

Teilbericht Licht und Architektur

**Prof. Dr.-Ing. Architekt
Volkher Schultz, Detmold
Lichtplanung und Architektur**

A.1 RAUMGESTALTUNG

A.1.1 Raumentwurf

Architektur umfasst das menschliche Streben nach kultureller Selbstdarstellung ebenso wie das Bedürfnis, einem Gewerbe nachzugehen oder einfach nur behaut zu sein. Architektur ist einerseits großmaßstäblich im Sinne von Landschafts- und Stadträumen, andererseits aber auch kleinmaßstäblich, wie ein Baustein oder ein bauliches Detail, zu verstehen. Zwischen diesen Maßstäben liegt der Innenraum, der Architektonische Raum, welcher als Vision den Planenden vorschwebt.

Unter *Raumentwurf* versteht man die Suche nach Lösungen, die funktionale, bautechnische und raumgestalterische Anforderungen für einen bestimmten Standard und ein bestimmtes Budget ganzheitlich erfüllen. Aus diesem komplexen Zusammenhang werden hier die raumgestalterischen Aspekte herausgelöst, die mit den Begriffen *Raumkonzepte*, *Lichtkonzepte* und *Raumqualitäten* erläutert werden. Der Frage, ob *Raumgestaltung* essentieller oder vielleicht nur kosmetischer Natur sei, wird vorab begegnet: Raumgestaltung ist die Synthese der drei nun analytisch behandelten Begriffe. Aus der Verbindung von

- Raumkonzepten mit
 - Lichtkonzepten
- ergeben sich
- *Raumqualitäten*.

A.1.2 Raumkonzepte

A.1.2.1 Einzelaspekte

Unter dem Begriff Raumkonzepte werden die Aspekte zusammengefasst, die Voraussetzung für die Gestaltung der substantiellen Räumlichkeit, also des gebauten Raumes sind: (Bild A.1)

- Vorstellung vom Raum "*Idee Raum*"
- Gestaltungsprozess,
- Raumhülle,
- Raum und Objekt.

A.1.2.2 Vorstellung vom Raum "*Idee Raum*"

Die Vorstellung vom Raum "*Idee Raum*" ist dem Menschen angeboren. Hierfür besitzen wir ein *dreidimensionales* Vorstellungsvermögen, ein ebensolches Speichervolumen und eine zeitbezogene Erinnerungsfähigkeit. Fragmentarische Eindrücke werden aus dem Schatz unserer Erfahrung und unseres Wis-

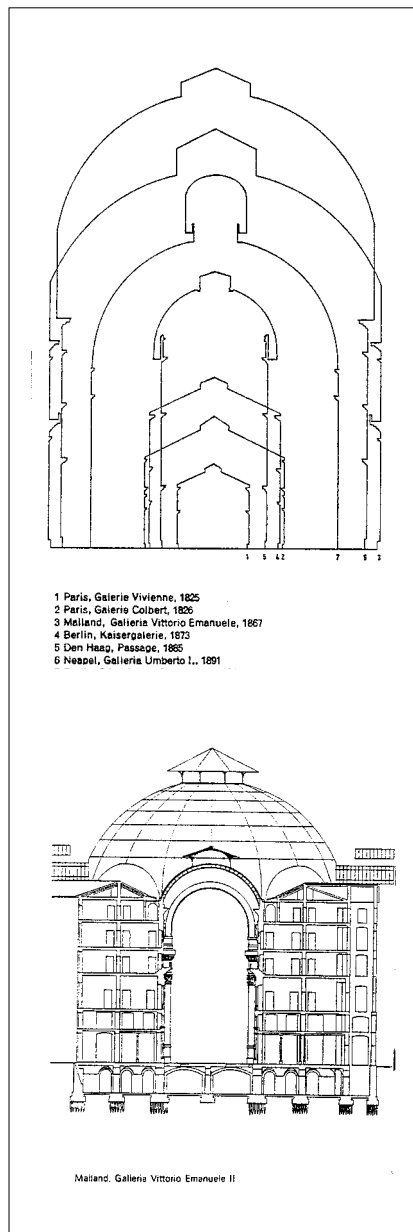


Bild A.1 Passagen, ein Bautyp des 19. Jahrhunderts /A.30/

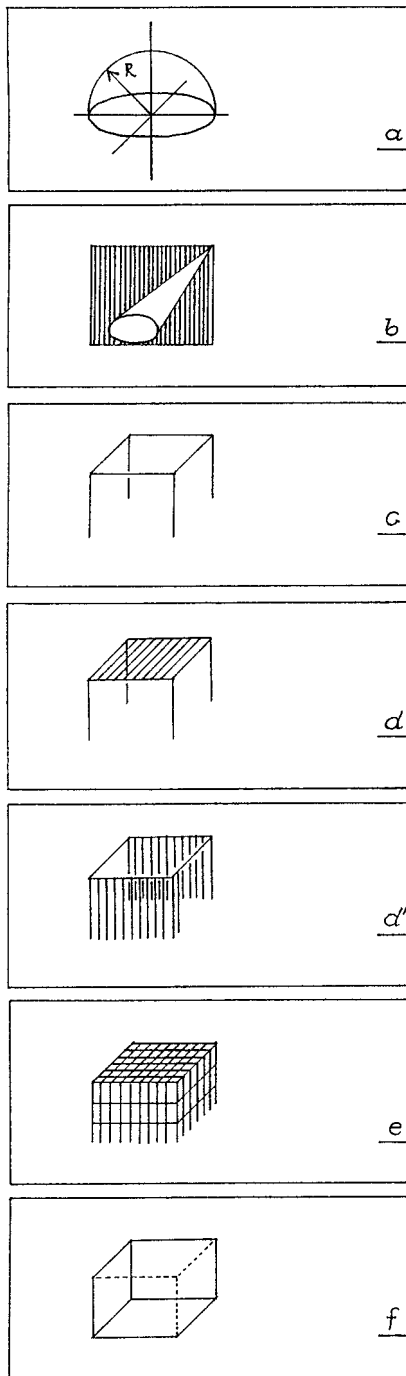


Bild A.2 "Idee Raum" /A.87/

sens ergänzt. Häufig ist es auch eine Vermutung, die uns auf die richtige Fährte bringt oder auch etwas suggeriert, was so nicht ist oder so nicht sein kann. Für die Bereitschaft, uns einen Raum vorzustellen, bedarf es eines Anstoßes. Der Raum muss durch räumlich wirksame Elemente gebildet werden, die verschiedene Arten von Räumen zulassen: (Bild A.6)

- a) Der *Weltraum* ist ein ideeller Raum. Der Radius seiner Ausdehnung ist von der Endlichkeit menschlichen Vorstellungsvermögens bestimmt. So entsteht das Bild von der Hemisphäre, die sich über uns wölbt. Die Ausdehnung des Kosmos übersteigt das menschliche Vorstellungsvermögen.
- b) Der *Lichtraum* ist ein Ausschnitt aus einer chaotischen Anordnung von Schwebeteilchen, wie Staub, Tropfen, Moleküle u.a., die durch Licht bzw. die Beleuchtung aus dem Gemenge herausgehoben werden. Lichträume sind in kürzester Zeit veränderbar, wie z.B. bei Festivals.
- c) Der *Konturenraum* ist die Markierung eines angedachten Volumens durch Begrenzungskanten, wie z.B. bei Schnurgerüsten. Der Konturenraum liefert in der Regel nur dem ernsthaft Bemühten eine Raumvorstellung. Je größer das Volumen und je zarter die Begrenzungskanten ausfallen, desto flüchtiger wird der Eindruck.
- d) *Pergolaraum* und *Alleeraum* entstehen durch die Ergänzung eines Konturenraums mittels horizontaler bzw. vertikaler Stabfolgen, die sich, aus bestimmten Blickrichtungen betrachtet, formieren. In gekurvter Form angelegte Alleerräume liefern besonders ansprechende Verdichtungen.
- e) Der *Netzraum* entsteht ebenfalls durch die Ergänzung von Konturenräumen. Hier werden Punkt-, Stab-, Flächen- oder Körperformationen zwischen die Begrenzungskanten eingefügt. So bildet sich ein Raumgitter oder Käfig. (Bild A.3)
- f) Der *Membranraum* zeichnet sich dadurch aus, dass er erstmals in dieser Abfolge eine substantielle Trennung zwischen Innen- und Außenraum herstellt. Von der Ausbildung der Membran hängt es ab, ob ein Raumbild entsteht, so wie es z.B. beim Zelt der Fall sein kann.

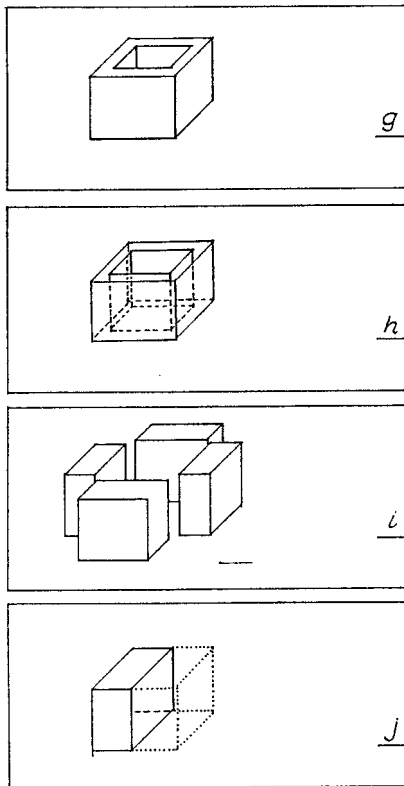


Bild A.2 "Idee Raum" (Fortsetzung) /A.87/

- g) Der *Massivraum* wird durch Mauermassen o.ä. eingegrenzt, die ihm Dauerhaftigkeit und Bestand verleihen. Auch hier wird eine scharfe Abgrenzung zwischen Innen- und Außenraum vollzogen. Es handelt sich um den konventionellen Innenraum.
- h) Der *Schichthüllenraum* weist zwei oder mehr Ummantelungen auf, die unterschiedliche Dichten haben können. Die Schichtung wird vom Innenraum sichtbar, sobald Lichtöffnungen den inneren Mantel hinterleuchten, Licht durch Filterschichten sickert oder die Transparenz der Schichten nach innen zunimmt. Die Schichten können auch Klima- oder Akustikhüllen sein.
- i) Der *Restraum* ist das Volumen, das zwischen Körpern oder anderen Räumen verbleibt. Resträume können zufällig oder gewollt entstehen. Resträume sind Plätze und Straßenräume im städtebaulichen Ensemble, aber auch Verkehrsräume und Foyers zur Erschließung von Versammlungsräumen.
- j) Der *virtuelle Raum* ist die visuell wirksame Erweiterung eines realen Raumes, der ein- oder mehrseitig mit Spiegeln umgeben ist. Spiegelkabinette und Spiegelsäle sowie Spiegelfelder in Wand und Decke sind bereits aus der Historie bekannt. Großräumigkeit, Festlichkeit und Überraschungseffekte lassen sich so erreichen.



Bild A.3 Netzraum in der Realität, Bücherdepot 1855 (Nationalbibliothek Paris, erbaut 1854-75 von Henri Labrouste) /A.69/

Raumbildung ist also eine Verknüpfung von Elementen, wie Punkten, Stäben, Flächen und Körpern, wobei die Zuordnung der Elemente interpretierbar, wie z.B. bei einem Sternbild, oder besser noch durch die Dichte der Elementabfolge, zumindest bezogen auf eine bestimmte Blickrichtung, wie z.B. bei einer Kolonnade, eindeutig lesbar sein sollte.

FAZIT:

Elemente, die der Raumbildung dienen, sind auch die Grundlage der Raumwahrnehmung und der Raumgestaltung. Sie animieren in uns die Bereitschaft der räumlichen Auseinandersetzung.

A.1.2.3 Gestaltungsprozess

Der *Gestaltungsprozess* ist in den *Entwurfsprozess* integriert, welcher eine möglichst optimale Verknüpfung von funktionalen, bautechnischen und gestalterischen Anforderungen anstrebt. Alle raumgestalterischen Absichten basieren auf der dem Menschen angeborenen, den Menschen bergenden *Idee Raum*. Die Frage danach, welche der beschriebenen Arten von Räumen als Grundlage zu nutzen sei, lässt sich nicht generell beantworten.

Vielmehr sind hier der Zeitgeist, die Besonderheiten der Entwurfsaufgabe sowie die Charaktere der Architekten, Innenarchitekten und Sonderfachleute - und natürlich die Wunschvorstellungen des Bauherrn - entscheidend. Ebensovienig lässt sich der Gestaltungsprozess egalisieren, da hier rationale und intuitive Entscheidungen zusammenwirken. Der Gestaltungsprozess ist ein ständiger Wechsel zwischen analytischem Ansatz und darauf folgender Synthese der Teilergebnisse. Der Gestaltungsprozess ist erst abgeschlossen, wenn der bestmögliche Kompromiss gefunden ist.

Als analytischer Ansatz dienen häufig abstrakte, nutzungsfreie Raumvorstellungen, was vielleicht überraschen mag. Doch zwischen dem Rohbau für ein Museum und dem für eine Werkhalle und umgekehrt (Bild A.4) bestehen selten unüberwindliche Gegensätze, wie sich bei der Umnutzung nicht mehr benötigter Industriebranchen, z. B. bei der Rekultivierung des Ruhrgebietes, gezeigt hat. Bei der Ausschöpfung und des so gewonnenen gestalterischen Spielraums gilt es zunächst, *Großformen* zu finden. Großformen lassen sich von einfachen geometrischen Figuren wie Dreieck, Quadrat, Rechteck, Trapez, Parallelogramm, Kreis, Ellipse, Parabel, Hyperbel u.a. ableiten. Stereometrischer Ausdruck dessen sind dann Volumina wie Pyramide, Kegel, Kubus, Quader, Kugel, Halbkugel, Ellipsoid u.a. (Bild A.5).

Es ist auch Praxis, Kombinationen und proportionsmäßig definierte Zuordnungen derartiger Volumina auf ihre Wirkung und Eignung zu untersuchen, wie z.B. bei den Architekten Tadao Ando oder Erwin Heerich, und auch noch mit organischen Figuren und Volumina zu verbinden, wie z.B. bei dem Architekten Alvar Aalto oder Eladio Dieste. (Bild A.6)

Natürlich steht bei allen gestalterischen Überlegungen stets die Frage nach der Brauchbarkeit, Konstruierbarkeit und Ökonomie im Hintergrund, ohne diese Aspekte hier weiter diskutieren zu wollen.



Bild A.4 Rohbau und Ausbau einer Oberlichthalle /A.59/

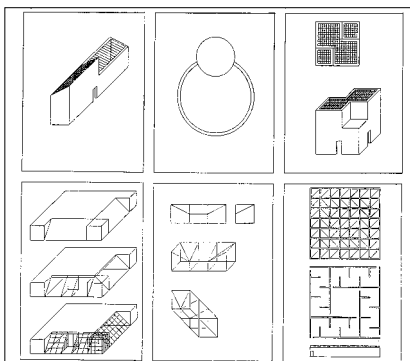


Bild A.5 Archetypen, eine Synthese aus Großformen (Bauten auf der Insel Hombroich von Erwin Heerich) /A.34/

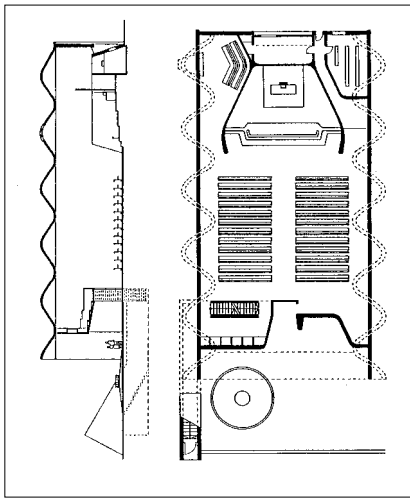


Bild A.6 Stereometrische Bindung und organische Form (Kirche in Atlántida von Eladio Dieste/Uruguay)/A.83/

In jeder Großform steckt ein spezifisches, durch die Stereometrie gegebenes, leicht erfassbares Charakteristikum, dessen Wirkung allerdings auch noch von anderen Komponenten beeinflusst wird: die absolute Größe, die Lage und die Proportionierung. So wurde z.B. das Pantheon in Rom mit einem Kuppeldurchmesser von 43 m von keinem der zahllosen Nachfolgebauten in einem Zeitraum von fast 2.000 Jahren wieder erreicht. Oder: So ist ein Kubus in verkanteter Lage auffälliger als ein gleich großer in regulärer Position, die nach unserem auf Lot und Horizont basierendem Koordinatensystem ausgerichtet wäre. Ferner sind alle Großformen mit Ausnahme von Kubus und Kugel proportionierbar. Durch Strecken oder Komprimieren entsteht ein neues Unterscheidungsmerkmal, das sich im Kontrast von Länge zur Breite ausdrücken lässt.

Damit ist ein fundamentales Leitmotiv des *Gestaltungsprozesses* angesprochen: Das fortwährende Entdecken, Aufgreifen und Einfügen von Kontrasten führt von der *Großform* über die *Feinform* zur *Detailform* oder auch umgekehrt. Es gilt also, die umfangreiche Palette möglicher Kontraste bereichernd einzusetzen. Erkennbare Kontraste bilden die Grundlage und Voraussetzung unserer räumlichen Wahrnehmung. Symbolische Darstellungen und verbale Kürzel möglicher Kontraste folgen: (Bild A.7)

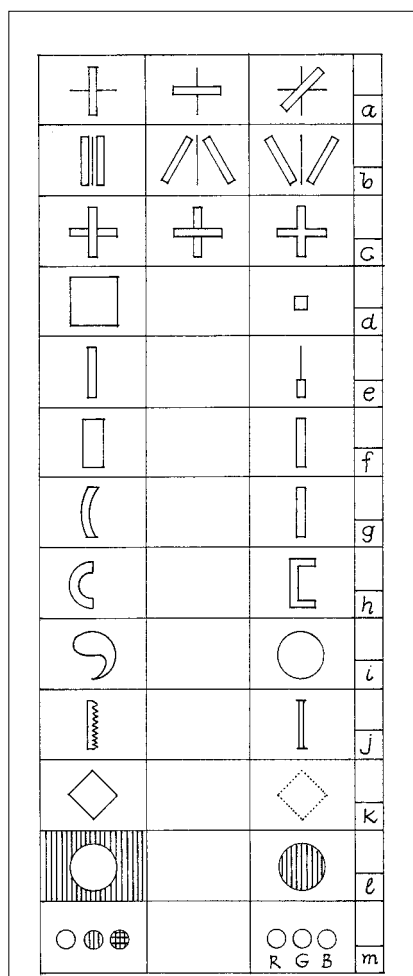


Bild A.7 Formale Kontraste /A.87/

- a) senkrecht/waagrecht/diagonal,
- b) parallel/konvergierend/divergierend bzw. stehend/nach innen oder nach außen geneigt,
- c) davor/dahinter/vernetzt,
- d) groß/klein,
- e) lang/kurz,
- f) dick/dünn,
- g) gekrümmt/gerade,
- h) rund/eckig,
- i) organisch/geometrisch,
- j) rau/glatt,
- k) real/virtuell,
- l) hell/dunkel,
- m) unbunt/bunt

usw.

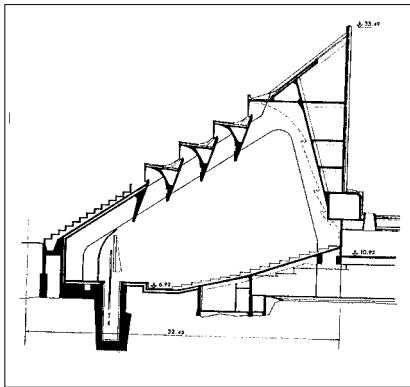
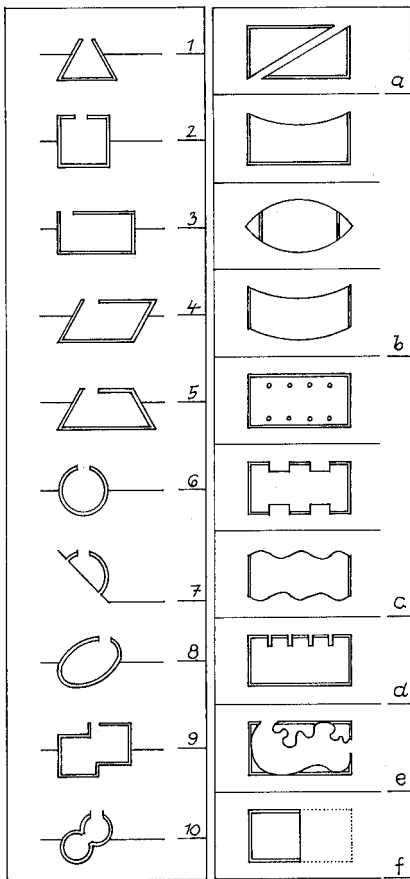


Bild A.8 Kontrastierende Maßnahmen im Aufriss (Technische Hochschule in Otaniemi/Hauptauditorium von Alvar Aalto) /A.84/

Der Einsatz kontrastierender Maßnahmen ist keinesfalls auf den Grundriss beschränkt, sondern ebenso auf den Aufriss anwendbar. (Bild A.8) So entstehen liegende, in sich ruhende neutrale oder stehend proportionierte Räume, ferner solche mit rampen- oder treppenartigen Böden und Decken sowie mit senkrechten, nach innen geneigten oder nach außen fallenden Wänden. Hier werden beispielhaft einige Feinformen, die durch Einbindungen von Kontrasten in Quaderräumen entstehen können, im Grundriss gezeigt: (Bild A.9)



- a) diagonal: Zerlegung in einen konvergierenden bzw. divergierenden Raum
- b) rund/eckig: Eingeschnürter, sich erweiternder oder sich krümmender Raum
- c) groß/klein: Durch Säulenfolge, Einsprünge oder Ein- und Auschwüngen rhythmisierter Raum
- d) rau/glatt: Asymmetrisch rhythmisierter Raum
- e) organisch/geometrisch: Organische Ausformung in quadratischem Raum
- f) real/virtuell: Durch Einsatz von Spiegeln virtuell erweiterter realer Raum

Bild A.9 Großformen im Aufriss und Feinformen im Grundriss /A.87/

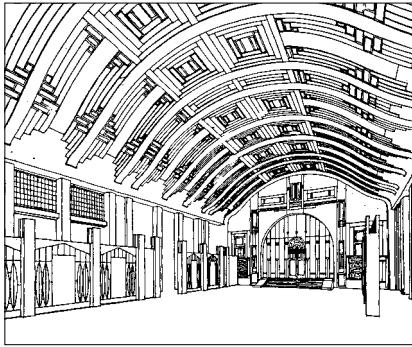


Bild A.10 Detailformen (Festsaal des Hotels in Königswart 1902 von J. M. Olbrich, Die Zeichnungen in der Kunstbibliothek Berlin) /A.45/

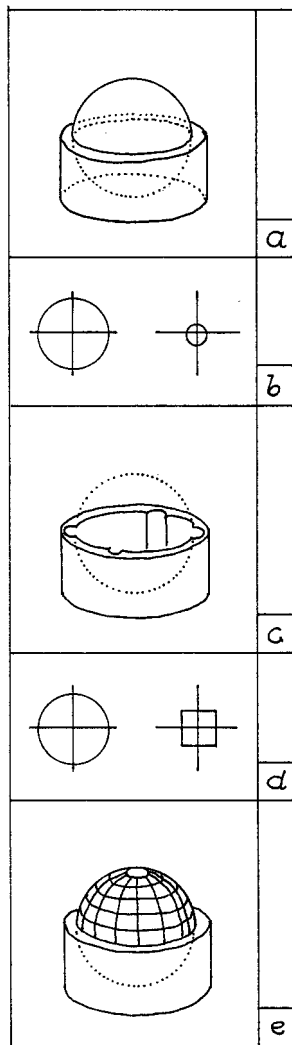


Bild A.11 Herleitung der Raumgestalt /A.87/

Der *Gestaltungsprozess* wird weitergeführt, indem nun neuerlich kontrastierende Maßnahmen auf die *Feinform* angewendet werden, so dass die *Detailform* entsteht. (Bild A.10) Die Auswahl möglicher Kontraste erfolgt natürlich nicht willkürlich, sondern im Sinne der Planungsabsicht, quasi der Planungssprache, die durchaus auch vom Zeitgeist der Planungsepoche abhängig ist: Die Stilperiode des Barock ist sehr stark durch das noch nicht genannte Kontrastpaar "konkav/konvex" geprägt. Bei Le Corbusier sind es u.a. Proportionsüberlegungen, die in seinem Modulor ihren Niederschlag fanden und die notwendigen Kontraste lieferten.

