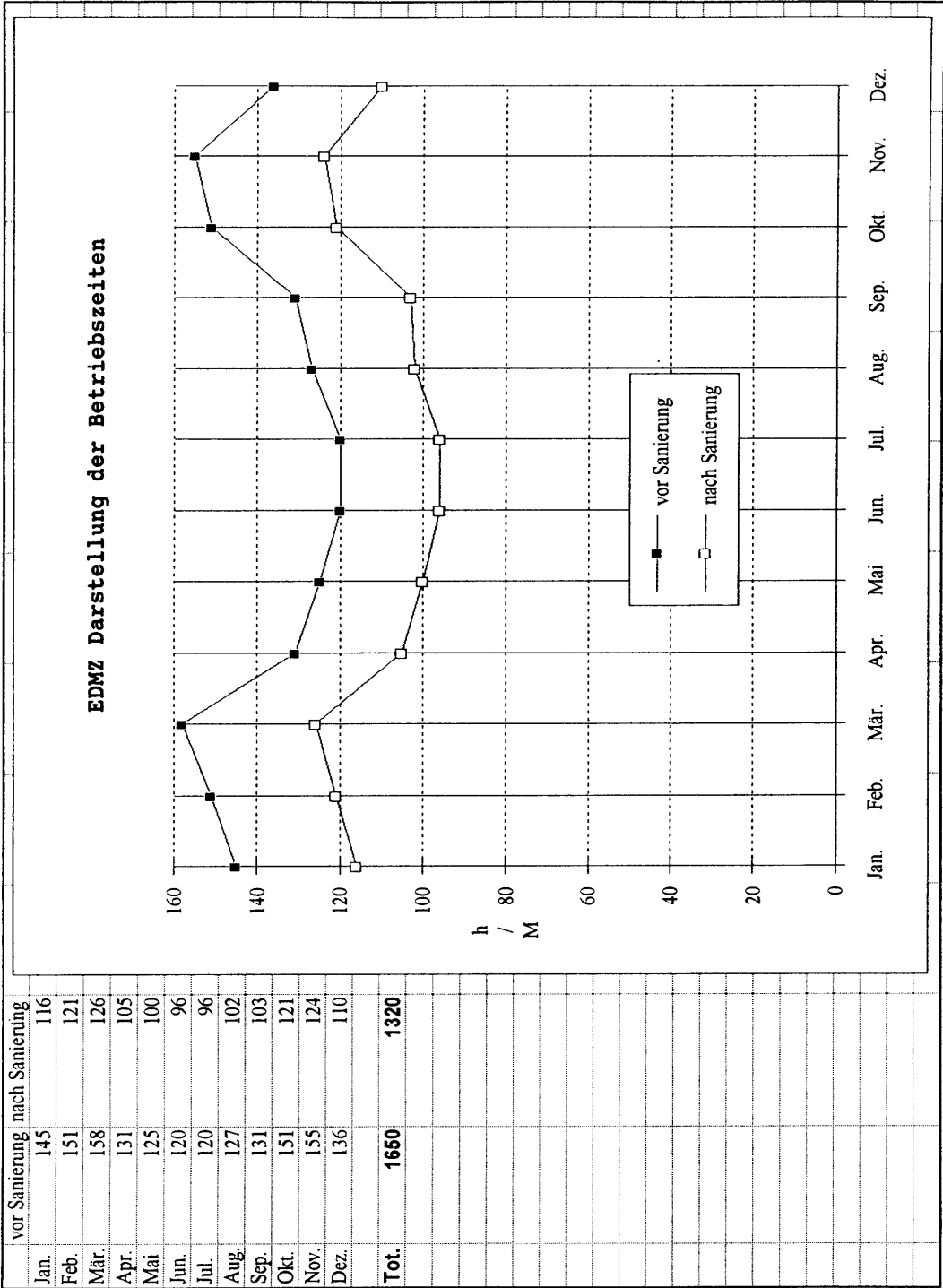
Während der Messperiode zeigte sich das EDMZ-Personal sehr kooperativ und bediente die zur Verfügung gestellte Anlage mit Interesse. Anlässlich verschiedener Baubegehungen und Durchführungen von Messarbeiten an der alten und der bereits neu installierten Anlage ist uns vor allem an Sommer- oder sehr sonnigen Tagen ein menschliches Fehlverhalten aufgefallen. Die BüroBeleuchtungskörper den Fenstern entlang wurden, obwohl genügend Tageslichteinfall vorhanden war, nicht manuell ausgeschaltet. Die Reihen Mitte und Türe waren jedoch korrekterweise ausser Betrieb.

Diese Feststellung bringt uns auf folgende Erkenntnis:

- Die vorteilhafte Blendungsbegrenzung der Parabolspiegelraster aus Reinstaluminium wirkt der Energieeinsparung etwas entgegen, da der brennende Zustand der Leuchte bei genügend Tageslicht vom menschlichen Auge nicht wahrgenommen wird.
- Demgemäss ist bei neu geplanten Beleuchtungsanlagen eine automatische Abschaltung der Beleuchtung insbesondere dem Fenster entlang unbedingt empfehlenswert. Die automatische Abschaltung soll in geeigneten Gruppen nach natürlichem Lichteinfall zur Raumtiefe hin unterteilt sein. Die Lösch- und Freigabeschaltungen sollen verzögert werden, die manuelle Wiedereinschaltmöglichkeit soll für jeden Raum örtlich gewährt sein.

Auf den nachfolgenden Seiten ist die Ermittlung der Betriebszeiten vor und nach der Sanierung ersichtlich.

RAVEL Bürobeleuchtung vor und nach der Sanierung (ravei002)



9. Festlegung bzw. Berechnungen der effektiven Jahresbrenndauer

9.1 Einleitung

Der Gebäudekomplex stellt sich, wie unter Pkt. 3.1 erwähnt, aus folgenden Teilen und Nutzungen zusammen:

2. und 1. Untergeschoss	: Lager
Erdgeschoss	: Lager und Büro
1. bis 4. Obergeschoss	: Lager und Büro
5. Obergeschoss Teil 1	: Büro
5. Obergeschoss Teil 2	: Rechenzentrum der Bundesverwaltung (RZ.BV)

Die Betriebszeiten der EDMZ sind wie folgt festgelegt:

- Arbeitszeit Büro und Lager	8,25 h/Tag
- Gebäudezugänglichkeit	06.30 - 18.30 h
- Blockzeit	08.00 - 11.30 h
	14.00 - 16.00 h
- Anzahl Tage pro Jahr	250

Für das Eidg. Rechenzentrum der Bundesverwaltung RZ.BV gelten folgende Arbeitszeiten:

- Arbeitszeit normal	8,25 h/Tag
- Personalanwesenheit im Schichtbetrieb 06.00 - 22.00 h durchgehend	
- Anzahl Tage pro Jahr	
261 Tage à 16 h	(Mo. bis Fr.)
52 Tage à 5 h	(Samstag)
4 Tage à 5 h	(Sonntag)

Nach etlichen Besprechungen mit den zuständigen Sektionschefs und unter Mitwirkung des Personals werden Jahresbrenndauer und Nutzungszeiten wie folgt ermittelt:

9.2 Korridor

(innenliegender Raum; kein Tageslichteinfall)

Betriebszeit	11 h pro Tag; 250 Tage pro Jahr
Betriebsfaktor	fb 0,95; gemessen und interpoliert
Brenndauer	$250 = T/a \times 11 \text{ h/T} \times 0,95 = \underline{\underline{2612 \text{ h/a}}}$
	(alt + neu)

9.3 Treppenhaus

(grosszügiger Tageslichteinfall)

Betriebszeit	14 h pro Tag; 250 Tage pro Jahr
Betriebsfaktor	$f_b = 0,80$ (aus Schaltungsgründen wird die Beleuchtung vorwiegend in Betrieb gelassen); theoretischer Wert
Brenndauer	$250 T/a \times 14 h/T \times 0,80 = 2800 h/a$ alt
Korrekturfaktor	infolge Stockwerk-Schaltungsänderung $0,70 = 1960 h/a$ neu

9.4 Lager

(innenliegender Raum; geringfügiger Tageslichteinfall)

Betriebszeit	13 h pro Tag; 250 Tage pro Jahr
Betriebsfaktor	$f_b = 0,95$ (alte Zonen-Aufteilung)
Brenndauer	$250 T/a \times 13 h/T \times 0,95 = 3087 h/a$ alt
Korrekturfaktor	infolge neuer Zonen-Aufteilung (Sektormessungen) $0,80 = 2470 h/a$ neu

9.5 Büro

(genügend Tageslichteinfall z.B. nach Klasse 2)

Betriebszeit	11 h pro Tag; 250 Tage pro Jahr
Betriebsfaktor	$f_b = 0,60$; gemessen und interpoliert
Brenndauer	$250 T/a \times 11 h/T \times 0,60 = 1650 h/a$ alt
Korrekturfaktor	infolge Schaltungsänderung (Schema 1) $0,80 = 1320 h/a$ neu

9.6 RZ.BV

(Mischung zwischen innenliegendem Raum; grosszügiger und geringfügiger Tageslichteinfall)

Betriebszeit	16 h pro Tag; 289 Tage pro Jahr
Betriebsfaktor	$f_b = 0,80$ (aus der Mischrechnung); theoretischer Wert nach Sektormessung
Brenndauer	$289 T/a \times 16 h/T \times 0,80 = 3699 h/a$ alt
Korrekturfaktor	infolge neue Zonen-Aufteilung $0,70 = 2590 h/a$ neu

9.7 Zusammenfassung

Für die Festlegung der verschiedenen Betriebsfaktoren gelten folgende Überlegungen:

- 1) Für das Lager war der Betriebsfaktor annähernd "I", da diese Räume als innenliegende Räume der Klasse S gelten. Während der Realisierungsphase der Beleuchtungssanierung wird zum Teil eine neue Klar-Verglasung die alte Opalverglasung ersetzen.
- 2) Für die Büros ist der Betriebsfaktor mit "0,6" ermittelt (gemessen und interpoliert). Ein weiterer Reduktions-Faktor von "0,80" wird in der Festlegung der Betriebsdauer miteinbezogen (gemessen), da die Büros nun mit Schaltern des Typs Schema 1 ausgerüstet sind und nicht zuletzt die Beleuchtungsanlage in neue Zonen aufgeteilt ist. Es ist angebracht, an dieser Stelle zu erwähnen, dass die meisten Büros zwischen 2 und 5 Arbeitsplätze aufweisen und das Personal eine unregelmässige Präsenzzeit hat.

Ferner wird im Kapitel 6 der Beleuchtungsstärkeverlauf des Tageslichtes gemessen und überprüft, dessen Wert die Berechnungen im Kapitel 13 "Detaillierte Computerberechnungen" (notwendiges künstliches Beleuchtungsniveau) unterstützt.

10. Sinnvolle Sparmassnahmen unter Berücksichtigung der vorhandenen Installationen

10.1 Bürobeleuchtung

Für die Realisierung der Sanierung werden folgende Möglichkeiten analysiert:

1. Tageslichtabhängige Beleuchtungsanlage mittels Sigma-i-Bus-Installation (ABB-Normelec)
2. Kontinuierliche Regelung mittels stufenlos regulierbarem elektronischen Hochfrequenzvorschaltgerät
3. Einsatz von verlustarmen Vorschaltgeräten VVG und EVG
4. Getrennte Schaltung der Lampenstellen (Fenster/Türe)
5. Neue Leuchtenanordnungen. Ersetzen der heutigen Anordnung durch ein besseres, arbeitsplatzorientiertes Allgemeinbeleuchtungs-Konzept.
6. Beleuchtungskörper mit einer Leuchtstoffröhre

Beschluss der Analyse

Die bestehenden Beleuchtungskörper sind veraltet und werden deshalb ersetzt. Wie die verschiedenen Bemusterungen gezeigt haben, werden einflammige Beleuchtungskörper mit geringem Energieverbrauch (VVG), Parabolspiegelraster - geeignet für Bildschirmarbeitsplatz-Beleuchtung, empfohlen. Mit vernünftigem Aufwand können die Lampenstellen mit etwas Drahtnachzug einerseits und Ersetzen der vorhandenen Schalter andererseits in der Schaltung getrennt werden (Fenster/ Türe). Damit wird bereits ein interessanter Spareffekt realisiert. Die Büros in der EDMZ sind meistens als Mehrpersonen-Büros zu betrachten; das EDMZ-Personal ist mehrheitlich (aus dem Fragebogen entnommen) energiebewusst eingestellt.

11. Beschreibung von drei Varianten

11.1 Einleitung

Unter Berücksichtigung der Räumlichkeiten sowie deren Nutzung wird auf Grund verschiedener Bemusterungen die optimalste Beleuchtungsqualität gesucht. Bei der Planung werden mögliche Beleuchtungslösungen überprüft; das EDMZPersonal arbeitet eng mit dem Planer zusammen (siehe Kapitel 12 Mitarbeiter-Akzeptanz); mit Sorgfalt werden die Ergebnisse ausgewertet.

Hier werden Beleuchtungssystem-Kombinationen analysiert wie

- Direkt
- Indirekt
- Direkt/Indirekt

Die Versuche stehen immer in direkter Vergleichsmöglichkeit zwischen dem Altzustand und der entsprechenden Erneuerungsvariante.

Der Energieverbrauch einer Beleuchtungsanlage hängt vor allem vom lichttechnischen Entwicklungsniveau der verwendeten Beleuchtungskörper ab. Alle Versuche verwenden Lampen und Leuchten, deren Technik den letzten Stand verkörpern.

Zur Veranschaulichung was dies bedeuten kann:

- wenn früher eine installierte Leistung von 40 W/m^2 schon als gut galt, so lässt sich dieser Wert heute mit moderneren Systemen auf weit unter 15 W/m^2 senken - unser erreichtes Ziel liegt durchschnittlich sogar knapp über 10 W/m^2 .

Die EDV-Anlage hat sich in den letzten Jahren in der EDMZ überall durchgesetzt; es gibt fast kein Büro mehr ohne Bildschirm. Das gesuchte Beleuchtungskonzept basiert vor allem auf den SUVA-Empfehlungen, es wird eine horizontale Beleuchtungsstärke zwischen 300 und 450 Lx gesucht, da dies den besten Kompromiss darstellt.

Die Wahl der bevorzugten Beleuchtungsstärke liegt jedoch leicht über 500 Lx, da wegen der geringen Tätigkeit am Bildschirm ein dunkler Raum nicht erforderlich ist. Für die endgültige Ausführungsplanung ist eine EDV-unterstützte Beleuchtungsberechnung notwendig, ergänzt durch eine entsprechende Programmanalyse. Eine solche Anlage erlaubt eine kompetente und konzeptobjektive Beurteilung.

11.2 Direktbeleuchtung

Die bestehende Beleuchtungsanlage (Direktbeleuchtung) wird durch eine ähnliche in Parabolspiegellasterleuchte, geeignet für Bildschirmarbeitsplatz-Beleuchtung, ersetzt.

Es ist unser Ziel, die Beleuchtungssanierung unter Verwendung der gleichen Lampenstellen zu realisieren, dies nicht nur aus wirtschaftlichen, sondern auch aus ästhetischen Gründen, z.B. Erhaltung des Gebäudeaspektes von aussen.

Mit hochwertigen Parabolspiegellaster-Leuchten wird hier eine beinahe totale Ausblendung oberhalb von 550 (zur Vermeidung von Reflexblendungen auf die Bildschirme) erreicht.

Die gute Gleichmässigkeit der Beleuchtungskörper durch Anwendung einer breitstrahlenden Lichtverteilung, ermöglicht eine angenehme Kontrastwiedergabe in den Räumen.

Diese Variante wird vom EDMZ-Personal sehr begrüsst und erweist sich letztendlich, auch wirtschaftlich gesehen, als sinnvollste. (Siehe genaue Computerunterstützte Berechnungen im Kapitel 13)

11.3 Indirektbeleuchtung

Die Deckenpanele werden auf Grund der Beleuchtungssanierung neu angestrichen, es ist somit mit einer guten Reflexion der Decke zu rechnen. Im Gegensatz zu Darklight ergibt diese Art Beleuchtung ein diffuses, weiches und, man kann es behaupten, weitgehend schattenfreies Licht. Die Leuchten sind der Type stehend und werden in der Nähe des Arbeitsplatzes aufgestellt. Wegen den obenerwähnten Bildschirmen eignet sich diese Art von Beleuchtung gut, jedoch findet diese Variante trotz grossem Tageslichteinfluss beim EDMZ-Personal kein grosser Anklang.

Aus Planersicht seien die wichtigsten Vor- und Nachteile kurz geschildert:

- | | |
|------------|---|
| Vorteile: | <ul style="list-style-type: none"> - Grosse Flexibilität in der Raumnutzung - Geringfügige Spiegelung und praktisch kein Glanzeffekt bei reflektierenden Materialien - Gute Kontrastwiedergabe auf Papier und sonstigem - Die Leuchten reflektieren nicht auf Bildschirmen - Absolut keine Blendung |
| Nachteile: | <ul style="list-style-type: none"> - In den Büros mit dunkler Möblierung ergibt sich ein ungünstiger Eindruck des Raumes - Das schattenfreie Licht wirkt sich auf das menschliche Empfinden eher negativ aus - Der Raum-Hintergrund ist zu wenig beleuchtet; bedingt zum Teil eine Deckenbeleuchtung |

11.4 Direkt Indirektbeleuchtung

Da wie unter 11.3 erwähnt der Raum-Hintergrund zu wenig beleuchtet ist, wird hier versucht, die grundsätzlichen Vorteile von qualitativen Spiegelrasterleuchten mit denen der Indirektbeleuchtung zu verbinden. Wegen der geringen Raumhöhe (die heruntergehängten Decken sind leider nicht überall gleich hoch und die Panele nicht alle in der gleichen Richtung montiert) müssen Stehleuchten mit Deckenlampen kombiniert werden. Wünschenswert wäre eine echte Direkt/Indirektbeleuchtung, bestehend aus einer

parabolischen Spiegelprofilen BAP-geeignet.

Die Bewertung des EDMZ-Personals ist eher positiv; die Beleuchtungsstärke wird jedoch ein bisschen in Frage gestellt.

