

*Yves Golay

Utilisation optimale de la lumière naturelle. Les moyens du projet – études typologiques

LUMIÈRE NATURELLE ET ARCHITECTURE

Ce projet s'inscrit dans le cadre du programme de recherche interdisciplinaire LUMEN, visant à la maîtrise de l'utilisation de la lumière naturelle lors de la conception de bâtiment. Il s'agit, en particulier, de réduire la consommation d'énergie, tout en assurant les conditions de confort visuel requises en améliorant la qualité architecturale des espaces intérieurs (voir le reportage de la première étape du projet «études typologiques» dans FAÇADE 4/95) (1).

Un ouvrage de synthèse de la recherche est actuellement en préparation; il comprendra trois volumes: traité, guide et analyses (2). Basée essentiellement sur la comparaison d'éléments ou de bâtiments, la recherche distingue les types, éléments théoriques non construits par opposition aux modèles, ouvrages réalisés. A l'aide d'analyses quantitatives et qualitatives de la lumière naturelle, l'étude cherche à mettre à disposition des architectes des outils de contrôle simplifiés, permettant de maîtriser la conduite de la lumière naturelle dans toute sa complexité dès le début de l'avant-projet.

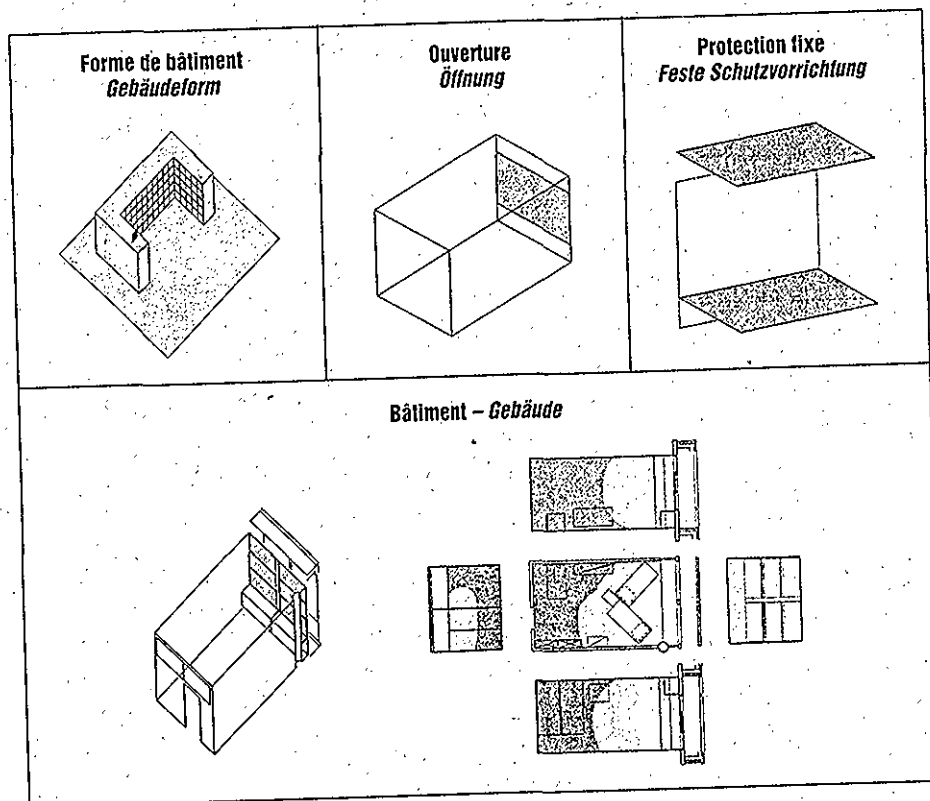
Cette double approche devrait faciliter la prise de décisions lors de la conception du projet: par comparaison d'analyses de situations théoriques et d'exemples bâtis, l'architecte peut trouver la solution qui correspond le plus à son projet. Ces analyses permettent de définir un concept du «projet lumière» avec un contrôle approximatif de l'éclairage naturel, acceptable à un stade de conception. L'objectif principal de la recherche est de comprendre quelles sont les solutions qui

pénalisent ou améliorent le plus l'apport de lumière. Avec le Guide, il sera possible de dimensionner des espaces bâtis en garantissant une autonomie en éclairage par la lumière naturelle, avec la vérification quantitative de sa répartition. En plus, le Guide met en évidence les aspects architecturaux (relation avec l'extérieur, spatialité) et le confort visuel des places de travail (contrastes et orientation du regard).

Les résultats d'analyse du Facteur de Lumière du Jour (FLJ) ne sont toutefois pas directement comparables entre les exemples bâtis et les cas théoriques, car ceux-ci ont été simulés volontairement sans menuiserie et verre: la différence quantitative de lumière peut varier de 30 à 60%, selon la réalité constructive de l'enveloppe.

Les différentes composantes du «projet lumière» ont été analysées de manière séparée dans l'étude théorique par simulation (fig. 1) et de manière globale dans l'étude in situ des bâtiments constructifs (fig. 2).