FAZIT:

Die Raumgestalt entsteht aus einer Großform, die das Volumen vorgibt, einer Feinform, die das Volumen gliedert und die räumliche Wirkung bereichert, und einer Detailform, die das Haptische unterstützt. (Bild A.11)

Feinform und Detailform können die Großform interpretieren, indem sie die Geometrie betonen oder begleiten, kontrapunktieren, indem sie der Geometrie Attribute bereichernd entgegengesetzen, oder das metrisch Vorhandene negieren, indem sie die Geometrie überlagern, verdecken oder verfremden. Die Entscheidung, welches Gestaltungsziel angestrebt werden soll, muss jeweils der Verfasser eines Raumentwurfes selbst treffen.

- a) Großform: Kugel + Zylinder
- b) "Kontrast": groß/klein
- c) Feinform: am Beispiel des Zylinders
- d) "Kontrast": rund/eckig
- e) Detailform: am Beispiel der Halbkugel

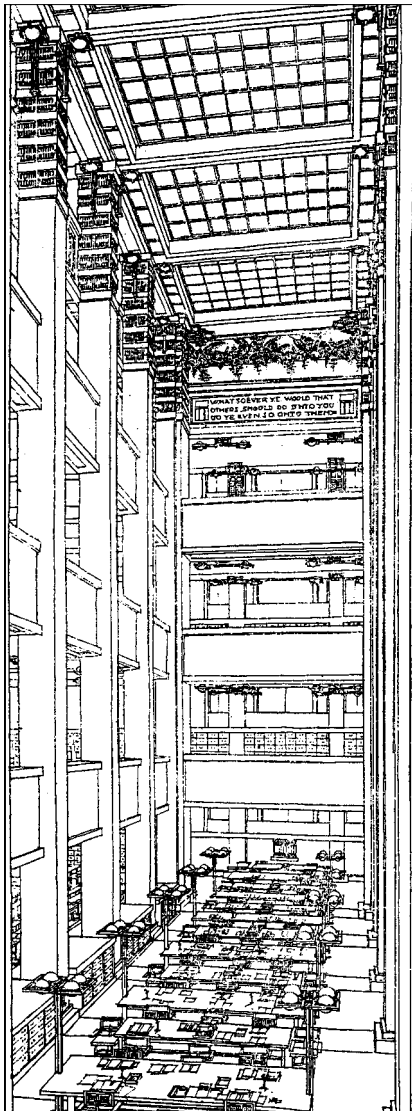


Bild A.12 Monumentale Raumhülle - Oberlichtsaal des Larkin Company Building in Buffalo 1903 von F. L. Wright /A.85/

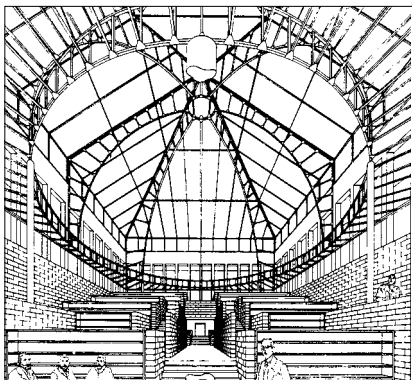


Bild A.13 Funktionale Raumhülle - Entwurf für die Badische Landesbibliothek in Karlsruhe von O. M. Ungers /A.86/

A.1.2.4 Raumhülle

Die *Raumhülle* umschließt den Raum und ist der substantielle Niederschlag des Raumentwurfes. (Bild A.12, Bild A.13) Typische Eigenschaften der Raumhülle sind:

- Materialhaftigkeit*, d.h. die Erkennbarkeit der Materialien, aus denen die Raumhülle hergestellt worden ist, wie z.B. aus Naturstein, Ziegel, Beton, Metall, Holz, Putz u.a.
- Strukturhaftigkeit*, d.h. die Erkennbarkeit der Strukturen, die bei der Herstellung der Raumhülle entstanden sind, wie z.B. Reliefs oder Fugenbilder von Trag- oder Ausbaukonstruktionen, oder aus gestalterischen Gründen auf die Raumhülle übertragen worden sind.
- Maßstäblichkeit*, d.h. die Erkennbarkeit von Unterteilungen, die durch die Formate der gewählten Bau- oder Ausbaumaterialien entstanden sind, wie z.B. bei Fertigteilen und Tafелеlementen, oder aus gestalterischen Gründen auf die Raumhülle übertragen worden sind.
- Farbigkeit*, d.h. die Erkennbarkeit von Farben oder Farbmischungen, die durch die Kombination der gewählten Bau- und Ausbaumaterialien entstanden sind oder aus gestalterischen bzw. ergonomischen Gründen als Deck- oder Lasuranstriche in mono- oder polychromer Farbigkeit aufgebracht worden sind.
- Durchsichtigkeit*, d.h. der Grad der Transparenz, der Transluzenz oder der opaken Dichte, der eine ungestörte oder getrübte Blickverbindung in den Nebenraum oder Außenraum zulässt bzw. in Form eines Spiegelbildes suggeriert.

FAZIT:

Die Erscheinung der Raumhülle ist für die Vermittlung der Gestaltungsabsicht von größter Wichtigkeit. Die Raumhülle kann präsent (griffige Tuffsteinfläche), indifferent (Glattputz), flüchtig (Stein oder Metall geschliffen), dreidimensional (Relief oder Bemalung), mehrschichtig (Lochung oder Lasur) oder offen (Glascheibe oder Fenster) wirken. Das Empfinden, in einem großen oder kleinen, offenen oder geschlossenen bzw. bestimmbareren oder verwischten Raum zu sein, wird so vermittelt.

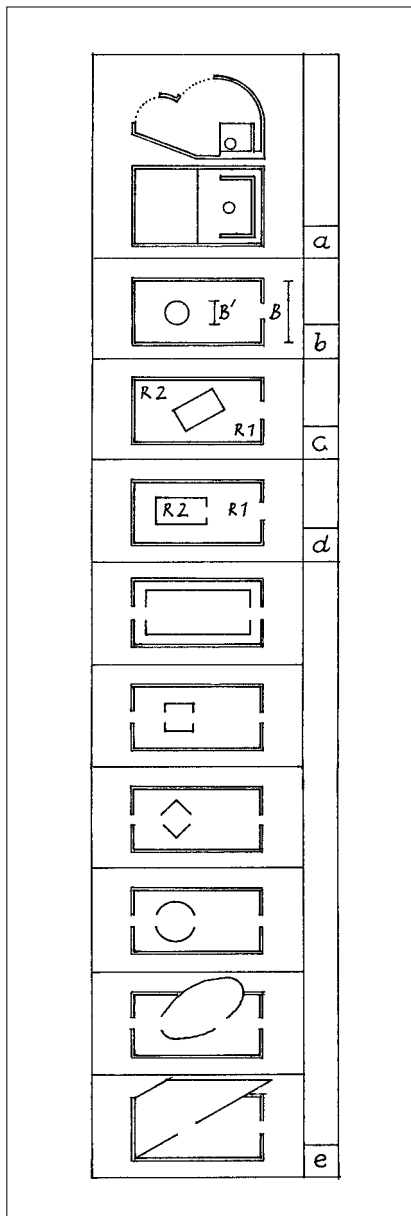


Bild A.14 Balance zwischen Raum und Objekt /A.87/

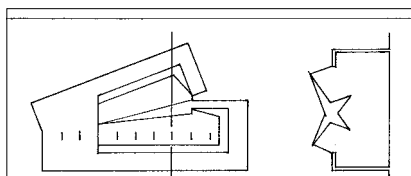


Bild A.15 Verschachtelung der Realität (Isländischer Pavillon der Biennale in Venedig von Alvar Aalto) /A.87/

A.1.2.5 Raum und Objekt

Jeder Raum ist für einen bestimmten Inhalt konzipiert. Der Inhalt präsentiert sich als Summe von Objekten, die ihrerseits Einfluss auf den Raum nehmen können. (Bild A.14)

- a) Zwischen Raum und Objekt bestehen wesentliche Unterschiede: Der Raum ist bergende Form, Hohlform bzw. Negativform. Das Objekt ist geborgene Form, Vollform bzw. Positivform. Der Raum kann begangen und das Objekt kann umschritten werden.
- b) Der Raum wird durch Objekte gegliedert in dahinter und davor sowie in seinem Maßstab verändert. Er wird in Bezug auf das Objekt relativ groß oder klein.
- c) Das Objekt kann eine Größe annehmen, die den bergenden Raum dominiert und in verbleibende Resträume zerlegt.
- d/e) Das Objekt kann seinerseits zur Hohlform werden und einen Raum im Raum bilden. Das Objekt kann dann sowohl umschritten als auch begangen werden. So entsteht ein Instrument, mit dem sich die Raumgestaltung weiter vertiefen lässt. Die Verschachtelung setzt den *Gestaltungsprozess* erneut in Gang. (Bild A.15)

FAZIT

Das Objekt ist in der Regel dem Raum untergeordnet. Es kann aber auch dominierende Dimensionen annehmen. Man hat es dann mit kontrastierenden, vielleicht sogar rivalisierenden Volumina zu tun, wie z.B. bei Entwürfen des Architekten Louis Kahn.

A.1.3 Lichtkonzepte

Bei aller Sorgfalt, mit der ein *Raumkonzept* entwickelt werden kann, bleibt es ein Abstraktum, solange es nicht durch Licht aus seiner metrischen Dimension befreit und zum Leben erweckt wird. Licht, – das seit über fünf Jahrtausenden dokumentierter Menschheitsgeschichte als *Tageslicht* und erst seit relativ kurzer Zeit der globalen Elektrifizierung auch als *Kunstlicht* zur Verfügung steht –, ist ein wunderbares Medium. Ohne den Raum mühevoll abtasten zu müssen, – was häufig gar nicht möglich wäre, – erhalten wir innerhalb kürzester Zeit visuell räumliche Informationen. Eingeschlossen in diese visuellen Eindrücke sind auch solche, die eigentlich nur mit anderen Sinnesorganen, z.B. haptisch, wahrgenommen werden könnten. So ist es nicht verwunderlich, dass 80% unserer Sinnesleistungen mit dem Sehen verknüpft sind.

Licht erweckt Räume nicht nur zum Leben, sondern verändert sie auch in Abhängigkeit von dem gewählten *Lichtkonzept*. (Bild A.16) Die durch die Lichtführung bewirkten Metamorphosen von Räumen könnten Anlass dazu geben, Architektur nicht nur nach historischen und stilistischen Gesichtspunkten, sondern auch nach einer Typologie der Lichtkonzepte zu ordnen.

Spricht man von *Licht und Architektur*, so ist eine in der Entstehungszeit unabhängige, vergleichende Betrachtungsweise angebracht. Es ist sicherlich auch sinnvoll, Lichtkonzepte schwerpunktmäßig auf Tageslicht zu beziehen, da gebaute Räume bis vor etwa 100 Jahren ausschließlich vom Tageslicht abhängig waren. *Tageslichtkonzepte* beeinflussen den Gestaltungsprozess auch heute noch viel stärker, als es bei *Kunstlichtkonzepten* nötig ist. *Kunstlichtkonzepte* sind häufig von Tageslichtkonzepten inspiriert oder zumindest von diesen nicht unabhängig, besonders dann, wenn eine Tageslichtergänzungsbeleuchtung angedacht ist. Befasst man sich mit Lichtkonzepten, so sollte man auch die Nutzung der beleuchteten Räume – ob für Kult-, Kultur-, Industrie-, Gewerbe-, Wohnungszwecke u.a. – zunächst ausklammern. So werden z.B. heute aufgelassene Kirchen oder Fabrikationsstätten als Museen oder auch als Lofts mit gutem Erfolg umgenutzt, ein wahrlich beachtlicher Nutzungswandel. Andererseits können Industriebauten auch Gestaltungsanstöße für den Kirchen-, Museums- oder Bibliotheksbau u.a. geben.

Unter dem Begriff Lichtkonzepte werden nun die Aspekte behandelt, welche Voraussetzung für die Nutzbarkeit und visuelle Wirksamkeit von *Raumkonzepten* sind:

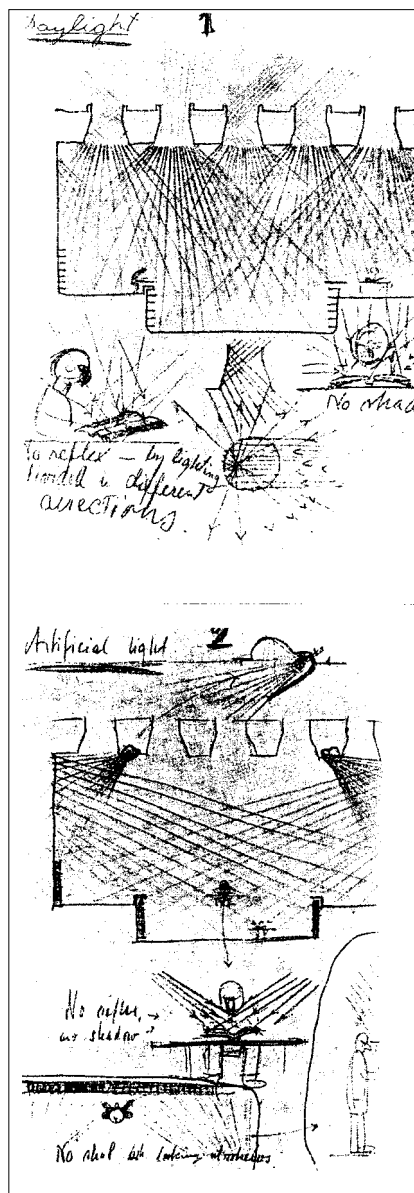


Bild A.16 Lichtkonzept für Tages- und Kunstlicht, Studie von Alvar Aalto für die Bibliothek in Viipuri /A.71/

- *Seitenlicht/Oberlicht*
- Spezifische und neutrale Raumquerschnitte
- *Kugel und Kubus als Urformen*
- *Detailform Oberlicht*
- *Architektonischer Raum: Absichten und Metamorphosen*

FAZIT

In jedem Raumkonzept schlummert ein Lichtkonzept, das in den Raumentwurf integriert ist. Lichtkonzepte beziehen sich auf Tageslicht oder Kunstlicht und auch auf beides. Beleuchtung mit Tageslicht ist ein subtraktiver Prozess, bei dem nur ein Teil der Lichtfülle von der Hemisphäre in das Innere des Raumes gelangt. Dagegen ist Beleuchtung mit Kunstlicht ein additiver Prozess, bei dem Lumen für Lumen im Inneren des Raumes erzeugt werden muss.

A.1.3.1 Seitenlicht/Oberlicht

Ein gebräuchliches Merkmal zur Unterscheidung von Lichtkonzepten ist die Zuordnung als Seitenlicht- oder als Oberlichtfall. Dabei ist zunächst an die Urtypen der Halle oder der Arena gedacht. Diese unterscheiden sich elementar dadurch, dass der Raum im einen Fall nur durch die Dachfläche und im anderen nur durch die Seitenwände markiert ist. So fällt hier das Licht durch die fehlenden Seitenflächen und dort durch die fehlende Deckenfläche. Fehlte gleichermaßen die Abschirmung nach oben und zur Seite, so befände man sich im Freien. Wären die Abschirmungen gleichermaßen nach oben und zur Seite vorhanden, so befände man sich im Dunklen. Öffnet man die Raumhülle sparsam zu einer Seite oder nach oben, so erhielte man die Urformen des Wohnens, das Megaron-Haus als freistehende und das Hofhaus als tepichartige Siedlungsform. (Bild A.17) Wendet man sich differenzierter gebauten Räumen zu, so entdeckt man eine erstaunliche Vielfalt von Beleuchtungsfällen. Ordnet man diese unabhängig von ihrer Entstehungszeit, so erhält man eine Typologie von Lichtkonzepten.

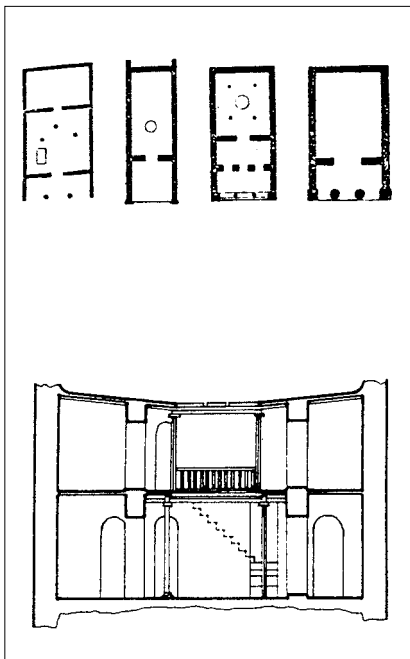


Bild A.17 Urformen des Wohnens: Megaron und Hofhaus /A.24/, /A.41/

Seitenlichtkatalog (Bild A.18). Beim Betrachten des Seitenlichtkatalogs, der hier nur der Vollständigkeit wegen angesprochen werden soll, stellt man fest, dass es keineswegs gleichgültig ist, ob das Fenster mittig, am Boden, unter der Decke oder sogar darüber sitzt, – als hohes Seitenlicht –, oder ob das Licht von oben durch einen Schacht geholt werden muss oder, – wie bei einem Atelierfenster oder bei einer tonnenüberwölbten Halle –, auch Zenitlicht erhält. In

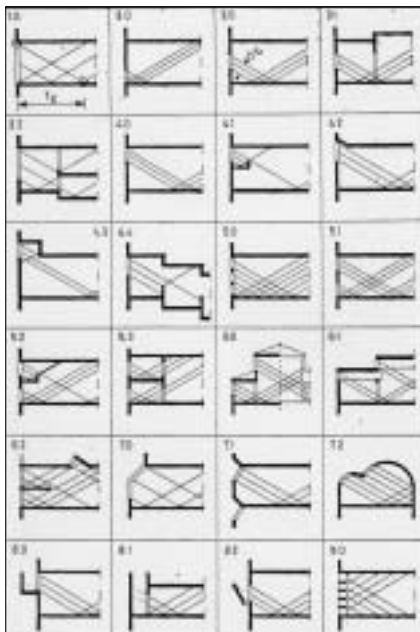


Bild A.18 Seitenlichtkatalog /A.54/

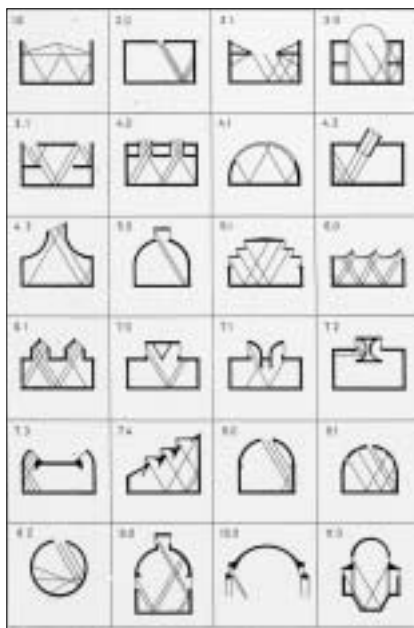


Bild A.19 Oberlichtkatalog /A.54/

letzteren Fällen handelt es sich offenbar um Grenzfälle, die zum Oberlicht tendieren. Ist die Zuordnung als *Seitenlicht*- oder als *Oberlichtfall* doch nicht immer so eindeutig?

Oberlichtkatalog (Bild A.19). Auch beim Betrachten des Oberlichtkatalogs, der eine Ausgangsbasis für das hier vorzugsweise behandelte Oberlicht darstellen kann, stellt man eine erstaunliche Vielfalt fest, obwohl keineswegs Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird. Vom Urtypus der Arena, einem Raum unter freiem Himmel, führt der Weg über die Urform mediterranen Wohnens, das Hofhaus, bei dem alle Räume um einen zentralen Lichtschacht geordnet sind, zur zwei oder mehrstöckigen Passage, die sich längs eines mittig oder seitlich angeordneten Lichtbandes erstreckt. Vom Oberlichtschacht, der in frei wählbaren Abständen, – massiert oder auch vereinzelt –, zur flächigen Ausleuchtung oder auch zur Betonung besonderer Situationen eingesetzt werden kann, gelangt man zur Oberlichtlaterne.

Ausgehend von einseitig, meist nach Norden orientierten Shedoberlichtern, kann man zu zweiseitig orientierten Lösungen kommen, die das Licht zu den Raumwänden führen. Bei Zentralräumen spielen Lichtöffnungen im Kuppelscheitel oder im Kuppelfuß eine besondere Rolle. Die hier anskizzierten Oberlichtfälle sind von gebauten Räumen abgeleitet, die unterschiedlichsten Nutzungen dienen. Es handelt sich um Wohnräume, Einkaufspassagen, Gaststätten, Bibliotheken, Sporthallen, Kirchen, Kindergärten, Ausstellungshallen, Industriehallen, Museen, Hörsäle, Bäder, ja sogar Anatomien u.a.

Auch im Oberlichtkatalog sind *Lichtkonzepte* enthalten, die von der Seite Licht empfangen. Der Betrachter im Raum wird jedoch dieses Licht als Oberlicht empfinden.

FAZIT

Die typologische Ordnung von Lichtkonzepten, die Entstehungszeit und Nutzung ausklammert, hat den Vorzug der leichten Überschaubarkeit. So kann man sich in kurzer Zeit einen Überblick verschaffen, Lichtkonzepte vergleichen, geeignete finden oder neue entwickeln.