- | | |
|------------|--|
| Vorteile: | <ul style="list-style-type: none"> - Grundsätzlich wie unter Punkt 11.2 erwähnt - Das Innenfeld des Büroraumes ist somit beleuchtet |
| Nachteile: | <ul style="list-style-type: none"> - Dieses System bedingt ein Umdenken des Personals bezüglich dem Umgehen mit der Beleuchtungsanlage (Schaltungsart und Wartezeit). |

abgehängten Reflektorleuchte mit gerechneten

11.5 Technische Daten der verwendeten Beleuchtungs körper

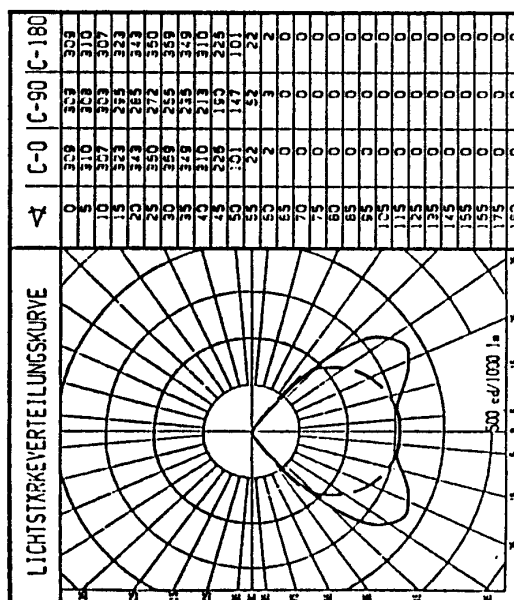
Leuchtentype: RAD 1/35 breit

Darlight-Parabelspiegelraster-Anbauleuchte
Aluminium-Parabelspiegelraster, hochglänzend eloxiert
Leuchtergehäuse Stahlblech, weiss thermolackiert
verstellbare Lichttechnik - Temperporession "besteht"

02 DI - 1P 20

Access (L.S.H.): RAD 1/35 1251 • 145 • 122
RAD 1/59 1551 • 145 • 122

Positive prospects: Restor-Ambou! solution



LICHTLABOR - 2255/1

ZUMBEL

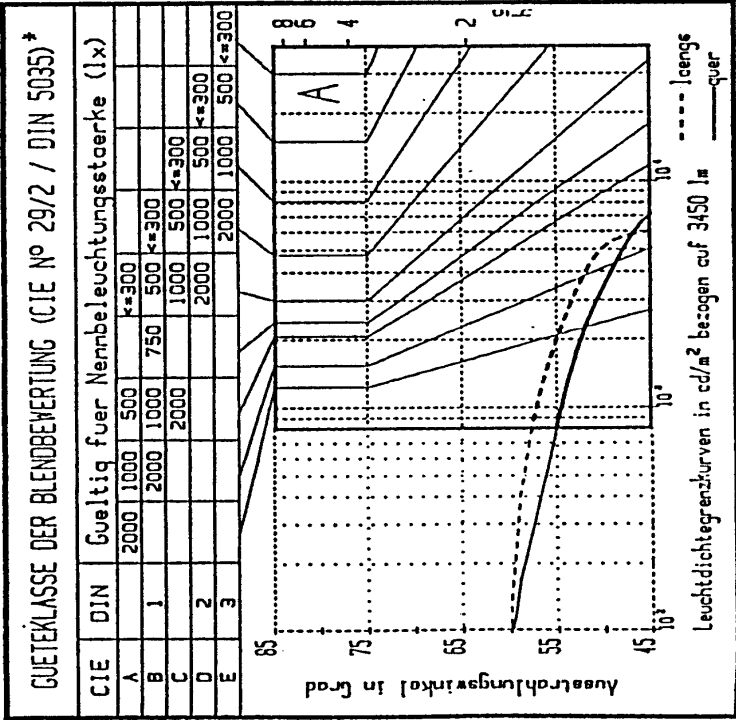
BELEUCHTUNGSWIRKUNGSRADE															
KORREKTURWERTEN			Betriebsbestimmungsgrad						0.70						
18V; --			LITG-Klassifikation						A60						
35V; 1.00			BZ-Klassifikation						BZ2/3/BZ1						
55V; 0.93			UTE-Klassifikation						0.703						
REFL	DECKE	WAND	BODEN	50		30		50		30		30		0	
				30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10
RAUMVERHÄLTNIS	0.8			42	40	37	36	41	35	35	35	35	31		
	0.8			51	48	46	44	49	45	43	43	39			
	1.0			58	54	52	50	55	51	49	49	43			
	1.25			64	58	59	55	60	56	54	53	50			
	1.5			68	61	63	58	64	60	57	57	54			
RAUMVERHÄLTNIS	2.0			73	65	69	62	68	65	61	60	57			
	2.5			76	67	72	65	70	68	63	62	59			
	3.0			79	69	75	67	73	70	65	64	62			
	4.0			83	72	80	71	76	75	69	68	65			
	5.0			86	74	84	73	79	77	71	70	68			

GLEICHMASSIGKEIT										E _{min} E = 1,...						
Dargestellt	LPH = 1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2						
Lichtband	LPH = 1.0	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.4	1.7	2.3						
LPH = 1.0	LPH = 1.0	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.4	1.7	2.2						
LPH = 1.0	LPH = 1.5	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.5	1.8	2.2						

ZUMTobel

LICHTLABOR – 2255/1

Leuchtentype: RAD 1/36 breit



* Erweiterte Darstellung des Leuchtdichtebereichs von $1 \cdot 10^2$ bis $4 \cdot 10^4 \text{ cd}/\text{m}^2$

12. Mitarbeiter-Akzeptanz

12.1 Einleitung

Bei der Auswahl des richtigen Beleuchtungskonzeptes bei einer Sanierung sind neben den Hauptkriterien Qualität/Quantität und Wirtschaftlichkeit noch weitere Faktoren zu berücksichtigen, die sich auf den Menschen und seine Gesundheit förderlich auswirken. Der Wunsch nach einer attraktiven Raumatmosphäre am Arbeitsplatz und das veränderte Energiebewusstsein bedingen modernere Lichtkonzepte. Die Aufgabe des Planers ist es, eine detaillierte Reihe von Kriterien aufzustellen, die die zweckmässigste Realisierung der Beleuchtungsanlage ermöglichen.

12.2 Die wichtigsten Güteanforderungen

In der vollständigen Studie werden neben den wichtigsten Güteanforderungen einer Beleuchtungsanlage noch andere hauptsächliche Kriterien aufgeführt.

Auf das Kriterium Wirtschaftlichkeit wird in dieser Studie bewusst verzichtet und besonders dem menschlichen Aspekt Vorrang gegeben.

Die verschiedenen Ansichten werden in Form einer Checkliste zusammengefasst (siehe nachfolgendes Blatt). Ziel und Zweck dieses Formulars ist, das Personal des zu sanierenden Objektes in die Beleuchtungsplanung der neuen Anlage zu integrieren und mitentscheiden zu lassen.

Anschliessend die nochmals ausgefüllten Fragebogen nach der Sanierung für Büro Nr. 1.07 sowie Lager 1. OG.

12.4 FRAGEBOGEN

Objekt : Arbeitsgattung:					
Mitarbeiterakzeptanz / Befragung		Versuch Nr. vom bis			
Bezeichnung	Bewertungskriterien				Bemerkungen
	Un- befrie- digend	Be- frie- digend	Gut	Opti- mal	
<u>Eindruck / Empfinden</u> - Raumatmosphäre - Raumeindruck - Wohlbefinden - Akzeptanz - Design - Lichtfarben - Anordnung der Leuchten <u>Beurteilung der Beleuchtungsanlage</u> - Helligkeitseindruck - Beleuchtungsniveau - Lichtkomfort (Ergonomie) - Lichtverteilung im Raum - Schattigkeit - Farbwiedergabe - Reflexion Wand/Decke/Boden - Technik: Direkte Beleuchtung Indirekte Beleuchtung Indirekte/Direkte Beleucht. - Lampenschaltung ... Gruppen					

Auswirkung auf das Sehvermögen - Kontraste - Sehschärfe (Formenempfindlich) - Unterschiedsempfindlich - Akkomodation (Weitschen von kleinen Objekten) - Adaptation des Auges - Flimmerfreiheit - Blendungsbegrenzung - Zuviel Licht ?					
	Σ				
Diverses - Pausenregelung ca. Min./Tag - Dauer der Beschäftigung am Bildschirm ca. h/Tag - Spiegelung auf Bildschirmoberfläche; mögliche Störfaktoren (Selbstbewertung): - Ihr Verhalten bei genügend Tageslicht: - Haben Sie Bedürfnis an Tischlampen: - Funktionalität des Versuches (Selbstbewertung):					
Bitte beschreiben sie kurz den IST-Zustand: 					

Objekt : EDMZ Arbeitsgattung: Beleuchtung Büro 1.07					
Mitarbeiterakzeptanz / Befragung			Versuch Nr. vom bis		
Bezeichnung	Bewertungskriterien				Bemerkungen
	Un- befrie- digend	Be- frie- digend	Gut	Opti- mal	
<u>Eindruck / Empfinden</u>					
- Raumatmosphäre			X		
- Raumeindruck			X		
- Wohlbefinden			X		
- Akzeptanz			X		
- Design		X			
- Lichtfarben				X	
- Anordnung der Leuchten			X		
<u>Beurteilung der Beleuchtungsanlage</u>					
- Helligkeitseindruck				X	
- Beleuchtungsniveau				X	
- Lichtkomfort (Ergonomie)				X	
- Lichtverteilung im Raum				X	
- Schattigkeit				X	
- Farbwiedergabe				X	
- Reflexion Wand/Decke/Boden				X	
- Technik:				X	
Direkte Beleuchtung					
Indirekte Beleuchtung					
Indirekte/Direkte Beleucht.					
- Lampenschaltung ... Gruppen			X		

<u>Auswirkung auf das Sehvermögen</u> - Kontraste - Sehschärfe (Formenempfindlich) - Unterschiedsempfindlich - Akkomodation (Weitschauen von kleinen Objekten) - Adaptation des Auges - Flimmerfreiheit - Blendungsbegrenzung - Zuviel Licht ?			X X X X X		
					→ :
	Σ				
<u>Diverses</u> - Pausenregelung ca. 2 x 15 Min./Tag - Dauer der Beschäftigung am Bildschirm ca. 6 h/Tag - Spiegelung auf Bildschirmoberfläche; mögliche Störfaktoren (Selbstbewertung): hängt vom Gerät ab und wie es positioniert wird - Ihr Verhalten bei genügend Tageslicht: Licht aus - Haben Sie Bedürfnis an Tischlampen: nein - Funktionalität des Versuches (Selbstbewertung): gut					
Bitte beschreiben sie kurz den IST-Zustand: Büro mit viel Tageslicht da zwei Fensterfronten. 4 Arbeitsplätze durch Stellwände abgetrennt. Ausgefüllt durch Hr. Baumgartner Abt. Informatik Büro 1.07 1. OG					

Objekt : EDMZ Arbeitsgattung: Beleuchtung Lager 1. OG					
Mitarbeiterakzeptanz / Befragung			Versuch Nr. vom bis		
Bezeichnung	Bewertungskriterien				Bemerkungen
	Un- befrie- digend	Be- frie- digend	Gut	Opti- mal	
<u>Eindruck / Empfinden</u>					
- Raumatmosphäre			X		
- Raumeindruck			X		
- Wohlbefinden			X		
- Akzeptanz			X		
- Design				X	
- Lichtfarben			X		
- Anordnung der Leuchten			X		
<u>Beurteilung der Beleuchtungsanlage</u>					
- Helligkeitseindruck			X		
- Beleuchtungsniveau			X		
- Lichtkomfort (Ergonomie)			X		
- Lichtverteilung im Raum			X		
- Schattigkeit			X		
- Farbwiedergabe			X		
- Reflexion Wand/Decke/Boden			X		
- Technik:					
Direkte Beleuchtung			X		
Indirekte Beleuchtung			X		
Indirekte/Direkte Beleucht.			X		
- Lampenschaltung 12 Gruppen	X				

Auswirkung auf das Sehvermögen - Kontraste - Sehschärfe (Formenempfindlich) - Unterschiedsempfindlich - Akkomodation (Weitsehen von kleinen Objekten) - Adaptation des Auges - Flimmerfreiheit - Blendungsbegrenzung - Zuviel Licht ?			X X X X X X	X	→ : nein
	Σ				
Diverses - Pausenregelung ca. Min./Tag - Dauer der Beschäftigung am Bildschirm ca. h/Tag - Spiegelung auf Bildschirmoberfläche; mögliche Störfaktoren (Selbstbewertung): - Ihr Verhalten bei genügend Tageslicht: - Haben Sie Bedürfnis an Tischlampen: - Funktionalität des Versuches (Selbstbewertung):					
Bitte beschreiben sie kurz den IST-Zustand: Ausgefüllt durch Hr. Läderach Chef Lager 1. OG					

13. Detaillierte Computerberechnungen

13.1 Büro 1.07 (RAVEL 001) (3 bis 5 Personen)

- Seite 1 bis 10
 E Nutzebene 600 Lux
 P m installiert 12 W/m²

Nachfolgende Berechnungen erläutern nur das Büro 1.07.

Hinweise zu den übrigen Büros und Lager

13.2 Büro 1.06 (2 bis 3 Personen)

- E Nutzebene 530 Lux ,
 P m installiert 9 W/m²

13.3 Büro 1.05 (1 Person)

- E Nutzebene 480 Lux ,
 P m installiert 10 W/m²

13.4 Lager 2. UG

- E Nutzebene 290 Lux
 P m installiert 6 W/m² (Sektorenmessung)

13.5 Lager 1. OG

- E Nutzebene 370 Lux
 P m installiert 8 W/m² (Sektorenmessung)

Datum : 1993-03-17

Bearbeiter : ALFRED PIAZZA

Projekt Nr.: RAVEL001

Projekt : RAVEL Impulsprogramm Fallstudie Licht

Raumdaten

Reflexionsgrade

Raumlänge :7.700 m
 Raumbreite :9.300 m
 Raumhöhe :3.000 m
 Höhe der Nutzebene :0.850 m
 Raumindex :2.08

Decke 80 %
 Wand Ost 40 %
 Wand Nord 70 %
 Wand West 70 %
 Boden 30 %
 Nutzebene 28 %
 Wand Süd 40 %

Berechnungspunkte für Rechenmodus: 1

Rasterpunkte in X 22
 Rasterpunkte in Y 18
 Rasterpunkte in Z 10

Schrittweite in X: 0.423 m
 Schrittweite in Y: 0.428 m
 Schrittweite in Z: 0.300 m

Leuchtendaten Teil 1 ZUMTOBEL RAD A 1/36W [VVG]

Dateinummer :2255
 Lichtstrom / Leuchte :3450 lm
 Lichtpunkthöhe :2.028 m
 Leuchtenanzahl 15
 Verminderungsfaktor 0.90
 C-Faktor 1.00

Leuchtmittel :T26 36 W
 Anschlußwert : 42.0 W
 Leuchtenlänge : 1.252 m
 Leuchtenbreite : 0.146 m
 Leuchtenhöhe : 0.122 m
 Längsneigung : 0°
 Querneigung : 0°

Leuchtendaten Teil 2 ZUMTOBEL RAD A 1/36W [VVG]

Dateinummer :2255
 Lichtstrom / Leuchte :3450 lm
 Lichtpunkthöhe :2.028 m
 Leuchtenanzahl :5
 Verminderungsfaktor :0.90
 C-Faktor :1.00

Leuchtmittel : T26 36W
 Anschlußwert : 42.0 W
 Leuchtenlänge : 1.252 m
 Leuchtenbreite : 0.146 m
 Leuchtenhöhe : 0.122 m
 Längsneigung : 0°
 Querneigung : 0°

Datum : 1993-03-17

Bearbeiter : ALFRED PIAZZA

Projekt : RAVEL Impulsprogramm Fallstudie Licht

Leuchtenkoordinaten Teil 1 ZUMTOBEL RAD A 1/36W [VVG]

Nr	x	y	Ori.	Nr	x	y	Ori.
1	0.800	1.000	0	2	0.800	2.900	0
3	0.800	4.800	0	4	2.700	1.000	0
5	2.700	2.900	0	6	2.700	4.800	0
7	4.700	1.000	0	8	4.700	2.900	0
9	4.700	4.800	0	10	6.600	1.000	0
11	6.600	2.900	0	12	6.600	4.800	0
13	8.300	1.000	0	14	8.300	2.900	0
15	8.300	4.800	0				

Leuchtenkoordinaten Teil 2 ZUMTOBEL RAD A 1/36W [VVG]

Nr	x	y	Ori.	Nr	x	y	Ori.
1	0.800	6.700	90	2	2.700	6.700	90
3	4.700	6.700	90	4	6.600	6.700	90
5	8.300	6.700	90				

Projekt Nr.: RAVEL001

Datum : 1993-03-17

Bearbeiter : ALFRED PIAZZA

Projekt : RAVEL Impulsprogramm Fallstudie Licht

Projekt Nr.: RAVEL001

Zusammenfassung der BERECHNUNGSERGEBNISSE

Stk. Leuchtentype Bestückung	Lampentype Lichtfarbe	Nennlicht Strom (1m)	Anschluß- wert (W)
20 ZUMTOBEL RAD A 1/36W [VVG]	T26 36W	3450 lm	42.0 W
		69000 lm	0.8 kW

Spezifischer Anschlußwert : $12 \text{ W/qm}/596\text{Lx} = 2.0 \text{ W/qm}/\text{IOOLx}$

Mittlere Beleuchtungsstärken		Direktanteil	Indirektanteil
Decke	152 Lux	0 Lux	152 Lux
Wände	251 Lux	110 Lux	141 Lux
Nutzebene	596 Lux	468 Lux	128 Lux
Mittlere Leuchtdichten		Direktanteil	Indirektanteil
Decke	39.0 cd/M^2	0.0 cd/M^2	39.0 cd/m
Wände	44.0 cd/M^2	19.0 cd/M^2	25.0 cd/m
Tischfläche	76.0 cd/m^2	(Reflexionsgrad	40 %)
Weißes Papier	152.0 cd/m^2	(Reflexionsgrad	80 %)

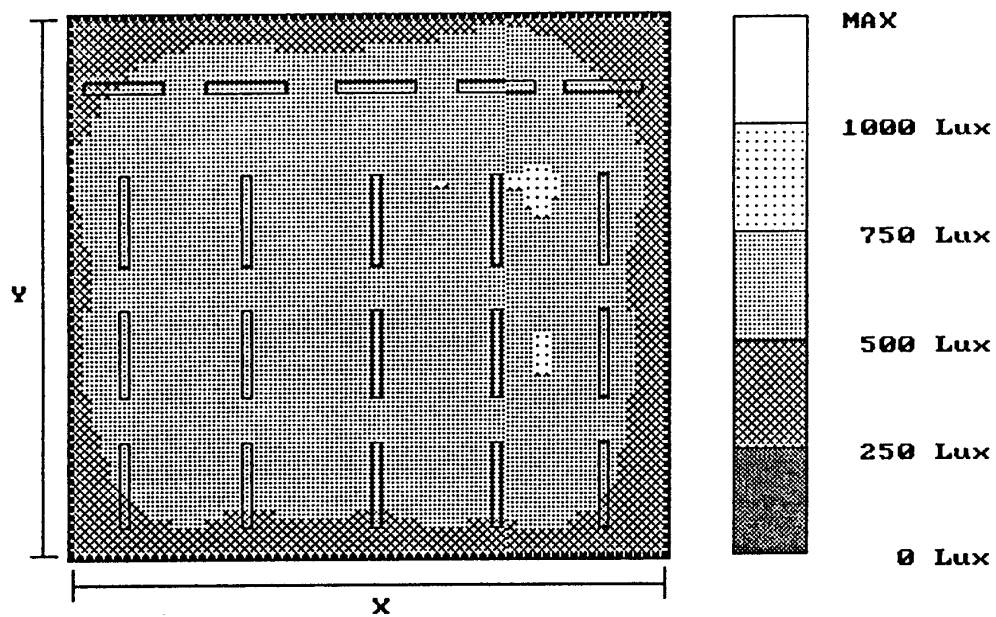
Anlagenspezifischer Beleuchtungswirkungsgrad : 68.8 %

Datum : 1993-03-17

Bearbeiter : ALFRED PIAZZA

Projekt : RAVEL Impulsprogramm Fallstudie Licht

Graphische Darstellung der BELEUCHTUNGSSTÄRKE für NUTZEBENE



Projekt Nr.: RAVEL001

Y..... Länge der Fläche : 7.700 m
 X..... Breite der Fläche : 9.300 m
 Fläche : 71.61 M2

Datum : 1993-03-17

Bearbeiter : ALFRED PIAZZA

Projekt Nr.: RAVEL001

Projekt : RAVEL Impulsprogramm Fallstudie Licht

Gleichmäßigkeit der BELEUCHTUNGSSTÄRKE

Gesamte Nutzebene	Em 596 Lux	Emin 297 Lux	Emin:Em 1:2.0
Nutzebene vermindert um Randzone	633 Lux	400 Lux	1:1.6

Rasterdarstellung der BELEUCHTUNGSSTÄRKE für Fläche: NUTZEBENE

7.49 :	378	424	455	472	480	485	485	477	472	474	480	483	484	489	497
7.06 :	406	454	489	510	521	523	520	515	514	513	515	519	525	533	536
6.63 :	442	497	538	568	583	577	572	570	575	571	568	572	584	597	596
6.20 :	475	533	588	629	647	633	624	625	638	630	620	624	643	661	656
5.78 :	513	579	646	699	716	695	682	687	703	697	680	685	707	730	726
5.35 :	522	588	661	726	742	709	692	702	729	718	689	694	727	754	743
4.92 :	509	568	641	717	734	684	662	678	721	704	662	667	711	744	721
4.49 :	492	544	619	699	715	661	640	657	702	685	638	642	689	723	698
4.06 :	482	531	608	691	706	651	627	648	695	677	626	630	679	715	687
3.64 :	488	537	614	702	719	659	633	655	707	687	632	636	689	728	696
3.21 :	498	549	626	715	734	670	644	666	721	699	644	648	702	743	709
2.78 :	499	552	627	717	738	670	643	665	726	701	644	649	703	748	709
2.35 :	490	540	618	703	722	662	634	658	710	688	636	640	691	731	699
1.93 :	477	523	599	681	699	643	614	639	687	667	616	619	670	709	679
1.50 :	462	508	580	657	675	620	596	617	664	645	597	601	646	685	656
1.07 :	439	482	543	615	632	578	559	575	622	603	558	562	606	641	613
0.64 :	395	429	482	542	555	512	496	509	545	531	495	498	533	561	540
0.21 :	330	354	395	444	453	420	406	417	446	434	405	407	436	457	441
m :	0.21	0.63	1.06	1.48	1.90	2.32	2.75	3.17	3.59	4.02	4.44	4.86	5.28	5.71	6.13