Ces nombreuses analyses aident à comprendre comment la lumière pénètre dans les espaces



* Yves Golay, architecte epfl/sia, ITB
Institut de Technique du bâtiment, EPFL,
CH-Lausanne

1	Types Typen	Variables Variablen
Formes bâtiments/ Gebäudeformen	T11 	masque A  B  largeur C  D  pente E  F  orientation G  H  sol I  J  façades K  L 
	T12 	masque A  B  position C  D  forme E  F 
	T13 	masque A  B  position C  D  forme E  F  sol G  H  façades I  J 
	T14 	masque A  B  position C  D  forme E  F  sol G  H  façades I  J 
	T15 	largeur A  B  hauteur C  D  position E  F  forme G  H  sol I  J  façades K  L 
Ouvertures/ Öffnungen	To1 	position A  B  surface C  D  embrasure E  F  inclinaison G  H 
	To2 	position A  B  surface C  D  embrasure E  F  inclinaison G  H  espace I  J  murs K  L 
	To3 	position A  B  surface C  D  embrasure E  F  inclinaison G  H 
	To4 	position A  B  inclinaison C  D  espace E  F  murs G  H 
Protections/ Schutzvorrichtungen	Tp1 	dimensions A  B  position C  D  lamelles E  F  réflexion G  H 
	Tp2 	dimensions A  B  position C  D  lamelles E  F  réflexion G  H 
	Tp3 	dimensions A  B  position C  D  lamelles E  F  réflexion G  H 

1 Options architecturales – Formes de bâtiments, ouverture et protections fixes – Echelle de valeur d'un éclairage à 3 m.

2 Comparaison de bâtiments – Système de lumière naturelle – Eclairage latéral avec coursive.

1 Architektonische Optionen – Gebäudeformen, Öffnungen und feste Schutzvorrichtungen – Wertmassstab einer Beleuchtung in 3 m Entfernung.

2 Vergleich von Gebäuden – System mit natürlichem Licht – seitliche Beleuchtung mit Laubengang

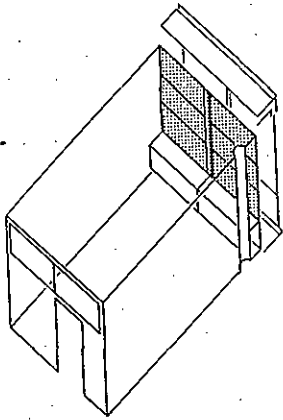
Facteur de Lumière du Jour à 3 m; 5.7%=100

M05 – BFSH1, Université Lausanne Bureau individuel

Espace: Surface: 21 m²; Hauteur: 3,02 m; Profondeur: 6,0 m
Revêtements (coeff. de réflexions):
Sol: 24%; Murs: 57%; Plafonds: 68%

Io: 36%; Ioc: 30%; τ Verre: 84%
FLJ à 3 m: 2,6%

Fre: 0,7
Evc: 0,65

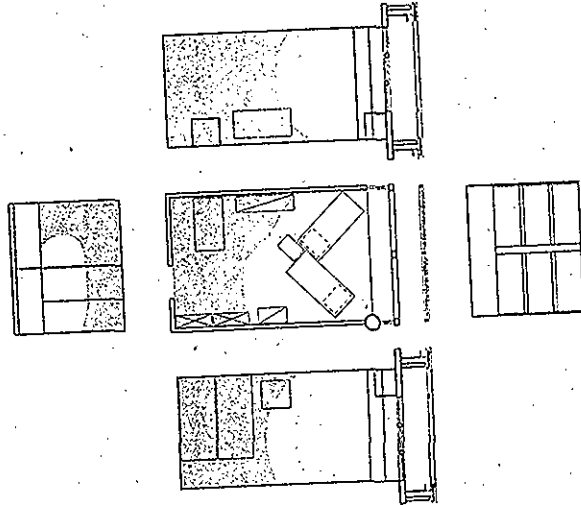


M05 – BFSH1, Universität Lausanne Einzelbüro

Raum: Fläche: 21 m²; Höhe: 3,02 m; Tiefe: 6,0 m
Auskleidungen (Reflexionskoeff.):
Boden: 24%; Wände: 57%; Decken: 68%

Io: 36%; Iok: 30%; τ Glas: 84%
TLQ in 3 m: 2,6%

FRU: 0,7
WM_k: 0,65

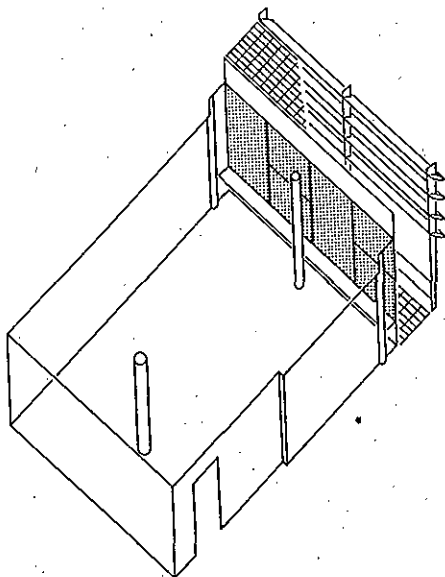


M07 – Bureaux à la gare de Lucerne Salle de conférence

Espace: Surface: 50 m²; Hauteur: 2,40 m; Profondeur: 8,5 m
Revêtements (coeff. de réflexions):
Sol: 12%; Murs: 64%; Plafonds: 71%