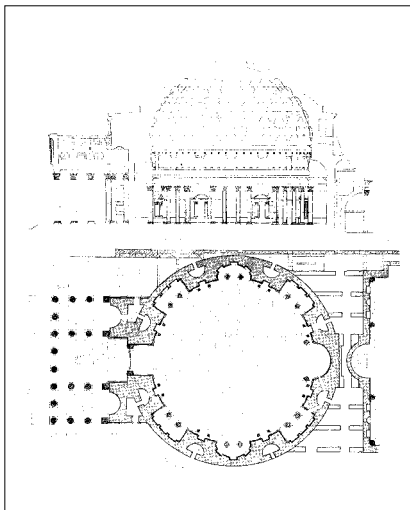


Bild A.20 Pantheon in Rom /A.31/

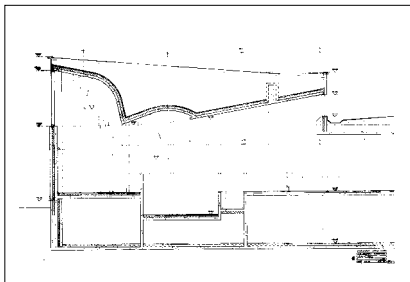


Bild A.21 Bibliothek in Seinäjoki /A.18/

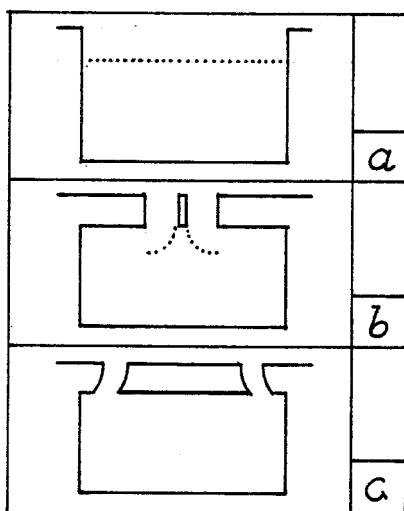


Bild A.22 Lichtkonzepte /A.87/

A.1.3.2 Spezifische und neutrale Raumquerschnitte

Wenn bei *Seitenlicht-* und *Oberlichtkatalog* die Vielfalt möglicher *Lichtkonzepte* und deren Vergleichbarkeit im Vordergrund stehen, soll hier auf ein Unterscheidungsmerkmal hingewiesen werden, das den *Gestaltungsprozess* in besonderem Maße beeinflusst und daher zu einer frühzeitigen Entscheidung zwingt: Raumquerschnitte können so geformt sein, dass sie von vornherein der Charakteristik des Tageslichteinfalles Rechnung tragen, also *spezifische Raumquerschnitte* darstellen, oder aber so geformt sein, dass sie primär einer der möglichen Großformen, z. B. dem Quader –, entsprechen, also *neutrale Raumquerschnitte* darstellen, und lediglich die Lichtführungsmaßnahmen als solche optimiert werden sollen.

Spezifische Raumquerschnitte berücksichtigen, dass der Lichtverteilungskörper (radialer Tageslichtquotient) eines *Oberlichtes* bei vollständig bedecktem Himmel und einem einfachen Deckenausschnitt kugelförmig ist und der Lichtverteilungskörper eines *Seitenlichtes* bei einem einfachen Wandausschnitt einer unter 35 Grad nach unten geneigten Tropfenform ähnelt. So hat z. B. das Pantheon in Rom, das eine imaginäre Kugel umschließt, einerseits eine stereometrisch bestimmte Großform, andererseits aber auch einen *spezifischen Raumquerschnitt* (Bild A.20).

Dagegen weist die Bibliothek in Seinäjoki aus dem Jahre 1960 einen rein *spezifischen Raumquerschnitt* auf, bei dem die Decke als Tageslichtreflektor fungiert und die Bodenabsenkung in Raummitte der abwärts geneigten Tendenz des Seitenlichtes folgt. (Bild A.21) Derartige *spezifische Raumquerschnitte*, die der Raumbeleuchtung oder auch der Raumakustik dienen, sind als Quelle der Inspiration für Entwürfe des finnischen Architekten Alvar Aalto typisch.

Neutrale Raumquerschnitte sind allerdings häufiger anzutreffen. Bei diesen dominiert die Stereometrie der *Großform*, die dann mit unterschiedlichen Lichtkonzepten kombiniert werden kann. Diese sind über die gesamte Deckenfläche ausgedehnt, auf die Deckenmitte konzentriert oder zu den Deckenrändern verschoben. (Bild A.22)

An einem Modellraum mit neutralem Querschnitt, der vom Quader abgeleitet ist, werden nun unterschiedliche *Lichtkonzepte* demonstriert. Dabei bezieht sich der Modellraum auf ein metrisches Volumen von 9,00 m mal 15,00 m bei einer lichten Höhe von 4,50 m und einem Deckenausschnitt von 5,00 m mal 11,00 m.

Die ersten vier Varianten sind so ausgelegt, dass primär die Raummitte beleuchtet wird. (Bild A.23)



- a) Ein unter der Decke sitzendes, umlaufendes Seitenlichtband beleuchtet die jeweils gegenüber liegenden Wandflächen mäßig, aber ziemlich gleichmäßig. Der Lichtstrom fällt hauptsächlich in die Raummitte. Die Decke wird durch vom Boden reflektiertes Licht aufgehellt. Die hochliegenden Seitenlichtbänder lockern formal die geschlossene, quadrische Form, sie beeinträchtigen allerdings auch durch ihre hohe Leuchtdichte die Adaptation auf die relativ dunklen Wandflächen.



- b) Das über dem Deckenausschnitt angeordnete Seitenlichtband führt zur Oberlichtlaterne. Durch die Verkürzung der Seitenlichtbänder wird der Lichteinfall reduziert, was durch den geringeren Abstand zu den Wandflächen teilweise kompensiert wird. Der obere Wandfries und der Deckenrandstreifen geraten allerdings in die Schattenzone. Der Lichtstrom fällt hauptsächlich in die Raummitte. Die Oberlichtlaterne öffnet formal das Volumen nach oben. Die Adaptation auf die Wandflächen wird durch hohe Leuchtdichte der Oberlichtlaterne im Gegensatz zu der geringen der Schattenzone erschwert.



- c) Der Deckenausschnitt ist als Lichtdecke ausgebildet, so dass Licht in reichlichem Maße in den Raum fällt. Der Lichtstrom fällt auch hier hauptsächlich in die Raummitte, erreicht aber ebenso die Wände. Vom großflächig beleuchteten Boden reflektiertes Licht hellt den oberen Wandfries und den Deckenrandstreifen auf, so dass eine ausgeglichene Beleuchtung entsteht. Die Adaptation an die Raumhülle ist ungestört. Lichtkonzepte dieser Art werden daher häufig realisiert.



- d) Im Deckenausschnitt ist die Lichtdecke pultartig angekippt, so dass sich das Volumen nach oben erweitert. Die Konturen der Decke werden durch die von der Horizontalen abweichende Schräge (*Feinform*) belebt. Die Lichtfülle bleibt erhalten, wenn auch die Verteilung nun asymmetrisch erfolgt: Eine Wandfläche erhält mehr direktes und die gegenüberliegende mehr reflektiertes Licht. Die Beleuchtung ist ausgeglichen und die Adaptation an die Raumhülle ungestört.

Bild A.23 Schwerpunkt Raummitte
/A.44/

Die folgenden vier Varianten sind so ausgelegt, dass primär die Wandflächen beleuchtet werden. (Bild A.24)



a) Zwei Oberlichtstreifen sind atelierfensterartig geneigt über den Längswänden angeordnet. Der reichlich einfallende, teilweise auch vom Zenit stammende Lichtstrom tangiert die angrenzenden Längswände bzw. beleuchtet die gegenüberliegenden Längswände und den Boden, so dass eine ausgeglichene Situation mit hohem Beleuchtungsniveau entsteht. Die Neigung der Oberlichtstreifen und die trapezartige Anhebung in Raummitte verfeinert die quadratische Großform. Die Adaptation wird von dem Oberlichtstreifen dominiert.



b) Die Umkehrung der trapezförmigen Deckenausbildung bewirkt, dass die Oberlichtstreifen auf die Längswände gerichtet und so diese primär beleuchtet werden. Die Raummitte und der darüberliegende, geschlossene Deckenstreifen werden nicht mehr direkt, sondern nur noch indirekt beleuchtet. Das Volumen ist auf die ursprüngliche quadratische *Großform* zurückgeführt und die Oberlichtstreifen sind nahezu verdeckt. Die Adaptation wird von den primär beleuchteten Längswänden dominiert.



c) Die über den Längswänden angeordneten Oberlichtschächte erhalten Licht von der nicht einsehbaren Innenseite. Die Wände werden primär, aber ungleichmäßig, nach unten stark abfallend beleuchtet. Die Raummitte und die Deckenuntersicht wirken düster. Der Raumeindruck erscheint dramatisiert. Die Adaptation an die Raumhülle ist durch die Übersteigerung der Kontraste gestört.



d) Die über den Längswänden angeordneten Oberlichtschächte sind nun mit Reflektoren ausgestattet, die durch ihre Neigung das von der nicht einsehbaren Innenseite einfallende Licht indirekt in die Raummitte lenken. Die Wände werden primär und gleichmäßig beleuchtet. Durch die Aufhellung der Raummitte und der Deckenuntersicht, die auch durch die Anhebung der Decke ermöglicht wird, kann die Raumeinheit wieder hergestellt werden, ohne die Dominanz der Präsentationswände zu zerstören. Die Adaptation wird von den Längswänden in der gewünschten Weise bestimmt: Der Betrachter schaut aus der dunkleren Raummitte auf die hellere Peripherie und wird so auf diese aufmerksam gemacht. Ferner ist vermieden, dass sich der Betrachter im Exponat selbst spiegelt. Diese Lösung entspricht den Absichten Berlages und wurde auch so realisiert.

Bild A.24 Schwerpunkt Wandfläche
/A.44/

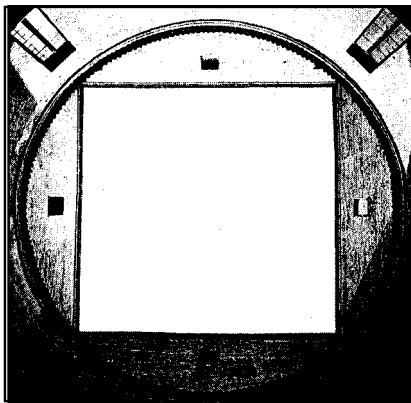


Bild A.25 Kreis und Quadrat /A.37/

FAZIT

Überlegungen zum Raumquerschnitt bestimmen bei Lichtkonzepten mit Tageslicht sehr frühzeitig den Gestaltungsprozess. Das gilt sowohl für spezifische als auch für neutrale Raumquerschnitte. Dabei ist bei ersteren die Originalität des Ansatzes das Entscheidende, während es bei letzteren mehr auf die Sorgfalt der Durchbildung ankommt.

A.1.3.3 Kugel und Kubus als Urformen

Versucht man die Urformen der so häufig anzutreffenden *neutralen Raumquerschnitte* zu finden, so stößt man auf *Kugel* und *Kubus*. (Bild A.25) Unter den stereometrischen Großformen nehmen Kugel und Kubus eine Sonderstellung ein, da sie mit minimalem Aufwand beschrieben werden können: Für Kugel und Kubus genügt die metrische Fixierung einer einzigen Größe, die Fixierung des Radius bzw. der Seitenlänge. Kugel und Kubus sind auch zentrische Volumina mit einem Mittelpunkt. Die Verwandtschaft von Kugel und Kubus führt ferner dazu, dass sie ineinander verschachtelt werden können. Die Kugel kann dem Kubus eingeschrieben sein und umgekehrt. (Bild A.26) Gemeinsam sind Kugel und Kubus auch ein elementares *Lichtkonzept*, nämlich die zentrale, punktförmige Oberlichtöffnung, wie beim Pantheon in Rom oder Schinkels Neuer Wache in Berlin. (Bild A.27)

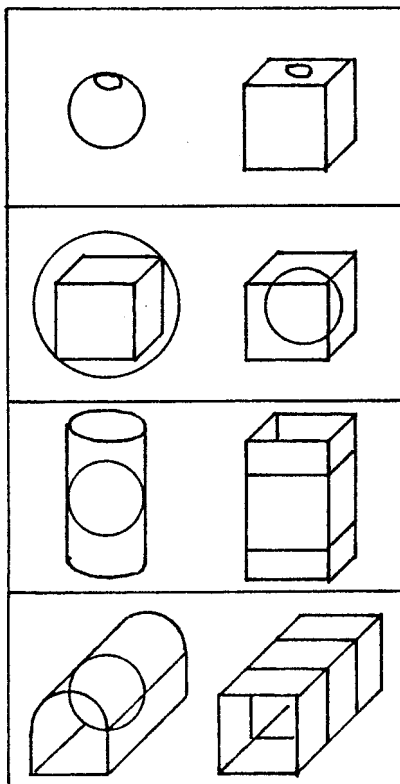


Bild A.26 Kugel und Kubus /A.87/

Die einfache stereometrische Definierbarkeit hat allerdings auch zur Folge, dass Anpassungen an eine bestimmte Nutzung nur durch allseitige Vergrößerung oder Verkleinerung möglich ist. So sind es in der Praxis auch nur in Sonderfällen die *Urformen* selbst, sondern in der Regel verwandte, von ihnen abgeleitete *Großformen*, wie Zylinder und Quader, die stehend oder liegend zum Einsatz kommen. In ihrer Längserstreckung, als Tonne oder Quader, sind sie in Länge und Breite frei dimensionierbar und dann auch unabhängig von einer zentralen Lichtöffnung. Vielmehr sind unterschiedlichste Figurationen der Anordnung von punktförmigen, schlitzförmigen und flächenförmigen Lichtöffnungen möglich. (Bild A.29) Dennoch erahnt man noch häufig die Urformen von Kugel und Kubus, die, schrittweise additiv oder gleitend dynamisch an- und ineinandergefügt, eine der Funktion angepasste Großform geliefert haben.

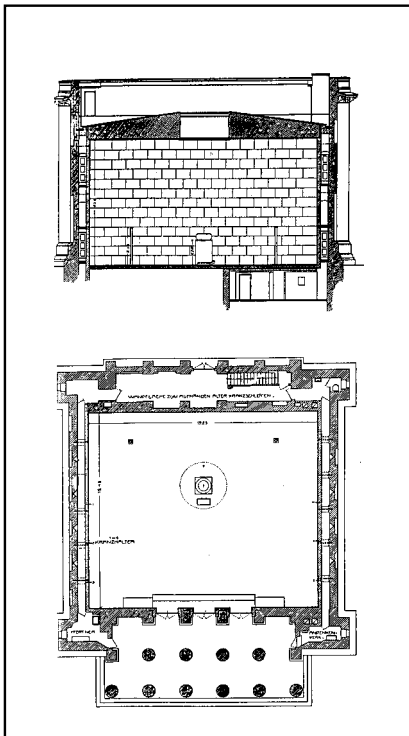


Bild A.27 Urform Kubus (Neue Wache in Berlin 1816-18, von K. F. Schinkel, 1930 Umgestaltung von H. Tessenow) /A.68/



Bild A.28 Urform Kugel (Nationalbibliothek Paris, erbaut 1854-75 von Henri Labrouste, Lesesaal) /A.69/

Betrachtet man z.B. den Lesesaal der Nationalbibliothek in Paris von 1855, entworfen von Henri Labrouste (Bild A.28), oder die zentrale Oberlichthalle der Gemäldegalerie in Berlin von 1997, entworfen von Hilmer & Sattler, so entdeckt man die Addition und Verschmelzung des Pantheon-Motivs.

Auch bei tonnenüberdeckten Räumen, wie bei dem Museum für Gegenwart "Hamburger Bahnhof" in Berlin von 1996, entworfen von Josef Paul Kleihues, oder wie bei der Kunstsammlung NRW in Düsseldorf von 1986, entworfen von Hans Dissing und Otto Weitling, stellt sich die Assoziation zur Kugel ein, als wäre das Pantheon einmal oder mehrmals nebeneinander längs einer Linie gerollt. (Bild A.30)

Bei quadratischen Räumen kann man die *Urform* des *Kubus* in den Konturen des Stützensystems oder zumindest im quadratischen Deckenraster wiederfinden, wenn nämlich Oberlichtschächte als Kegel- oder Pyramidenstümpfe einem quadratischen Raster folgend in die Decke geschnitten bzw. als Parabolraster unter zeltförmigen Verglasungen über die Deckenfläche verteilt oder Lichtdecken quadratischen Zugschnitts aus der Deckenfläche herausgetrennt sind.

An dieser kurzen Charakterisierung und Auflistung von Bauten, wie der Bibliothek in Viipuri von 1936, entworfen von Alvar Aalto, dem Museum in Bochum von 1983, entworfen von Jørgen Bo und Vilhelm Wohlert, dem Museum der VW-Stiftung in Wolfsburg von 1995, entworfen von Schweger und Partner, und der Gemäldegalerie in Berlin von 1997, entworfen von Hilmer & Sattler, wird erkennbar, dass der "Kubus im Quader" trotz seiner Einfachheit zu den unterschiedlichsten Lichtkonzepten führen kann. (Bild A.31)

FAZIT

Neutralen Raumquerschnitten innewohnende Urformen sind häufig einfach nur Kugel und Kubus. Auch unter diesen Einschränkungen gibt es eine erstaunliche Vielfalt von Lichtkonzepten.

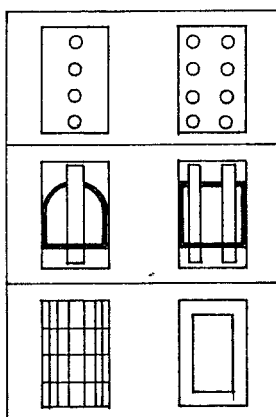


Bild A.29 Oberlicht-
figurationen /A.87/

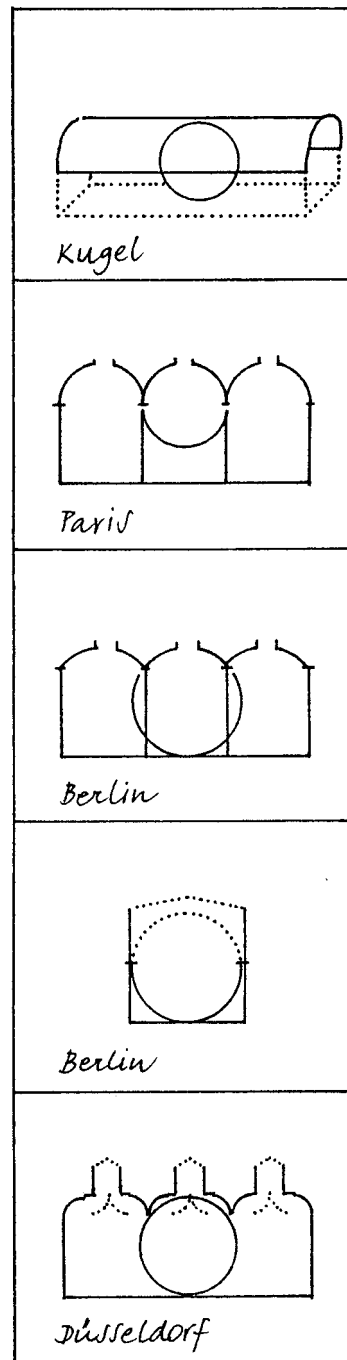


Bild A.30 Ableitungen von der
Kugel /A.87/

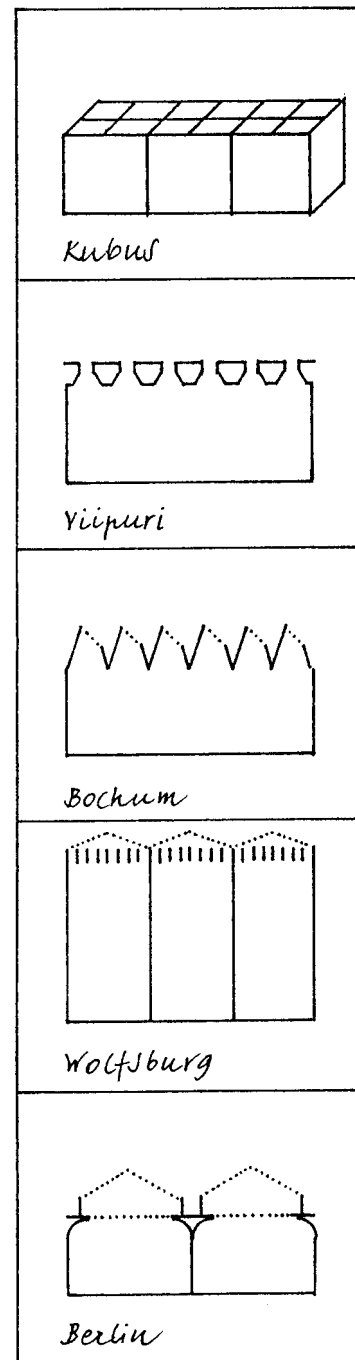


Bild A.31 Ableitungen vom Ku-
bus /A.87/

A.1.3.4 Detailform Oberlicht

Zieht man den Kreis noch enger und beschränkt man sich dabei auf die Betrachtung der *Detailform Oberlicht* als punktförmige Maßnahme, so stellt man fest, dass der Gestaltungsprozess erneut im Kleinen in Gang gesetzt wird. Aus jeder geometrischen Form, die als Deckenausschnitt gewählt wird, lässt sich ein Oberlicht entwickeln; so aus dem Dreieck, dem Quadrat, dem Rechteck, dem Kreis, der Ellipse usw. Beschränkt man sich nun wieder nur auf Kreis und Quadrat, so geben die zu berücksichtigenden Parameter abermals Anlass für die Entwicklung einer Fülle von Varianten.

Zu berücksichtigende Parameter können sein:

- Materialbeschaffenheit und Konstruierbarkeit,
- Deckenform und Deckenneigung,
- Geometrie zur Ausblendung der Sonne,
- Ausrichtung zu einem Heliostaten oder zu einer bestimmten Himmelsrichtung,
- Bemessung oder Dosierung der Lichtmenge,
- Vorzugslichtrichtung oder Lichtstreuung im Raum,
- Erscheinungsbild im architektonischen und innenarchitektonischen Kontext,
- Reihbarkeit, Figurierbarkeit,
- formale Formbarkeit der Laibung u. a. m. (Bild A.32, Bild A.33)

FAZIT

Je enger man die Grenzen setzt und je mehr man den Gestaltungsspielraum im Großen reduziert, desto mehr entsteht Vielfalt durch Verlagerung des Gestaltungsprozesses auf die Detailform.