Mittelwerte: Dir.: 468 Lux Indir.: 128 Lux Gesamt: 596 Lux

Datum : 1993-03-17

Bearbeiter : ALFRED PIAZZA

Projekt : RAVEL Impulsprogramm Fallstudie Licht

Fortsetzung des Punkterasters :

7.49 :	506	508	499	479	448	399	332
7.06 :	543	548	542	516	478	423	352
6.63 :	599	607	607	575	526	461	386
6.20 :	662	668	672	632	575	497	419
5.78 :	731	738	743	701	633	541	456
5.35 :	744	756	768	726	648	549	467
4.92 :	713	734	757	711	625	529	456
4.49 :	691	709	736	689	603	508	444
4.06 :	681	697	725	678	592	496	438
3.64 :	686	706	739	689	598	502	444
3.21 :	697	721	756	703	610	513	453
2.78 :	696	722	759	704	611	514	454
2.35 :	691	709	741	691	603	504	445
1.93 :	670	688	719	669	584	489	434
1.50 :	649	663	693	645	565	474	420
1.07 :	603	622	651	605	530	448	397
0.64 :	535	548	571	533	470	400	354
0.21 :	436	447	464	436	386	331	297

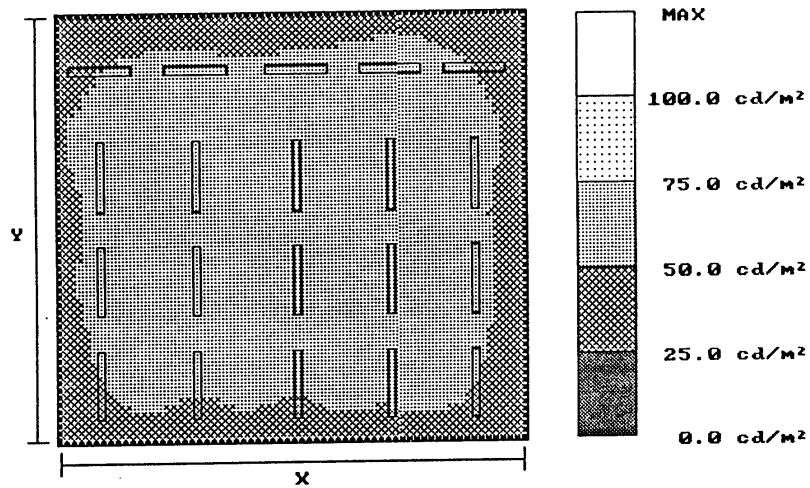
■ :	6.55	6.97	7.40	7.82	8.24	8.67	9.09

Projekt Nr.: RAVEL001

Datum : 1993-03-17

Bearbeiter : ALFRED PIAZZA

Projekt : RAVEL Impulsprogramm Fallstudie Licht

Graphische Darstellung der LEUCHTDICHTE für NUTZEBENE

Projekt Nr.: RAVEL001

Y.... Länge der Fläche : 7.700 m
X Breite der Fläche : 9.300 m
Fläche : 71.61 M2

Datum : 1993-03-17

Bearbeiter : ALFRED PIAZZA

Projekt : RAVEL Impulsprogramm Fallstudie Licht

Rasterdarstellung der Leuchtdichte für Fläche: NUTZEBENE

7.49 :	36.1	40.5	43.4	45.1	45.8	46.3	46.3	45.5	45.1	45.3	45.8	46.1	46.2	46.7	47.5
7.06 :	38.8	43.4	46.6	48.7	49.8	50.0	49.7	49.2	49.1	49.0	49.2	49.5	50.2	50.9	51.2
6.63 :	42.2	47.5	51.4	54.2	55.7	55.1	54.6	54.4	54.9	54.5	54.2	54.7	55.7	57.0	56.9
6.20 :	45.4	50.9	56.1	60.1	61.8	60.5	59.6	59.7	60.9	60.2	59.2	59.6	61.4	63.2	62.6
5.78 :	49.0	55.3	61.7	66.8	68.4	66.4	65.1	65.6	67.2	66.6	65.0	65.4	67.6	69.7	69.3
5.35 :	49.9	56.2	63.1	69.4	70.9	67.7	66.1	67.0	69.6	68.6	65.8	66.3	69.4	72.0	70.9
4.92 :	48.6	54.3	61.2	68.5	70.1	65.4	63.3	64.7	68.8	67.3	63.2	63.7	67.9	71.0	68.8
4.49 :	46.9	52.0	59.1	66.7	68.3	63.2	61.1	62.7	67.0	65.4	61.0	61.3	65.8	69.0	66.6
4.06 :	46.1	50.7	58.0	66.0	67.5	62.2	59.9	61.8	66.3	64.6	59.8	60.2	64.8	68.3	65.6
3.64 :	46.6	51.3	58.6	67.1	68.6	62.9	60.4	62.6	67.5	65.6	60.3	60.7	65.8	69.5	66.4
3.21 :	47.6	52.4	59.8	68.3	70.1	64.0	61.5	63.6	68.9	66.8	61.5	61.8	67.1	71.0	67.7
2.78 :	47.6	52.7	59.8	68.4	70.4	63.9	61.4	63.5	69.3	66.9	61.5	61.9	67.2	71.5	67.7
2.35 :	46.8	51.6	59.0	67.1	68.9	63.2	60.5	62.8	67.8	65.7	60.7	61.1	65.9	69.9	66.8
1.93 :	45.6	49.9	57.2	65.0	66.8	61.4	58.6	61.1	65.6	63.7	58.9	59.1	64.0	67.7	64.8
1.50 :	44.1	48.5	55.3	62.8	64.4	59.2	57.0	58.9	63.4	61.6	57.1	57.4	61.7	65.4	62.6
1.07 :	41.9	46.0	51.8	58.8	60.4	55.2	53.4	54.9	59.4	57.6	53.3	53.7	57.8	61.2	58.5
0.64 :	37.7	41.0	46.0	51.7	53.0	48.9	47.4	48.6	52.0	50.7	47.3	47.6	50.9	53.6	51.6
0.21 :	31.5	33.8	37.8	42.4	43.2	40.1	38.8	39.9	42.5	41.5	38.7	38.9	41.6	43.7	42.1
m :	0.21	0.63	1.06	1.48	1.90	2.32	2.75	3.17	3.59	4.02	4.44	4.86	5.28	5.71	6.13

Fortsetzung des Punkterasters :

7.49 :	48.4	48.5	47.6	45.7	42.7	38.1	31.7
7.06 :	51.8	52.3	51.8	49.3	45.7	40.4	33.6
6.63 :	57.2	58.0	58.0	54.9	50.2	44.0	36.8
6.20 :	63.2	63.8	64.1	60.4	54.9	47.5	40.0
5.78 :	69.8	70.4	71.0	67.0	60.4	51.7	43.6
5.35 :	71.0	72.2	73.4	69.4	61.8	52.5	44.6
4.92 :	68.1	70.1	72.3	67.9	59.7	50.6	43.6
4.49 :	66.0	67.7	70.3	65.8	57.6	48.5	42.4
4.06 :	65.0	66.5	69.3	64.8	56.5	47.4	41.8
3.64 :	65.5	67.5	70.5	65.8	57.1	47.9	42.4
3.21 :	66.6	68.8	72.2	67.1	58.2	49.0	43.2
2.78 :	66.4	68.9	72.5	67.3	58.3	49.1	43.4
2.35 :	66.0	67.7	70.8	66.0	57.5	48.2	42.5
1.93 :	63.9	65.7	68.6	63.9	55.8	46.7	41.4
1.50 :	62.0	63.4	66.2	61.6	54.0	45.2	40.1
1.07 :	57.6	59.4	62.2	57.8	50.6	42.7	37.9
0.64 :	51.1	52.4	54.5	50.9	44.9	38.2	33.8
0.21 :	41.6	42.7	44.3	41.7	36.9	31.6	28.3
m :	6.55	6.97	7.40	7.82	8.24	8.67	9.09

Mittelwerte:

Dir.: 44.7 cd/M2 Indir.: 12.2 cd/M2 Gesamt: 56.9 cd/M2

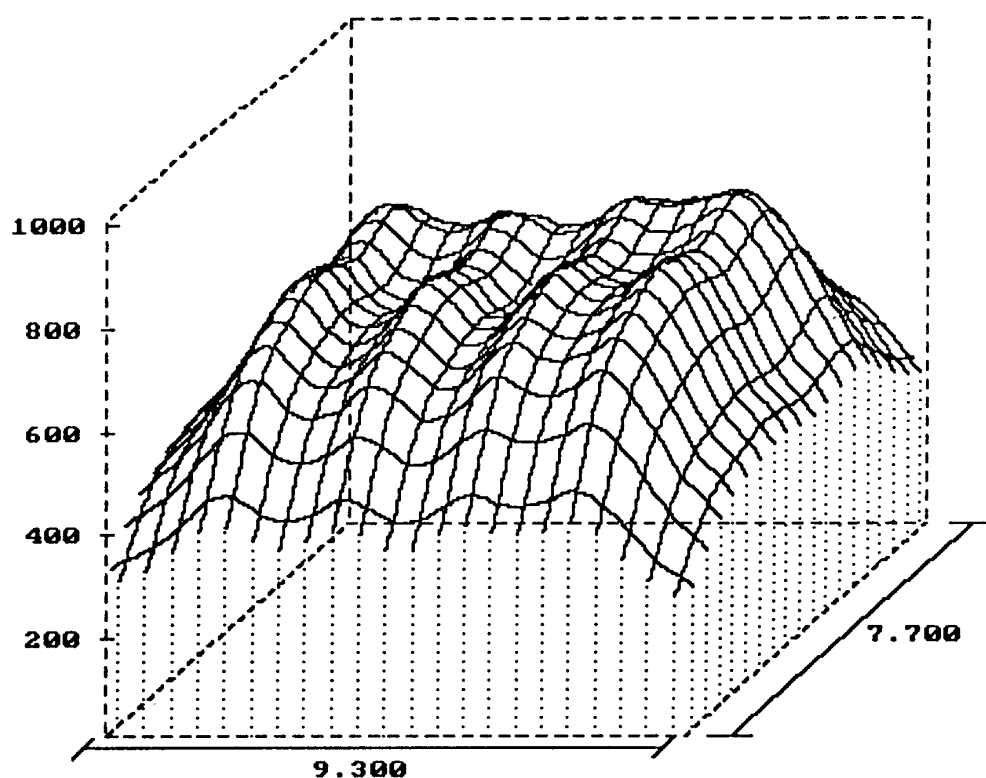
Projekt Nr.: RAVEL001

Datum : 1993-03-17

Bearbeiter : ALFRED PIAZZA

Projekt Nr.: RAVEL001

Projekt : RAVEL Impulsprogramm Fallstudie Licht



Reliefdarstellung der BELEUCHTUNGSSTÄRKE

Gleichmäßigkeit der BELEUCHTUNGSSTÄRKE

Gesamte Nutzebene	596 Lux	Em	Emin	Emin:Em
Nutzebene vermindert um Randzone		297 Lux	1:2.0	
		633 Lux	400 Lux	1:1.6

Anzahl		war	Leistung	ist	Leistung	Typen (nur neue Beleuchtungskörper)
Standort						
<u>Lager</u>						
2. UG		198	1 x 36 KVG	154	1 x 58 VVG	154 x ZLN + 2NR VVG
1. UG		327	1 x 36 KVG	164	1 x 58 VVG	164 x ZLN + 2NR VVG
EG		380	1 x 36 KVG	336	1 x 58 EVG	336 x RAL EVG
1. OG		480	1 x 36 KVG	361	1 x 58 EVG	361 x RAL EVG
2. OG		480	1 x 36 KVG	346	1 x 58 EVG	346 x RAL EVG
3. OG		480	1 x 36 KVG	417	1 x 58 EVG	417 x RAL EVG
4. OG		480	1 x 36 KVG	316	1 x 58 EVG	316 x RAL EVG
<u>Büro/Nebenräume</u>						
EG bis 5. OG		527	2 x 36 KVG	527	1 x 36 VVG	527 x RAD VVG
Nebenräume EG - 4. OG		119	2 x 36 KVG	119	1 x 36 VVG	119 x RAL VVG
RZ.BV 5. OG		493	2 x 36 KVG	182	1 x 36 VVG	115 x RAD VVG 67 x RAL VVG
<u>Korridor</u>						
Korridor EG - 4. OG		64	2 x 36 KVG	64	* 2 x 18 VVG	64 x RAK VVG Duo
Korridor 5. OG		50	2 x 36 KVG	37	1 x 36 VVG	37 x RAL VVG
<u>Treppenhaus</u>						
Aussenbel./Hauptein.		28	2 x 36 KVG	27	2 x 36 VVG	27 x RAD VVG
		90	1 x 36 KVA	50	1 x 36 VVG	36 x TFN VVG 14 x ZLN 58 W VVG
Total Lampen		4'196		3'100		
Total Röhren		5'477		3'127		* nicht doppelt gerechnet

14. Vergleichstabelle war/ist Zustand der installierten Beleuchtungskörper				Feld Panneau	
Änd.:				Schema Nr. 1	
Mod.:				Schema No.	
				Blatt Nr.	
				Feuille No.	

15. Detaillierte Kostenanalyse**15.3 Büro EG bis 5. OG (Ravel 102)**

- Eingabeprotokoll alte und neue Anlage
- Detailanalyse alte und neue Anlage
- Kostenanalyse / Investitionsvergleich

Wichtige Bemerkung:

Die Einheitspreise der nachfolgenden detaillierten Kostenanalyse resultieren aus der gesamten Sanierung der Beleuchtungsanlage (total 3'100 Beleuchtungskörper) und gelten somit nur für Sanierungen von Anlagen grösseren Volumens . Um ein falsches Kalkulationsbild zu vermeiden, beschränkt sich der Vergleich nur eines Raumes (Büro 1.07 im Kapitel 7) einzig auf den energetischen Aspekt.

Datum : 1993-03-17 Seite : 1
 Projekt Nummer: RAVEL102 COPHOS: 9201219463

Bearbeiter : A. Piazza

Bauvorhaben : RAVEL Impulsprogramm Fallstudie Licht Nr. 22.51c
Alte Anlage

1. Eingabeprotokoll LEUCHTEN und ZUBEHÖR

Pos.	Stk.	Leuchtentype Zubehör	Preis / Stk.	Installations- kosten pro Stk.	Wartungskosten pro Stk.	Lampen- anzahl	Anschluß- wert in W
1	527	ALTE BÜROLAMPE 2/40 KVG	0.00	0.00	6.30	2	110
		EDMZ Büro EG bis 5.OG	0.00	0.00	3'320.10		57'970

2. Eingabeprotokoll LAMPEN

Pos.	Stk.	Lampentype	Preis / Stk.	Lampenwechsel- kosten pro Stk.	Lampenlebens- dauer	Nutzungsdauer	
						HT	NT
1	1'05	STANDARD-LAMPE 26MM 36 WATT	7.50	2.45	5'000	1'650	0
		EDMZ Büro EG bis 5.OG	7'905.00	1'291.15			

Datum : 1993-03-17 Seite : 1
 Projekt Nummer: RAVEL102 COPHOS: 9201219463

Bearbeiter : A. Piazza

Bauvorhaben : RAVEL Impulsprogramm Fallstudie Licht Nr. 22.51c
Neue Anlage

1. Eingabeprotokoll LEUCHTEN und ZUBEHÖR

Pos.	Stk.	Leuchtentype Zubehör	Preis / Stk.	Installations- kosten pro Stk.	Wartungskosten pro Stk.	Lampen- anzahl	Anschluß- wert in W
1	527	NEUE RAD 1/36 VVG	142.45	79.70	3.90	1	43
		EDMZ Büro EG bis 5.OG	75'071.15	42'001.90	2'055.30		22'661

2. Eingabeprotokoll LAMPEN

Pos.	Stk.	Lampentype	Preis / Stk.	Lampenwechsel- kosten pro Stk.	Lampenlebens- dauer	Nutzunsdauer	
						HT	NT
1	527	STANDARD-LAMPE 26MM 36 WATT	7.50	1.30	7'500	1'320	0
		EDMZ Büro EG bis 5.OG	3'952.50	685.10			

Datum : 1993-03-17 Seite : 1
 Projekt Nummer: RAVEL102 COPHOS: 9201219463

Bearbeiter : A. Piazza

Bauvorhaben : RAVEL Impulsprogramm Fallstudie Licht Nr. 22.51c
Detailanalyse - Alte Anlage

1. Erstellungskosten der Anlage:

Pos.	Stk.	Leuchtentype	Leuchtenkosten	Installationskosten	Zubehörkosten	Anteil in %
1	527	ALTE BÜROLAMPE 2/40 KVG	0.00	0.00		0.00
		EDMZ Büro EG bis 5.OG	0.00	0.00	0.00	0.00

2. Jährliche Betriebskosten:

Pos.	Stk.	Leuchtentype	Wartungskosten	Lampenersatzkosten	Energiekosten	Anteil in %
1	527	ALTE BÜROLAMPE 2/40 KVG	3'320.10	3'034.73	16'782.31	100.00
		EDMZ Büro EG bis 5.OG	3'320.10	3'034.73	16'782.31	100.00

Datum : 1993-03-17 Seite : 1
 Projekt Nummer: RAVEL102 COPHOS: 9201219463

Bearbeiter : A. Piazza

Bauvorhaben : RAVEL Impulsprogramm Fallstudie Licht Nr. 22.51c
Detailanalyse - Neue Anlage

1. Erstellungskosten der Anlage:

Pos.	Stk.	Leuchtentype	Leuchtenkosten	Installationskosten	Zubehörkosten	Anteil in %
1	527	NEUE RAD 1/36 VVG	75'071.15	42'001.90		100.00
		EDMZ Büro EG bis 5.OG	75'071.15	42'001.90	0.00	100.00

2. Jährliche Betriebskosten:

Pos.	Stk.	Leuchtentype	Wartungskosten	Lampenersatzkosten	Energiekosten	Anteil in %
1	527	NEUE RAD 1/36 VVG	2'055.30	816.22	5'737.77	100.00
		EDMZ Büro EG bis 5.OG	2'055.30	816.22	5'737.77	100.00

* Projektanalyse COPHOS PC / PA *

alle Beträge in Sfr

Datum : 1993-03-17 Seite : 1
 Projekt Nummer: RAVEL102 COPHOS: 9201219463

Bearbeiter : A. Piazza

Bauvorhaben : RAVEL Impulsprogramm Fallstudie Licht Nr. 22.51c
K O S T E N A N A L Y S E

KOSTENANALYSE	Alte Anlage	Neue Anlage
---------------	-------------	-------------

1. ENERGIEVERBRAUCH

Anschlußwert gesamt	kW	57.97	22.66
Jahresstromverbrauch	kWh	95'650.50	29'912.52
	%	100	31

2. ERSTELLUNGSKOSTEN

Leuchtenkosten	0.00	75'071.15
Installationskosten	0.00	42'001.90
Zubehörkosten	0.00	0.00
ERSTELLUNGSKOSTEN	0.00	117'073.05
	%	***

3. JÄHRLICHE BETRIEBSKOSTEN

Wartungskosten	3'320.10	2'055.30
Lampenwechselkosten	3'034.73	816.22
Energiekosten	16'782.31	5'737.77
BETRIEBSKOSTEN	23'137.14	8'609.28
	%	100

Datum : 1993-03-17 Seite : 2
 Projekt Nummer: RAVEL102 COPHOS: 9201219463

Bearbeiter : A. Piazza

Bauvorhaben : RAVEL Impulsprogramm Fallstudie Licht Nr. 22.51c
K O S T E N A N A L Y S E

4. JAHRESBELEUCHTUNGSKOSTEN *)

Betriebskosten	23'137.14	8'609.28
Kapitalkosten	0.00	9'658.53
BELEUCHTUNGSKOSTEN/JAHR	23'137.14	18'267.81
%	100	79

*) FÜR ALLE VARIANTEN GEMEINSAME DATEN

Stromgrundpreis : 108.00 Sfr /kW/Jahr
 Arbeitspreis - Hochtarif : 0.11 Sfr /kWh
 Arbeitspreis - Niedertarif : 0.06 Sfr /kWh
 Anlagennutzungsdauer : 20.00 Jahre
 Kapitaldienst : 6.50 %

Datum : 1993-03-17 Seite : 3
 Projekt Nummer: RAVEL102 COPHOS: 9201219463

Bearbeiter : A. Piazza

Bauvorhaben : RAVEL Impulsprogramm Fallstudie Licht Nr. 22.51c
I N V E S T I T I O N S V E R G L E I C H

INVESTITIONSVERGLEICH	Alte Anlage	Neue Anlage
-----------------------	-------------	-------------