Io: 26%; Ioc: 20%; τ Verre: 78%
FLJ à 3 m: 1,7%

Fre: 0,6
Evc: 0,43

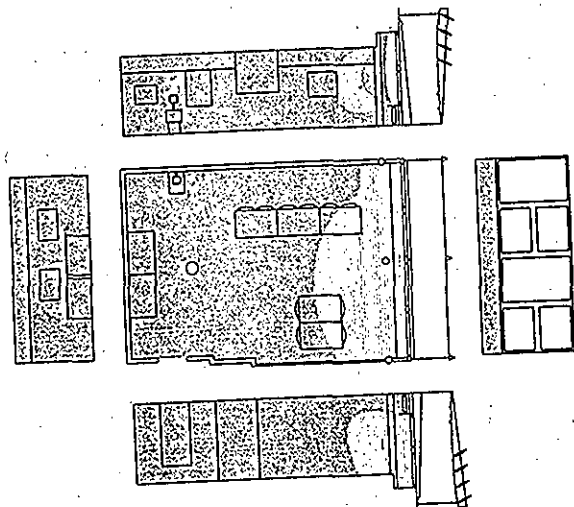


M07 – Büros im Bahnhof von Luzern Konferenzraum

Raum: Fläche: 50 m²; Höhe: 2,40 m; Tiefe: 8,5 m
Auskleidungen (Reflexionskoeff.):
Boden: 12%; Wände: 64%; Decken: 71%

Io: 26%; Iok: 20%; τ Glas: 78%
TLQ in 3 m: 1,7%

FRU: 0,6
WM_k: 0,43



bâties et à saisir l'importance du choix de toutes les composantes du «projet lumière».

Par exemple, si le concept architectural d'implantation limite l'utilisation de la lumière naturelle, le bâtiment devrait avoir une morphologie et des systèmes d'enveloppe appropriés.

Ou encore, l'analyse de plusieurs systèmes de lumière naturelle (coursive, déviateur de lumière ou avant-toit) permet de faire les comparaisons avec les situations théoriques semblables et de bien cerner l'influence du paramètre déterminé.

Ou encore, les analyses montrent combien la réduction de lumière est importante avec une protection solaire fixe devant une enveloppe verticale.

Ainsi, on voit que grâce à une appréciation objective de chaque option architecturale, il est possible d'obtenir une meilleure utilisation de la lumière naturelle et d'en augmenter ses potentialités.

Le Guide devrait avant tout permettre d'éviter de mettre ensemble plusieurs «mauvais» choix (profil de menuiserie large, nombre d'ouvrants importants, verre peu transparent, protection solaire fixe) avec des situations de forme urbaine ou des positions et des formes d'ouvertures peu favorables au captage de la lumière. Pour permettre de favoriser les critères d'expression architecturale et l'utilisation optimale de la lumière naturelle, ce guide essaie de (dé)montrer les choix qu'il faut éviter ou mieux qu'il faut entreprendre pour un bon «projet lumière».

Etude théorique

Pour permettre une comparaison rapide des potentialités quantitatives des cas analysés, nous avons défini une *Echelle de valeur*: EV (tableau A). Celle-ci correspond au Facteur de Lumière du Jour (FLJ) d'un point de référence à 3 mètres de la façade; pour simplifier la compréhension des variations entre les cas analysés, nous avons défini une valeur 100 pour la façade toute vitrée (To4).

Nous avons aussi défini un *Facteur de réduction de l'enveloppe*: Fre (Tableau B). Celui-ci tient compte des indices d'ouverture brut et corrigé ainsi que du coefficient de transmission lumineuse du verre.

A l'aide du Fre, il est possible de passer des études théoriques aux analyses des bâtiments construits.

En consultant les logos de la figure 1, on repère aisément, par comparaison, les situations qui donnent plus ou moins de lumière; l'échelle étant plus grande que celle des FLJ, les différences sont mieux perceptibles.

Le dimensionnement optimum doit se faire par ciel couvert, pour répondre aux situations les moins favorables; les excès de lumière devant se résoudre par des éléments mobiles, avec des stores ou des rideaux.

Il est possible de trouver la combinaison idéale (forme de bâtiment, ouverture et protection fixe) par simple multiplication des Echelles de Valeur respectives exprimées en %: nous obtenons ainsi l'Echelle de Valeur combinée (EVC) permettant de vérifier rapidement si les options retenues peuvent être mises ensemble.

La valeur idéale «EVC» de référence pour un bureau est de 0,5.

Cela correspond à un Facteur de Lumière du Jour (FLJ) de 2% à 3 mètres de la fenêtre pour un éclairage de 500 lux, avec un Facteur de réduction de l'enveloppe (Fre) de 0,7.