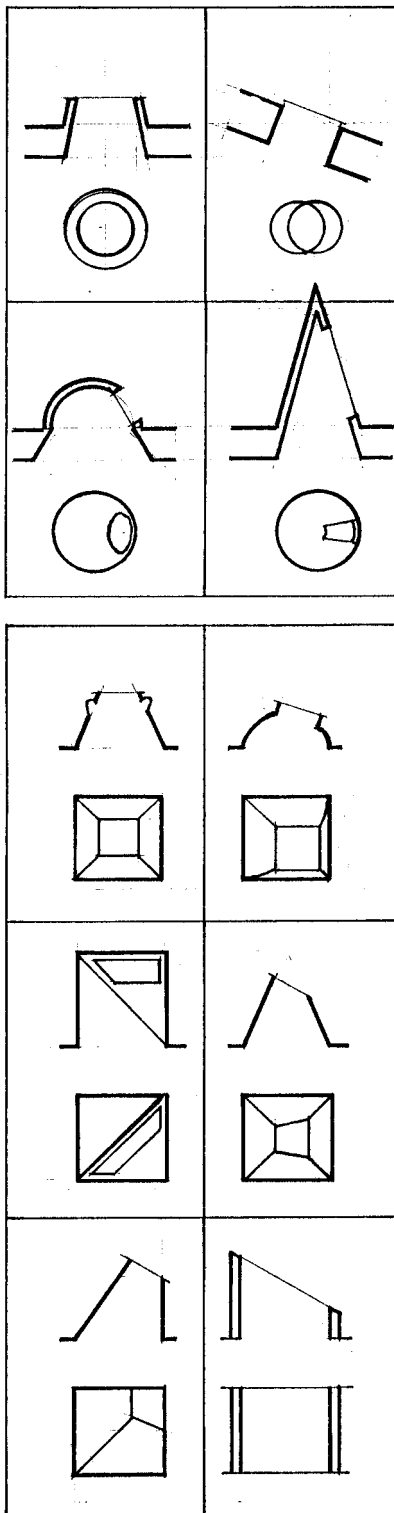
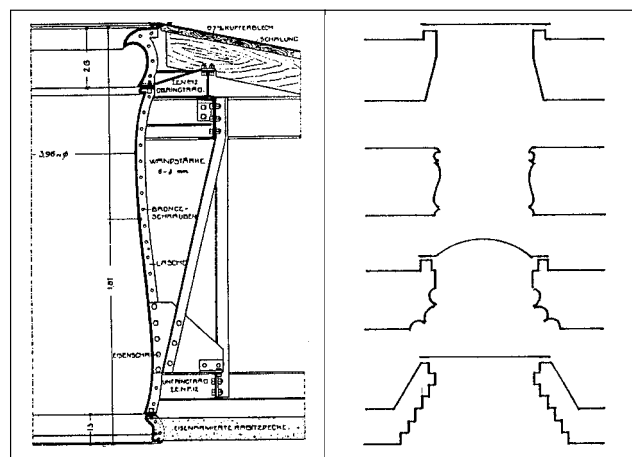


Bild A.32 Detailform Oberlicht /A.87/



Zu Bild 27 + Bild 33
(H. Tessenow)

Bild A.33 Detailform Laibung
(nach A. Aalto, H. Tessenow,
Hilmer & Sattler, C. Scarpa) /
A.87/

A.1.3.5 Architektonischer Raum: Absichten und Metamorphosen

Absicht jedes Lichtkonzeptes für Tageslicht oder Kunstlicht ist es, die Schwerpunkte des Geschehens zu erfassen, Raumform und Wegeführung hervorzuheben – und auch den Lichtöffnungen die Möglichkeit der Selbstdarstellung zu geben. Diese ist im Kontext mit der Raumhülle zu bewerten. In der Regel ist also Absicht eines Lichtkonzeptes, nicht so sehr laborhafte Gleichmäßigkeit oder Egalisierung der Sehleistung zu erreichen, sondern vielmehr den Sehkomfort unter Berücksichtigung funktioneller Aufgaben zu optimieren. Es soll dem Eintretenden leichter gemacht werden, sich mit einem fremden Ort anzufreunden. Er möchte Überblick gewinnen, räumliche Zusammenhänge und Dimensionen erfassen und Wesentliches von Unwesentlichem unterscheiden. (Bild A.34)

Der Raumcharakter wird durch die Kombination von *Großform*, *Feinform* und *Detailform* in Verbindung mit dominierenden Kontrasten und dem Lichtkonzept bestimmt. Oder anders ausgedrückt: Die Parameter des Innenraumes sind Volumen, Raumhülle und Beleuchtung. Wird also einer der drei Parameter verändert, so erfährt der Raum eine Metamorphose. Die Veränderbarkeit des Volumens in seiner metrischen Dimension wurde bereits behandelt, *Raumkonzepte*. So verbleiben Raumhülle und Beleuchtung in der Diskussion. Die Raumhülle ist in ihrer Eigenschaft als Sekundärstrahler, d.h. als Ursache des Indirektanteils der Innenraumbeleuchtung, am entstehenden Beleuchtungsniveau zwingend beteiligt, wie abschließend noch demonstriert wird. Zunächst soll die Raumhülle jedoch unverändert bleiben und nur mit dem Licht gespielt werden.

Die Anhebung oder Absenkung des Beleuchtungsniveaus bewirkt eine Verweißlichung oder Vergrauung der beleuchteten Flächen sowie eine Erweiterung oder Verengung der visuellen Raumdimension. Die Differenzierung des Beleuchtungsniveaus im Raum bewirkt eine Zonierung in nähere und entferntere Raumteile, obere und untere Raumhälften sowie eine Dynamisierung oder Blockade bei der Absicht, sich im Raume zu bewegen. Eine kontrastierende Beleuchtung kann kontrastarm gestaltete Hüllflächen zur Geltung bringen, während für kontrastreich gestaltete Hüllflächen eher gleichförmige Beleuchtung förderlich ist.

Übertriebene Gleichförmigkeit führt zur Langeweile, übertriebene Dramatik zur Verwirrung, ein Wechselspiel, das wir ständig in der freien Natur erleben und lieben.

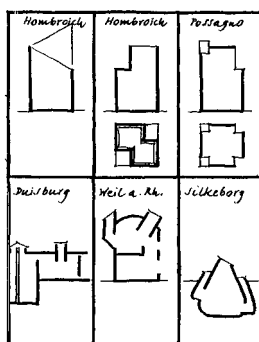
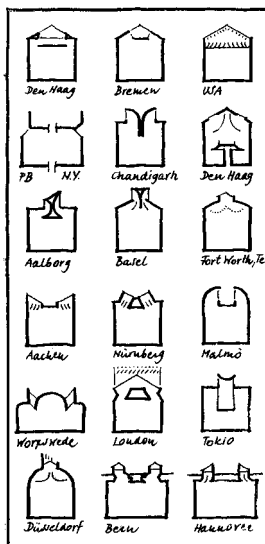
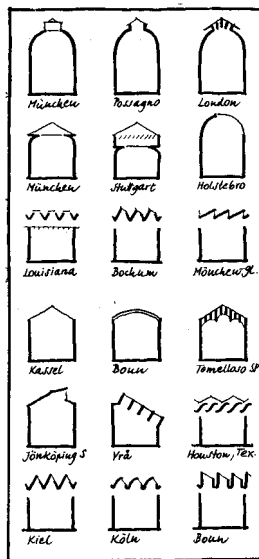


Bild A.34 Oberlichtvarianten /A.54/
 • Raumfüllend
 • Wandbetonend
 • Sonderlösungen

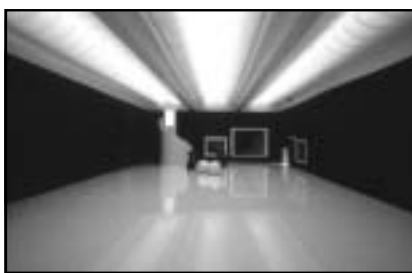
Abschließend soll nun an einem Modellraum mit Oberlichtbändern demonstriert werden, was es bedeutet, auch nur die Reflexionseigenschaften der Raumhülle zu verändern. Bei dem in fünf Schritten variierten Beispiel bleibt die Beleuchtung, d.h. der von außen einfallende Lichtstrom bzw. der Direktanteil der Innenraumbelichtung, konstant. Der Indirektanteil wird jedoch in Abhängigkeit von den Reflexionsgraden der Hüllflächen (Decke, Wände, Boden) verändert. Infolgedessen verändern sich auch die Leuchtdichten der Hüllflächen, das Beleuchtungsniveau, das Adaptionniveau und das Raummilieu. (Bild A.35)



- a) Der Raum ist mit matt weißen Deckenbalken, matt weißen Wänden und glänzend weißem Boden ausgestattet. Das Beleuchtungsniveau ist sehr hoch, die weißen Bildränder differenzieren sich vom Hintergrund, und die Oberlichtbänder verschmelzen mit den hell erscheinenden Deckenbalken. Der Raum wirkt frisch, weit und geräumig.



- b) Der Raum ist mit matt weißen Deckenbalken, matt grauen Wänden und glänzend grauem Boden ausgestattet. Das Beleuchtungsniveau sinkt deutlich. Die weißen Bildränder treten hervor und die Oberlichtbänder lösen sich von den abgedunkelt erscheinenden Deckenbalken. Der Raum wirkt substantieller und umschließender.



- c) Der Raum ist mit weißen Deckenbalken, matt schwarzen Wänden und glänzend weißem Boden ausgestattet. Das Beleuchtungsniveau steigt wieder an, die weißen Bildränder entfalten Leuchtkraft und die Oberlichtbänder verbinden sich wieder mit den hell erscheinenden Deckenbalken. Der Raum wirkt bezüglich seiner seitlichen Begrenzungen indifferent (ist es Wand oder Öffnung zu einer unbeleuchteten Raumerweiterung?) und zergliedert in korrespondierende Flächen.



- d) Der Raum ist mit matt weißen Deckenbalken, matt weißen Wänden und glänzend schwarzem Boden ausgestattet. Das Beleuchtungsniveau ist wieder gesunken, die weißen Bildränder erscheinen vergraut und verschwimmen mit dem Hintergrund und die Oberlichtbänder lösen sich deutlich von den schwärzlich erscheinenden De-



Bild A.35 Die Raumhülle als Sekundärstrahler /A.57/, /A.54/

ckenbalken. Der Raum wirkt elegant und zu den Seiten hin offen.

- e) Der Raum ist mit matt weißen Deckenbalken, matt schwarzen Wänden und glänzend schwarzem Boden ausgestattet. Das Beleuchtungsniveau hat seinen Tiefstand erreicht. Die weißen Bildränder leuchten magisch und scheinen im Raum zu schweben. Die Oberlichtbänder dominieren in blendender Helligkeit zwischen den schwarz erscheinenden Deckenbalken. An die Stelle einer visuell wirksamen Räumlichkeit tritt die Dramatik einer Situation.

FAZIT

Durch die anfänglich vom Architekten oder Innenarchitekten vorgenommene metrische Dimensionierung entsteht ein Volumen, das solange dem Gestaltungsprozess unterworfen bleibt, bis der Weg von der Großform über die Feinform zur Detailform gefunden ist. Um das Lichtkonzept zu optimieren, sind viele gedankliche Metamorphosen des Raumes vorzunehmen. Schließlich wird aus der metrischfixierten die visuell-wirksame Raumdimension: Ein geistiges Abstraktum wird durch Licht zum Architektonischen Raum. Eine Vision wird zur erlebbaren Realität. (Bild A.36)

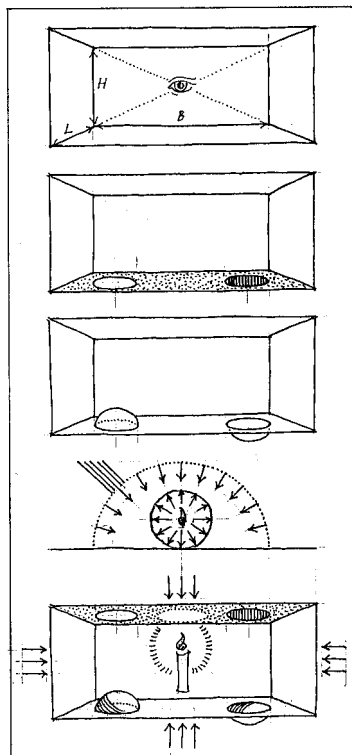


Bild A.36 Metrischer und Architektonischer Raum /A.54/

A.1.4 Raumqualitäten

Architektonische Räume sind der realisierte und erlebbare Niederschlag abstrakter Raumentwürfe, die anonymer, traditioneller, persönlich geprägter oder futuristischer Natur sein können. Architektonische Räume gleichen sich oder unterscheiden sich unabhängig von ihrer Entstehungszeit und historischen Zugehörigkeit durch Qualitätsmerkmale.

Eine Typologie dieser Qualitätsmerkmale oder deren Teilsummen, nämlich der *Raumqualitäten*, unterliegt keiner strengen Ordnung oder Abfolge. Hier werden Qualitätsmerkmale, die nicht nur als "gut", sondern vielmehr als "erfüllt" gewertet werden sollten, im Sinne einer ersten Begegnung mit dem Raum in Form eines Katalogs aufgelistet.

Dieser Katalog kann einerseits als Verständigungsgrundlage, auch für Planungsbeteiligte ohne raumgestalterische Vorkenntnisse, oder auch zur Charakterisierung von Räumen dienen. (Bild A.37, Bild A.38, Bild A.39)

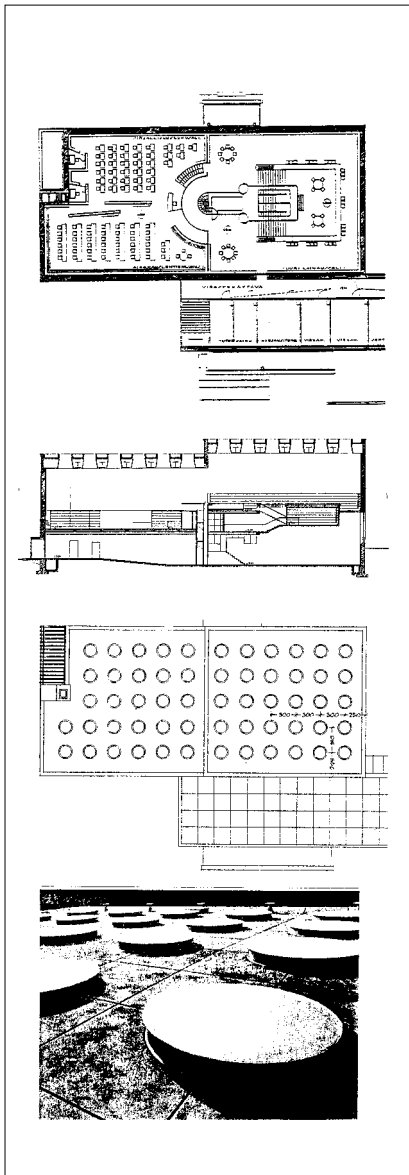


Bild A.37 Funktionales Oberlicht (Bibliothek in Viipuri von Alvar Aalto, erbaut 1935, Lesesaal und Hauptbibliothek) /A.71/

KATALOG DER QUALITÄTSMERKMALE

- a) Auffindbarkeit:
 - Hinleitung und Vorbereitung durch Vorzone.
- b) Orientierung:
 - Überschaubarkeit, Überraschungseffekte.
- c) Helligkeit/Dunkelheit:
 - Visuelle Anpassungszeit, bedingt durch Vorzone, Absolutwerte, Gleichmäßigkeit.
- d) Visuelle Dimension:
 - Volumenhaftigkeit im Vergleich zur Vorzone, zu Absolutwerten, zu Zonierung.
- e) Lichtöffnungen im Hinblick auf Wirkung, Lage und Form:
 - Offenheit / Geschlossenheit, Transparenz / Transluzenz.
 - Sichtbar / verdeckt, hochliegend / tiefliegend, Ausblick / Einblick.
 - Stehend, liegend, neutral, rund, eckig, gereiht, bandartig, rhythmisiert, gruppiert, gekoppelt.
 - Bei Seitenlicht: Einseitig (Megaron), allseitig (Halle).
 - Bei Oberlicht: Eingezogen (Hofhaus), ausgedehnt (Arena).
- f) Lichtöffnungen im Kontext zur Raumhülle:
 - Figuration, "Ornamentik" im Sinne der Anordnung.
 - Verhältnis von Öffnungsanteil zu geschlossenen Flächen.
 - Figuration der Restflächen.
- g) Lichtfarbe und farbige Reflexe:
 - Warm / kalt, bunt / unbunt, einheitlich / lokal.

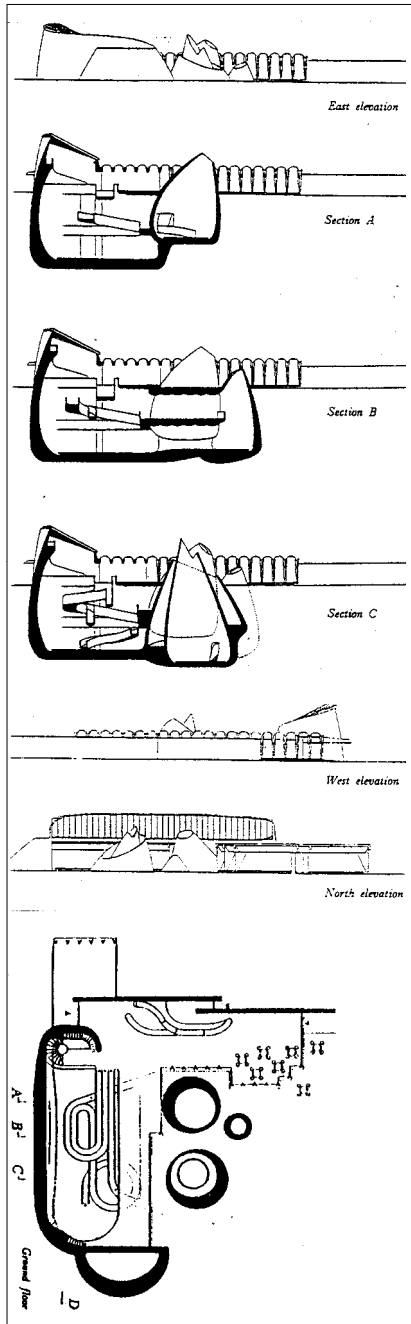


Bild A.38 Emotionales Oberlicht (Entwurf für das Silkeborg-Museum 1965 von J. Utzon) /A.70/

- h) Raummodellierung:
- Schatten dominant, erkennbar oder diffus.
 - Schatten geordnet (dominante Lichtrichtung), Mehrfachschatten (mehrere Lichtrichtungen).
 - Raummodellierung, Großobjekt- / Kleinobjektmodellierung, Texturmodellierung.
- i) Wahrnehmungsebenen:
- Kontur- / Hell-Dunkel- / Buntkontraste.
- j) Helligkeits- und Farbverteilung im Gesichtsfeld:
- Bewegungsneutralität, Dynamisierung, Blockade, Ausweichen, Bedrohung.
- k) Raumgeometrie:
- Achsialität, Symmetrie / Asymmetrie, Proportionierung, Strukturierung, Betonung der Konstruktion.
- l) Haptik im visuellen Sinne:
- Greifbar / flüchtig, rau / glatt, leicht / schwer, materialhaft / indifferent.
- m) Analysierbarkeit:
- Großform, Feinform, Detailform und deren Verknüpfung.
 - Interpretation, Kontrapunktion, Negation.
- n) Abhängigkeit von der Blickrichtung:
- Allee- / Vexierbildeffekt, Spiegelung / Mehrfachspiegelung, *Anamorphose*.
- o) Einprägsamkeit:
- Assoziationen, Geschichts- und Trendbezogenheit.
- p) Objekt im Raum:
- Starr / beweglich, Raumgliederung, Zwangswegführung, Hindernis.
 - Raum im Raum.

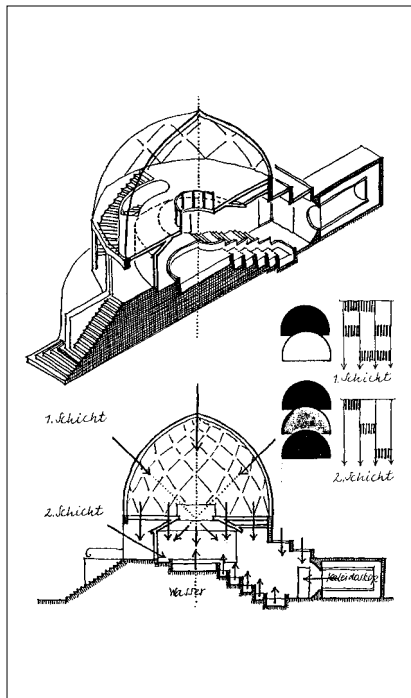


Bild A.39 Hypnotisches Oberlicht (Pavillon für die Glasindustrie zur Werkbundaustellung in Köln 1914 von B. Taut) /A.47/

q) Objektmodellierung:

- Verhältnis von direktem und indirektem, von der Raumhülle reflektiertem Licht, Lichtrichtung, Hintergrund, Position.
- Silhouettenhaft (Gegenlicht), flach (Auflicht), körperhaft (Mischlicht), texturgerecht (Ausdehnung der Lichtquelle), farbgerecht (Lichtart / Beleuchtungsniveau).

FAZIT

Der Katalog der Qualitätsmerkmale zur Charakterisierung von Räumen ist umfangreich und komplex. Die Raumqualität oder Qualität des Architektonischen Raumes ist nicht durch den Nachweis der Aufsummierung aller Qualitätsmerkmale gesichert, sondern durch die Ausprägtheit bestimmter Merkmale und deren wechselseitiger Ergänzung. Auch Teilsummen können Qualität ergeben. Das Wesen des Gestaltens besteht schließlich darin, aus dem Fundus des Verfügbaren auszuwählen und das Ausgewählte fachkundig zu ordnen.

A.2 RAUM UND NUTZER

A.2.1 Raumbeziehung

Zwischen Raum und Nutzer besteht eine enge Beziehung. Jeder Mensch, der im Vollbesitz seiner Sinne agiert, taxiert bewusst oder unbewusst seine räumlich Umgebung, indem er

- Wärme fühlt,
- Geräusche hört,
- Düfte riecht sowie
- Helligkeiten und Farben sieht.