5. MEHRPREIS DER ERSTELLUNGSKOSTEN

Leuchtenkosten	0.00	75'071.15
Installationskosten	0.00	42'001.90
Zubehörcosten	0.00	0.00
ERSTELLUNGSKOSTEN	0.00	117'073.05

6. JÄHRLICHE EINSPARUNG

Wartungskosten	0.00	1'264.80
Lampenwechselkosten	0.00	2'218.51
Energiekosten	0.00	11'044.55
GESAMTEINSPARUNG	0.00	14'527.86

7. PAY-BACK ZEIT (STATISCH)

PAY-BACK in Jahren	***	8.06
--------------------	-----	------

8. BARWERT DER BELEUCHTUNGSKOSTEN *)

Erstellungskosten	0.00	117'073.05
Betriebskosten	283'651.01	106'295.18
GESAMT BARWERT	283'651.01	223'368.23
%	100	79

9. RETURN ON INVESTMENT

ROI in Jahren	***	6.29
---------------	-----	------

***) DATEN ZUR BARWERTBERECHNUNG**

Eigenkapital (100.00 %) : 7.00 %/Jahr
 Fremdkapital (0.00 %) : 0.00 %/Jahr

Strompreiserhöhung : 1.50 %/Jahr
 Teuerung : 3.00 %/Jahr

Anlagennutzungsdauer : 20.00 Jahre

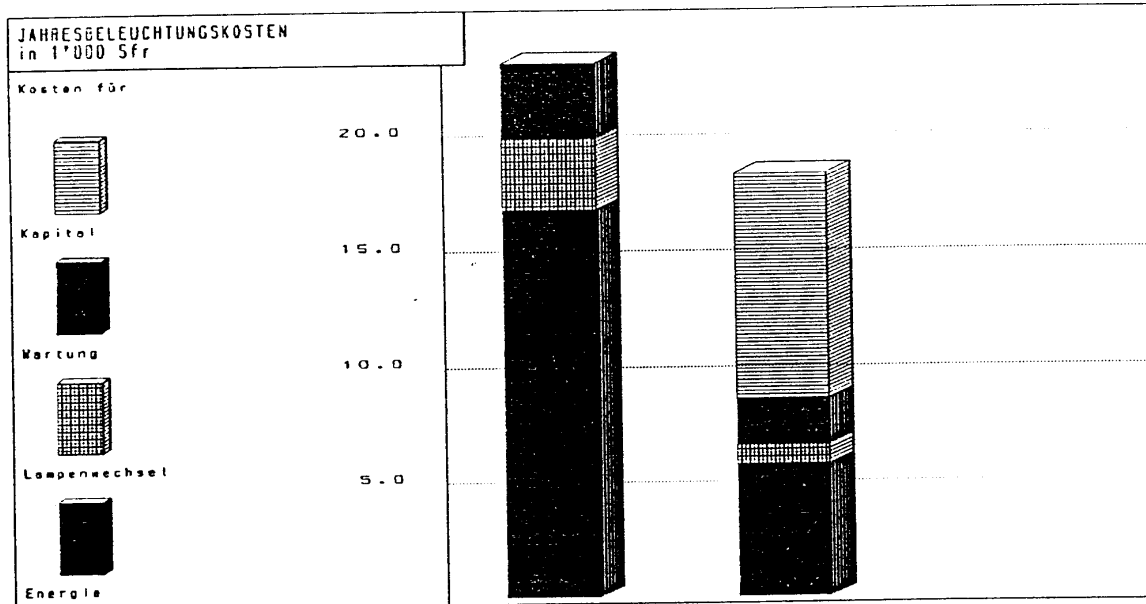
• Projektanalyse COPHOS PC / PA •

alle Beträge in Sfr

Datum : 1993-03-17 Seite : 4
 Projekt Nummer: RAVEL102 COPHOS: 9201219463

Bearbeiter : A. Piazza

Bauvorhaben : RAVEL Impulsprogramm Fallstudie Licht Nr. 22.51c
GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER JAHRESBELEUCHTUNGSKOSTEN



KOSTENANALYSE	Alte Anlage	Neue Anlage
Wartungskosten	3'320.10	2'055.30
Lampenwechselkosten	3'034.73	816.22
Energiekosten	16'782.31	5'737.77
Kapitalkosten	0.00	9'658.53
BELEUCHTUNGSKOSTEN/JAHR	23'137.14	18'267.81
%	100	79

*) FÜR ALLE VARIANTEN GEMEINSAME DATEN

Stromgrundpreis : 108.00 Sfr /kW/Jahr
 Arbeitspreis - Hochtarif : 0.11 Sfr /kWh
 Arbeitspreis - Niedertarif : 0.06 Sfr /kWh
 Anlagennutzungsdauer : 20.00 Jahre
 Kapitalkosten : 6.50 %

• Projektanalyse COPHOS PC / PA •

alle Beträge in Sfr

15.10 Zusammenstellung der jährlichen Gesamteinsparung

A. Lager 1. und 2. UG

- Wartungskosten	Fr.	1'625.55	
- Lampenwechselkosten	Fr.	943.25	
- Energiekosten *	Fr.	2'812.55	Fr. 5'381.35

B. Lager EG bis 4. OG

- Wartungskosten	Fr.	3'716.20	
- Lampenwechselkosten	Fr.	11'771.95	
- Energiekosten **	Fr.	18'499.10	Fr. 33'987.25

C. Büros EG bis 5. OG

- Wartungskosten	Fr.	1'264.80	
- Lampenwechselkosten	Fr.	2'218.50	
- Energiekosten **	Fr.	11'044.55	Fr. 14'527.85

D. Nebenräume EG bis 4. OG

- Wartungskosten	Fr.	285.60	
- Lampenwechselkosten	Fr.	230.25	
- Energiekosten *	Fr.	1'650.40	Fr. 2'166.25

E. RZ.BV 5. OG

- Wartungskosten	Fr.	2'396.10	
- Lampenwechselkosten	Fr.	6'842.—	
- Energiekosten **	Fr.	24'847.65	Fr. 34'085.75

F. Korridor EG bis 4. OG

- Wartungskosten	Fr.	217.60	
- Lampenwechselkosten	Fr.	105.85	
- Energiekosten **	Fr.	1'695.15	Fr. 2'018.60

G. Korridor 5. OG

- Wartungskosten	Fr.	141.10	
- Lampenwechselkosten	Fr.	305.20	
- Energiekosten **	Fr.	1'239.15	Fr. 1'685.45

H. Treppenhaus

- Wartungskosten	Fr.	69.75	
- Lampenwechselkosten	Fr.	233.55	
- Energiekosten **	Fr.	713.35	Fr. 1'016.65

J. Aussenbeleuchtung/ Haupteingang

- Wartungskosten	Fr.	282.—	
- Lampenwechselkosten	Fr.	579.50	
- Energiekosten **	Fr.	915.60	Fr. 1'777.10

Jährliche Gesamteinsparung Fr. 96'646.95

d.h. Fr. 96'700.—

* Ausführung 1991

** Ausführung 1992

15.11 Wirtschaftlichkeit/Berechnungen

Zusammenstellung der Erstellungskosten:

- Leuchtenkosten	Fr. 409'509.— ZT
- Installationskosten	Fr. 218'233.— AR
- Regiearbeiten	Fr. 9'000.— AR
- Entsorgungskosten der alten Beleuchtungsanlage	Fr. 2'500.— AR
- Errichtung von provisori- schen Arbeitsplätzen im 3. und 5. OG	Fr. 11'634.— AR
- Einräumung/Verschiebungen/ Umzugsarbeiten	Fr. 22'314.—AR
- Teuerung 1992	Fr. 7'372.—AR
- Reinigungsarbeiten durch internes Personal	Fr. 3'000.—EDMZ
- Anteil Malerarbeiten	Fr. 10'000.—HR
- Abdeckungen Hohldecke	Fr. 4'897.—EG
- Anteil Ing. Honorar Teil 1	Fr. 47'329.—PI
Teil 2	Fr. 4'500.—PI

Erstellungskosten bzw.
Investitionskosten für
die Sanierung

Fr. 750'288.—
=====

Pay-Back-Zeitberechnung (statisch)

$$n = \frac{\text{Investitionskosten} \quad \text{Fr. 750'288.—}}{\text{Gesamteinsparung} \quad \text{Fr. 90'200.—}}$$

8,3 Jahre

(durchschnittlich)

(Gesamteinsparung aus 15.10 Fr. 96'700.—, abzüglich Fr. 6'500.—, d.h. 10% ev. Messfehler aus Energiekosten Z A bis J = Fr. 63'417,50. Ergibt eine Gesamteinsparung von Fr. 90'200.—)

15.12 Daten zur Barwertrechnung

Die in der Programmanalyse eingegebenen Daten sind AFB-Richtlinien und setzen sich wie folgt zusammen:

- Anlagenutzungsdauer	20	Jahre
- Kapitaldienst	6,5% /	Jahr
- Eigenkapital (100 % AFB)	7 % /	Jahr
- Strompreiserhöhung	1,5% /	Jahr
- Teuerung	3 % /	Jahr

Der Return On Investment der Anlagen im einzelnen wird wie folgt zusammengefasst:
(aus dem Investitionsvergleich ohne übrige Kosten)

- Lager	1. und 2. UG	3,01	Jahre
- Lager	EG bis 4. OG	10,12	Jahre
- Büro	EG bis 5. OG	6,29	Jahre
- Nebenräume	EG bis 4. OG	7,15	Jahre
- RZ.BV	5. OG	0,74	Jahre
- Korridor	EG bis 4. OG	3,95	Jahre
- Korridor	5. OG	2,54	Jahre
- Treppenhaus		7,38	Jahre
- Aussenbeleuchtung/Haupteingang		1,60	Jahre

Return On Investment (ROI)

Der Return On Investment ist jener Zeitpunkt, ab dem der Gesamtbarwert der neu sanierten Anlage kleiner ist als der Barwert der alten vorhandenen Anlage.

Sämtliche in den Berechnungen eingesetzten Preise sind netto und inkl. WUST zu verstehen.

Die durchschnittlichen Installationskosten pro Beleuchtungskörper enthalten:

- Installationsrohr Installationskanal - AP-Abzweigkasten Deckel / Schraubdeckel
- Drahtnachzug / Anschlüsse
- Druckschalter Sch 1 mit Steckdose
- Deckplatten blind Gr 1 u. Gr 1 + 1
- Montage und Anschluss der FL-Armaturen
- Notwendiges Kleinmaterial
- Vertragen von bauseits gelieferten Beleuchtungskörpern
- Demontage und Versorgen von bestehenden Beleuchtungskörpern

In den Regiearbeiten sind folgende Leistungen enthalten:

- Demontage von verschiedenen Deckpanelen
- Demontage und Wiedermontage von Kanalabdeckungen
- Entsorgungskosten der alten Beleuchtungsanlage

(diese Regiekosten sind in der Zusammenstellung der Erstellungskosten separat aufgeführt)

16. Illustrationen

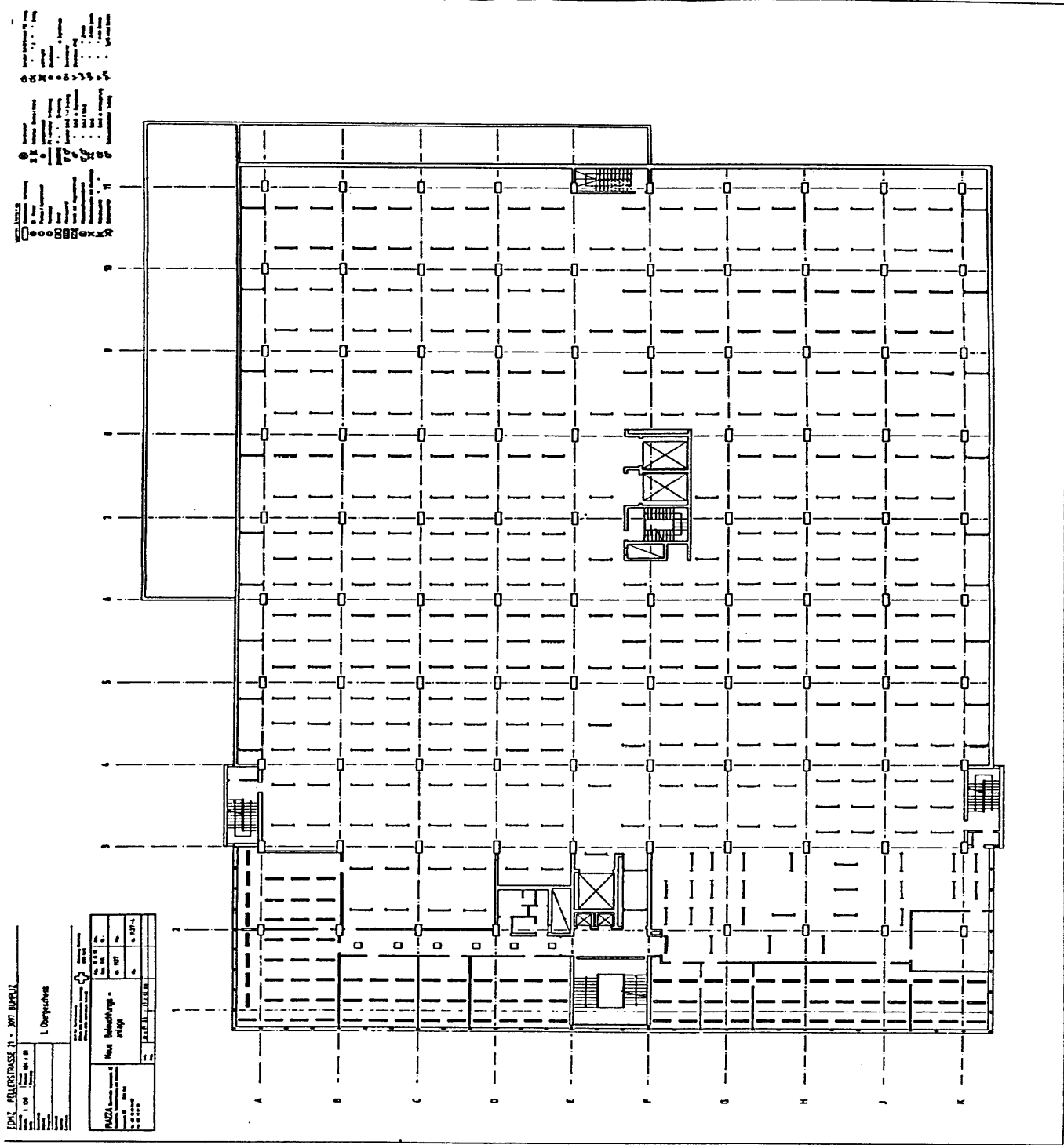
Bild 3 Büro 1.07 1. OG:

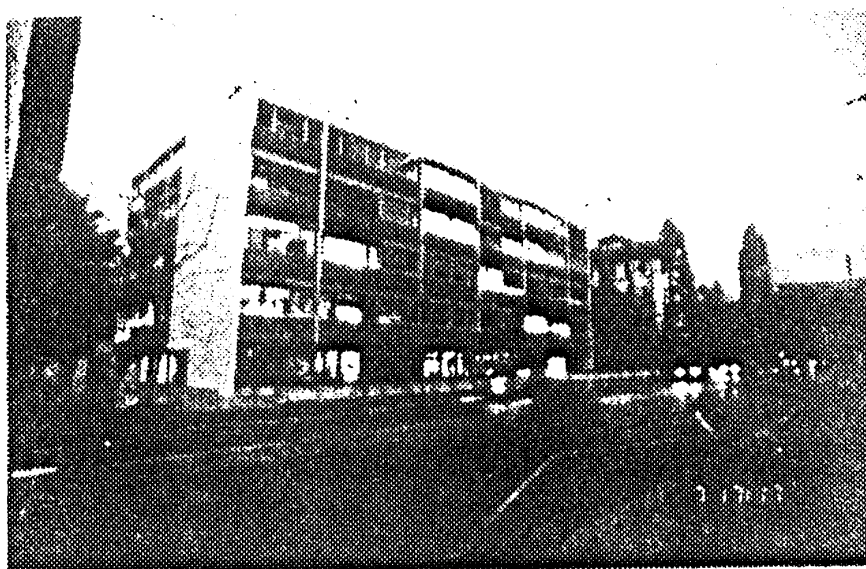
- Die vorhandene alte 2-flammige FL-Lampe wurde durch 1-flammige RAD ersetzt. Mit dieser Lösung musste nur die sehr verschmutzte Decke einiger Büros neu gestrichen werden.

Auf nachfolgender Seite Lampenplan 1. OG



		Bild 3 Büro 1.07 1. OG		Feld	
				Panneau	
				Schema Nr.	
				Schema No.	
				Blatt Nr.	
				Feuille No.	
		Änd.:			
		Mod.:			





Objet : UAP - Assurances Av. de Cour 26 Lausanne

Auteur : Frédéric Benoît, Bonnard & Gardel Ingénieurs-conseils, Lausanne Jean-Jacques Meyer, Laboratoire Ergonomie de la vision, Université, Genève

TABLE DES MATIERES

1.	Introduction	112
2.	Caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment	113
3.	Caractéristiques des locaux	113
4.	Mesures d'éclairage et de consommation avant rénovation	113
5.	Mesures d'éclairage et de consommation après rénovation	115
6.	Réglage automatique de l'éclairage	116
7.	Mesures de consommation	116

L'Union des Assurances de Paris (UAP) à Lausanne consciente de l'importance de la qualité de l'environnement, a offert à son personnel de nouveaux postes de travail plus conviviaux, en prêtant une attention particulière à la qualité de la lumière naturelle et artificielle. Les besoins professionnels d'un assureur (réunions, réflexions, consultation des documents et travaux sur ordinateurs) nécessitent une lumière appropriée, sans réflexions gênantes sur les écrans de visualisation, un bon équilibre des luminances et un éclairage judicieux du plan de travail (éclairage moyen de 600 lux).

La recherche d'un bon emploi de la lumière du jour, source d'économie d'énergie, a conduit à modifier les cloisonnements et à diminuer la profondeur des bureaux.

Profitant de l'évolution de l'électronique et de ses applications dans le domaine de l'éclairage, des systèmes à haute fréquence, permettant de régler à volonté le flux lumineux des sources et des commandes par secteurs ont été installés. Il en résulte un confort visuel accru et une diminution sensible de la consommation d'électricité.

Les frais d'investissement restent encore élevés. Des baisses de coûts sont attendues des progrès techniques et de la multiplication des applications de ces nouvelles techniques.

Die "Union des Assurances de Paris (UAP)" in Lausanne ist sich bewusst wie hoch die Qualität der Umweltbedingungen einzuschätzen ist und hat deshalb ihren Mitarbeiterinnen und mitarbeiter neue, besetzungsfreundlichere Arbeitsplätze verschafft, bei deren Ausführung die Qualität der natürlichen und künstlichen Beleuchtung ganz besonders in Betracht gezogen wurde.

Für die beruflichen Bedürfnisse eines Versicherers (Sitzungen, Gedankenaustausch, Einsicht in Dokumente und Arbeiten auf Bildschirmen) kann eine sorgfältig geplante Beleuchtung nicht umgangen werden, das bedeutet: keine lästigen Widerschein auf den Bildschirmen, eine gut ausgewogene Luminanz, sowie eine sachgemäße Arbeitsflächenbeleuchtung (mittelwert von 600 Lux).

Damit das Tageslicht als energiesparende Lichtquelle optimal zum Einsatz kommt, wurde die Tiefe der Arbeitsräume verringert und die Raumunterteilung neu vorgenommen.

Um mit der Entwicklung der Elektronik und deren Anwendungen in Sachen Beleuchtung schrittzuhalten, sind Hochfrequenzsysteme installiert worden, welche frei regulierbare Lichtströme der Quellen und deren sektorische Bedienung ermöglichen. Dies bewirkt einen erhöhten Sichtkonfort und eine deutliche Senkung des Stromverbrauches.

Die Investitionskosten bleiben dabei immer noch hoch. Man erwartet jedoch in der Zukunft die Minderung dieser Kosten durch technische Fortschritte und durch eine vermehrte Anwendung dieser neuen Technologien.

1 INTRODUCTION

Cette société possède un bâtiment administratif d'un volume de 10'000 m³, conception 1969, sis à l'avenue de Cour 26 à Lausanne.

En 1991, ce bâtiment a subi une rénovation importante, touchant particulièrement les secteurs suivants à

l'extérieur:

- les façades métalliques
- l'isolation
- les protections solaires
- les aménagements extérieurs,

à l'intérieur:

- la distribution des locaux
- les circulations
- les faux-plafonds
- les sols
- l'éclairage
- les équipements techniques,

en transformant plus particulièrement les niveaux 1er, 3ème et 4ème étages, excepté le 2ème étage qui n'a subi aucune modification.