Si EVC est < à 0,5, la profondeur du local devrait être inférieure à 5 mètres ou le niveau d'éclairage inférieur à 500 lux.

Si EVC est > à 0,5, la profondeur du local pourrait être supérieure à 5 mètres ou le niveau d'éclairage supérieur à 500 lux.

Cette valeur idéale de 0,5 varie en fonction du niveau d'éclairage requis pour l'activité du local (tableau C).

A l'aide de ces valeurs théoriques, il est ainsi possible de:

Apprécier les ordres de grandeur des solutions analysées, en cherchant à ne pas mettre ensemble des solutions ayant une Echelle de Valeur petite.

Vérifier les combinaisons simples; si le résultat de la combinaison est inférieur à 0,5 comme l'exemple du tableau D, il faut chercher à l'améliorer en changeant l'un ou l'autre paramètre, par exemple diminution de la profondeur du bureau, ou diminution de la hau-

teur du linteau, ou amélioration du passage de lumière au travers de la protection fixe.

Améliorer sa combinaison par le choix d'autres paramètres tirés de la figure 1 ou extrapolés par règle de 3, dans les limites du graphique ou au-delà (tableau E).

Lors des analyses de bâtiments, on a constaté que plusieurs projets analysés atteignaient difficilement ce seuil EVC de 0,5, correspondant à un FLJ de 2% à 3 mètres de la façade. A la réflexion, il vaut finalement mieux chercher à atteindre cet objectif avec des moyens simples en rapport avec des composantes du projet lors de la conception plutôt que de chercher à mettre en œuvre des solutions techniques compliquées pour améliorer le FLJ entre 1 et 1,5% à 4 mètres de la fenêtre.

Bâtiments construits

L'analyse de la lumière naturelle dans des bâtiments construits montre comment en réalité elle se répartit dans un espace bâti. La compréhension en est d'autant plus difficile que les analyses ne sont pas comparables, chaque projet ayant ses particularités. Il faut porter une grande attention sur les caractéristiques du site et de son environnement, car la comparaison des bâtiments seuls serait trompeuse. Il est nécessaire de se demander si le résultat de l'analyse est dû au site, à l'enveloppe ou à l'espace intérieur.

L'accès aux différentes analyses peut se faire selon trois critères de classification: *système de lumière naturelle, environnement ou affectation*. Selon le critère de classification choisi, la comparaison des solutions analysées permet de mettre en évidence les différents aspects de la répartition de la lumière dans l'espace.

Il est aussi possible d'illustrer une proposition théorique par un exemple construit. Il faut

Tableau A – Définition de l'Echelle de Valeur
Tabelle A – Definition des Wertmassstabs – 100

FLJ théorique / Theoretischer TLQ	5,7%		
Verre sélectif – τ Selektives Glas – τ		78%	64%
Ioc/Io		0,9	0,6
Facteur réduction enveloppe – Fre Reduktionsfaktor Umfassung – FRU		0,7	0,4
FLJ réel / Realer TLQ		4,0%	2,28%

Tableau B – Définition du Facteur de réduction de l'enveloppe

Table B – Definition des Reduktionsfaktors der Umfassung

$$Fre = Ioc/Io \times \tau_{\text{verre}}/FRU = Iok/Io \times \tau_{\text{Glas}}$$

Ioc:	indice ouverture corrigé / Korrigierter Öffnungsindex
Io:	indice d'ouverture / Öffnungsindex
$\tau_{\text{verre}} / \text{Glas}$:	coefficient de transmission lumineuse / Lichtdurchlässigkeitskoeffizient

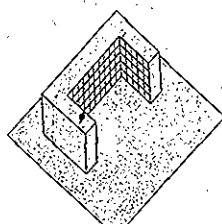
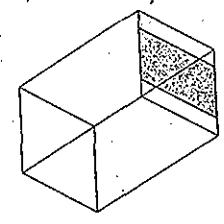
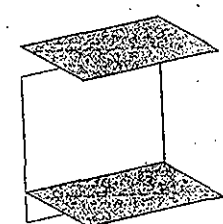
Tableau C – Correspondance entre l'Echelle de Valeur, le FLJ et l'éclairage recommandé

Table C – Entsprechung zwischen dem Wertmassstab, dem TLQ und der empfohlenen Beleuchtung

EVc en/WM _k in %	0,3	0,5	0,75	1,0
FLJ en/TLQ in %	1,2	2	3	4
Lux	300	500	750	1000

Tableau D – Vérification de la combinaison de trois options architecturales – Echelle de valeur en %

Table D – Überprüfung der Kombination von drei architektonischen Optionen – Wertmassstab in %