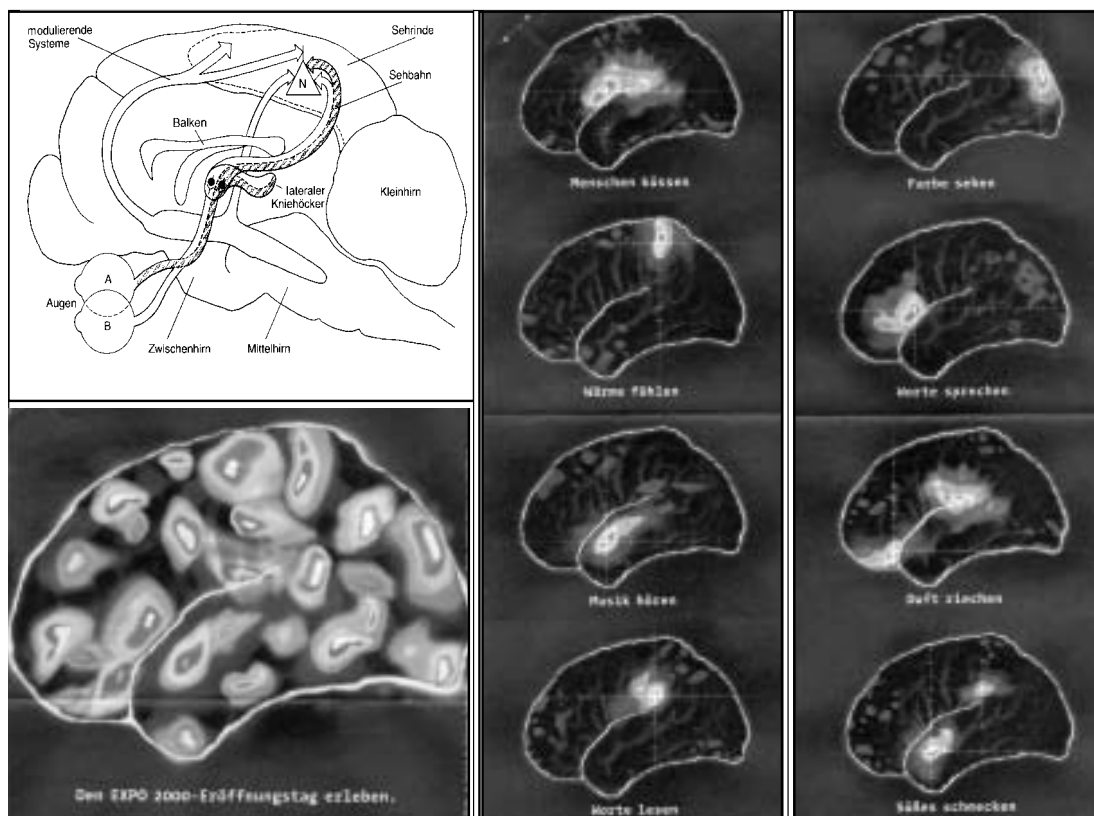


Bild A.40 Raumerleben /A.58/, /A.72/

Der Prozess des Taxierens verläuft spontan und unwillkürlich. Die Sinneseindrücke ergänzen einander und es entsteht ein *Raumgefühl*. Das Raumgefühl bestimmt die Beziehung zum Raum natürlich auch dann, wenn der Raum zur Verrichtung einer Tätigkeit genutzt wird. Hierin unterscheidet sich der Mensch vom Automaten, zu dessen Funktionieren eine sachgemäße Bedienung und die Erfüllung technisch-physikalischer Parameter ausreichen. (Bild A.40)

Im Hinblick auf die visuelle Begegnung mit dem Raum, die hier im Vordergrund steht, wurde im vorangestellten Abschnitt erläutert, was unter *Raumgestaltung* zu verstehen sei: Raumgestaltung ist eine

Synthese aus Raumkonzepten und Lichtkonzepten zur Erzielung bestimmter Raumqualitäten. Raumgestaltung ist nicht kosmetischer, sondern essentieller Natur und wirkt sich auf den Nutzer aus. Ein Nutzer, der sich mit seinem Arbeitsraum identifiziert, wird Anforderungen und Belastungen, die sich aus seiner Tätigkeit ergeben, leichter erfüllen und besser ertragen. Die positive oder negative Beziehung zum Raum kann die organische Funktionsbereitschaft des Nutzers anregen oder hemmen. Äußerlich erkennt man die Verfassung des Nutzers an seinem Verhalten. Die innere Ursache ist der durch das Auge sensibilisierte Hormonhaushalt, der *Wohlbefinden* oder *Unwohlsein*, *Aktivität* oder *Passivität* und *Wachzustand* oder *Ruhebedürfnis* steuert.

FAZIT

Die Befindlichkeit des Nutzers wird durch die Wahrnehmung und Anmutung des Raumes wesentlich beeinflusst. Daher wird auf diese Begriffe im Folgenden näher eingegangen. Hinter den Begriffen Wahrnehmung und Anmutung des Raumes verbirgt sich Lebensqualität, die auch gerade Arbeitsstätten wegen der langen Aufenthaltsdauer bieten müssen.

A.2.2 Wahrnehmung des Raumes

Das Gebiet der visuellen Wahrnehmung, insbesondere der hier behandelten *Wahrnehmung des Raumes*, mag aufgrund der unbewusst funktionierenden Mechanismen, wie z. B. der "Helligkeits- und Farbkonstanz" oder der "Größen- und Entfernungskonstanz", d.h. der angeborenen Fähigkeit, Objekte bezüglich ihres Reflexionsverhaltens oder ihrer Raumposition absolut zu bewerten, wenig spektakulär erscheinen (S.E. Rasmussen '59 /A.8/). In Wirklichkeit ist dieses Gebiet weitläufig und komplex: Hier überschneiden sich Erkenntnisse der Physiologie, der Psychologie, der Augenmedizin, der Inneren Medizin, der Neurologie, der metrisch oder künstlerisch orientierten Farbtheorie mit denen der Lichttechniker, Lichtplaner, Designer, Innenarchitekten und Architekten. In den weiteren Ausführungen wird versucht, aus der Fülle von Wissenswerten, Bekanntem und weniger Diskutiertem zwölf Aspekte herauszustellen, die für die Wahrnehmung des Raumes besondere Bedeutung haben.

A.2.3 Sehapparat

Sehen ist viel mehr als nur ein physikalisch-optischer (Bild A.41) oder chemisch-neurologischer Prozess. Sehen ist eine Verknüpfung der Umwelt mit Leib,

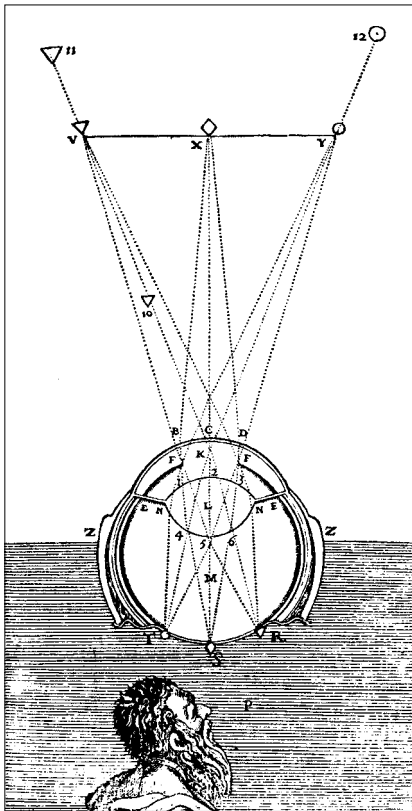


Bild A.41 Erforschung des Auges /
A.43/



Bild A.42 Fräulein oder alte Dame
(Zeichnung von E. Boring) /A.43/

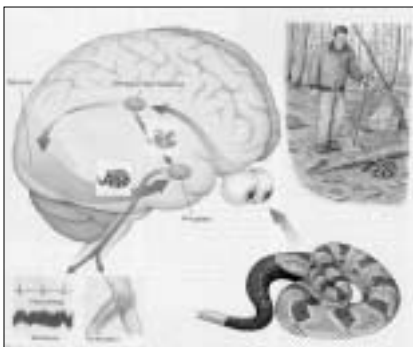


Bild A.43 Reflexe in Gefahrensituationen /A.36/

Geist und Seele des Menschen. Dafür sprechen natürlich auch Erfahrungen, die wir alltäglich machen:

- Man sieht, was man weiß oder sucht, wie mehrdeutige oder fiktive figurative oder konstruktive Darstellungen zeigen. (Bild A.42)
- Man sieht, wie es erscheint, wenn Simultankontrast oder Sukzessivkontrast Helligkeit oder Farbigkeit verändern und Nachbilder erzeugen.
- Man sieht, was lebensbedrohend ist, z.B. die Schlange im Gebüsch. Aber sieht man sie wirklich oder sieht man sie erst, wenn die Gefahr schon vorüber ist? (Bild A.43)

Die Evolution hat uns anstelle einer Lochkameraartigen Sehgrube einen hochsensiblen *Sehapparat* geschenkt. Dieser besteht aus Augen, Sehbahnen und einem Sehzentrum, aber auch aus Verbindungen zum Stammhirn und den Nebennieren. So sind wir in der Lage, unauffällige Reize über neuronale Verschaltungen zu bildhaften Empfindungen zu verkoppeln – und "nebenbei" die Steuerung der vegetativen Motorik und des Hormonhaushaltes, über das *Melatonin* zum Adrenalin und Cortisol, zu bewerkstelligen.

Die schon ins Altertum zurückreichenden Bemühungen, das optische Phänomen des Auges, bis hin zu der Überlegung, dass vielleicht das Auge selbst Energie aussenden könnte, zu klären, werden nun in der Jetztzeit durch neurophysiologische Untersuchungen und Blutanalysen erweitert; mit dem Ergebnis, dass nur ein Teil der neuronalen Impulse über die visuelle (optische) Sehbahn zur hinteren Sehrinde in das Sehzentrum gelangt, um im Abgleich mit angeborenen, später hinzuerlernten und aktuellen Informationen eine bildhafte Empfindung auszulösen, die Kurzzeit oder Langzeitwirkung haben kann. Der andere Teil der neuronalen Impulse gelangt über die vegetative (energetische) Schiene direkt zum Stammhirn, um bei Gefahr möglichst schnell Muskelreflexe auszulösen und die Anpassung an die Situation durch Hormonschübe zur Aktivierung oder Beruhigung des Organismus zu veranlassen. Letzterer Vorgang verläuft unwillkürlich und tritt nicht oder erst nachträglich ins Bewusstsein.

Ebenso unwillkürlich und unbewusst wird unser Organismus in den *circadianen Rhythmus* eingebunden, der sich am Hell-Dunkel-Rhythmus des Tagesverlaufes orientiert, uns in Wach- oder Schlafzustand versetzt und bei Nachtarbeit gestört wird. Der Verlauf der Sonnenbahnen in den verschiedenen Jahreszeiten und der Höchststand der Sonne zur Mittagszeit sind es ferner, die unseren jahreszeitlichen und tageszeitlichen Lebensrhythmus, der uns Phasen voller und reduzierter Leistungsfähigkeit beschert, bestimmen.

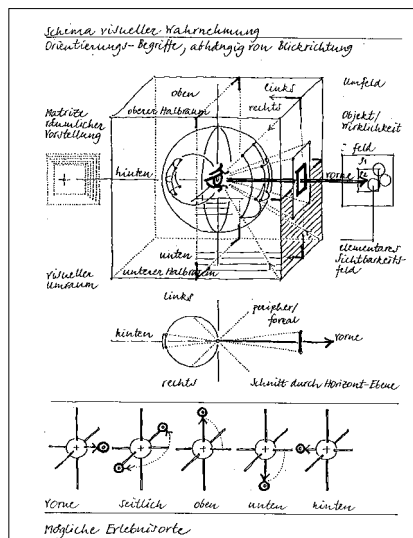


Bild A.44 Orientierung und Raumgedächtnis /A.87/

FAZIT

Unser Sehapparat hat neben den sehr komplexen Abläufen der Visualisierung unserer Umwelt auch noch motorische und hormonale Prozesse zu steuern. Diese Doppelfunktion ist auch die Ursache dafür, dass wir Räume nicht einfach nur als visuelle Projektion sehen, sondern dabei auch ein Raumgefühl empfinden.

A.2.3.1 Orientierung und Raumgedächtnis

Eine wesentliche Voraussetzung für die Wahrnehmung des Raumes ist unser visuelles Orientierungsvermögen. Die Grundlage der Orientierung ist bereits im Auge physiologisch angelegt. Man kann hier drei kartesisch geordnete Trennungsebenen unterscheiden: (Bild A.44)

Vorne und hinten. Die Trennungsebene zwischen *vorne* und *hinten* ergibt sich aus der größtmöglichen Öffnung des *Gesichtsfeldes* von jeweils etwa 90 Grad seitlich zur Blickrichtung. Was vor uns im Gesichtsfeld liegt, das sehen wir. Was hinter uns liegt und somit vom Gesichtsfeld nicht mehr erfasst wird, müssen wir durch unser Raumgedächtnis ergänzen. Je bewusster wir uns im Raume orientiert haben, desto besser wird es gelingen.

Rechts und links. Die Trennungsebene zwischen *rechts* und *links*, die die erstgenannte Ebene normal schneidet, orientiert sich an der Schwerkraft bzw. dem Lot, das auch unsere Körperhaltung bestimmt. Diese Ebene trennt die Netzhaut unseres Auges jeweils in eine rechte und eine linke Hälfte; eine Teilung, die sich auch über die Sehbahnen bis zu den Hirnhälften fortsetzt. Die über die jeweiligen Hälften des Gesichtsfeldes bezogenen Informationen werden ideell zu einem Ganzen zusammengefügt. Dass die ideelle Zusammenfügung keine Selbstverständlichkeit, sondern eine besondere Leistung unseres Sehapparates darstellt, verdeutlichen Irritationen, die künstlich herbeigeführt werden können: Bei erzwungener Fernakkommodation werden Objekte im Nahbereich mehrfach abgebildet. (Bild A.45)

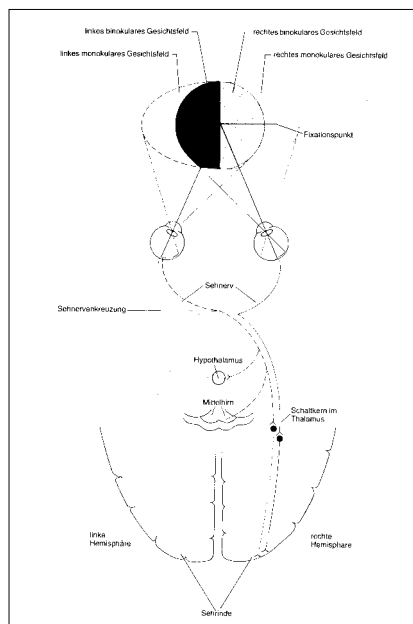


Bild A.45 Verarbeitung visueller Information /A.58/

Oben und unten. Die Trennungsebene zwischen oben und unten, die die erst- und zweitgenannte Ebene normal schneidet, orientiert sich am Wasserspiegel bzw. am Horizont, auf den auch der Boden unter unseren Füßen zuläuft. In dieser Trennungsebene liegen die Augenachsen unserer beiden Augen. (Bild A.46) Horizontverschiebungen erzeugen Orientierungsstörungen, wie aus der Luft- und Seefahrt bekannt ist. Die ideelle Zusammenfügung von Stereoaufnahmen, zwecks besserer Tiefenschärfenwirkung,

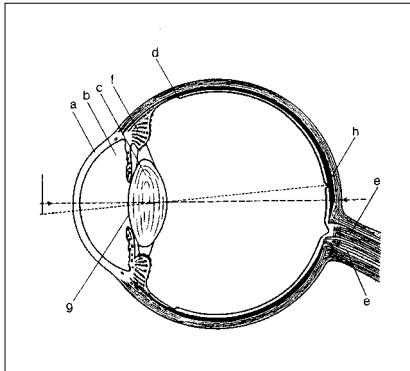


Bild A.46 Horizont und Augenachse
/A.43/

funktioniert auch nur dann, wenn die Aufnahmen sorgfältig auf den Horizont abgestimmt projiziert werden. Größer sind die Toleranzen bei seitlichen Blickachsverschiebungen auf der hier behandelten Trennungsebene. Simuliert man nämlich unterschiedliche Augenabstände oder leicht divergierende bzw. konvergierende Blickrichtungen: Hier kommt es lediglich zu Maßstabsverschiebungen. Übrigens ist auch die Hellempfindlichkeit der oberen und der unteren Netzhauthälfte unterschiedlich: Oben, wo die Erde abgebildet wird, ist sie größer; unten, wo der Himmel abgebildet wird, ist sie kleiner.

FAZIT

Das im alltäglichen Umgang benützte Orientierungssystem mit den Gegensatzpaaren vorne / hinten, rechts / links und oben / unten ist nicht nur eine vom Menschen erfundene Definition, sondern eine in uns physiologisch verankerte Anlage. Auch unser Raumgedächtnis wird durch die kartesische Orientierung unterstützt, vergleichbar einer "mentalen Landkarte".

A.2.3.2 Gesichtsfeld

Eine Beschreibung des *Gesichtsfeldes* ist die Voraussetzung für die Einordnung aller Punkte, die in Bezug auf eine Blickrichtung gesehen werden können. Das Gesichtsfeld folgt der Blickrichtung und ist um diese herum geordnet. (Bild A.47) Wie bereits unter dem Aspekt Orientierung angedeutet wurde, ist das Gesichtsfeld weder in der senkrechten noch in der waagerechten Teilungsrichtung physiologisch homogen. Der Eindruck der rotationsymmetrischen Homogenität entsteht erst bei der ideellen Bildverarbeitung in unserem Sehzentrum. Die höchste *Sehleistung* (*Sehschärfe, Unterschiedsempfindlichkeit, Wahrnehmungsgeschwindigkeit, Farbempfindlichkeit*) liegt im Zentrum innerhalb eines sehr engen Raumwinkels von 1 bis 2 Grad (Abbildung auf der Netzhautgrube / Fovea centralis). Die höchste *Hellempfindlichkeit* liegt in einer Ringzone im Abstand von etwa 10 bis 20 Grad von der Augenachse. Die äußersten Farbgrenzen sind unterschiedlich und liegen seitlich für Grün etwa bei 30 Grad, für Rot etwa bei 35 Grad und für Gelb / Blau etwa bei 45 Grad. Die Hellempfindlichkeit nimmt zur Peripherie hin ab und reicht seitlich etwa bis 90 Grad, nach oben etwa bis 60 Grad und nach unten etwa bis 70 Grad. Hier liegt also die physiologische Grenze des Gesichtsfeldes.



Bild A.47 Maske und Gesichtsfeld
("Emmeline" aus King Arthur)
/A.73/

Sehen in der Blickachse, *foveales Sehen*, und Sehen außerhalb, *peripheres Sehen*, haben unterschiedliche Bedeutung, wie im Folgenden noch ausgeführt wird. Die meisten Untersuchungen und Publikationen be-

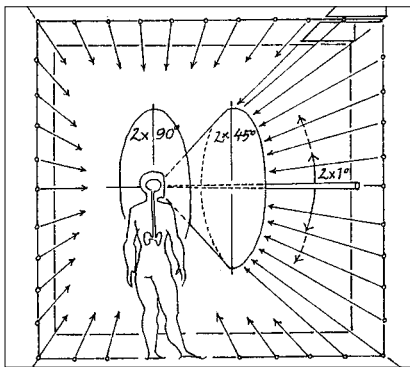


Bild A.48 Rotationssymmetrisches Gesichtsfeld /A.87/

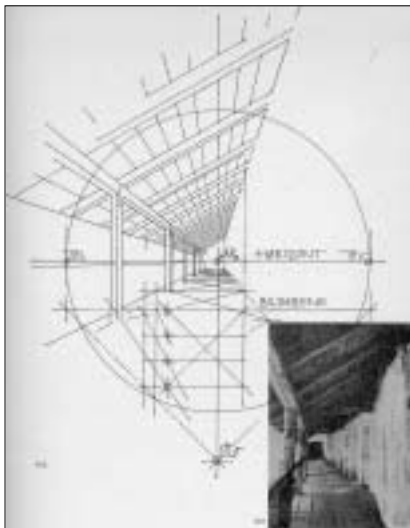


Bild A.49 Zentralperspektive (45-Grad-Zirkel als Eingrenzung des Gesichtsfeldes, Kremser Wehrgang) /A.27/

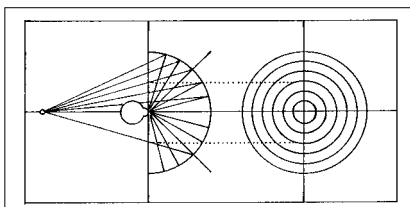


Bild A.50 Stereografische Projektion /A.87/

schränken sich auf das foveale Sehen, weil dieses die Detailerkennung ermöglicht. Ein weiterer Grund dafür ist die größere physiologische Homogenität der Netzhautgrube im Gegensatz zu den angekoppelten "rezeptiven Feldern" der peripheren Netzhaut, deren Komplexität zu einer schwer überschaubaren Zahl von Parametern führt (E. Lübke '99 /A.5/). Letzterer Umstand hat zur Folge, dass die Lichttechnik dazu neigt, die *Sehleistung*, die durch das foveale Sehen ermöglicht wird, überzubewerten und den *Sehkomfort*, der mit dem peripheren Sehen zusammenhängt, auszuklammern.

Das Gesichtsfeld kann in unterschiedlicher Weise dargestellt und so dem jeweiligen Zweck angepasst werden. Für die Interpretation der *Wahrnehmung des Raumes* ist es sinnvoll, ein möglichst einfaches Modell zu verwenden. Es sollte auch dem bereits im Sehzentrum verarbeiteten und mit dem *Raumgedächtnis* abgestimmten Abbild der Realität ähneln. Das so schematisierte Modell besteht aus drei koaxialen Kegeln mit unterschiedlichen Öffnungswinkeln von 1 Grad, 45 Grad und 90 Grad, bezogen auf die Blickachse. (Bild A.48) Diese Abstraktion des Gesichtsfeldes vermittelt unmittelbar und schnell die dreidimensionale Beziehung zum Raum. Hierbei umreißen der schlanke 2-Grad-Kegel den Bereich, innerhalb dessen bei der angenommenen Blickrichtung Detailinformationen des anvisierten Bereiches zu erwarten sind, der weiter geöffnete 45-Grad-Kegel den Bereich, innerhalb dessen der Bildausschnitt als scharf, unverzerrt und farbig empfunden wird, was bis zu dieser Grenze auch für die grafisch erzeugte Zentralperspektive (Bild A.49) gilt, und der eine Ebene bildende 90-Grad-Kegel den Bereich, innerhalb dessen noch Helligkeiten, Helligkeitsveränderungen und Bewegungen wahrgenommen werden, die zu einer Blickrichtungsveränderung Anlass geben.

Das Gesichtsfeld kann auch als stereografische Projektion beliebig vieler koaxialer Kegel, deren Spitzen an der Hornhautkuppe ansetzen und die sich von hier aus in den Raum ausbreiten, zweidimensional dargestellt werden. In der Regel wählt man die stereografische Projektion so, dass gleichabständige konzentrische Ringe entstehen, die leicht lesbar und interpolierbar 15-Grad-Abstände bedeuten. In dieses ebene stereografische Modell kann das erstgenannte dreidimensionale übertragen werden. Von dieser Möglichkeit der vereinfachten räumlichen Darstellung wird im Folgenden Gebrauch gemacht. (Bild A.50)

Das Gesichtsfeld kann natürlich auch für jedes Auge einzeln oder auch für beidäugiges Sehen als Überlagerung dargestellt werden, wobei man sich auch hier des ebenen stereografischen Modells bedient. Exakt

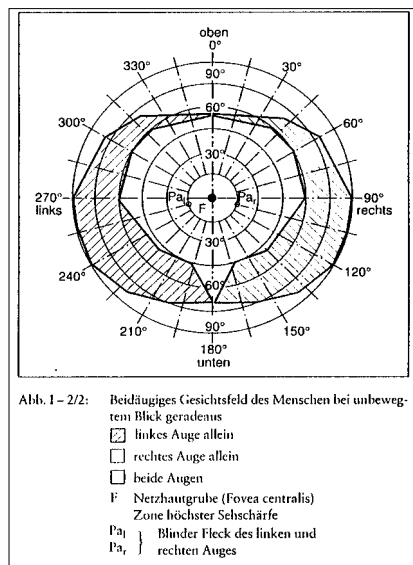


Bild A.51 Beidäugiges Gesichtsfeld /A.35/

durchgeführte psychophysische Untersuchungsergebnisse sind so dokumentierbar. (Bild A.51) Sie liefern eine *Momentaufnahme* des unbewegten Blickes geradeaus. Die Wahrnehmung des Raumes vollzieht sich in Wirklichkeit in Form einer Verschmelzung vieler solcher Momentaufnahmen, so dass nicht nur die Bildmitte, sondern der gesamte Bildausschnitt innerhalb des 45-Grad-Öffnungswinkels scharf durchgezeichnet erscheint, vergleichbar der Aufnahme mit einem Kameraobjektiv.