Pour l'étude qui suit, nous allons analyser les résultats des mesures prises pour l'éclairage naturel et artificiel des locaux, le confort et les économies d'énergie électrique.

Ces mesures ont permis d'établir :

- la pénétration de la lumière naturelle dans les locaux;
- les facteurs de réflexion;
- l'efficacité des nouveaux luminaires;
- l'influence sur la consommation d'énergie électrique de la régulation automatique de l'éclairage artificiel en fonction de la lumière du jour incidente;
- les niveaux d'éclairement et de luminance;
- le confort visuel et l'adaptation aux écrans de visualisation;
- le potentiel d'économie énergétique.

2. CARACTERISTIQUES DE L'ENVELOPPE DU BAT

Longueur 33 m, largeur 16,67 m, orientation du bâtiment parallèle à l'avenue de cour - Lausanne, Nord-Est/Sud-Ouest, altitude 408 m, façades métalliques, toit plat, 4 étages sur rez-de-chaussée.

3. CARACTERISTIQUES DES LOCAUX

La profondeur des locaux était à l'origine de plus de 6 m.

Cette dernière a été ramenée à 4 m et 4,8 m le long des façades Nord et Sud par la création d'un couloir de service autour du noyau central. La profondeur des locaux diffère aux extrémités Est et Ouest du bâtiment.

Le couloir est éclairé par des luminaires encastrés munis de réflecteurs haute brillance, argentés et de lampes fluorescentes compactes de 7 W.

Mis à part une zone aux angles du bâtiment, les locaux sont équipés de vitrages sur toute leur largeur et sur une hauteur de 1,3 m.

Les filières sur lesquelles sont fixés les faux-plafonds ont entre elles des dimensions variables

- parties étroites sans luminaire 94 et 100 cm
- parties larges avec luminaires encastrés 171,25, 186,5, 189 et 200 cm

4. MESURES D'ECLAIREMENT ET DE CONSOMATION AVANT RENOVATION REZ-DE-CHAUSSEE, 1ER, 3EME ET 4EME ETAGES

Luminaires montés en apparent sur plafond, verre acrylique soufflé opale, tubes fluorescents 40 W, diamètre 38 mm, type Philips 34, flux lumineux (Φ) 2060 lm .

- efficacité lumineuse k , définie par

$$K = \frac{\text{flux lumineux } \Phi}{\text{flux énergétique (ballast compris):}} \quad k = 40 \text{ lm/W}$$

Rendement d'utilisation très bas
(forme du local, facteurs de réflexion
et rendement des luminaires) $(\eta_{ut})=0.48$

- facteur de vieillissement $V < 0,8$

4. MESURES D'ECLAIREMENT ET DE CONSOMMATION AVANT RENOVATION

Quatre niveaux sur cinq ont été rénovés.

Ce sont : le rez-de-chaussée, les 1er et 3ème et 4ème étages.

Pour les mesures d'éclairage et de consommation, seuls deux niveaux identiques font l'objet d'une analyse détaillée :

Le troisième étage entièrement rénové et le deuxième, qui n'a subi aucune transformation.

Deuxième étage : non rénové

Surface totale des bureaux : 400 m²

122 luminaires fixés sur plafond, verre acrylique, soufflé opale, tubes fluorescents 40W, diamètre 38 mm., type Philips 34 et flux lumineux (#) de 2060 lm.

Efficacité lumineuse de 40 lm par Watt.

Rendement d'utilisation très faible (#ut) 0,48.

Ce dernier dépend de la forme du local, des facteurs de réflexion et du rendement des luminaires.

Le facteur de vieillissement est de 0,8.

Le niveau d'éclairage moyen pour les bureaux est de 241 lux.

Les mesures locales ont confirmé cette valeur.

Les couloirs, hall, WC, cage d'escaliers et dévaloir représentent une surface de 100 m²

Bureaux : puissance installée	6 405 W
	16 W/m ²
Couloirs, hall, WC, cage d'escaliers, dévaloir	1 535 W
	15 W/m ²
Energie consommée annuellement pour l'éclairage de ce niveau	15 880 kWh
Dépenses annuelles pour l'éclairage	fr. 3 081.-
Coût des tubes	fr. 590.-
Main d'oeuvre	<u>fr. 500.-</u>
Coût d'exploitation annuel	<u>Fr. 4 171.-</u>

5. MESURES D'ECLAIREMENT ET DE CONSONKATION APRES RENOVATION

Troisième étage : entièrement rénové

Surface totale des bureaux 380 m². 85 luminaires encastrés dans les faux-plafonds, équipés d'écrans miroités à haut rendement, tubes fluorescent 50 W, diamètre 26 mm. type Philips 83 et 84, f lux lumineux (e) de 5 200 lm, indice de rendu des couleurs 85, couleur de la lumière blanc chaud 3000 et 4000 kelvin.

Au-delà des angles visuels de 50' et 60', la luminance moyenne de la surface d'émission de la lumière atteint au maximum 200 cd/m². Efficacité lumineuse de 94 lm par Watt.

Ballast électronique haute fréquence 28 kHz, allumage instantané, gradation de la lumière par détecteur type "sensor" en fonction de la lumière naturelle incidente (puissance ballast 5W).

Les commandes de l'éclairage se font séparément pour les 2 premières rangées de luminaires côté vitrage et celle située à l'arrière des locaux.

- rendement d'utilisation (amélioration sensible)	$\eta_{ut} = 0,58$
- facteur de vieillissement après 1 an	$V = 0.85$
- pour le 3ème étage, niveau d'éclairage mesuré	Emoy = 616 lux

Bureaux_ : puissance installée	4 675 W
	12,3 W/m ²

Circulation, escaliers, Photocopie, WC, ascenseur surface 120 m ² : puissance installée	961 W
	8 W/m ²

Energie consommée annuellement pour l'éclairage de ce niveau

- bureaux	6,545 kWh
- circulation, escaliers	<u>1922 kWh</u>

Energie totale consommée annuellement pour l'éclairage de ce niveau	8467 kWh
---	----------

Dépenses annuelles pour l'éclairage	fr.1651.-
Coûts des tubes	fr.210.-
main d'oeuvre	<u>fr.180.-</u>

Coût d'exploitation annuel	<u>fr.2041.-</u>
----------------------------	------------------

Soit une diminution des frais d'exploitation pour un étage de

fr. 2 130.-

6. REGLAGE AUTOMATIQUE DE L' ECLAIRAGE

Les niveaux d'éclairement moyen ayant passé de 241 à 616 Lux, une régulation automatique de l'éclairage, au moyen de régulateurs du type "sensor", placés dans chaque local et à proximité des vitrages, permet d'adapter le flux lumineux des deux premières rangées de luminaires en fonction de la lumière naturelle incidente.

En l'absence de la lumière du jour, l'installation se stabilise automatiquement à la valeur nominale du flux lumineux.

La sensibilité des détecteurs de lumière peut être réglée entre 7,5 mV et 750 mV par lux, au moyen d'une petite vis de réglage, agissant sur un potentiomètre.

Le réglage se fait de nuit, stores fermés, pour un niveau d'éclairement de 600 lux au-dessus de la place de travail.

Il faut en principe une heure pour régler correctement 4 dispositifs "sensor" avec contrôle sur appareil de mesure. Aux extrémités du bâtiment, seule la première rangée de luminaires est réglée.

Le 2ème étage n'ayant pas subi de transformation, deux bureaux de surfaces équivalentes sont raccordés sur des compteurs d'énergie, afin de déterminer le facteur d'exploitation découlant des régulateurs de type "sensor" installés aux autres étages, et de vérifier les économies d'énergie réalisées par les nouveaux équipements d'éclairage.

7. MESURES DE CONSOMMATION

7.1 NOUVEAUX LUMINAIRES

Période du 8 août au 8 octobre 1991

3ème étage, façade nord, à proximité des escaliers, bureau type, largeur 5,20 m, profondeur 4,80 m.

- 6 luminaires de 50 W, HF, Philips 84, 5200 lm
- E moyen mesuré 620 lux
- Consommation théorique $6 \times (50 + 5) \times 240$ 79,2 kWh
- consommation mesurée 23,5 kWh
- utilisation de l'éclairage 240 heures
- puissance installée totale 330 W
- puissance installée par luminaire 55 W
- 4 luminaires réglés par "sensor" et 2 luminaires (bandeau arrière) non régulés. Durant cette période, le bandeau arrière n'a pas été alimenté.

facteur d'exploitation mesuré = 0,3

23,50 kWh

79,20 kWh

Période du 11 au 14 octobre 1991

Temps couvert, fonctionnement de l'éclairage 62 heures.

- 4 luminaires régulés par dispositif "sensor"

- 2 luminaires (bandeau arrière) enclenchés en permanence.

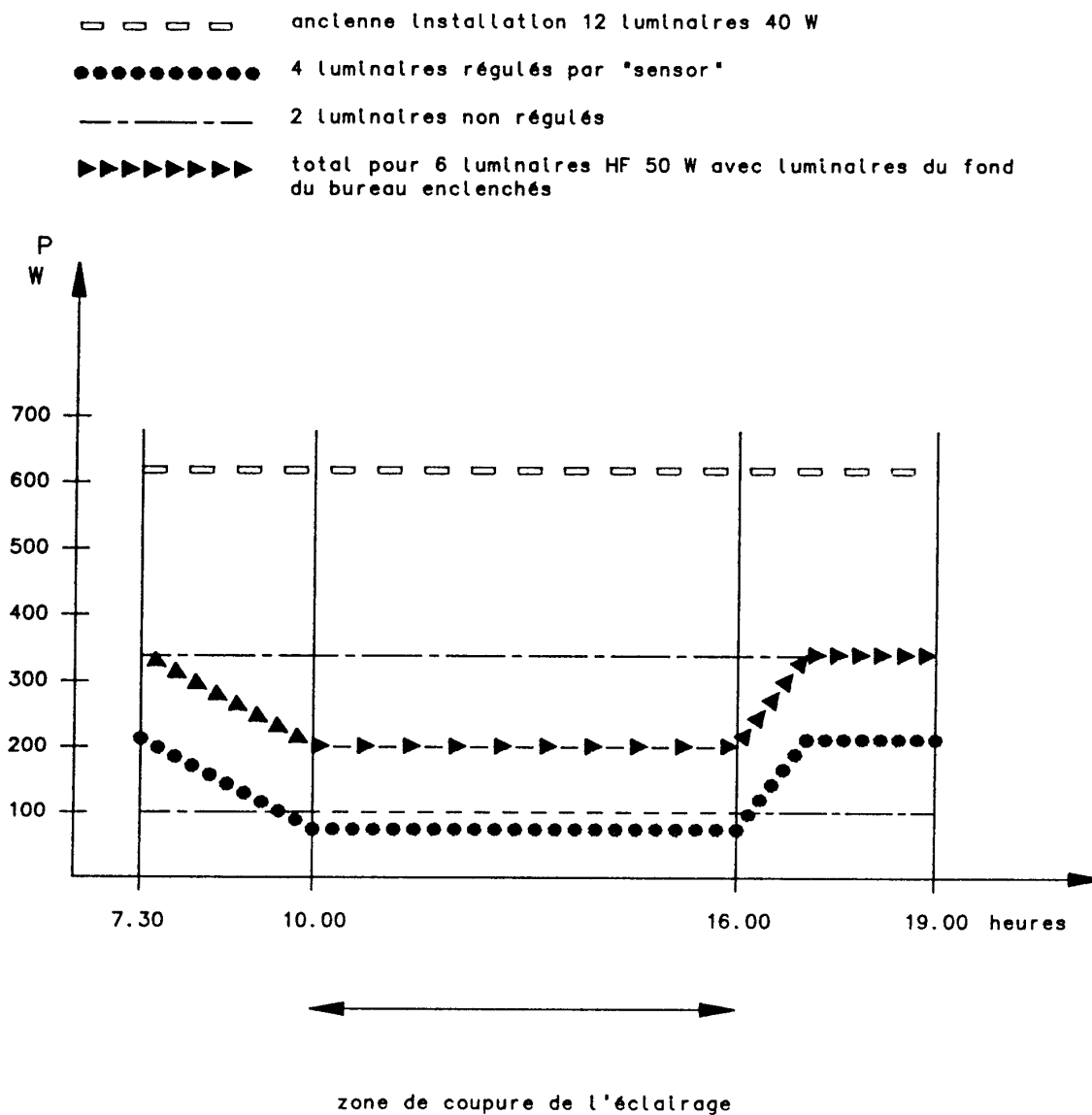
- consommation théorique $6 \times (50+5) \times 62$	20,46 Kwh
- consommation mesurée	17,5 kWh
- facteur d'exploitation = 0.85	<u>17,5 kWh</u>
	20,46 kWh

7.2 CONSOMMATION JOURNALIERE DE 7h.30 A 19H.00

- ancienne installation, au 2ème étage tous les luminaires alimentés	7,23 kWh	
- nouvelle installation, au 4ème étage 4 luminaires régulés et luminaires du fond non régulés alimentés	2,29 kWh	
- nouvelle installation, au 3ème étage 6 luminaires enclenchés, régulation non utilisée	3,795 kWh	
- facteur d'exploitation	$\frac{2,29 \text{ kWh}}{3,795 \text{ kWh}}$	= 0,60
- nouvelle installation, au 3ème étage 4 luminaires réglés et luminaires du fond du bureau non alimentés	1,195 kWh	
- facteur d'exploitation	$\frac{1,195}{3,795}$	= 0,314

L'amélioration du confort, les meilleures conditions de travail à l'écran de visualisation, ainsi que l'augmentation sensible des niveaux d'éclairement qui ont passé de E moyen 241 Lux à E moyen 616 Lux, ont nécessité la mise à neuf des installations, des tableaux et des luminaires pour un montant de fr. 335'000.—.

CONSOMMATION MESUREE ET CONTROLE HEURE PAR HEURE DURANT DEUX JOURS.
TEMPS CLAIR, PEU OU PAS DE SOLEIL



pour cet essai,
pas de coupure d'alimentation
de l'éclairage

Les transformations d'un bureau type (24,6m²), matériel et installation le tout rendu posé, se chiffrent aux montants suivants:

- zone avec régulation automatique de l'éclairage 16,6 m² Fr. 126.30 par m²,
- zone sans régulation automatique de l'éclairage 8 m² Fr. 88.— par m²

Pour cette rénovation, les économies annuelles sur la consommation d'énergie d'éclairage, par rapport aux anciens équipements et sur lesquels sont rajoutés les frais d'entretien et de main-d'oeuvre, représentent fr. 8 500.—.

L'investissement consenti pour la rénovation de l'éclairage d'un bureau type, selon le système traditionnel est de l'ordre de Fr. 1 900.-. Coût de Fr. 76.— par m² pour un niveau d'éclairement

moyen de 600 lux.

L'investissement supplémentaire pour un système régulé au moyen de sensor et d'amplificateur est de l'ordre de Fr. 900.—.

Cette technique conduit à des économies de consommation électrique intéressante de fr. 97.— par année. Aux conditions économiques actuelles, taux de 7%, la durée d'amortissement est de 16 ans environ.

Le coût de ces équipements tend à diminuer en fonction de la demande, celui de l'énergie augmentant régulièrement, la durée d'amortissement ne peut de ce fait que diminuer.

Dès maintenant se développe, pour les grandes surfaces, centres administratifs, industrie, banques, écoles, postes, aéroports et autres complexes, des automates de commande programmables pour adapter les niveaux d'éclairement aux places de travail en fonction des saisons, des horaires de travail, et de la quantité de lumière incidente.

Des équipements reliés par câble bus aux dispositifs de mesures (cellules extérieures de mesure de la lumière du jour, régulateurs de type sensor, indicateurs de présence du type infrarouge, horloges, dispositifs de commande de stores, variateurs pour lampes halogènes et ordinateur centralisé) permettront de gérer de manière totalement autonome la lumière naturelle et l'éclairage artificiel pour chaque place de travail.

Des économies substantielles pourront ainsi être réalisées.

Reste que l'investissement de tels équipements doit rester dans des proportions acceptables et ne pas excéder les économies d'énergie d'éclairage envisageables.

PRIX D'INSTALLATION PAR M2 INSTALLEES POUR UN BUREAU TYPE

Surface du bureau type 24.6 m²

1. Installation réglée pour une surface de 16,6 m²

	Quantité	Prix unitaire net	Prix total net
Luminaire réglés 50 W			
Ballast HF	4	297.15	1188.60
Sensor	1	74.50	74.50
Amplificateur	1	65.65	65.65
Pose et raccordement luminaire	4	32.25	129.—
Pose sensor	1	80.95	80.95
Pose amplificateur	1	86.25	86.25
Interrupteur FLF luminaire	1	28.35	28.35
Boîtier FLF	1	4.85	4.85
Boîte	1	110.60	110.60
Tube THFW 11 HP 21	16	6.90	110.40
Câble TT 2 x 1,5 HP 60	12	3.95	47.40
Câble TT 2 x 1,5 HP 70	1	4.95	4.95
Câble TT 2 x 1,5 HP 71	1	7.25	7.25
Câble TT 3 x 1,5 HP 60	19	4.25	80.75
Câble TT 3 x 1,5 HP 70	2	6.60	13.20
Câble TT 3 x 1,5 HP 71	7	9.10	<u>63.70</u>
Total			2096.40

Prix au m² Fr. 126.30

2. Installation non réglée pour une surface de 8 m²

Luminaire non réglés 50 W			
Ballast HF	2	248.15	496.30
Pose et raccordement luminaire	2	32.25	64.50
Interrupteur FLF	1	19.60	19.60
Boîtier FLF	1	4.85	4.85
Tube THFW 11 HP 21	4	6.90	27.60
TT 3 x 1,5 HP 60	12	4.25	51.—
TT 3 x 1,5 HP 70	2	6.60	13.20
TT 3 x 1,5 HP 71	3	9.10	<u>27.30</u>
Total			<u>704.35</u>

Prix au m² Fr. 88.—

Lausanne, 18 décembre 1991
No 3345/Bnt/Ebl

COUT TOTAL DES TRAVAUX DE RENOVATION	Fr. 3 900 000.-
Equipements électriques, courant fort + courant faible	Fr. 696 000.—
Chauffage - ventilation - sanitaire	Fr. 192 000.—
Economies annuelles d'énergie	Fr. 8 500.—
Surface nette totale rénovée 2 140 m ²	
Economies par ma et par an	Fr. 3,97
Surface brute 2 314 m ²	
Surface nette bureaux 1 760 M ²	
Coûts fourniture des luminaires	Fr. 170 000.—
Raccordement, lignes, interrupteurs, câbles et tubes symalènes	Fr. 152 000.—
Tableaux électriques	Fr. 11 000.—
Divers - régies	<u>Fr. 2 000.—</u>
TOTAL	<u>Fr. 335 000.—</u>
COUT DES FAUX PLAFONDS Fr. 91.-/ m ²	

Lausanne, 11 mars 1992

N-3345-Bnt/Ebl

Evaluation sur le plan du confort visuel de l'aménagement d'un éclairage régulé dans divers locaux du bâtiment de l'UAP, avenue de Cour, à Lausanne.

1.-Les paramètres principaux du confort visuel

Un certain confort visuel demande que soient satisfaites au moins deux exigences, à savoir une bonne visibilité au niveau de la tâche et de bonnes conditions lumineuses pour le repos du regard. La lumière a donc un double rôle à jouer: éclairer les zones de la tâche et produire un environnement lumineux favorable autour de cette tâche.

Il ne suffit donc pas de considérer uniquement les valeurs d'éclairement horizontal mesuré à 80 cm de hauteur; il faut se préoccuper surtout de l'intensité et de la qualité de la lumière réfléchie vers l'oeil par les diverses surfaces perçues à l'intérieur d'un local, y compris les sources de lumière qui ne peuvent être entièrement masquées.

Les principaux paramètres qui définissent la qualité sont la répartition spatiale des surfaces lumineuses, leur contraste de luminance et de couleur, leur continuité spectrale et leur stabilité temporelle.

On distingue essentiellement deux types de surfaces ou zones de l'espace susceptibles d'être judicieusement éclairées: l'ergorama qui regroupe l'ensemble des plans fixés lors de l'exécution d'une tâche et le panorama qui forme l'arrière plan constitué par le mobilier, les structures fixes d'un local et les espaces perçus au travers des fenêtres.