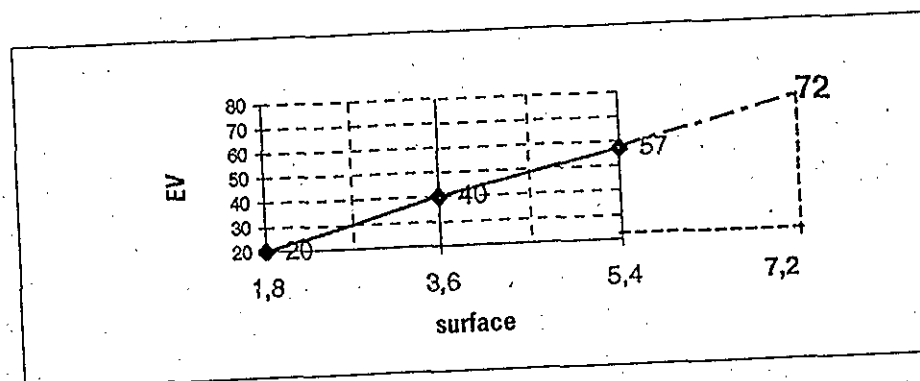
Tf3 Coeff. réflexion/ Reflexionskoeffizient Hauteur bâtiment/ Höhe Gebäude Longueur façade/ Länge Fassade	95 30/50% 15,60 m 30,90/15,60 m	To2D Contreçœur / Brandmauer Surface / Fläche Ind. d'ouverture/ Öffnungsindex	57 0,60 m 5,4 m ² 36%	Tp1 Prof. de la protection/ Tiefe des Schutzes Coeff. réflexion/ Reflexionskoeffizient Hauteur depuis le sol/ Höhe ab dem Boden	85 1,46 m 50% 0,62 m
					

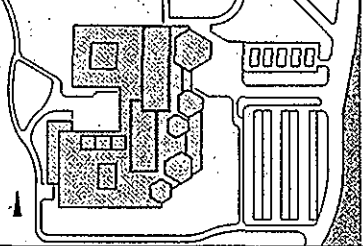
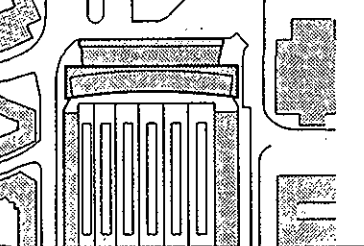
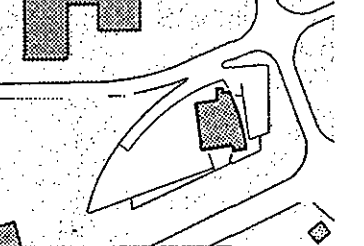
Options Optionen	Bâtiment Gebäude	Ouverture/espace Öffnung/Raum	Protection fixe Fester Schutz	Total Summe
Bâtiment/ Gebäude Tf3 Fenêtre/ Fenster To2D	0,95	0,57		
Prot. horizontale Tp1 Horiz. Schutz Tp1			0,85	
Combinaison EVc Kombination WM _k				0,46

$$EVc/FRU: 0,95 \times 0,57 \times 0,85 = 0,46$$

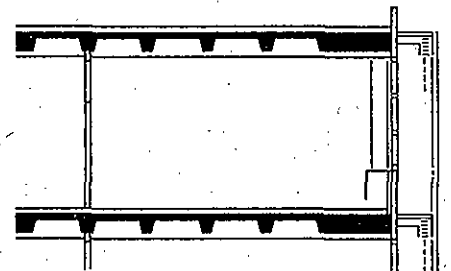
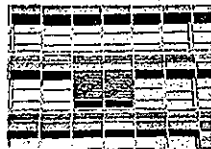
Tableau E – Définition de l'Echelle de Valeur au-delà des limites du graphique

Table E – Definition des Wertmassstabs über die Grenzen der Grafik hinaus

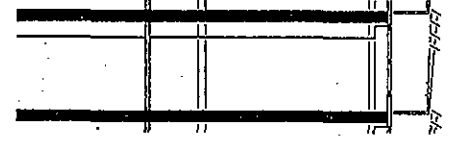


M05 – BFSH1, Université Lausanne M05 – BFSH1, Universität Lausanne	M07 – Bureaux à la gare de Lucerne M07 – Büros im Bahnhof von Luzern	M15 – Radiocommunications à Ecublens
		
Altitude: 380 m Höhe: 380 m Horizon: dégagé Horizont: Frei Esp. Ext.: parc avec de grands arbres Äusserer Raum: Park mit grossen Bäumen Sol: grandes surfaces vertes Boden: Grosse Grünflächen	Altitude: 434 m Höhe: 434 m Horizon: dégagé/fermé Horizont: Frei/geschlossen Esp. Ext.: voies ferroviaires Äusserer Raum: Eisenbahngleise Sol: toiture vitrée et Eternit Boden: Verglaste Bedachung und Eternit	Altitude: 385 m Höhe: 385 m Horizon: dégagé/fermé Horizont: Frei/geschlossen Esp. Ext.: site universitaire Äusserer Raum: Universitätsgelände Sol: bitume Boden: Bitumen

M05 – BFSH1, Université Lausanne / Universität Lausanne



M07 – Bureaux à la gare de Lucerne / Büros im Bahnhof von Luzern



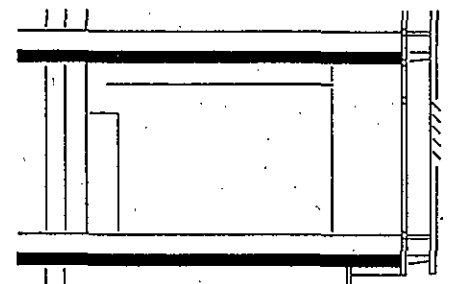
3 Comparaison de trois environnements – Site dégagé et dégagé/fermé.