FAZIT

Das rotationssymmetrische Modell des Gesichtsfeldes stellt eine Vereinfachung gegenüber psychophysischen Erkenntnissen dar. Es ähnelt jedoch dem idealen Abbild in unserem Sehzentrum, das sich nicht nur auf eine einzige Blickrichtung, sondern auch auf das Raumgedächtnis stützt. So ist es für die Praxis tauglich.

A.2.3.3 Foveales und peripheres Sehen

Das bereits beschriebene Modell des Gesichtsfeldes lässt sich durch ein kartesisches Achsenkreuz, das an Lot und Horizont ausgerichtet ist, und durch konzentrische Ringe teilen, die Raumwinkelzonen darstellen. (Bild A.52) Die kartesische Teilung ist in uns physiologisch angelegt und ein Hilfsmittel der Orientierung, wie bereits ausgeführt. Die konzentrische Teilung markiert die Winkelposition von Sehobjekten zwischen Blickachse und Grenze des Gesichtsfeldes. Die zu erwartende Abbildungsqualität nimmt mit zunehmender Entfernung von der Blickachse ab, was allerdings beim Sehen im Raum bis zu einem Öffnungswinkel von etwa 45 Grad durch unwillkürliche Blicksprünge, sog. *Sakkaden*, überspielt wird.

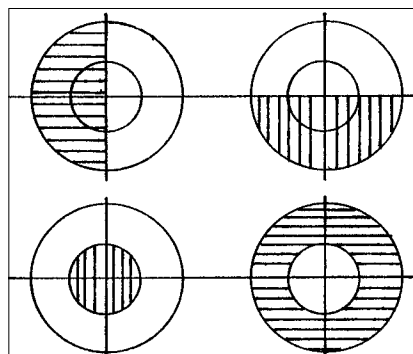


Bild A.52 Kartesische und konzentrische Teilung des Gesichtsfeldes /A.87/

Foveales Sehen ist Sehen in einer bestimmten Blickrichtung mit unbewegtem Blick geradeaus innerhalb eines sehr engen Raumwinkels von 1 bis 2 Grad, um ein Sehobjekt zu fixieren sowie Konturen, semiotische Charakteristika, Entfernungen und feinste Helligkeits- und Farbunterschiede in kurzer Zeit zu erkennen. Weil beim fovealen Sehen höchste Sehleistung erbracht wird, ist es Gegenstand gut dokumentierter psychophysischer Untersuchungen und auch Grundlage lichttechnischer Anforderungen und Schlussfolgerungen. Bei der Wahrnehmung des Raumes entspricht foveales Sehen allerdings nur dem zwar konzentrierten, aber sehr eingeschränkten Blick durch ein Sehrohr. (Bild A.53)

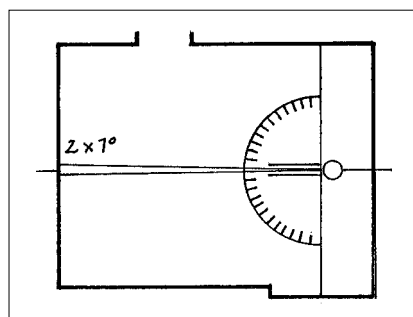


Bild A.53 Foveales Sehen, wie durch ein Sehrohr /A.87/

Peripheres Sehen ist Sehen außerhalb der Blickachse bis hin zur Peripherie. Da nun der Sehrohreffekt fortfällt, liefert es Informationen über den Raum und

eröffnet die Möglichkeit der *Wahrnehmung des Raumes*. Da die Sehleistung der "rezeptiven Felder" der peripheren Netzhaut zu den Grenzen des Gesichtsfeldes stark abnimmt, ist eine Differenzierung in inneres – und äußeres peripheres Sehen notwendig.

Inneres peripheres Sehen ist Sehen innerhalb eines Raumwinkels von 2 mal 45 Grad. Es ist verbunden mit abnehmender Sehleistung mit Ausnahme der Hellempfindlichkeit, die zwischen 10 und 20 Grad Abweichung von der Blickachse sogar ansteigt und das Auge zu peripheren Blicksprüngen veranlasst. Dadurch wird das Gesichtsfeld mit zusätzlichen fovealen Informationen versorgt. Das innere periphere Sehen bestimmt maßgeblich die Blickrichtungswahl und das Adaptationsniveau. Lichtquellen mit wesentlich höheren Leuchtdichten als der fokussierte Bereich, die innerhalb der 45-Grad-Zone des Gesichtsfeldes liegen, verursachen daher Kontrastminderungen oder Blendung, was ja in den existierenden Blendbegrenzungsempfehlungen berücksichtigt wird. Obwohl die Farbgrenzen mit Ausnahme des Farbpaars Gelb / Blau enger als 45 Grad an der Blickachse liegen, erscheint das innere periphere Gesichtsfeld farbig. Hierauf wurde bereits hingewiesen. (Bild A.54)

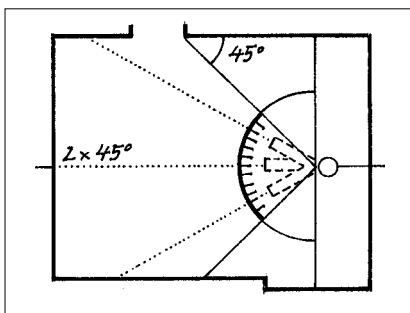


Bild A.54 Inneres peripheres Sehen mit Sakkaden /A.87/

Äußeres peripheres Sehen ist Sehen innerhalb des verbleibenden Raumwinkels zwischen 2 mal 45 Grad und 2 mal 90 Grad, also Sehen bis zur Grenze des Gesichtsfeldes. In diesem Bereich des Gesichtsfeldes nimmt die Sehleistung mit Ausnahme der Flimmerfrequenzverschmelzungsempfindlichkeit weiterhin ab. Dennoch ist dieser Bereich für die Wahrnehmung des Raumes und die Orientierung im Raum, sowie für die rechtzeitige Gefahrenerkennung und reflektorische Abwehrreaktion unverzichtbar. Beispielsweise werden Trittstufenkanten, Türschwellen und Türstürze für Brillenträger leicht zur Stolperfalle sowie sich bewegende Gegenstände wie Bälle und Fahrzeuge zu spät erkannt oder übersehen. Die am Brillenrand endende optische Hilfe führt zu einer Einschränkung des äußeren peripheren Sehens, da Blicksprünge, unwillkürliche *Sakkaden*, in Gefahrenrichtung unterbleiben. Die Fülle der Parameter, die aufgrund der Ausdehnung und der physiologischen und neurologischen Komplexität der peripheren Netzhaut im Gegensatz zur kleinen und relativ homogenen fovea centralis zu beachten sind, erschwert psychophysische Untersuchungen. So fehlen Dokumentationen hierzu, die in die Praxis einfließen würden, wie bereits erwähnt. (Bild A.55)

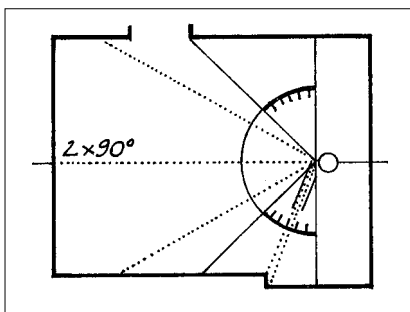


Bild A.55 Äußeres peripheres Sehen, Vorsicht Stufe /A.87/



Bild A.56 Zentralraum, vom Eingang übersehbar (Ostfriedhof München / Aussegnungshalle, Hans Döllgast) /A.74/



Bild A.57 Raumschichtung, Sehen und Schreiten (Löwenhof in Granada) /A.75/

FAZIT

Bei der Bewertung von Sehaufgaben findet das foveale Sehen vorrangige Beachtung. Bei der Wahrnehmung des Raumes hat das periphere Sehen gleichrangige, wenn nicht sogar noch größere Bedeutung. Obwohl peripheres Sehen bei unbewegtem Auge keine scharfen Abbildungen liefert, ist es für die Orientierung im Raum und die Früherkennung von Gefahren von größter Wichtigkeit, zumal die Unschärfe unter praktischen Bedingungen durch Blicksprünge, sog. Sakkaden, ausgeglichen wird. Nur für Sehleistung zu sorgen, bedeutet, dass sich der Betrachter von "Detail zu Detail" hindurcharbeiten muss. Auch für Sehkomfort zu sorgen, bedeutet, dass das periphere Sehen durch akzentuierende Maßnahmen unterstützt und dem Betrachter Sortierarbeit abgenommen wird.

A.2.3.4 Statisches und dynamisches Sehen

Statisches und dynamisches Sehen vollzieht sich im ständigen Wechsel bei der Wahrnehmung des Raumes.

Statisches Sehen ist Sehen, das mit der visuellen Information eines *Standbildes* mit Hilfe eines weitwinkligen Kameraobjektives verglichen werden kann. (Bild A.56) Den Standort hätte man möglichst so zu wählen, dass der größere Teil des Raumes vor der Kamera liegt und die Blickachse mit den Hauptfluchtlinien übereinstimmt. Anvisierter Blickpunkt und Fluchtpunkt würden sich vereinigen. Statisches Sehen entspricht der bisher behandelten Sehweise, einer Kombination aus *fovealem* und *peripherem Sehen* bei eindeutiger Blickrichtung. Animationen des peripheren Gesichtsfeldes, die von der Blickachse abweichende Blicksprünge, die bereits mehrfach erwähnten *Sakkaden*, zur Folge haben, bedeuten bereits eine Dynamisierung, die sich steigern kann: Der Betrachter nimmt eine neue Blickrichtung auf und beginnt den Kopf zu drehen, so dass ein *Panoramabild* entsteht.

Dynamisches Sehen ist Sehen, das mit der visuellen Information von fotografischen Aufnahmen verglichen werden kann, die von vielen Standorten genommen worden sind und eine Sequenz von Raumeindrücken ergeben. (Bild A.57) Noch nahtloser gelingt die Erkundung des Raumes mit Hilfe des Filmes oder des Videos, als Simulation des Verhaltens eines Betrachters. Wenn bei den genannten Aufnahmetechniken Bildmaterial mechanisch gespeichert wird, so handelt es sich in der Realität um den Aufbau einer "*mentalen Landkarte*", wie bei einem Rennskiläufer, der vor der

Abfahrt die Piste abtastet. Das *Raumgedächtnis* wird mit visuellen Eindrücken in Verbindung mit den Empfindungen des Gehens oder Schreitens, je nachdem, ob es sich um einen kleinen oder großen Raum handelt, gefüllt.

Beim *dynamischen Sehen* spielt der Prozess der Annäherung, des Eintretens, des Sich-im-Raum-Befindens und des Den-Raum-wieder-Verlassens eine wesentliche Rolle. Die Annäherung ist mit einer Erwartung, quasi einem Schlüssellockeffekt, verbunden. Das Eintreten ist der wichtigste Moment höchster Bereitschaft, des sich auf den Raum Adaptierens, das nicht gestört werden darf. Das Sich-im-Raum-befinden bedeutet Entspannung, physische Beweglichkeit und freie Blickrichtungswahl. Hierbei sind jedoch der Kontrast zur Vorzone und die Aufbereitung des *Sehkomfort* im Räume für die Nachhaltigkeit des Raumeindrucks verantwortlich: Das Fokussieren und Integrieren aus verschiedensten Positionen hält an, solange Interesse am Raum besteht. Das Verlassen des Raumes bedeutet schließlich, Nachlese halten, Eindrücke im *Raumgedächtnis* abspeichern, Wesentliches behalten und Unwesentliches vergessen.

FAZIT

Die Begriffspaare *foveales / peripheres* und *statisches / dynamisches Sehen* sind verwandte Paare. Beide sind für die Wahrnehmung des Raumes unverzichtbar. Sie steigern sich synergetisch beim Wechsel vom Hellen zum Dunklen, vom Detail zum Ganzen, vom Stand zur Bewegung und umgekehrt. Die Interpretation eines Raumes von einem einzigen Standort ist nur bedingt möglich und außerdem abhängig vom Raumcharakter.

A.2.3.5 Wahrnehmungsebenen

Im Jahrbuch *Licht und Architektur* 2000 /A.3/ schreibt Ingeborg Flagge im Vorwort: "Architektur wird auf drei Wahrnehmungsebenen erlebt und beurteilt: einer pragmatischen, einer ästhetischen und einer emotionalen." Noch einfacher formuliert, bedeutet dieses: Architektur soll dienen, soll schön sein und soll uns bewegen! Und, gerade das erwarten wir sowohl vom Bauwerk als auch vom *Architektonischen Raum*. Doch, wie wird dieser rezipiert und aufgenommen, wie werden raumbildende Elemente verarbeitet oder welche visuellen Mechanismen sind wirksam, damit er in uns gegenwärtig wird und wir ihn erleben und beurteilen können? (Bild A.58)

Bei analytischer Suche stößt man auf drei andere Ebenen, *Wahrnehmungsebenen*, die in unserem Sehzentrum angesiedelt sind. Sie wirken zusammen

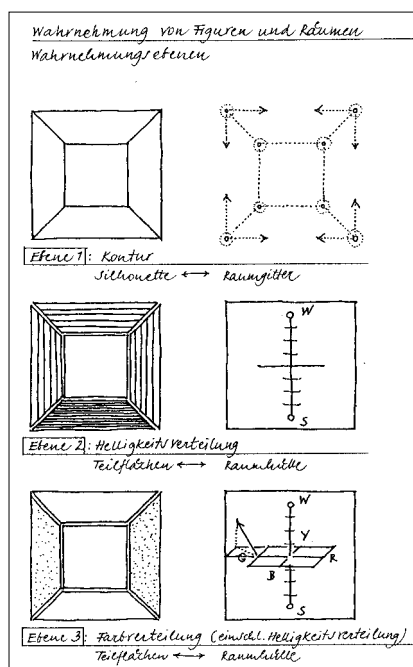


Bild A.58 Drei Wahrnehmungsebenen
/A.52/

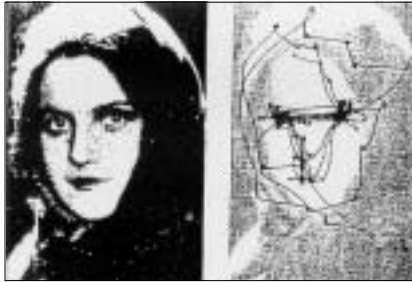


Bild A.59 Konturwahrnehmung, Sakka-den /A.33/

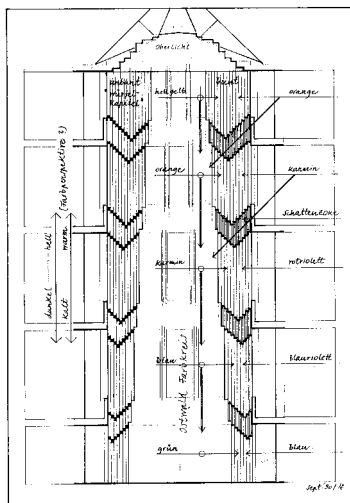
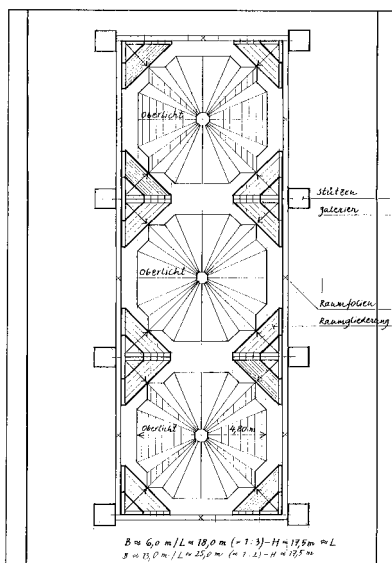


Bild A.60 Umbautes Licht, vom Blau zum Gelb (Zeichnung V. Schultz der Eingangshalle der Farbwerke Hoechst 1920-24 von P. Behrens) /A.87/

und steigern sich vom Rationalen über das Existentielle zum Seelischen.

Die Ebene der Konturwahrnehmung: Die genannten Wahrnehmungsebenen spiegeln sich in unseren Methoden der Darstellung des *Architektonischen Raumes*, nämlich den drei Ebenen der Kontur-, der Helligkeits- und der Farben-Darstellung wider. Teils uns angeborene und teils von uns erlernte Fähigkeiten versetzen uns in die Lage, zwei- oder *drei-dimensionale* Linienverläufe und deren Schnittpunkte, wie bei einem Schnurgerüst des *Konturenraumes*, im perspektivischen Zusammenhang zu sehen.

Durch gezielte Blicksprünge, unwillkürliche *Sakka-den*, die semiotisch bedeutsame Punkte umkreisen, holen wir uns die Informationen, die rational deutbar sind und mit einem bekannten Muster übereinzustimmen scheinen. (Bild A.59) Dass wir grafische Sachverhalte räumlich,- und umgekehrt, erfassen können, verdanken wir also der Ebene der *Konturwahrnehmung*.

Die Ebenen der Helligkeitswahrnehmung liefert uns die existentiellen, die Lebensbedingungen beschreibenden Informationen, die wir neben der rationalen, klärenden Information suchen. Wir brauchen Licht zum Leben. So wirken helle Partien im *Gesichtsfeld* dynamisierend (wir wollen hin) und dunkle Partien hemmend (wir wissen nicht, was uns erwartet). Hell-Dunkel-Verteilungen im *Gesichtsfeld* bewirken auch schon an sich räumliche Erlebnisse, die uns als Schleier umgeben, wie beim *Membranraum*. Die verschwommene Wahrnehmung des Raumes, die dem Sehen im Nebel ähnelt, wird durch erkennbare Konturenverläufe abgesichert. Exakte Hell-Dunkel-Grenzen tragen ebenfalls zur Präzisierung der Situation bei. Sie werden durch den Simultan-Kontrast auch noch gesteigert.

Die Ebene der Farbwahrnehmung stellt durch die zusätzliche Verarbeitung von Farbempfindungen den Höhepunkt der *Wahrnehmung des Raumes* dar. Sie übertrifft die beiden vorgenannten Wahrnehmungsebenen an psychophysischer Komplexität bei weitem. Die Ebene der Farbwahrnehmung mag als jüngste Ebene der Evolution ursprünglich auf die Differenzierung von Gelb und Blau, der Farben des Sonnen- und des Himmelslichtes, beschränkt gewesen sein, nehmen Sinnesphysiologen an (P. Walraven '99). Auch heute noch hat der Kontrast zwischen gelblich und bläulich beleuchteten Flächen eine besonders stimulierende Wirkung.

So wie Graustufen an sich, so können auch Farbsignale oder Farbimpressionen an sich räumliche Assoziationen wecken, und natürlich auch die Raumwirkung

steigern. Als Beispiel sei hier die Eingangshalle der Farbwerke Hoechst von 1924, entworfen von Peter Behrens, genannt, die sich aus einem dunklen Grün und Blau zum lichten Gelb, das die Oberlichter umgibt, erhebt. (Bild A.60)

Farbeindrücke sind von der Helligkeit und der Farbstimmung, auf die sich das Auge adaptiert hat sowie von der simultanen und sukzessiven Darbietung und natürlich auch von den verwendeten Pigmenten und der spektralen Zusammensetzung der Lichtfarbe besonders abhängig. Dennoch haben wir die Vorstellung von einem ideellen, konstanten Farbenraum, dem wir alles zuordnen. Die *Idee Farbe*.

FAZIT

Die visuellen Wahrnehmungsebenen des Konturen-, Helligkeits- und Farbsehens stellen eine rationale, existentielle und seelische Verbindung zum Raum her. Die schnelle, rationale Information vermitteln grafische Zeichen und Elemente, die in räumlich perspektivischen Zusammenhang gebracht werden können. Das biologisch existentielle Befinden und Verhalten wird besonders durch die Helligkeitsverhältnisse im Raum bestimmt. Doch der seelische Zustand und die Anmutung wird in besonderem Maße von der Farbe - oder einer Andeutung von Farbe im Raum - berührt.

A.2.3.6 Raumwahrnehmung

Wie bereits ausgeführt, besitzen wir drei visuelle Wahrnehmungsebenen, mit deren Hilfe ein Abbild des Raumes in Form einer verinnerlichten Perspektive entsteht, in die wir Helligkeits- und Farbmuster hineinprojizieren. Raumbildende Elemente, die Stereometrie und Ausdehnung der Raumhülle vermitteln, werden in uns gegenwärtig. Wir erleben Raumdimensionen und Raumstimmungen in Licht und Farbe.

Vom Landschaftsraum abgeleitete Impressionen haben unsere Sehgewohnheiten geprägt. (Bild A.61) So assoziieren wir beim Anblick horizontaler Schichtungen räumliche Weite und die Aufforderung zum Aufbruch oder auch Bedrohung und Gefahr, der wir entrinnen wollen oder schutzlos ausgeliefert sind. Hierzu einige schematisierte Beispiele: (Bild A.62)

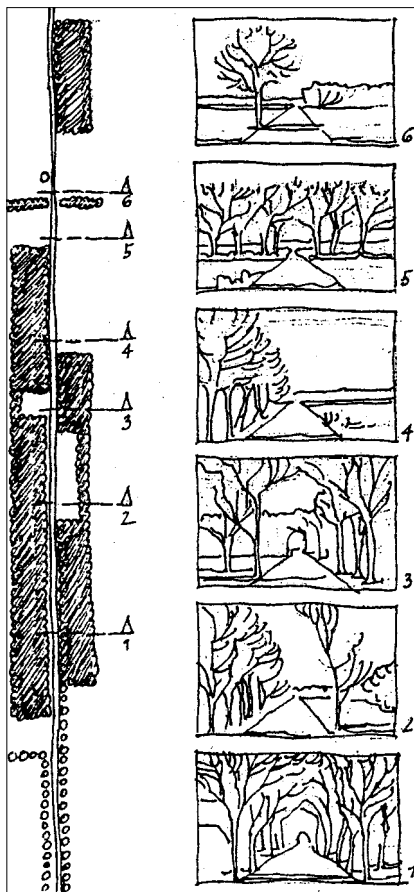
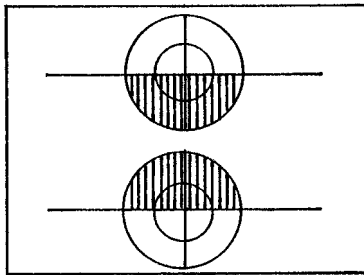


Bild A.61 Landschaftsräume /
A.76/



unbunt

hell

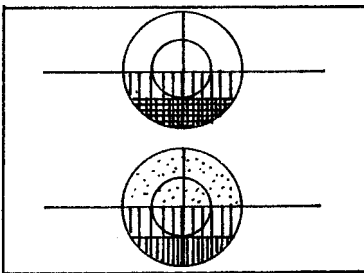
Normalsituation:
Himmel / Horizont / Erde

dunkel

dunkel

Sondersituation:
Gewitter / Horizont / Schnee

hell



unbunt / bunt:

weiß

Grautonperspektive:

grau

weiß / grau / schwarz =

schwarz

Hinter- / Mittel- / Vordergrund

hellklar

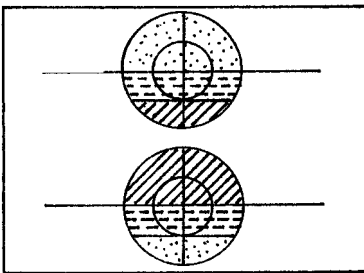
reduzierte Farbperspektive:

Vollfarbe

hellklar / Vollfarbe / dunkelklar =

dunkelklar

Hinter- / Mittel- / Vordergrund



bunt

blau

normale Farbperspektive:

grün

blau / grün / rot =

rot

Hinter- / Mittel- / Vordergrund

rot

bedrohliche Farbperspektive:

grün

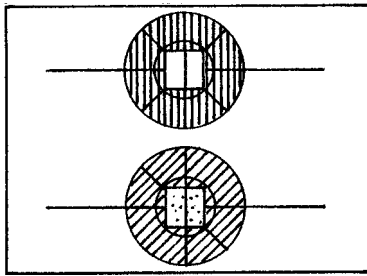
rot / grün / blau =

blau

Hinter- / Mittel- / Vordergrund

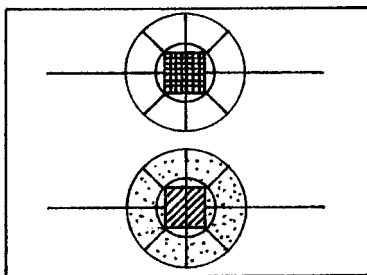
Bild A.62 Impressionen /A.87/

Der **Charakter des Architektonischen Raumes** wird ebenfalls ablesbar, wenn man Helligkeits- und Farbmuster im Gesichtsfeld analysiert. *Horizontale* Schichtungen, wie vom *Landschaftsraum* bekannt, erfahren eine Übersetzung, indem Himmel und Erde gegen Decke und Boden ausgetauscht werden, und eine Ergänzung durch *vertikale* Schichtungen, die sich aus den vorderen, hinteren und seitlichen Begrenzungen, den Wänden, ergeben. Zu den Orientierungsmerkmalen *oben / unten* treten *vorne / hinten* und *rechts / links* nun wieder hinzu. Großzügige Weite verwandelt sich in allseitig begrenzte Räumlichkeit, die das Verhalten bestimmt. Auch hierzu einige schematisierte Beispiele: (Bild A.63)



Dynamisierung

unbunt	Weiß am Ende = Weg führt weiter ...
bunt	Blau am Ende= Weg führt weiter ...