Avec l'introduction des écrans d'ordinateur qui possèdent leur affichage propre sur une surface vitrée verticale, la répartition des flux lumineux au moyen des techniques courantes d'éclairagisme est remise en question. Il faut donc chercher de nouvelles solutions, ceci indépendamment des préoccupations d'économie d'énergie qui doivent être permanentes. Nous avons donc centré notre analyse sur l'aspect "confort ou inconfort" lié à l'aménagement actuel des locaux en question.

2.-Les valeurs mesurées.

En matière de confort visuel, l'évaluation comporte:

-une description des locaux, avec relevé topographique de l'emplacement des postes, du mobilier, des ouvertures et des luminaires; -un relevé des éclairagements disponibles au plan du poste de travail; -un relevé des luminances sur les surfaces susceptibles d'être perçues; -diverses mesures photométriques (couleur,spectre,uniformité temporelle) servant à qualifier la qualité des sources de lumière utilisées en complément de la lumière naturelle.

Appareillage:

- Eclairage
 - Luxmètre Minolta avec correction pour le cosinus;
 - Luxmètre Tektronix (méthode du scanning photométrique) -
- Luminances:
 - 1)Chromamètre Minolta, CS100
 - 2)Luminancemètre Tectronix (méthode du scanning)
- Facteurs de réflexion et couleurs:
 - Chromamètre Minolta.R200
- Indice de flicker
 - appareillage UMTE

3. -Recommandations 3

3.1.-Valeurs d'éclairage.

Bien que l'informatisation des postes soit relativement récente, l'expérience acquise montre qu'il est raisonnable de disposer d'un éclairage général plus faible que celui recommandé pour le travail de bureau classique. Il est également admis que l'on complète, au besoin, un manque de lumière sur les documents par un éclairage d'appoint. Nous suggérons donc, pour un éclairage général, les valeurs suivantes:

bureaux conventionnels, entre 400 et 800 lux,
bureaux informatisés, entre 150 et 400 lux.

Dans la réalité, le travail est souvent mixte, si bien qu'il s'agit de trouver les meilleurs compromis sous forme d'un système d'éclairage souple et modulable.

³ Les valeurs de référence que nous mentionnons font actuellement l'objet d'un réexamen. Nous avons cependant pris le parti de fournir des valeurs représentant un compromis entre notre propre expérience et les prises de positions d'autres institutions qui se sont penchées sur l'aménagement des postes informatisés.

3.2.-Valeurs de luminances.

En principe, les zones entourant une tâche de lecture devraient être légèrement moins lumineuses. Cependant, avec des écrans sombres, cette règle ne peut être suivie, si bien que l'on se contente de donner des valeurs indicatives de rapport de luminances ou de contrastes à ne pas dépasser pour diverses zones du champ visuel:

rapport

- niveau de la tâche (30 à 50 degrés):	1 à 3
- entourage proche de la tâche ou ergorama (90 degrés):	1 à 10
- entourage lointain ou panorama (180 degrés):	1 à 40

Indépendamment de la recherche d'un bon équilibre des contrastes, on recommande également de ne pas dépasser les valeurs de luminances suivantes:

- ergorama	300 cd/m ²
- panorama 4 proche (murs, plafonds)	200 cd/m ²
- panorama lointain (baies vitrées, luminaires)	1500 cd/m ² .

Les réflexions des sources de lumière sur l'écran sont à éviter. La solution qui consiste à doter l'écran d'un filtre antireflet n'est qu'un médiocre palliatif conséquence d'une mauvaise conception d'aménagement des sources de lumière et des postes. Il faut réaliser que l'adjonction d'un filtre courant diminue de 30 à 50% la luminosité de l'écran, ce qui ne favorise pas la tâche de lecture et engendre dans l'ergorama une situation de contraste défavorable. Pour rétablir une luminosité convenable, il faut alors augmenter la puissance de fonctionnement en proportion, ce qui ne va pas dans le sens d'une utilisation optimale de l'appareil.

Qualité de la lumière.

Les sources de lumière se distinguent par leur dimension, la puissance et la géométrie du flux émis, le spectre et la stabilité temporelle.

On considère indifféremment deux types de sources:

- les sources primaires que constituent le soleil, le ciel, les luminaires et les écrans autoluminescents;
- les sources secondaires qui englobent toutes les diverses surfaces qui diffusent, réfléchissent ou transmettent de la lumière.

La lumière naturelle se distingue par sa continuité spectrale et sa stabilité temporelle d'émission. Dans la mesure où elle est disponible en quantité suffisante et qu'elle n'est pas excessive, cette source de lumière à laquelle notre œil est particulièrement adapté, convient pour la plupart des tâches. Étant aussi gratuite, on devrait l'utiliser au maximum, tout en prévoyant des locaux garantissant un bon facteur de lumière du jour ainsi que des dispositifs permettant l'atténuation d'un excès de lumière et de chaleur.

⁴ On peut définir le panorama proche comme étant la zone perçue derrière le champ de la tâche et le panorama lointain comme les régions pouvant entrer dans le champ de vision lors du détournement du regard.

4.- Evaluation des transformations réalisées à l'UAP.

4.1.-Répartition des éclairagements.

4.1.1.- Rôle du facteur de lumière du jour.

Le facteur de lumière du jour, qui dépend fondamentalement de la structure du bâtiment et de son environnement, est cependant susceptible d'être modifié secondairement par une restructuration de la dimension des espaces en relation avec une réorganisation des postes de travail, C'est ce qui a été entrepris à l' UAP où l'on a saisi l'occasion de la restauration du bâtiment pour diminuer la profondeur de certains locaux et augmenter vers l'intérieur les espaces de circulation.

4.1.1.1-Utilisation optimale d'un gradient de lumière et orientation des postes à écran.

Avec la seule lumière naturelle, il y a généralement trop de lumière vers la fenêtre et trop peu de lumière vers le fond du local. On devrait cependant pouvoir trouver dans tout local une zone où, en orientant convenablement les postes, il est possible d'éclairer suffisamment les documents dans un environnement lumineux ni trop sombre ni trop clair, du moins par temps gris clair. Ayant le choix, on recherche tout naturellement la proximité des fenêtres. Il peut aussi arriver que l'on préfère le seul coin 'protégé" situé contre un mur dans le fond du local.

- Un défaut à éviter cependant est de placer l'écran contre une fenêtre comme cela a été le cas dans le 1er aménagement du local 6 au 4ème (photo 2c et fig. 3).
- Un autre cas peu favorable pour le repos de l'accommodation est de placer l'écran contre un mur (photo 1d).
- Lors d'un travail mixte, on saisira l'occasion pour situer l'écran plus près du fond (zone de 150 à 400 lux) en réservant la région mieux éclairée (de 400 à 800 lux) pour le travail de bureau. Par exemple, les écrans A,B du local au 2ème sont dans la bonne zone, mais l'écran A est mal orienté (photo 1a,1c,fig.1).

Si l'on tient compte du taux d'occupation des locaux, le cas le plus favorable est représenté par des locaux dont le plus grand côté correspond à la façade vitrée. Cette disposition permet évidemment d'obtenir la plus grande surface avec un bon facteur de lumière du jour. Il faut alors donner la possibilité d'atténuer et de diffuser un excès de lumière peu favorable au travail sur écran au moyen de stores et de rideaux diffusants.

A titre d'exemple, on peut comparer les surfaces correspondant à un éclairage situé entre 150 et 800 lux par temps gris pour un ancien local du 2ème et son équivalent du 4ème qui a été raccourci (fig.2 et fig.3):

local 1 2ème : $1,5 \times 5\text{m} = 7,5 \text{ m}^2$ sur 30 m^2
 local 6 4ème $2 \times 5\text{m} = 10 \text{ m}^2$ sur 25 m^2

4.1.2.-Compensation d'un manque de lumière naturelle.

4.1.2.1.-Sectorisation de l'éclairage.

Vers le fond des pièces et surtout pour des locaux plus profonds, il convient de compenser le manque de lumière naturelle par de la lumière artificielle. Cela est indispensable pour le local du 2ème par temps gris. (Cf.fig.2) La nécessité de cette compensation intervient pour l'ensemble du local avec l'assombrissement du ciel, ou l'atténuation par des stores d'un effet d'éblouissement en direction des fenêtres.

Il faut cependant tenir compte des besoins divers en lumière au poste de travail et en particulier des variations de sensibilité chez un même sujet en relation avec la fatigue. Avant que n'existent les systèmes permettant de faire varier le flux lumineux, la seule manière de moduler l'apport en lumière artificielle était de sectoriser l'éclairage.

Cette sectorisation reste toujours nécessaire avec les locaux profonds où les apports respectifs de lumière naturelle et artificielle sont très différents entre l'arrière et l'avant du local. Ce principe a été maintenu à l'UAP. Mentionnons aussi que la sectorisation de l'éclairage dans le sens de la largeur des locaux permet une grande souplesse dans l'aménagement de bureaux qui seront munis ou non de terminaux. Lorsqu'il est impossible de placer l'écran entre deux rangées de luminaires, on peut par exemple éteindre un luminaire gênant (Cf photo 2d).

4.1.2.2. Les apports d'un système régulé.

La compensation intervient de deux manières: en quantités fixes pondérées de l'avant à l'arrière d'un local et de manière variable au cours du nycthémère. L'allumage permanent non régulé se justifie à l'arrière de locaux profonds où l'apport de lumière naturelle est négligeable.

L'intérêt d'une régulation intervient lorsqu' il fonctionne essentiellement pour compenser un manque de lumière appréciable.

Il faut considérer le pourcentage du temps pendant lequel la régulation des luminaires fonctionne de façon optimale, c'est-à-dire, à l'intérieur d'un intervalle de valeurs d'éclairement naturel⁵ (E_n min. et E_n max) où le luminaire régulé va effectivement bien jouer son rôle, à savoir, compenser par un complément non négligeable le manque de lumière naturelle. Cela signifie que, pour une valeur fixée par exemple à 660 lux, le complément de lumière artificielle (E_a) devrait être au moins égal ou supérieur à 10% de cette valeur, et ne pas non plus la dépasser de plus de 10 % .

Dans notre exemple, ces deux valeurs limites correspondent respectivement à 60 et 660 lux. En deçà et au-delà de ces 2 limites, la régulation perd de son utilité. En effet, si $E_{nmin} < 60$ lux le luminaire sera réglé au maximum (E_a env. 600 lux) et si $E_{nmax} > 660$ lux le luminaire sera réglé au minimum (E_a env. 60 lux).

Exprimé en terme de facteur de lumière du jour (FLJ), cela signifie:

- avec un petit FLJ (arrière du local, $FLJ < 1$ %), le pourcentage du temps où $E_n < 60$ lux sera grand, donc la régulation devient inutile car trop souvent réglée au maximum;
- avec un grand FLJ (avant du local, $FLJ > 8$. %) le pourcentage du temps où $E_n > 660$ lux sera grand aussi, l'apport du luminaire devient inutile (réglé au minimum trop souvent).

⁵ E_n = éclairement sur le toit x FLJ

Il existe donc un compromis: un FLJ tel que le pourcentage du temps pour lequel $60 < E_n < 600$ lux est maximum. c'est à cet endroit qu'il vaudrait mieux placer le luminaire. Ce FLJ est de 2.78% et correspond à 83.1% du temps⁶.

On voit que dans notre cas, on est proche de la limite E_{nmin} à l'arrière du local, alors qu'à l'avant on est en-dessous de la valeur E_{nmax} . On peut donc justifier, pour le local considéré l'installation d'un système régulé uniquement pour les 2 rangées avant du local.

Du point de vue du confort, un système régulé permet d'éviter deux comportements courants en relation avec les habitudes et les phénomènes d'adaptation:

- soit l'extinction trop tardive de l'éclairage artificiel,
- soit son enclenchement trop tardif.

A noter que l'allumage brusque de l'éclairage fluorescent dans un secteur donné n'est jamais apprécié.

Vers l'avant, et en plein jour, la régulation garde son intérêt lorsqu'il est nécessaire de se protéger, au moyen de stores et de rideaux, d'un excès de lumière.

Nous avons observé que le réglage effectué de nuit pour 600 lux répond de jour avec un minimum situé entre 400 et 600 lux lorsque les stores à lamelles fonctionnent avec leurs lamelles légèrement inclinées, et que ces valeurs remontent vers un maximum vers le centre de la pièce avec les lamelles entièrement baissées. Cette observation mérite d'être comparée avec l'effet de la baisse progressive de la lumière du jour. Ces variations, qui peuvent surprendre, sont certainement liées avec la position de la cellule et les conditions de diffusion de la lumière au moment du réglage. (Cf photo 2b et 2d).

Ce phénomène a pu être observé dans 3 locaux orientés respectivement au sud, au nord et à l'ouest avec cependant des différences liées probablement à la proportion de la surface régulée (Cf. tabl.2).

Le fait remarquable est le maintien d'une certaine homogénéité des éclairagements dans l'ensemble des locaux en situation d'utilisation partielle des stores, ce qui est visible sur la figure 3. Cela s'explique par la bonne diffusion sur l'ensemble des parois de la lumière du jour, apport qui fait défaut de jour avec les stores suffisamment clos.

4.2.-Répartition des luminances.

4.2.1. Facteurs de réflexion et scanning des luminances

Les peintures et revêtements à l'intérieur d'un local ont deux significations: premièrement, distribuer la lumière et deuxièmement, constituer un environnement lumineux agréable.

C'est le facteur de réflexion des surfaces qui en détermine la luminance et la couleur. Les meilleurs valeurs sont données par les peintures blanches qui cependant peuvent apparaître trop lumineuses. Tenant compte des critères de confort visuel, on propose classiquement:

6 Lorsque l'on parle de pourcentage du temps, il ne s'agit pas de celui que l'on peut déduire des courbes présentées dans la figure 5, page 24, du document de la CSE. mais d'une nouvelle estimation qui tient compte du caractère aléatoire des éclairagements au cours d'une période de travail pouvant se situer, avec l'introduction des horaires libres, entre 6 et 18 h. Ainsi, le pourcentage auquel on fait référence ici a été calculé par D.Francioli d'après les courbes de la figure 3, page 20 du document cité, en admettant une distribution log-normale des éclairagements pour chaque heure de la journée.

- 80 % pour le plafond;
- 60% pour les murs;
- 30% pour le sol.

Avec les écrans dont les surfaces vitrées sont de très bon réflecteurs, il faut éviter la présence de murs trop clairs. Il reste alors la solution de tamiser la lumière par des stores à lamelles (photo 1c, 1d).

On remarque (Cf tabl.2) des valeurs particulièrement élevées pour l'ancien local dont les peintures ont été rafraîchies récemment. Dans les nouveaux locaux, le facteur de réflexion des plafonds est relativement médiocre alors que celui des parois reste élevé.

Ici, donc, par temps clair, la très bonne diffusion de la lumière sur les murs risque de provoquer un trop grand contraste avec un écran sombre. Pour améliorer l'homogénéité des luminances, il faut alors atténuer la pénétration de la lumière au moyen des stores.

Ceci est illustré par l'analyse des luminances et contrastes perçus dans le champ d'un observateur assis en D dans le local 6 du 4ème (figure 1). Le graphique du scanning des luminances correspondant au cas des stores ouverts (figure.4) montre des valeurs élevées non seulement vers les fenêtres, mais près de celles-ci sur les parois latérales. On remarque aussi des différences marquées entre un plan de lecture vertical et un document horizontal pour des orientations autres que 90 et 270 degrés. Le graphique correspondant aux cas de l'atténuation de la lumière avec les stores à lamelles et la mise en fonction de l'éclairage régulé montre que les écarts de luminance sont atténués sur l'ensemble du champ. On peut supposer que l'équilibre des luminances serait encore amélioré avec l'usage de stores californiens, ou des rideaux semi-transparents clairs.

4.2.2.-Perception directe ou en lumière réfléchie des tubes fluorescents.

En position debout, on remarque immédiatement une grande différence entre les anciens locaux et les nouveaux: on ne perçoit quasiment plus ces barres de lumière tellement peu agréables pour la vue et le repos du regard et que l'on n' a jamais réussi à vraiment accepter. (Cf phot 1b et 2c).

En position assise l'effet protecteur de la grille des luminaires choisis dépend de l'angle sous lequel on commence à percevoir les tubes. Il faut donc tenir compte de l'implantation des luminaires et d'aménagement des postes par rapport à ceux-ci, les luminaires et l'axe du regard devant être parallèles aux fenêtres.

La position des luminaires étant ici prédéterminée par la structure des plafonds, cette condition n'est pas remplie pour les locaux sur les petites façades où les luminaires ne sont pas parallèles aux fenêtres (cf photo 2d); quoi qu'il en soit, les rangées de luminaires sont, pour l'ensemble des locaux, trop serrées pour que l'on puisse placer les postes sans être gêné par des reflets sur l'écran ou les tables. L'effet d'éblouissement est atténué dans la mesure où les tubes fonctionnent au-dessous de leur valeur nominale.

4.2.3.-Indice de flicker ou papillotement.

Pour autant qu'ils soient utilisés, comme c'est le cas pour les nouveaux locaux, avec des ballasts électroniques HF, (à haute fréquence d' excitation), les tubes minces à haut rendement présentent l'avantage non négligeable de ne point vibrer ou "papilloter". Avec des ballasts ordinaires, la seule manière de diminuer les oscillations rapides est de monter les tubes en duo ou trio déphasés.

Cet indice est défini le plus souvent par le rapport

$$\text{I.F.} = \frac{\text{intensité lumineuse minimale}}{\text{intensité lumineuse maximale}}$$

Avec des valeurs voisines de 0,9 pour les lampes à incandescence et 0,2 pour les mauvais tubes fluorescents, L'indice doit atteindre au moins la valeur de 0,7 pour que ne soient pas perçus d'oscillations dans le champ visuel.

Pour les anciennes installations, nous avons observé des indices de flicker situés entre 0,25 et 0,60, ce qui est d'observation courante pour des installations anciennes souvent modifiées. Avec les nouvelles installations, ce problème est donc écarté, et c'est un atout pour le confort visuel de ceux qui travaillent sur des écrans qui ont leurs propres oscillations.

5.-Conclusion

En conclusion, on doit relever 2 types de mesures particulièrement favorables du point de vue du confort visuel: 1) la diminution de la profondeur de certaines pièces et 2) l'introduction d'un système HF modulable et régulé au moyen d'une cellule.

Le principe de la modulation complétée par une sectorisation de l'enclenchement des luminaires va dans le sens de la souplesse d'utilisation en fonction des tâches, de la localisation des postes et de la sensibilité à la lumière des sujets.

En particulier, le système donne la possibilité de maintenir, dans une zone régulée, un éclairage modéré homogène, ceci en combinaison avec une utilisation des stores à lamelles .

Pour en tirer tout bénéfice sur le plan du confort visuel et même de l'énergie, nous pourrions recommander un usage systématique des stores californiens en complément des stores extérieurs à lamelles. La nuit, ou de jour par temps très sombre, des rideaux semi-transparents clairs favorisent la diffusion de la lumière et évitent toute perception de l'image réfléchie des luminaires sur les vitrages. Les stores californiens, ou des rideaux équivalents, représentent donc en terme de confort et d'énergie, une contribution non négligeable.

Rappelons aussi qu'il s'agit à l'UAP d'une rénovation qui impliquait des limites dans la possibilité de placer les luminaires par rapport à une organisation planifiée des emplacements de postes à écran. Dans ces conditions, on peut néanmoins s'interroger sur l'efficacité de la grille de défilement.

Enfin la régulation prendra tout son sens dès le moment où il sera possible d'en faire aisément varier par secteur le niveau de régulation, ceci en mode d'éclairage direct comme un mode indirect lequel représente aujourd'hui une alternative intéressante.

Bien que les utilisateurs semblent satisfaits, nous estimons nécessaire de continuer les observations dans diverses conditions d'utilisation, de l'avant à l'arrière des locaux, du matin au soir et en diverses saisons.

Résumé

Le compte rendu de cette étude illustre le cas d'une recherche d'amélioration d'un bâtiment sur le plan de l'énergie et du confort

La solution appliquée a consisté à combiner une légère restructuration des cloisonnements internes avec la mise en place d'un nouveau système de luminaires haute fréquence répartis en 2 secteurs dont l'un, situé vers l'avant, est auto-régulé pour compenser progressivement le manque de lumière naturelle par rapport à un niveau d'éclairement minimal fixé à 600 lux.