4 Comparaison d'un système de lumière naturelle – Eclairage latéral avec coursive.

3 Vergleich von drei Umgebungen – freier und freier/geschlossener Standort

4 Vergleich eines Systems natürlichen Lichts – seitliche Beleuchtung mit Laubengang

M15 – Radiocommunications à Ecublens



toutefois toujours veiller à comparer ce qui est comparable. En tenant compte du Facteur de réduction de l'enveloppe (Fre) et de l'Echelle de Valeur combinée (EVC), cela permet de relativiser le FLJ et de mieux comprendre les influences autres que celle de l'enveloppe, par exemple celles de l'environnement ou de l'espace intérieur (revêtement, proportions et ameublement).

Pour l'exemple de la figure 2, si le Fre de MO7 était de 0,7 (semblable à celui de MO5), son EVC serait alors de 0,49; il resterait cependant inférieur à celui de MO5. Cela nous montre que la différence d'éclairage entre MO5 et MO7 est due en grande partie au dégagement extérieur (fig. 3) et/ou aux protections fixes (fig. 4). Il est néanmoins regrettable de constater que, malgré un potentiel de lumière naturelle moins performant, la profondeur et la hauteur des locaux n'aient pas été adaptés en conséquence. En tout cas, cela montre qu'une protection fixe comme celle de MO7, contrairement aux idées reçues, est un frein au passage de la lumière.

Pour bien comparer l'environnement de son projet avec ceux analysés, il faut déterminer les masques environnants (bâti et paysager) par observation ou par méthode graphique (fig. 3).

Pour bien comparer le système de lumière naturelle de son projet avec ceux analysés, il faut décomposer son propre système de lumière naturelle en ouverture, protection solaire et verre et connaître le facteur de réduction de l'enveloppe en faisant particulièrement attention aux éléments fixes de l'enveloppe (fig. 4). □

Références

- (1) Etudes typologiques, en revue «Fassade» 4/95
- (2) Lumière naturelle et conception architecturale, EPFL, en préparation

Soutien et financement:
Groupe de travail «Entreprises»

Unterstützung und Finanzierung:
Arbeitsgruppe «Bauwirtschaft»

Acomet SA, 1870 Monthey
Casarico SA, 6826 Riva San Vitale
Eberspächer AG, 8910 Affoltern a.A.
Minolta AG, 8953 Dietikon
Ray SA, 1762 Givisiez
Spagnol Lüthi Associés SA, 1020 Renens
Schweizer Baudokumentation,
4223 Blauen
SZFF Schweizerische Zentralstelle für
Fenster- und Fassadenbau, 8953 Dietikon

NATÜRLICHES LICHT UND ARCHITEKTUR

Dieses Projekt erfolgt im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprogramms LUMEN, das auf die Beherrschung der Nutzung des natürlichen Lichtes beim Entwurf von Gebäuden abzielt. Es handelt sich insbesondere darum, den Energieverbrauch zu senken und gleichzeitig die geforderten Bedingungen des visuellen Komforts zu gewährleisten, indem die architektonische Qualität der Innenräume verbessert wird. Siehe auch die Reportierung der ersten Projektphase «Typologische Studien» in Fassade 4/95 (1).

Eine Arbeit der Synthese der Forschung ist gegenwärtig in Vorbereitung; sie wird drei Bände umfassen: Abhandlung, Leitfaden und Analysen (2).

Im wesentlichen auf dem Vergleich von Elementen oder Gebäuden basierend, unterscheidet das Forschungsvorhaben die Typen, nicht gebaute theoretische Elemente, im Gegensatz zu Modellen, realisierten Bauwerken. Mit Hilfe von quantitativen und qualitativen Analysen des natürlichen Lichtes wird versucht, den Architekten vereinfachte Kontrollwerkzeuge zur Verfügung zu stellen, die es ermöglichen, das Verhalten des natürlichen Lichtes in seiner ganzen Komplexität schon vom Anfang des Vorprojekts an zu beherrschen.

Dieser doppelte Ansatz dürfte die Fällung von Entscheidungen beim Entwurf des Projekts erleichtern: Durch Vergleich von Analysen von theoretischen Situationen und von gebauten Beispielen kann der Architekt die Lösung finden, die seinem Projekt am besten entspricht. Diese Analysen ermöglichen es, ein Konzept des «Projekts Licht» mit einer annähernden Steuerung der natürlichen Beleuchtung, die in einem Entwurfsstadium akzeptabel ist, zu definieren.