Stagnation:

unbunt	Schwarz am Ende = Weg ist zu Ende ...
bunt	Rot am Ende Weg ist zu Ende ...

Bild A.63 Dynamisierung und Stagnation /A.87/

Die angesprochenen Verteilungsmuster im Gesichtsfeld erheben keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit. Die Realität ist sehr viel komplexer und mit weiteren Parametern verflochten. Es kann nur eine Tendenz angedeutet werden, da ja auch nicht weiter ausgeführt worden ist, wie die Farbqualitäten beschaffen sind: Lasierend oder deckend aufgetragen, als Vollfarbe oder als abgetönte Farbe, beleuchtet oder unbeleuchtet ... oder gar als Leuchtfarbe?

Unsere Verhaltensweise bei unbunten räumlichen Situationen ist etwas leichter beschreibbar: (Bild A.64)

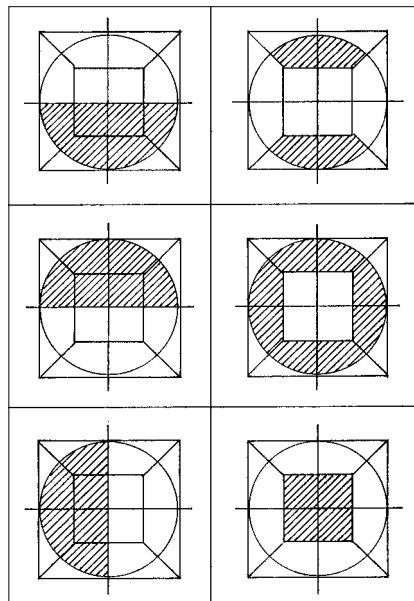


Bild A.64 Helligkeitsverteilungsmuster im Raum /A.87/

- "Über dem Horizont heller, darunter dunkler" bedeutet Standardsituation bei Tag im Freien, Weiträumigkeit, ausschreiten.
- "Über dem Horizont dunkler, darunter heller" bedeutet Nacht oder Gewitter, Vorsicht Gefahr, Kopf einziehen.
- "Rechts oder links vom Lot dunkel" bedeutet einseitiges Hindernis, seitlich zum Hellere hin ausweichen.
- "Oben und unten dunkel, rundherum hell" bedeutet schützendes Dach bei Tag, Auswege nach allen Seiten offen.
- "Mitte hell, rundum dunkel" bedeutet Tunnelsituation, Dynamisierung, Flucht nach vorne.
- Und "Mitte dunkel, rundum hell" bedeutet Hindernis auf dem Weg, Stopp, Blockade, Stabilisierung, abwarten.

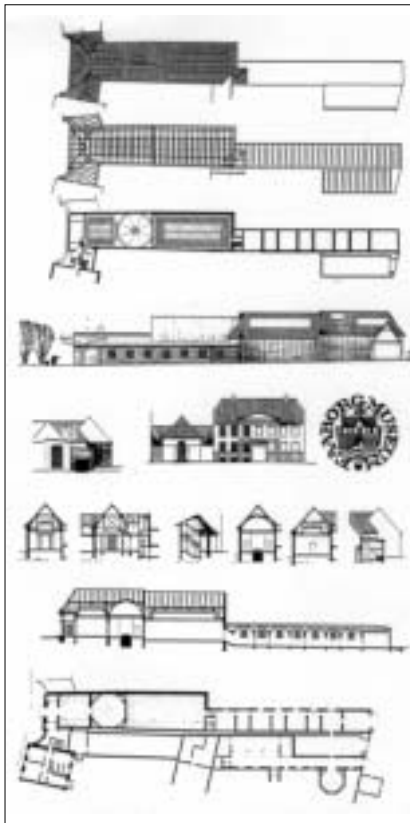


Bild A.65 Farbige Raumfolge, unter
transluzentem Satteldach /A.39/



Bild A.66 Lichtblicke /A.55/

Unsere Verhaltensweise bei farbig gestalteten Raumfolgen soll abschließend kurz skizziert werden. Hierzu dienen zwei Beispiele aus Dänemark, einem Land, in dem Farbe in der Architektur Tradition hat:

- Das Fåborg Museum für Fünische Malerei von 1912-1915, entworfen von Carl Petersen, empfängt den Besucher mit einer grünen Vorhalle, von der man in einen roten Oberlichtsaal geleitet wird, den Komplementärkontrast Grün / Rot genießend, um in ein tief-ultramarinblaues Oktogon zu gelangen, in dem die schwarz-glänzende Stifterfigur überlebensgroß vor einem steht und sich erst allmählich dem dunkeladaptierten Auge zu erkennen gibt. Der Weg führt weiter in den großen Oberlichtsaal, in einem gebrochenen Englischrot farblich zurückgenommen, um dann eine Enfilade kleiner Seitenlichtkabinette, wechselnd im abgeschwächten Komplementärkontrast Ocker / Stumpfviolett gehalten, zu durchschreiten und dann endlich in den lichtgelben chinesischen Gartensalon zu gelangen. Es gibt wohl kaum einen Besucher, der nicht durch die raffinierte Farbkomposition aufgemuntert bis zum letzten Raum vorgedrungen wäre. (Bild A.65)
- Die Neue Carlsberg Glyphothek in Kopenhagen von 1892-1897, entworfen von J. V. Dahlerup mit späteren Ergänzungen, empfängt den Besucher mit einem lichtdurchfluteten Palmenhaus, von dem der Weg weiter in den schwarzen Saal der Ägypter, den Hell-Dunkel-Kontrast voll ausschöpfend, führt, als sollte man dort in der Vergangenheit versinken. Dem dunkeladaptierten Auge eröffnen sich Lichtblicke in seitlich angefügte Enfiladen. Durch Oberlichtsäle in gelblichen, rötlichen, bräunlichen und grünlichen Erdfarben schreitet man den Ecksälen entgegen, die in hellem Blau den Besucher erwarten, als hätte er die Himmelpforte erreicht. Es gibt wohl kaum einen Besucher, der nicht auch hier der Farbkomposition gefolgt wäre. (Bild A.66)

FAZIT:

Helligkeits- und Farbverteilungen im Gesichtsfeld vermitteln Informationen, die uns mit Erwartungen erfüllen oder auch warnen. So wird unsere Verhaltensweise beeinflusst, räumliche Sachverhalte und Zusammenhänge werden spürbar und architektonische Räume erlebbar. Räume können nur mit Hilfe des peripheren Sehens erfasst werden.

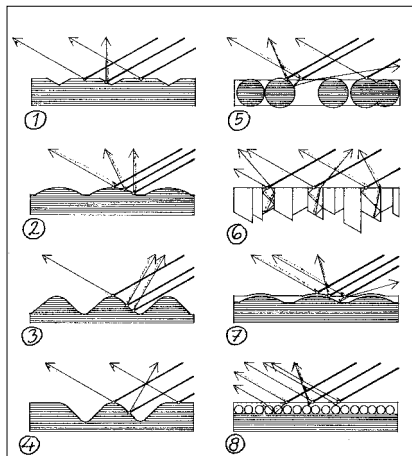


Bild A.67 Oberflächenreliefs /A.87/

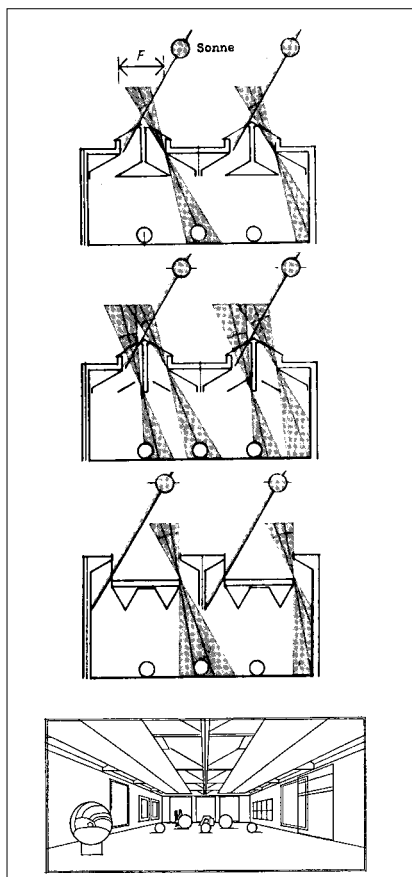


Bild A.68 Objekte und Raum /A.48/

A.2.3.7 Objektwahrnehmung

Raumwahrnehmung und *Objektwahrnehmung* ist gemeinsam, dass sie von der Erkennbarkeit der Oberfläche abhängig sind. (Bild A.67) Dennoch wird ein Raum anders wahrgenommen als ein Objekt, bedingt durch deren komplementären Charaktere: Wie bereits ausgeführt, ist der Raum bergende Form, Hohlform bzw. Negativform und das Objekt geborgene Form, Vollform bzw. Positivform. Das Objekt befindet sich im Raum. Der Raum kann begangen und das Objekt umschritten werden. Raum und Objekt sind ein Gegensatzpaar im Sinne des "konkav / konvex"-Kontrastes, der bei der tektonischen Gestaltung von Körpern und Räumen bis hin zum Vordergrund und Hintergrund in der Bildenden Kunst und der Fotografie eine bedeutsame Rolle spielt.

Die **Position des Objektes** im Raum ist, real oder zumindest mental, veränderbar, während der Raum in der Regel nicht verrückt werden kann. Das Objekt im Vordergrund gliedert den Raum, das Objekt im Hintergrund verbindet sich mit der *Raumhülle*. Das Objekt im Vordergrund wird *foveal*, das Objekt im Hintergrund *peripher* gesehen. Das Objekt wird bei der Wahrnehmung des Raumes in das *Gesichtsfeld* hineinprojiziert. Dabei kann sich das Objekt mit den Konturen der Raumhülle überschneiden, so dass seine räumliche Position deutlich wird, oder es kann wesentliche Raumpartien verdecken, so dass es selbst zur Hauptsache wird.

Das Objekt durchwandert bei einer Positionsveränderung verschiedene Lichtzonen und wird vom reflektierten Licht der Raumhülle modelliert. Das Objekt kann heller oder dunkler als die Raumhülle erscheinen und so hervor- oder zurücktreten, je nachdem wie seine Oberfläche beschaffen ist. Die Präsenz des Objektes hängt natürlich auch davon ab, ob es sich "auf dem Weg zum Licht" oder in einer Lichtzone befindet und auffällt oder ob es in einer Dunkelzone verschwindet und gesucht werden muss. In den erstgenannten Fällen kann es silhouettenhaft (Gegenlicht), flach (Auflicht), körperhaft (mehrere Lichtquellen), texturgerecht (Ausdehnung der Lichtquelle) oder farbgerecht (Lichtart, Spektrum von Licht und Objektoberfläche, Beleuchtungsniveau) erscheinen. In letzterem Fall ist es visuell nicht existent. (Bild A.68)

Die **Dimensionalität von Objekten** kann unterschiedlich sein: *Flachware*, wie Tafeln und Bilder, ist *zweidimensional*. Geräte und Gebrauchsgegenstände sind in der Regel, einer *Plastik* vergleichbar, *dreidimensional*. Ziel bei der Präsentation von Flachware ist gute Erkennbarkeit des Materials, der *Materi-*

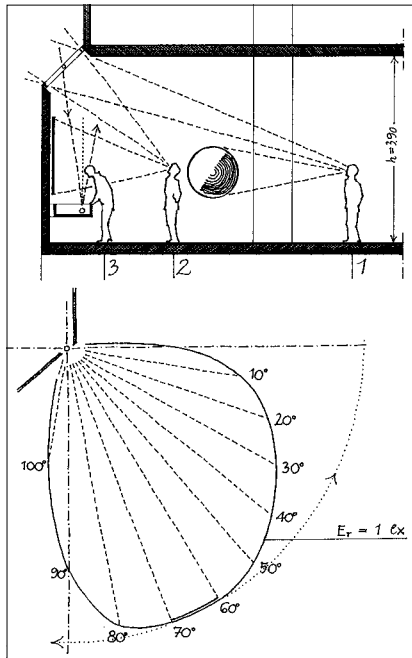


Bild A.69 Dimensionalität von Objekten, Probleme der Lichtführung bei den Oberlichtern des Diözesanmuseums in Paderborn von G. Böhm /A.87/



Bild A.70 Dunkelheit im Weltall (Foto der Erde vom Mond) /A.77/

alhaftigkeit, der Oberflächenstruktur, der Strukturhaftigkeit, der Farbe, der Farbigkeit und der Signaturen oder Schriftzeichen, der semiotischen Elemente. Bei der Präsentation von Plastiken und plastischen Objekten besteht eine zusätzliche Aufgabe darin, eine gute Modellierung, die Hervorhebung der Form, zu erreichen. Hierbei sind häufig nicht alle Parameter gleichermaßen erfüllbar.

Es müssen Prioritäten gesetzt und Kompromisse eingeräumt werden, wie noch im Folgenden erläutert wird. Besondere Erschwernisse bei der Präsentation und Betrachtung von Flachware und Plastiken treten dann auf, wenn Schutzschichten oder nicht entspiegelte Schutzgläser die Erkennbarkeit durch Spiegelungen verschleiern oder verhindern, da sich hohe Leuchtdichten aus der Umgebung abbilden. Der Betrachter / Nutzer kann dann lediglich versuchen, den Spiegelbildern durch eine Veränderung des Standortes oder der Position des Objektes oder denen der Störlichtquellen auszuweichen. (Bild A.69)

FAZIT

Der Raum, als Negativform, und das Objekt, als Positivform, stehen einander als Gegensatzpaar gegenüber. Der "Konkav / Konvex"-Kontrast ist ein bedeutendes tektonisches Gestaltungsmittel, da Raum und Objekt in unterschiedlicher Weise wahrgenommen werden. Objekte tragen zur Gliederung und Maßstabsbildung von Räumen bei. Objekte erheben aber auch Anspruch auf Selbstdarstellung und Beachtung. Sie rücken dann in den Bereich fovealen Sehens.

A.2.3.8 Schatten im Raum und am Objekt

Schatten ist nicht verdrängte Dunkelheit, also das Gegenteil von Licht. Die im Weltraum herrschende Dunkelheit wird lediglich durch das Licht selbstleuchtender oder beleuchteter Gestirne, wie Sonne und Mond, verdrängt. (Bild A.70) Gestirne können sich mit gigantischen Schatten verdunkeln, wie bei der Sonnen- und Mondfinsternis. Schwärze ist auch der Ursprung jeder Grautonskala und jedes Farbsystems, und auch unserer Helligkeits- und Farbwahrnehmung.

Schwärze herrscht auch im Auge, in das, sorgsam dosiert, nur soviel Licht einfällt, als es die Pupille zulässt. So wie wir Lichtenergie, um zu sehen, benötigen, so ist auch kontrastierende Dunkelheit, um zu sehen, erforderlich. Alle Sinneswahrnehmungen beruhen auf der Wirkung von Kontrasten, so auch die Raumwahrnehmung und die Objektwahrnehmung. Schatten differenzieren die Raumhülle, modellieren



Bild A.71 Schatten im Raum (F.G. Kersting malt C.D. Friedrich vor der Staffelei.) /A.67/

die Form und Oberfläche von Objekten und stellen auch die Verbindung zwischen Raum und Objekt her.

Schatten im Raum schattieren die Raumhülle. Schatten entstehen dort, wo aus geometrischen Gründen kein Licht einer Lichtöffnung hinfallen kann. Bei Räumen mit Oberlicht sind es die Deckenunterseite und bei Räumen mit Seitenlicht die Fensterwand. (Bild A.71) Doch auch beleuchtete Flächen der Raumhülle können im Reliefmaßstab verschattet sein, so dass ihre Struktur erkennbar wird. Schatten können scharfe Abrisskanten haben und dadurch auffallen, so z. B. bei Sonnenschein und klarem Himmel. Schatten können aber auch sanfte Verläufe zeigen, wenn z. B. die Beleuchtungsstärke mit zunehmender Entfernung vom Fenster abnimmt. Schatten können aufgehellt oder sogar aufgehoben werden, wenn mehrere Lichtöffnungen zusammenwirken oder der Indirektanteil im Raume hoch ist. Schatten werden dann nicht mehr eigenständig und teilend, sondern als schattierend und verbindend empfunden. Raumhülle und Objekte gewinnen an Plastizität.

Schlagschatten verbinden Raum und Objekt. Sie entstehen im Raum, wenn von Lichtöffnungen gerichtetes Licht auf Objekte fällt, so dass sich das Lichtstrom-Lee auf der Raumhülle abbildet. Die entstehenden Abbildungsmuster charakterisieren die Lichtöffnung, ihre Ausdehnung, ihre Form, ihre Position, Lichtfarbe und Lichtverteilung, sowie die Lage des Objektes im Raum. (Bild A.72)

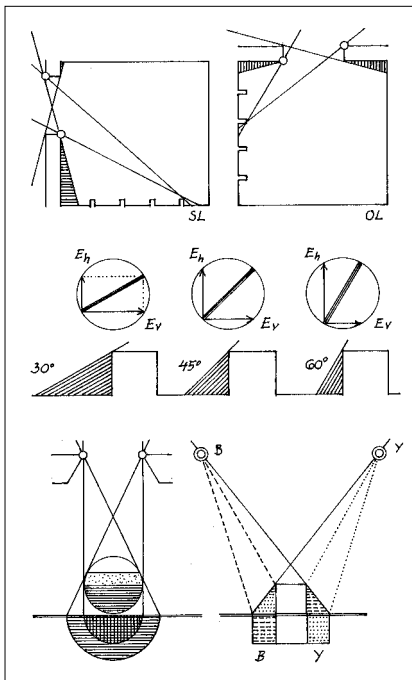


Bild A.72 Schlagschatten, Kernschatten und Halbschatten /A.87/

Legt man einen Würfel auf den besonnten Fußboden, so lässt sich an der Länge des Schlagschattens die Position der Sonne ablesen und am Strahlungswinkel das Verhältnis der Beleuchtungsstärken auf den besonnten Würfelflächen bestimmen. Die Trübung der Atmosphäre ist an der Schärfe des Schlagschattens erkennbar. Schaltet man eine andere Lichtquelle hinzu, z. B. eine Glühlampe, so zeigt die unterschiedliche Farbigkeit der Schlagschatten die Unterschiedlichkeit der beteiligten Lichtfarben, des bläulichen Tageslichtes und des gelblichen Kunstlichts, an. Man hat es dann mit Zwielflicht zu tun, das man in Arbeitsbereichen vermeidet, aber in Erlebnisbereichen auch kultivieren kann. Legt man eine Kugel unter einem Oberlicht auf den Fußboden, so erhält man auf diesem einen kleineren, dunkleren *Kernschatten* und einen größeren, helleren *Halbschatten*. Beide Schatten liegen konzentrisch. Die Größe der Schatten und der Abstand zwischen den *Schattengrenzen* lassen auf die Größe bzw. die Entfernung des Oberlichtes schließen.

Hängt man zwei gekreuzte Stäbe parallel zur Bodenfläche auf, so erzeugen Lichtquellen darüber unter-

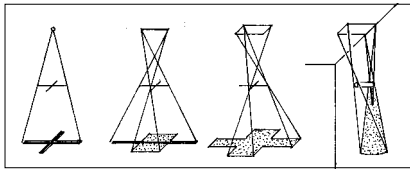


Bild A.73 Schattenfigur und Lichtquelle /A.87/

schiedliche *Schattenfiguren*: Eine punktförmige Lichtquelle erzeugt ein vergrößertes Kreuz, eine linienförmige Lichtquelle ein vergrößertes Kreuz mit unterschiedlichen Stabbreiten, schlank und scharf parallel zur Lichtquelle und breit und fließend quer zu ihr, und eine flächenförmige Lichtquelle ein vergrößertes Kreuz mit breiten, fließenden Stabbreiten.