Le système, qui est plus économique que l'ancien, fournit une meilleure répartition des éclairagements et des luminances. Sur le plan du confort, on relève en particulier l'intérêt d'installer un système HF qui garantit tout absence de flicker

L'étude suggère cependant la possibilité d'améliorer encore le mode de régulation et souligne l'importance du choix des grilles de défilement, de l'emplacement des luminaires et de la présence non seulement de stores à lamelles externes, mais également de rideaux clairs semitransparents destinés à améliorer encore la diffusion de la lumière. 7

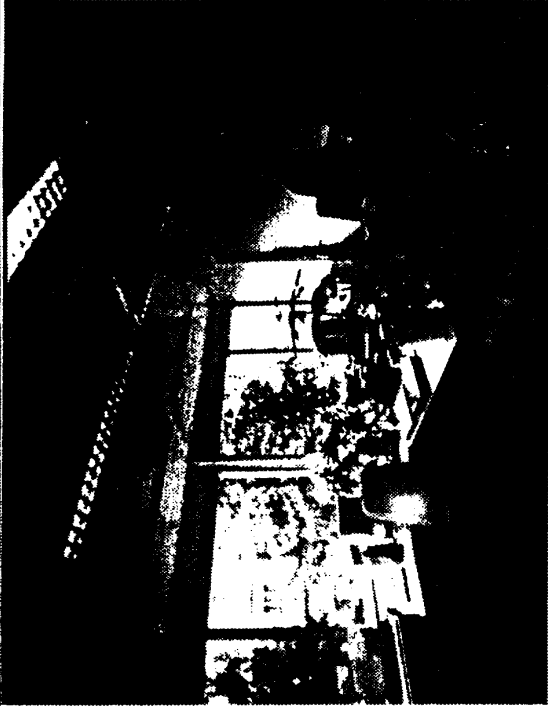
7 Tous nos remerciements au professeur Louis. Cotton, pour ses judicieuses remarques concernant ce texte

- Laboratoire d'Ergonomie de la Vision -		UMTE - Uni-Genève	
J-J Meyer. 15/12/91	Evaluation d'un nouvel éclairage	D0C	Benoit P/ Mondada D



photo 1a (haut). 1b (bas)

photo 1c (haut). 1d (bas)

J-J Meyer. 15/12/91		Evaluation d'un nouvel éclairage	DOC Benoit F/ Mondada D
		photo 2a (haut). 2b (bas)	
		photo 2c (haut). 2d (bas)	

Exemples de nouveaux aménagements

Fig. 1 Plan de situation

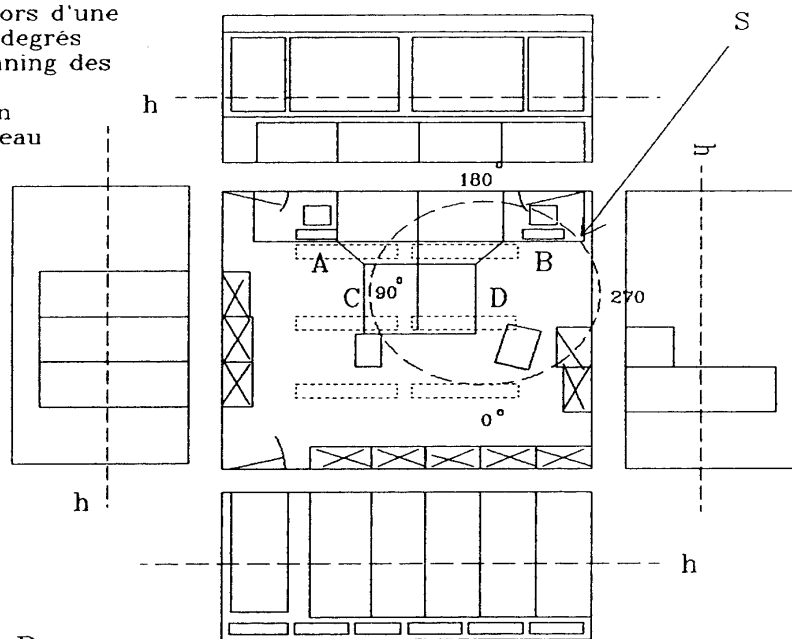
h = horizon en position
assise (1.20 m)

S = orientation de la tête
du photomètre lors d'une
rotation de 360 degrés
au point D (scanning des
luminances).

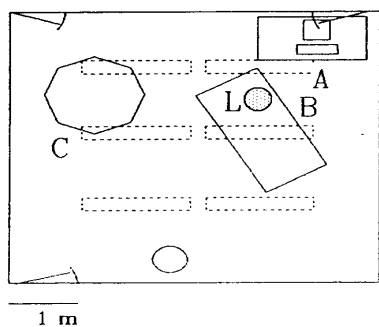
A.B = postes à écran

C.D = places de bureau

4ème local 6 Aménagement A

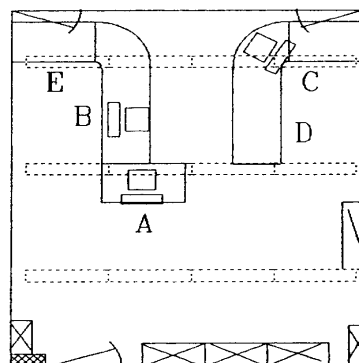


4ème local 6 Aménagement B



A. poste à écran
B. place de bureau
C. place visiteur
L. Lampe d'appoint.

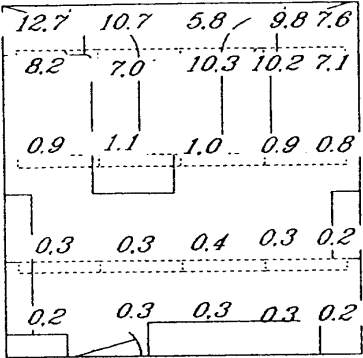
2ème, local 1



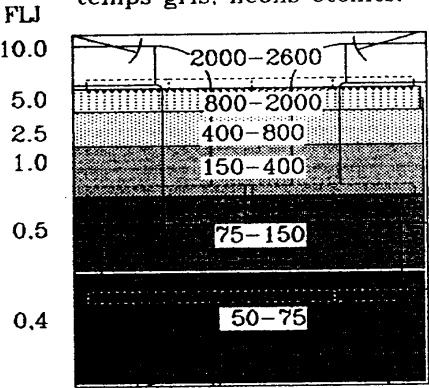
A.B.C postes à écran
D.E places bureau

Fig. 2
Répartition des
éclairagements
2ème, local 1

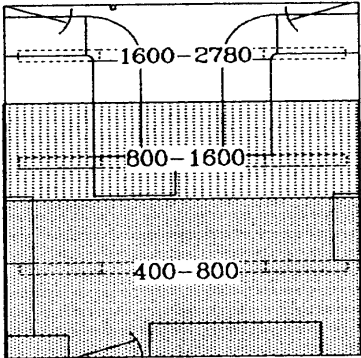
Facteur de lumière du jour.
18/6/91



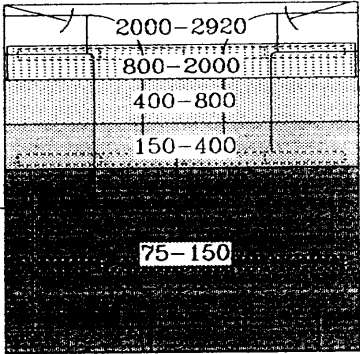
2ème local 1 18/6/91
temps gris, néons éteints.



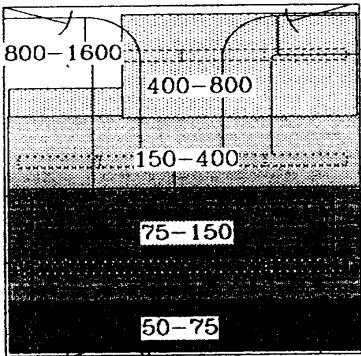
2ème local 1 18/6/91
temps gris, fluo allumés.



2ème, local 1 16/7 /91
Ensoleillé, tout ouvert

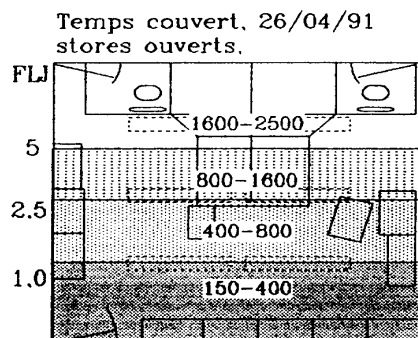


2ème local 1 16/7/91
temps ensoleillé, stores fermés.

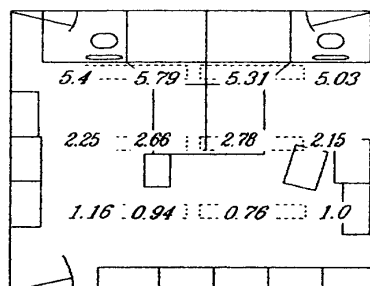


1m

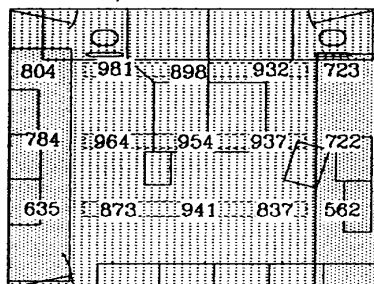
Figure 3 - Répartition des éclairagements.
Local 6, 4ème, aménagement A



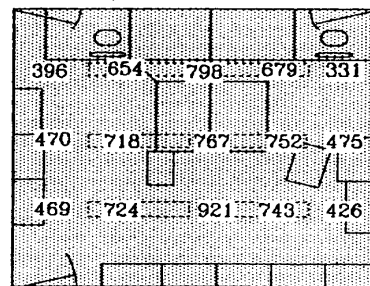
Facteur de lumière du jour (FLJ)
26.04.91.



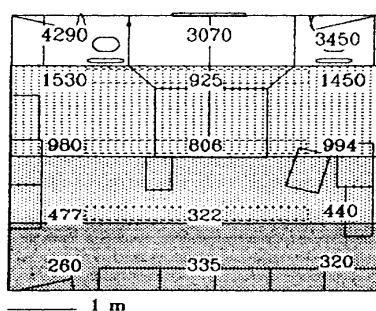
Temps couvert, 26/04/91
stores 1/2 fermés + écl. fluo.



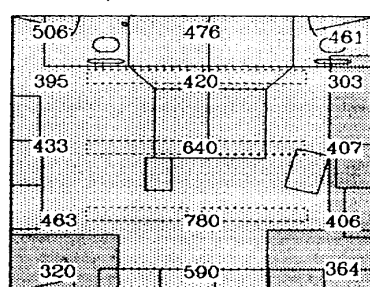
Temps couvert, 26/04/91
stores 3/4 fermés + écl. fluo.



Soleil, 8/05/91
stores ouverts.



Soleil, 8/05/91
stores 1/2 fermés + écl. fluo.



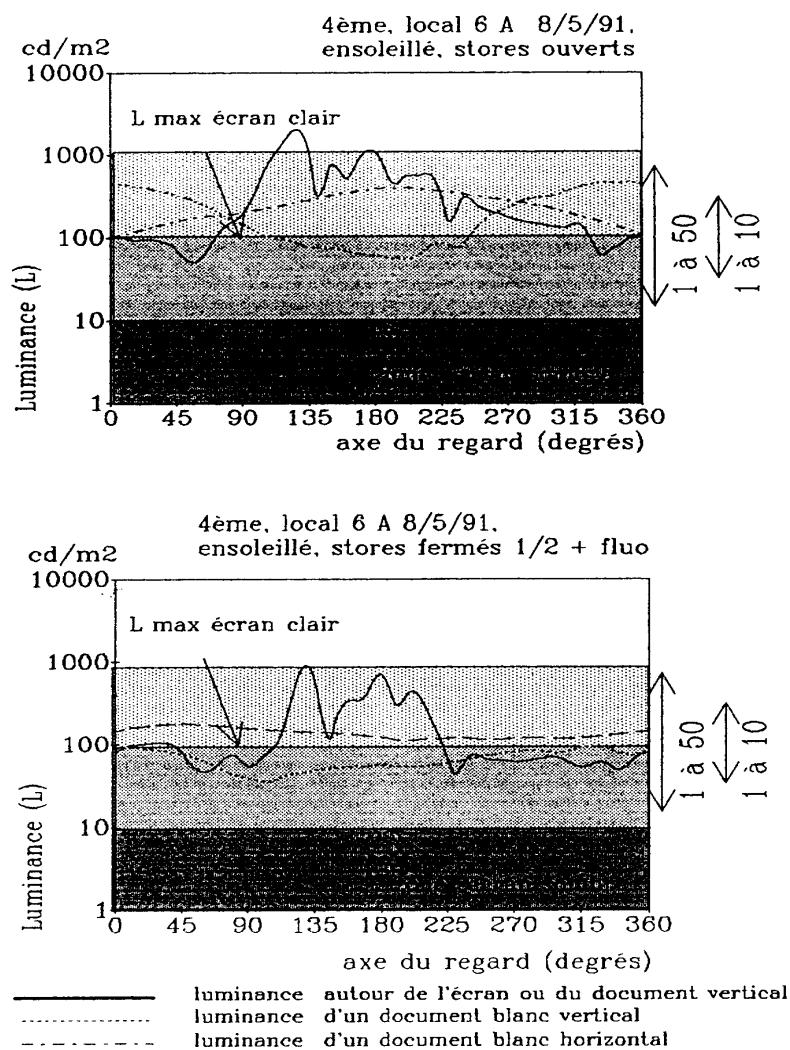
J-J Meyer, 15/12/91

Evaluation d'un nouvel éclairage

DOC Benoit F/ Mondada D

Fig 4. Luminances et contrastes perçus en position assise dans diverses directions pour le poste D local 6 A 4ème (Scanning des luminances, voir plan de situation).

Comparaison de 2 situations d'éclairage



Luminances des écrans: entre 10 et 100 cd/m2

Contrastes à ne pas dépasser:

entre plans de lecture et entourage: 1 à 10

entre diverses régions du panorama: 1 à 50

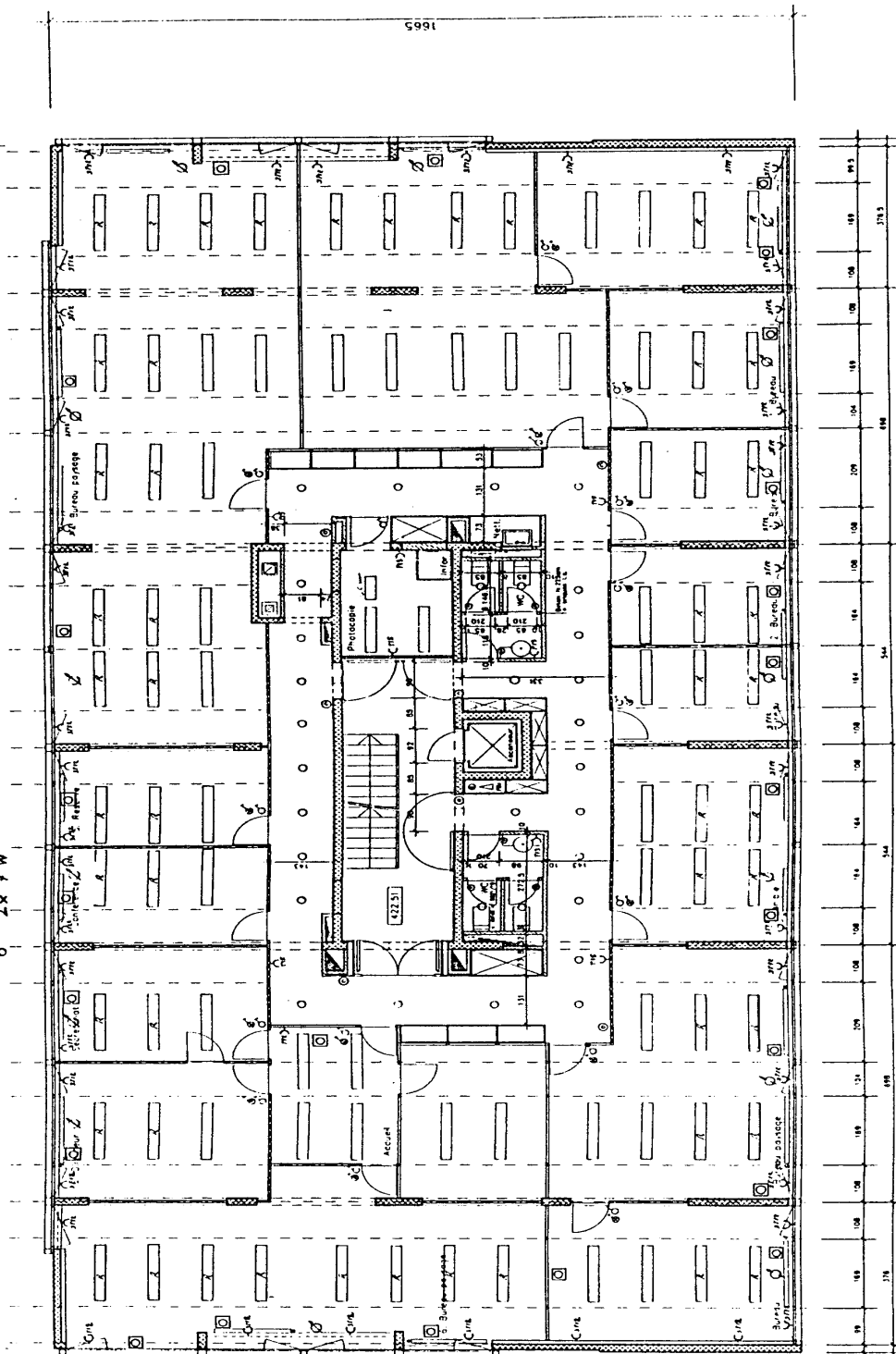
Réalisation 1991

55-10000

WE ADVISE

3290

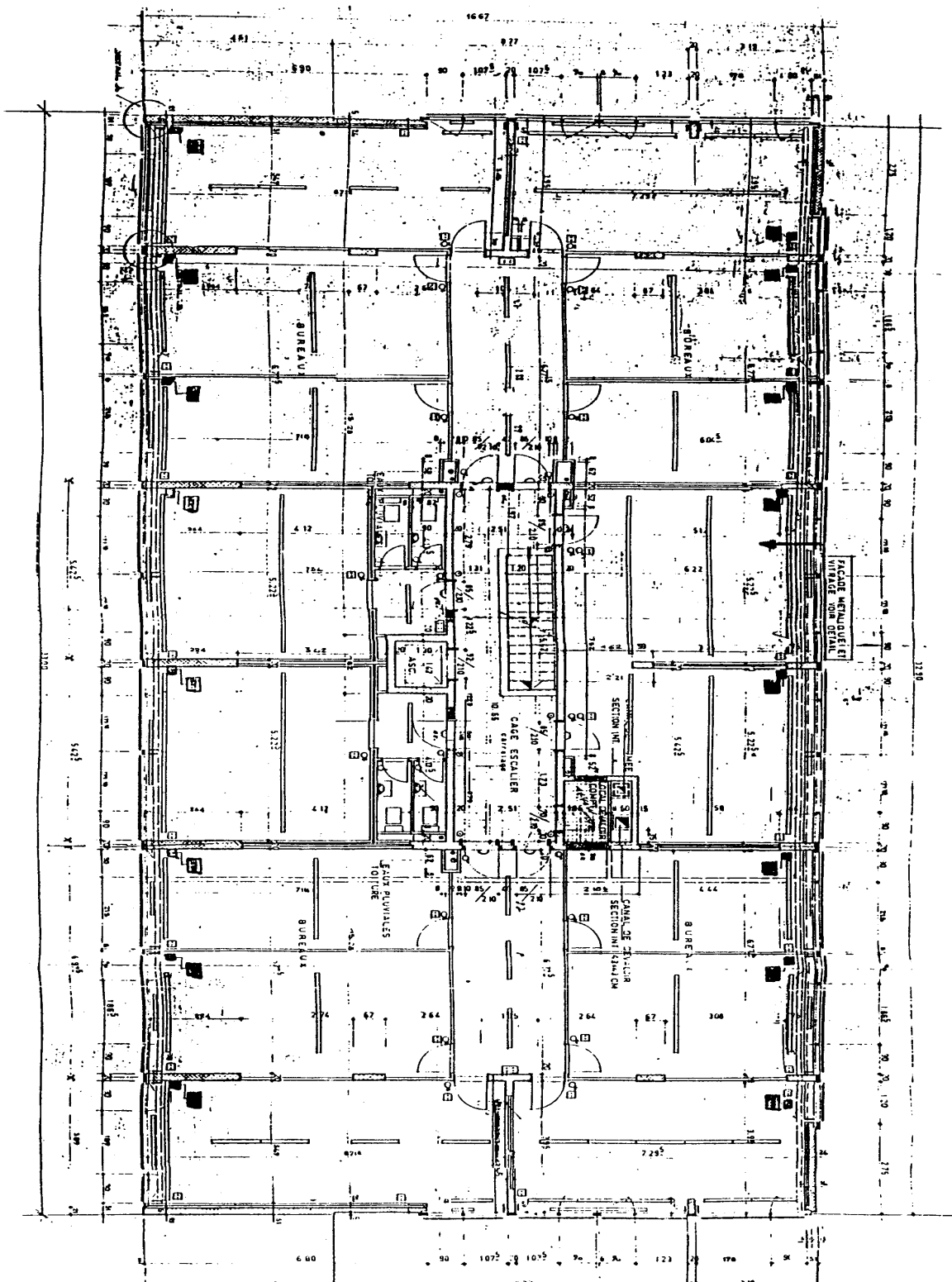
1x 50 W
1x 50 W régulé
1x 32 W
2x 7 W



1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 25
 26
 27
 28
 29
 30
 31
 32
 33
 34
 35
 36
 37
 38
 39
 40
 41
 42
 43
 44
 45
 46
 47
 48
 49
 50
 51
 52
 53
 54
 55
 56
 57
 58
 59
 60
 61
 62
 63
 64
 65
 66
 67
 68
 69
 70
 71
 72
 73
 74
 75
 76
 77
 78
 79
 80
 81
 82
 83
 84
 85
 86
 87
 88
 89
 90
 91
 92
 93
 94
 95
 96
 97
 98
 99
 100
 101
 102
 103
 104
 105
 106
 107
 108
 109
 110
 111
 112
 113
 114
 115
 116
 117
 118
 119
 120
 121
 122
 123
 124
 125
 126
 127
 128
 129
 130
 131
 132
 133
 134
 135
 136
 137
 138
 139
 140
 141
 142
 143
 144
 145
 146
 147
 148
 149
 150
 151
 152
 153
 154
 155
 156
 157
 158
 159
 160
 161
 162
 163
 164
 165
 166
 167
 168
 169
 170
 171
 172
 173
 174
 175
 176
 177
 178
 179
 180
 181
 182
 183
 184
 185
 186
 187
 188
 189
 190
 191
 192
 193
 194
 195
 196
 197
 198
 199
 200
 201
 202
 203
 204
 205
 206
 207
 208
 209
 210
 211
 212
 213
 214
 215
 216
 217
 218
 219
 220
 221
 222
 223
 224
 225
 226
 227
 228
 229
 230
 231
 232
 233
 234
 235
 236
 237
 238
 239
 240
 241
 242
 243
 244
 245
 246
 247
 248
 249
 250
 251
 252
 253
 254
 255
 256
 257
 258
 259
 260
 261
 262
 263
 264
 265
 266
 267
 268
 269
 270
 271
 272
 273
 274
 275
 276
 277
 278
 279
 280
 281
 282
 283
 284
 285
 286
 287
 288
 289
 290
 291
 292
 293
 294
 295
 296
 297
 298
 299
 300
 301
 302
 303
 304
 305
 306
 307
 308
 309
 310
 311
 312
 313
 314
 315
 316
 317
 318
 319
 320
 321
 322
 323
 324
 325
 326
 327
 328
 329
 330
 331
 332
 333
 334
 335
 336
 337
 338
 339
 340
 341
 342
 343
 344
 345
 346
 347
 348
 349
 350
 351
 352
 353
 354
 355
 356
 357
 358
 359
 360
 361
 362
 363
 364
 365
 366
 367
 368
 369
 370
 371
 372
 373
 374
 375
 376
 377
 378
 379
 380
 381
 382
 383
 384
 385
 386
 387
 388
 389
 390
 391
 392
 393
 394
 395
 396
 397
 398
 399
 400
 401
 402
 403
 404
 405
 406
 407
 408
 409
 410
 411
 412
 413
 414
 415
 416
 417
 418
 419
 420
 421
 422
 423
 424
 425
 426
 427
 428
 429
 430
 431
 432
 433
 434
 435
 436
 437
 438
 439
 440
 441
 442
 443
 444
 445
 446
 447
 448
 449
 450
 451
 452
 453
 454
 455
 456
 457
 458
 459
 460
 461
 462
 463
 464
 465
 466
 467
 468
 469
 470
 471
 472
 473
 474
 475
 476
 477
 478
 479
 480
 481
 482
 483
 484
 485
 486
 487
 488
 489
 490
 491
 492
 493
 494
 495
 496
 497
 498
 499
 500
 501
 502
 503
 504
 505
 506
 507
 508
 509
 510
 511
 512
 513
 514
 515
 516
 517
 518
 519
 520
 521
 522
 523
 524
 525

63

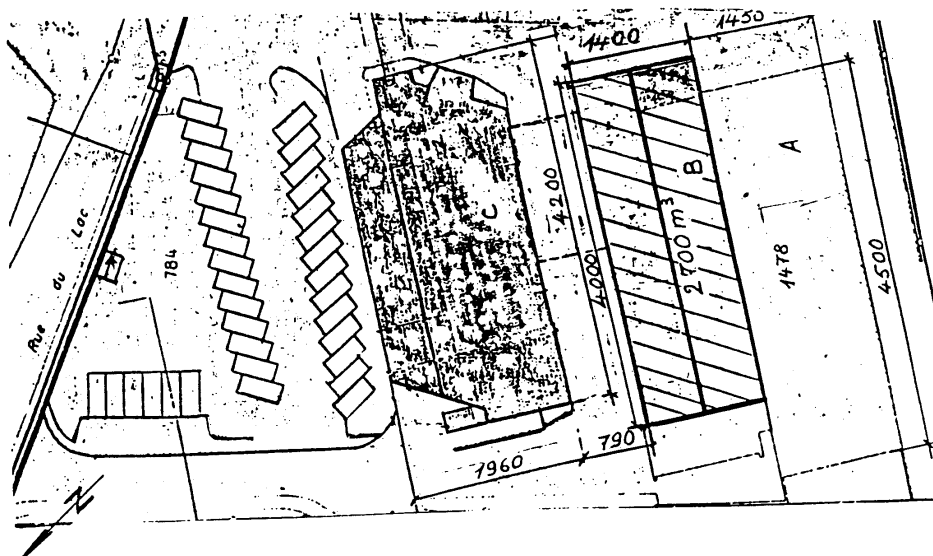
THE COLLEGE



Realisation 1969

ETUDE DE CAS No 4

Objet : Halle de fabrication
(verniss, dispersion, émaux et crépis) SOCOL SA



Renens

Auteur : Frédéric Benoît, Bonnard & Gardel
Ingénieurs-conseils, Lausanne

La Société SOCOL possède trois bâtiments et particulièrement, une halle de fabrication d'un volume de 2700 m³, conception 1967, sis à la Rue du Lac 24 à Renens (B).

La toiture est en forme de shed, hauteur 6,5 m.max et 3,8 m. nin. Orientation de la halle Nord-Est, adossée au Sud-Ouest à un ancien bâtiment (A).

Surface totale de la halle	528 m ²
subdivisée en six zones :	
1. fabrication des émaux et citernes de,dispersion	245 M ²
2. fabrication dispersion et crépis	78 m ²
3. arrivage des produits	88 m ²
4. stock des marchandises finies	64 m ²
5. imprimerie	26 M ²
6. annexe de l'imprimerie et stock des étiquettes	27 m ²

Des propositions de rénovations doivent aboutir aux améliorations suivantes :

- augmentation des niveaux d'éclairéments sur les places de travail
- meilleur rendu des couleurs
- confort accru
- économies sensibles d'énergie.

Les mesures relevées localement ont permis d'établir

- la pénétration de la lumière naturelle dans les locaux;
- les niveaux d'éclairement et de luminance futurs;
- la régulation automatique de l'éclairage en fonction de la lumière du jour incidente en équipant partiellement un secteur de relais analogiques permettant une gradation de l'éclairement à trois niveaux;
- le confort visuel aux places de travail;
- le potentiel d'économie énergétique.

CARACTERISTIQUES DE LA HALLE

	longueur	40 m
	largeur	14 m
- vitrages en lignes continues sur trois façades	à l'Ouest :	hauteur 1,3 m longueur 11,5 m
	à l'Est	hauteur 2 m longueur 12 m
(7 vitrages sur 10 sont colorés en blanc)		
- En façade Nord-Est	hauteur	1,8 m
	longueur	24 m
et une porte d'accès partiellement vitrée	hauteur	2 m
	largeur	2,2 m
- En toiture shed avec ouvertures en plexiglas	2 secteurs	hauteur 1,8 m longueur 40 m
Surface vitrée totale		228 m²

La mesure des facteurs de lumière du jour dans la zone 1 surface 245 M donne les valeurs suivantes :

- façade Nord-Est à 1,2 m des vitrages	1,5 % à 2,4 %
- à 4 m de la façade	1,5 % à 2,2 %
- sur l'axe longitudinal de la halle	1,6 % à 2,6 %
- à 2,2 m du mur mitoyen séparant la halle de l'ancien bâtiment	0,25 % à 1 %

L'apport d'éclairage naturel est insuffisant dans les zones situées du côté de l'ancien bâtiment (A) et plus particulièrement dans les zones fabrication dispersion. crépis et imprimerie.

L'éclairage artificiel est enclenché en permanence dans ces zones.

Mesures d'éclairement et de consommation avant toute proposition de rénovation.

Les luminaires sont des armatures simples pour tubes fluorescents 40 W, type Philips TL-F 33, diamètre 38 mm, flux lumineux 2060 lm.

Efficacité lumineuse k	51 lm/W self non comprise
	39 lm/W self comprise

Les armatures et les tubes sont fortement empoussiérés, les luminaires à 2 tubes sont disposés en 3 lignes continues, deux en appliques sur les côtés à 3,7 m de hauteur et sans réflecteur et la troisième dans l'axe de la halle, équipée de réflecteurs en tôle vernie, 3,7 m de hauteur également.

Distance entre les lignes de luminaires : 6,6 m

Niveau d'éclairement mesuré à 90 cm du sol : 90 lux.

Contrôle zone I

$$E \text{ moy.} = \frac{N \text{ tubes} \cdot \text{flux lum. (lm)} \cdot \text{rend. uti.} \cdot V}{\text{aire en m}^2}$$

(flux lum.) 2060 lm
(n tubes) 72

lors de la mesure d'éclairement, seuls 62 tubes étaient en service

(rend. ut.) 0,35
(V) facteur de vieillissement inférieur à 0,5

Aire considérée : 245 m²

Indice k du local = 1,59

Coefficient de réflexion :

- plafond	: 0,5
murs	: 0,3
- sols	: 0,1
rend. luminaire	: 0,8
coefficient d'utilisation	: 0,44
rend. d'utilisation	: 0,35

E moy. calculé : 91 lux

Ces mesures montrent que le rendement d'utilisation et le facteur de vieillissement sont très bas.

POUR LES 6 ZONES

Puissance unitaire mesurée par luminaire (2 tubes)	(52,75 W/lum.)	105,5 W
Puissance de raccordement totale (éclairage)		7701 W
Puissance unitaire installée (éclairage)		14,58 W/M ²
Coût annuel de l'énergie pour l'éclairage et la force en général		35,15 ct/kWh
Consommation annuelle totale pour l'ancien bâtiment (bureaux et dépôts) et la halle de fabrication		71 366 kWh
Consommation annuelle pour l'éclairage halle (21 %)		15 476 kWh
Coût annuel		fr. 5 417.—
Frais d'entretien annuels (tubes et divers)		fr. 270.—
Main d'oeuvre		<u>fr. 131.—</u>
Total des frais d'exploitation annuels		fr. 5 818.— =====

PROPOSITIONS DE RENOVATION

a) Sans régulation automatique de l'éclairage

- Remplacer les luminaires par des réglettes avec ballast électronique 50 W, tubes diamètre 26 mm, index de rendu des couleurs 85 et réflecteur à haute performance en tôle d'acier thermolaquée, couleur blanche (forme étudiée par ordinateur).

$$\frac{5\,200\text{ lm}}{55,5\text{ W}} = 94\text{ lm/W}$$

=====

Efficacité lumineuse k = $\frac{\text{flux lumineux}}{\text{flux énergétique self comprise}}$

- Diminuer l'entre-axe des lignes de luminaires en le réduisant à 4,5 m.
- fixer les luminaires à un rail porteur suspendu, système pré-câblé.
- Conserver les commandes de l'éclairage tel que prévu initialement.

Contrôle zone I

- Flux lumineux par tube fluorescent : 5200 lm
- Nombre de tubes : 31
- Rendement d'utilisation : 0,53
- Facteur de vieillissement : 0,8
- Surface considérée 245 M²
- indice k du local 1,59

coefficient de réflexion : plafond 0,5
 murs 0,3
 sol 0,1

- E moyen calculé : 278 lux

Le matériel et les nouveaux coûts pour la totalité de la halle 528 m²
 sont les suivants :

-	60 armatures à 1 tube, type HF	50 W
-	puissance unitaire ballast compris	55,5 W
-	puissance totale raccordée (éclairage)	3,300 W
-	puissance unitaire installée	6,3 W/M ²
-	utilisation annuelle de l'éclairage env.	2000 heures
-	consommation annuelle	6600 kWh
-	prix moyen 35,15 ct/kWh	
-	coût annuel de l'énergie	fr. 2 310.—
-	frais d'entretien annuel (tubes, etc.)	fr. 121.—
-	main-d'oeuvre	<u>fr. 54.—</u>
-	Coût d'exploitation annuel	fr. 2485.—
-	Economie annuelle sur la consommation d'énergie et les frais d'entretien par rapport à l'ancienne installation	<u><u>fr. 3333.—</u></u>
frais d'investissement	luminaires	fr. 7 680.—
	accessoires	fr. 1 800.—
	installation	<u>fr. 1 800.—</u>
	Total	<u><u>fr. 11 280.—</u></u>

b) Avec régulation automatique de l'éclairage

En fonction de la lumière du jour incidente et plus particulièrement
 dans la zone I fabrication des émaux (245 m²).

Cette installation de faible surface ne permet pas d'envisager une régulation continue du flux lumineux (ballasts électroniques particuliers et coûteux), l'économie d'énergie étant trop faible pour songer à amortir un tel équipement.

Seule une solution dite à gradation à points fixes peut encore entrer en ligne de compte du point de vue investissement.

L'équipement nécessaire sera installé directement dans le tableau électrique.

Il comprend

- un relais analogique de commande automatique du niveau d'éclairement
- un capteur de niveau d'éclairement naturel
- quelques relais supplémentaires.

Ce relais analogique à trois niveaux d'éclairement comprend les consignes de réglage.

Ces consignes permettent d'adapter la quantité de lumière artificielle aux besoins des différentes zones en fonction de l'apport de lumière naturelle.

Le coût d'investissement de cet équipement est de

fr. 550

.-L'installation est estimée à :

fr. 600.—

Le facteur d'exploitation pour ce grand local pourrait atteindre facilement la valeur de 0,7.

L'économie d'énergie supplémentaire serait de l'ordre de 800 kWh par année, c'est-à-dire : fr. 200.—

Les coûts d'exploitation pourraient être ramenés à

fr. 2 300.—

=====

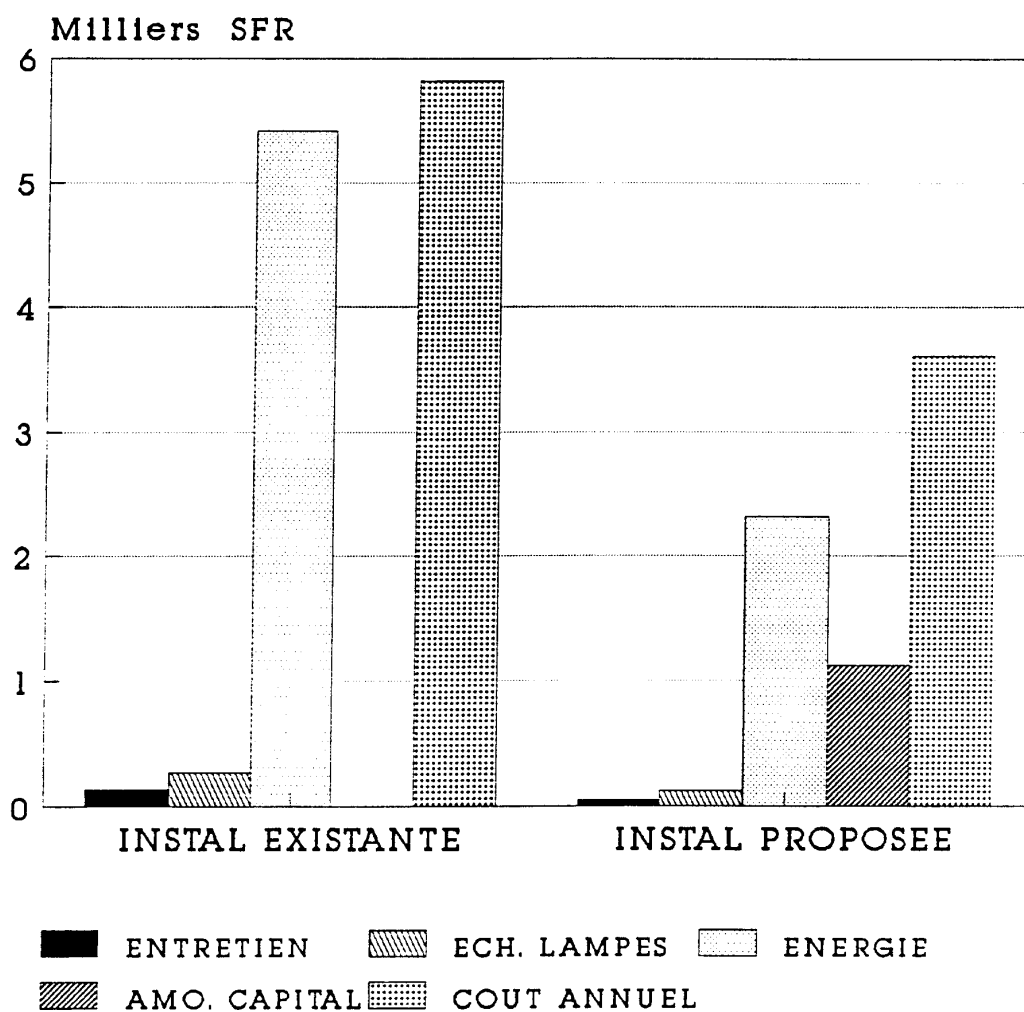
Seules des mesures établies après toute rénovation permettront de vérifier très exactement l'économie d'énergie réalisée.

Lausanne, le 2 décembre 1991

No..... /Bnt/Zb

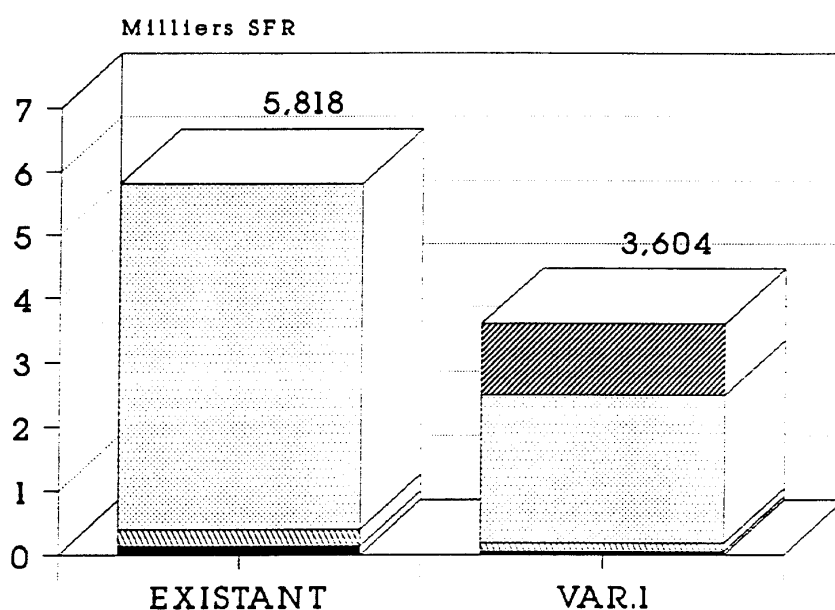
SOCOL SA RENENS

REPRESENTATION GRAPHIQUE



SOCOL SA RENENS

REPRESENTATION GRAPHIQUE



COUT AN.	5,818	2,485
AMORT.	0	1,119
ENERGIE	5,417	2,31
LAMPES	0,27	0,121
ENTRETIEN	0,131	0,054

	ENTRETIEN		LAMPES
	ENERGIE		AMORT.

EXISTANT
FUTUR