Das Hauptziel des Forschungsvorhabens ist es, zu verstehen, welches die Lösungen sind, die den Beitrag des Lichtes am meisten benachteiligen oder verbessern. Mit dem Leitfaden wird es möglich sein, gebaute Räume zu dimensionieren, wobei

durch das natürliche Licht mit der quantitativen Überprüfung seiner Verteilung eine Unabhängigkeit in der Beleuchtung garantiert wird. Ausserdem betont der Leitfaden die architektonischen Aspekte (Beziehung zur Aussenwelt, Räumlichkeit) und den visuellen Komfort der Arbeitsplätze (Kontraste und Orientierung des Blicks).

Die Ergebnisse der Analyse des Tageslichtquotienten (TLQ) sind jedoch zwischen den gebauten Beispielen und den theoretischen Fällen nicht direkt vergleichbar, weil diese ohne Glasarbeiten und Gläser simuliert worden sind: Der quantitative Unterschied des Lichts kann je nach der konstruktiven Realität der Umfassung von 30 bis 60 % schwanken.

Die verschiedenen Komponenten des «Projekts Licht» sind in separater Weise in der theoretischen Studie durch Simulation analysiert worden (Abb. 1) und in globaler Weise in der In-situ-Studie der gebauten Gebäude (Abb. 2).

Diese zahlreichen Analysen helfen dabei zu verstehen, wie das Licht in die gebauten Räume eindringt, und die Bedeutung der Auswahl aller Komponenten des «Projekts Licht» zu erfassen.

Wenn beispielsweise das architektonische Konzept einer Ausführung die Nutzung des natürlichen Lichtes einschränkt, müsste das Gebäude eine geeignete Morphologie und geeignete Umfassungssysteme haben.

Oder aber die Analyse mehrerer Systeme von natürlichem Licht (Laubengang, Lichtablenkvorrichtung oder Vordach) ermöglicht es, die Vergleiche mit den ähnlichen theoretischen Situationen und den Einfluss des betreffenden Parameters gut zu erfassen.

Oder aber die Analysen zeigen, in welchem Ausmass die Lichtreduzierung mit einem vor der vertikalen Umfassung befestigten Sonnenschutz bedeutend ist.

So sieht man, dass es dank einer objektiven Schätzung jeder architektonischen Option möglich ist, eine bessere Nutzung des natürlichen Lichtes zu erzielen und seine Potentialitäten zu erhöhen.

Der Leitfaden müsste es vor allem ermöglichen, mehrere «schlechte» Optionen (Profil von breiten Glasarbeiten, grosse Anzahl von Fensterläden, wenig lichtdurchlässiges Glas, fester Sonnenschutz) mit Situationen von urbaner Form oder Positionen und Formen von Öffnungen zusammenzubringen, die für das Einfangen

des Lichts wenig günstig sind. Um es zu ermöglichen, die Kriterien architektonischen Ausdrucks und die optimale Nutzung des natürlichen Lichtes zu begünstigen, versucht dieser Leitfaden die Optionen darzustellen, die man vermeiden muss, oder besser, die man für ein gutes «Projekt Licht» berücksichtigen muss.

Theoretische Studie

Um einen schnellen Vergleich der quantitativen Potentialitäten der analysierten Fälle zu ermöglichen, haben wir einen *Wertmassstab* definiert: WM (Tabelle A). Dieser entspricht dem Tageslichtquotienten (TLQ) eines Bezugspunktes in 3 m Entfernung der Fassade. Um das Verständnis der Schwankungen zwischen den analysierten Fällen zu vereinfachen, haben wir für die ganz verglaste Fassade (To4) einen Wert 100 definiert.

Zudem haben wir einen *Faktor der Reduktion der Umfassung* definiert: FRU (Tabelle B). Dieser berücksichtigt Indizes der Brutto- und korrigierten Öffnung sowie des Lichtdurchlässigkeitskoeffizienten des Glases.

Mit Hilfe des FRU ist es möglich, von den theoretischen Studien zu den Analysen der gebauten Gebäude überzugehen.

Bei Konsultierung der Logos der Abbildung 1 erkennt man leicht durch Vergleich die Situationen, die mehr oder weniger Licht geben: Da der Massstab grösser ist als der der TLQ, sind die Unterschiede besser wahrnehmbar. Die optimale Dimensionierung muss bei bedecktem Himmel erfolgen, um den weniger günstigen Situationen zu genügen; wobei die Lichtüberschüsse durch bewegliche Elemente mit Rollos oder Vorhängen aufgehoben werden müssen.

Es ist möglich, die ideale Kombination (Gebäudeform, Öffnung und fester Schutz) durch einfache Multiplikation der jeweiligen, in % ausgedrückten Wertmassstäbe zu finden: Wir erhalten so den kombinierten Wertmassstab WM_k, der es ermöglicht, schnell zu überprüfen, ob die vorgesehenen Optionen zusammengebracht werden können.

Der ideale Referenzwert «WM_k» für ein Büro beträgt 0,5.

Dies entspricht einem Tageslichtquotienten (TLQ) von 2 % in 3 m Entfernung vom Fenster für eine Beleuchtung von 500 Lux, mit einem Reduktionsfaktor der Umfassung (FRU) von 0,7.

Wenn WM_k < 0,5 ist, müsste die Tiefe des

Raums weniger als 5 m betragen oder die Beleuchtungsintensität weniger als 500 Lux. Wenn WM_k > 0,5 ist, könnte die Tiefe des Raums mehr als 5 Meter betragen oder die Beleuchtungsintensität mehr als 500 Lux.

Dieser ideale Wert von 0,5 variiert in Abhängigkeit von der für die Aktivität des Raums geforderten Beleuchtungsintensität (Tabelle C).

Mit Hilfe dieser theoretischen Werte ist es auf diese Weise möglich:

die Grössenordnungen der analysierten Lösungen *abzuschätzen*, indem man danach trachtet, keine Lösungen zusammenzubringen, die einen kleinen Wertmassstab haben; die einfachen Kombinationen zu *überprüfen*, wenn das Ergebnis der Kombination unter 0,5 liegt wie beim Beispiel der Tabelle D, muss man danach trachten, es zu verbessern, indem man den einen oder anderen Parameter ändert, beispielsweise Verringerung der Tiefe des Büros oder Verringerung der Höhe des Türsturzes, oder Verbesserung des Lichtdurchgangs durch den festen Schutz.

Seine Kombination kann durch die Wahl anderer, aus der Abbildung 1 entnommener oder durch Dreisatz in den Grenzen der Grafik oder darüber hinaus extrapolierte Parameter verbessert werden (Tabelle E).

Bei Analysen von Bauwerken hat man festgestellt, dass mehrere analysierte Projekte diese Schwelle WM_k von 0,5 schwer erreichen, die einem TLQ von 2 % in 3 m von der Fassade entspricht. Bei der Reflexion ist es schliesslich besser, dieses Ziel beim Entwurf eher mit einfachen Mitteln im Zusammenhang mit den Komponenten des Projekts zu erreichen als komplizierte technische Lösungen auszuführen, um den TLQ auf einen Wert zwischen 1 und 1,5 in 4 m Entfernung vom Fenster zu verbessern.

Gebaute Gebäude

Die Analyse des natürlichen Lichtes in den gebauten Gebäuden zeigt, wie es sich in Wirklichkeit in einem gebauten Raum verteilt. Das Verständnis ist umso schwieriger, als die Analysen nicht vergleichbar sind, da jedes Projekt seine Besonderheiten hat. Man muss den Merkmalen des Standorts und seiner Umgebung grosse Aufmerksamkeit widmen, weil der Vergleich der Gebäude allein trügerisch wäre. Es ist notwendig, sich zu fragen, ob das Ergebnis der Analyse auf den Standort, die Umfassung oder auf den inneren Raum zurückzuführen ist.

Der Zugang zu den verschiedenen Analysen kann nach drei Klassifikationskriterien erfolgen: *System natürlichen Lichts, Umgebung oder Nutzung*. Entsprechend dem gewählten Klassifikationskriterium ermöglicht es der Vergleich der analysierten Lösungen, die verschiedenen Aspekte der Verteilung des Lichts im Raum herauszustellen.

Es ist auch möglich, einen theoretischen Vorschlag für ein gebautes Beispiel zu veranschaulichen. Man muss jedoch immer darauf achten zu vergleichen, was vergleichbar ist. Indem man den Reduktionsfaktor der Umfassung (FRU) und den kombinierten Wertmassstab (WM_k) berücksichtigt, ermöglicht dies, den TLQ zu relativieren und die anderen Einflüsse als den der Umfassung besser zu verstehen, beispielsweise diejenigen der Umgebung oder des Innenraumes (Auskleidung, Proportionen und Möblierung).

Für das Beispiel der Abbildung würde, wenn der FRU von M07 0,7 betragen würde (ähnlich dem von M05), sein WM_k dann 0,49 betragen; er bliebe indessen unter dem von M05. Dies zeigt uns, dass der Beleuchtungsunterschied zwischen M05 und M07 grossenteils auf die äussere Gemeinschaftsfläche (Abb. 3) und/oder auf die festen Schutzvorrichtungen (Abb. 4) zurückzuführen ist. Es ist nichtsdestoweniger bedauerlich festzustellen, dass trotz eines weniger leistungsfähigen Potentials natürlichen Lichts die Tiefe und die Höhe der Räume nicht entsprechend angepasst worden sind. In jedem Falle zeigt uns dies, dass eine feste Schutzvorrichtung wie diejenige von M07 im Widerspruch zu den empfangenen Ideen eine Bremse für den Durchgang des Lichtes ist.

Um die Umgebung seines Projekts gut mit den analysierten zu vergleichen, muss man durch Beobachtung oder durch grafische Methode die umgebenden Masken bestimmen (gebaut und landschaftlich).

Um das *System natürlichen Lichts* seines Projekts gut mit den analysierten zu vergleichen, muss man sein eigenes System natürlichen Lichtes in Öffnung, Sonnenschutz und Glas zerlegen und den Reduktionsfaktor der Umfassung kennen, wobei man besonders auf die festen Umfassungselemente achtet (Abb. 4).

Literatur

- (1) Typologische Studien, in Zeitschrift «Fassade» 4/95
- (2) Natürliches Licht und architektonischer Entwurf, EPFL, in Vorbereitung