Beleuchtet ein Oberlicht eine angrenzende Wand, aus der ein Stab herausragt, so erhält man einen Schnitt durch den *Schlagschatten*, der aus dem konvergierenden, dunkleren *Kernschatten* und dem divergierenden, aufgehellten *Halbschatten* besteht. (Bild A.73)

Schatten am Objekt modellieren Objekte und deren Textur. Der Schatten setzt am Objekt an, wo die Strahlung der Lichtquelle die Oberfläche des Objektes tangiert und auf der unbeleuchteten Seite der *Eigenschatten* einsetzt. Bei paralleler Strahlung bildet sich eine Grenzlinie, als Ursprung des Schlagschattens, und bei ausgedehnten, breitstrahlenden Lichtquellen bilden sich zwei Grenzlinien, als jeweiliger Ursprung des *Kernschattens* und des *Halbschattens*. Zwischen beiden Grenzlinien liegt eine Zone, in der die Textur des Objektes modelliert wird. Die Lage und die Breite dieser Zone auf dem Objekt sind abhängig von der Ausdehnung der Lichtquelle in Bezug auf das Objekt. Auf einer Kugel liegt diese Zone bei einer punktförmigen Lichtquelle zur Kuppe hin verschoben und ist sehr schmal. Je ausgedehnter die Lichtquelle ist, desto mehr verschiebt sich diese Zone den Kugeläquator hinweg und wird entsprechend breiter. Umfasst die Lichtquelle jedoch das Objekt von allen Seiten, dann wird die Modellierung der Kugelform selbst und auch der Modellierungseffekt der Textur aufgehoben, da allseitig die "Dunkelheit" verdrängt ist. (Bild A.74, Bild A.77)

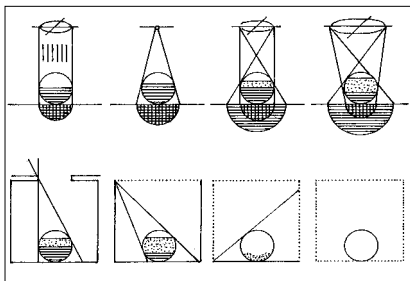


Bild A.74 Schatten am Objekt /A.87/

Bei Hohlformen fällt der Schlagschatten in die Hohlform hinein und überdeckt den Eigenschatten. Die Schattenwirkung von nebeneinander liegenden Positiv- bzw. Negativformen kehrt sich um: Bei Positivformen liegt der Schatten der Lichtrichtung abgewandt, bei Negativformen dieser zugewandt. Dennoch sind Fehlinterpretationen möglich: Erhabenes erscheint vertieft und Vertieftes erhaben, wenn die Lichtrichtung nicht erkennbar ist und wir annehmen, das Licht käme von schräg oben, wie wir es unter freiem Himmel gewohnt sind. (Bild A.75)

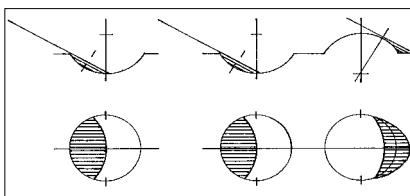


Bild A.75 Positiv- und Negativform /A.87/

Das **Vier-Schatten-Konzept** der Kopenhagener Architekturhochschule, entwickelt um 1980 von Mogens Voltelen, Sophus Frandsen u. a., vereinigt alle

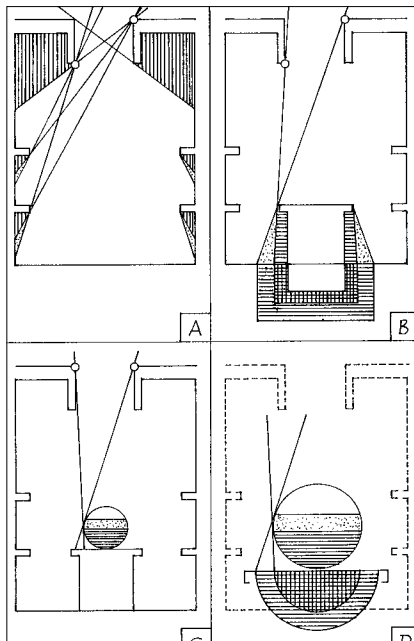


Bild A.76 Das Vier-Schatten-Konzept /A.29/

im Raum und am Objekt vorkommenden Schatten in einem Konzept: (Bild A.76)

- A "Großer Raumschatten" = Verschattung und Schattierung der Raumhülle durch die Eigenschaften der Lichtöffnung.
- B "Großer Objektschatten" = Schlagschatten und Eigenschaften des Mobiliars.
- C "Kleiner Objektschatten" = Schlagschatten und Eigenschaften des Objektes.
- D "Kleiner Texturschatten" = Texturmodellierung

Bei diesem Konzept werden Härte und Sanftheit der Schatten in einer "Skala des Lichtes" in zehn Stufen eingeteilt, um so die Raum- und die Objekterscheinung zu charakterisieren.

FAZIT:

Schlagschatten, Kernschatten, Halbschatten und Eigenschatten sind die sichtbaren Schnittfiguren des unsichtbaren, volumenhaften Lichtstrom-Lees, des nicht oder nur abgemindert vom Lichtstrom erfüllten Raumes. Mit "Schattenräumen" und "Lichträumen" zu balancieren, ist Lichtgestaltung.

A.2.3.9 Parameter der Modellierung

Die *Modellierung* ist das Instrument, mit dessen Hilfe bei Räumen und Objekten die *Plastizität* deren Hohl- oder Vollform sowie die *Textur* deren Oberfläche sichtbar gemacht werden kann. An der Modellierung ist die Art der *Schattenbildung* maßgeblich, aber nur in Verbindung mit anderen Parametern beteiligt. Die Komplexität der Modellierung und der damit verbundenen Leistung unseres Sehapparates, wird erst erkennbar, wenn man die Parameter aufzählt, die an der *Modellierung des Objektes* im Raum beteiligt sind. Diese Ausführung soll auf Objekte beschränkt bleiben, da die *Modellierung des Raumes* teils von dem hier Gesagten ableitbar ist und andernteils auch schon vorangestellte und folgende Ausführungen über das *Sehmodell*, sich ja gerade dieser Frage annehmen.

Die **Modellierung des Objektes** ist von vier Parametern abhängig, von der *Modellierbarkeit des Objektes*, vom *Licht* und den *Lichtquellen*, vom *Umfeld* und

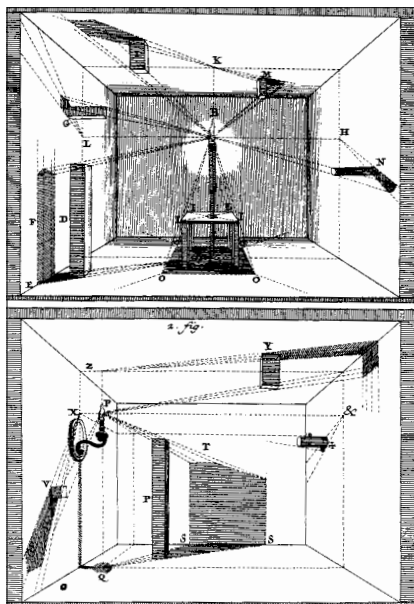


Bild A.77 Schattenspiele /A.65/

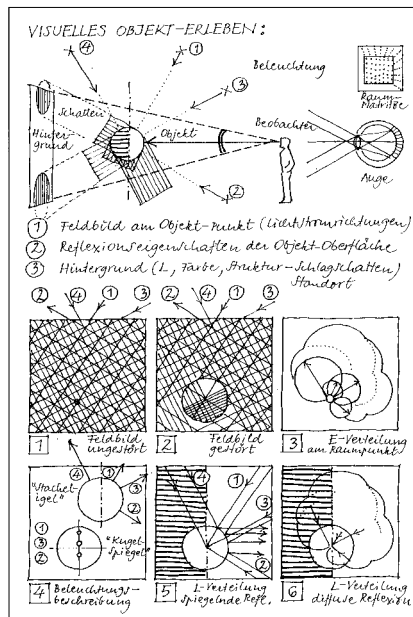


Bild A.78 Parameter der Modellierung /A.87/

dem *Raum* und auch vom *Betrachter / Nutzer* selbst. Wie bereits ausgeführt, ist die Schattenbildung mit den genannten Parametern verknüpft. (Bild A.78, Bild A.79)

Die **Modellierbarkeit des Objektes** ist die wichtigste Voraussetzung für den Erfolg aller Bemühungen, ein Objekt zu modellieren. Sie ist abhängig von der *Oberfläche des Objektes*, so wie es der dänische Bildhauer Thorvaldsen, Schöpfer berühmter klassizistischer Plastiken, formuliert haben soll: "Ton ist das Leben, Gips der Tod und Marmor die Auferstehung". Der Entwurf in Ton wirkte lebendig, der Abguss in Gips ernüchternd und die Umsetzung in Marmor erlösend, obwohl an der Form als solcher keine Veränderungen vorgenommen worden waren.

An einem elementaren Beispiel, einer Kugel, werden einige Oberflächen-Varianten andiskutiert:

- "matt schwarz" Kugel ist nicht modellierbar und bleibt ein Klumpen mit Silhouettenwirkung,
- "glatt schwarz" Kugel zeigt keine Schattierung, bildet aber alle Lichtquellen ab und verrät durch Glanzlichter ihre Plastizität,
- "matt hell" Kugel zeigt Teilung in beleuchtete Zone, Zwischenzone mit Texturmodellierung und Zone mit Eigenschatten,
- "glatt hell" Kugel zeigt keine Schattierung, sondern Abbildung des Umfeldes,
- "matt farbig" Kugel zeigt Schattierung, wobei die Farbe in der Zwischenzone am besten zu erkennen ist,
- "glatt farbig" Kugel bildet Umfeld ab und zeigt die Farbe nur in Bereichen mit Spiegelungen geringer Leuchtdichte,
- "Hohlkugel, farblos, transparent" Kugel zeigt positive und negative Spiegelbilder der Lichtquellen auf der Außen- und Innenfläche, korrespondierend um den Kugelmittelpunkt und somit die Lichtrichtung verratend,
- und "noppig glatt" Kugel zeigt eine Zerlegung der Glanzlichter in Lichtpunkte im Texturmaßstab.

Wie so demonstriert, ist der *Grad der Modellierbarkeit* sehr unterschiedlich.

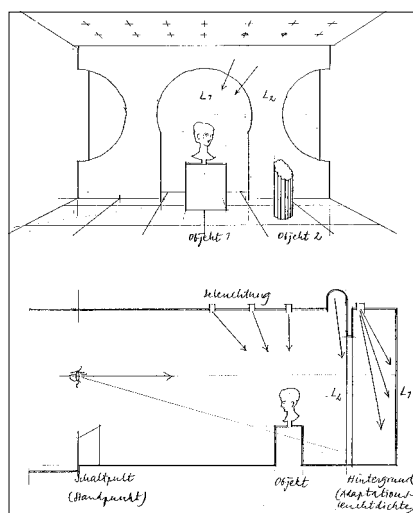


Bild A.79 Modellierungstest (Philips Messestand Hannover 1986) /A.87/

Licht und Lichtquellen, deren Zahl, Lage, Form, Größe, Lichtfarbe und Intensität, sind die zweitwichtigste Voraussetzung für eine gute Modellierung des Objektes, die immer mit einer informativen *Schattenbildung* einhergeht. Einschlägige Erfahrungen sammelte man in Tageslichtateliers aus der Anfangszeit der Porträtfotografie mit Seitenlicht und Oberlicht,

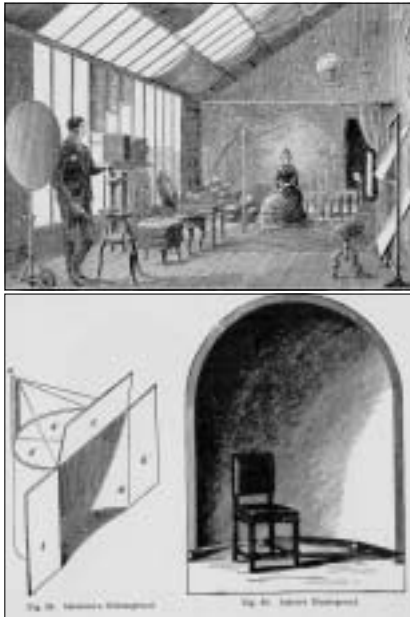


Bild A.80 Tageslichtatelier, Modellierung und geeignete Hilfsmittel bei der Porträtfotografie /A.28/

das partiell verändert und durch Schirm- und Hintergrundflächen unterstützt werden konnte. Übrigens, Erfahrungen, die auch heute noch von Profis im Freien und im Raume genutzt werden. In der Regel bedient man sich mehrerer Lichtquellen mit unterschiedlichen Verteilungscharakteristiken und balanciert mit gerichteten und diffusen Lichtkomponenten. Neben der Dominanz von Lichtrichtungen ist auch deren Einstrahlungswinkel wichtig, um Besonderheiten einer Form und auch unseren Sehgewohnheiten gerecht zu werden: Ein Gesicht, von unten beleuchtet, wird, wirkt verfremdet; mit verdecktem Gegenlicht beleuchtet, wirkt es glorifiziert, mit reflektiertem Licht von sekundär leuchtenden Flächen aufgehellt, wirkt es geschönt. (Bild A.80)

Umfeld und Raum, deren *Form, Dimension, Farbe* und *Leuchtdichte*, sind die dritt wichtigste Voraussetzung für eine gute Modellierung des Objektes. Eine auf das Objekt bezogene Gegenform, wie eine Mulde oder Nische, oder eine neutrale Form, wie eine ungeteilte Fläche, sind als Hintergrund geeigneter als eigenständige, die Aufmerksamkeit ablenkende Formen.

Die *Dimension des Raumes* bzw. die Entfernung des Objektes vom Hintergrund spielt insofern eine Rolle, als sich das Objekt frei im Raum oder aber in Konkurrenz mit der Durchzeichnung des Hintergrundes präsentiert bzw. Schlagschatten des Objektes auf dem Hintergrund die Objektwirkung steigern oder stören können.

Wichtig ist auch die *Farbe des Hintergrundes* im Hinblick auf die farbenperspektivische Eigendynamik und im Hinblick auf die Korrelation mit dem Objekt.

Besonders wichtig ist die *Leuchtdichte des Hintergrundes*: Ist sie zu hoch, wird das Objekt silhouettenhaft erscheinen, ist sie etwas niedriger als die wichtigsten Partien des Objektes, so wird letzteres dominieren und gut durchgezeichnet erscheinen – und ist sie sehr viel geringer, so werden helle Partien verflachen. Helle Partien vor Dunklerem und dunkle Partien vor Hellerem, eine Wechselwirkung, wie sie bei Positivformen vor Negativformen aufgrund der Umkehrung der Schattenbildung entstehen kann, ist ein wirksames Motiv in der Bildenden Kunst, ein zweifacher *Simultankontrast*. Um Simultankontraste handelt es sich auch bei den abschließend diskutierten Beispielen: (Bild A.81)

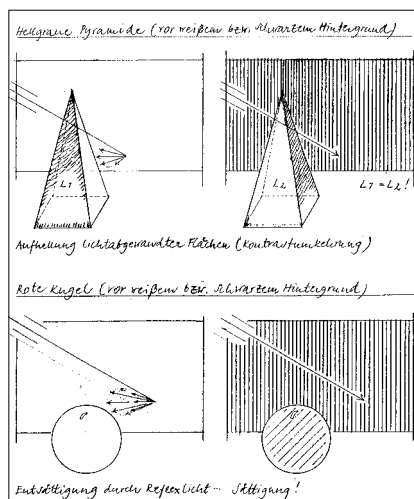


Bild A.81 Helligkeits- und Farbeindrücke (Demo Fa. Læer Gütersloh) /A.87/

- Die Schauseite einer weißen Pyramide erscheint vor hellem Hintergrund relativ dunkler als vor schwarzem Hintergrund, da die sichtbaren Seitenflanken im ersten Fall durch Reflex-

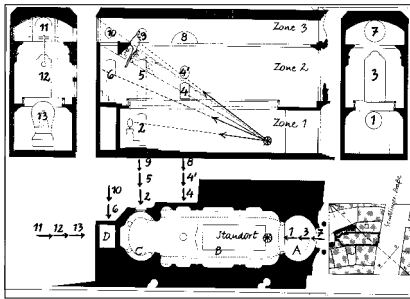


Bild A.82 Lichtregie und Gnadensstuhl - Johann-Nepomuk-Kirche in München, Asamkirche, erbaut und ausgestattet 1733-1746 von den Gebrütern Asam; Höhepunkt der Raumgestaltung: Plastische Durchbildung-Positionierung-Beleuchtung der Dreifaltigkeitsgruppe (Gnadensstuhl) /A.54/

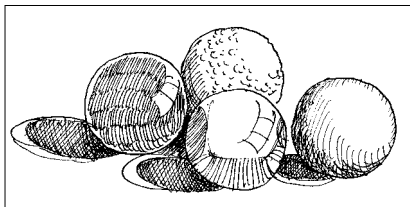


Bild A.83 Arrangement /A.87/

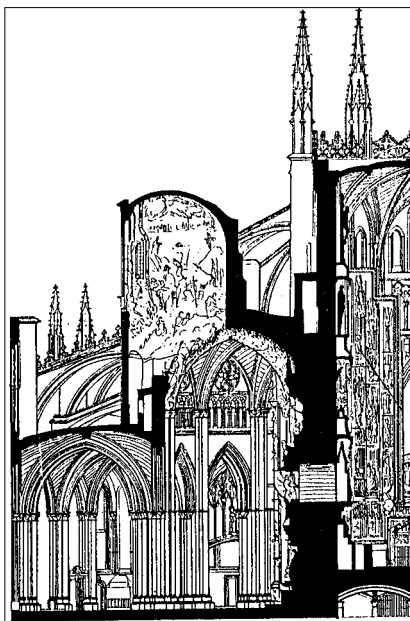


Bild A.84 Himmlisches Licht und Transparente - Schnitt durch den Chorschluß der Kathedrale von Toledo zur Beleuchtung des "Transparenten" (Wanddurchbruch für verglasten Schrein im Hochaltar) /A.40/

licht aufgehellt werden, im zweiten aber dunkel bleiben.

- Eine rote Kugel vor weißem Hintergrund wirkt entsättigt, im oberen Teil durch Reflexlicht verweißlicht und im unteren Teil im Gegensatz zum hellen Hintergrund verschwärzlicht. Dieselbe rote Kugel vor schwarzem Hintergrund erscheint farbechter, da das Reflexlicht fortfällt und die Leuchtkraft des Rot im Gegensatz zum Schwarz gesteigert wird.

Der **Betrachter / Nutzer** ist ein ebenfalls nicht zu vernachlässigender Parameter der Modellierung des Objektes, da er seine *Position zum Objekt* stets verändern und so besser oder schlechter modellierte Partien des Objektes einsehen kann. Außerdem hängen seine Eindrücke vom *Lichtmilieu* im Raume ab, d. h. vom Adaptationsniveau, auf das sich sein Auge eingestellt hat. (Bild A.82, Bild A.84)

FAZIT:

Auch bei noch so sorgfältiger Beleuchtung von Objekten treten Unterschiede in der Modellierung auf, die von der Oberfläche abhängig sind. Befinden sich Objekte mit verschiedenen Oberflächen an einem Ort, so ist der bestmögliche Kompromiss ein Maß für den erreichbaren Sehkraftfortschritt. (Bild A.83)

Das Erscheinungsbild von Objekten lässt sich nur durch künstliche Verengung des Gesichtsfeldes vom Umfeld isolieren. Ansonsten wird das Adaptationsniveau vom Umfeld bestimmt, ebenso wie simultane und sukzessive Kontrastverschiebungen mitwirken und das Arrangement beleben oder stören.

A.2.3.10 Erfahrungen im Raum

Auf den Leistungsumfang unseres Sehapparates wurde mehrfach hingewiesen, zuletzt bei der Darlegung der *Komplexität der Modellierung*, bei der eine Vielzahl von Parametern zusammenwirken, denen das Auge innerhalb kürzester Zeit gerecht zu werden versucht. Unser Auge bewältigt einen Leuchtdichteumfang von zehn Dekaden, 10^{-5} bis 10^5 cd / m², einen Entfernungsumfang von sechs Dekaden, 3×10^{-1} bis 10^5 m, Tiefenunterscheidungen auch noch in 10^3 m Entfernung und einen Farbumfang von 160 reinen Farben und bis zu 6×10^5 Farbnuancen. Dieser Leistungsumfang ist uns natürlich nicht bewusst, da sich unsere Vorstellungsmuster um größtmögliche Vereinfachung und Idealisierung bemühen.

So gehen wir davon aus, dass Proportionalität zwischen Reiz und Empfindung,- je näher, desto deutlicher – je heller, desto schneller– je bunter, desto aufmunternder, und Konstanz bestehen müsste, wenn von "richtigem Licht" oder "richtiger Farbe" gesprochen werden kann.

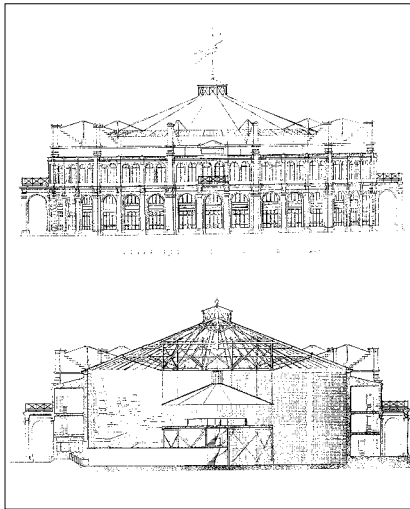


Bild A.85 Panoramen, ein Bautyp des 19. Jahrhunderts, perfekt beherrschte Adaptation (Panorama an der Champs-Elysées in Paris 1839, mesopisches Sehen im Vorfeld und photopisches Sehen beim Eintreten) /A.31/

chen wird. In der Realität sind die Zusammenhänge komplizierter. Wir bemerken es dann, zu unserem Erstaunen.

Dieser Leistungsumfang kann nur erbracht werden, indem sich unser Auge gleitend und unwillkürlich anpasst. Es bedient sich zweier koordinierter Mechanismen, der *Akkommodation* (Linsen- und Pupillenarbeit) und der *Adaptation* (Netzhaut- und Pupillenarbeit), wenn es sich auf Entfernungen, Helligkeiten und Farbigkeiten einstellt. Eine Komplikation besteht darin, dass die Pupille an beiden Mechanismen beteiligt ist: Wenn z. B. bei Dunkelheit die Pupillenöffnung groß, aber für möglichst scharfes Sehen klein sein müsste. Den Ausgleich zur Bewältigung des unvermeidlichen Kompromisses schafft die Netzhaut durch Aktivierungen, Teilaktivierungen, Pigmentverhüllungen und Verschaltungen der Rezeptoren und rezeptiver Felder mit der Fovea. Hier muss der beste Film passen!

Bei der *Adaptation* des Auges unterscheidet man drei Stufen: Tagessehen, das *photopische Sehen*, *Dämmerungssehen*, das *mesopische Sehen*, und *Nachtsehen*, das *skotopische Sehen*. (Bild A.85) Beim Übergang vom *Tagessehen* zum *Nachtsehen* verschiebt sich ebenfalls gleitend die Hellempfindlichkeit und die *Farbempfindlichkeit*, wobei das Auge hellempfindlicher und farbungempfindlicher wird, mit Ausnahme für Blau.

Die Dominanz der spektralen Hellempfindlichkeit $V(\rightarrow)$ der Zapfen, die schwerpunktmäßig in der Netzhautgrube versammelt sind, wird abgelöst durch die spektrale Hellempfindlichkeit $V'(\rightarrow)$ der Stäbchen, die ausschließlich über die Netzhautperipherie verteilt sind. Weitere Ausführungen folgen bei der Erläuterung des *Sehmodells*. Übrigens ist die Veränderung der Farbempfindlichkeit nicht nur vom Beleuchtungsniveau, sondern auch von der Lichtfarbe bzw. der spektralen Zusammensetzung der Beleuchtung abhängig. Das Auge adaptiert sich auch an der Farbe und bemüht sich stets um einen "*Weißabgleich*", was bei Licht mit kontinuierlichen Spektren (Tageslicht, Bild A.86) besser gelingt als bei Licht mit Bandenspektren (Entladungslampenlicht), wodurch das Gefühl der "*Farbsicherheit*" oder "*Farbunsicherheit*" entsteht. Lokale Farbumstimmungen der Netzhaut sind die Ursache der Farbsteigerung oder Abschwächung des Simultan- und Sukzessiv-Kontrastes.

Nach diesen Ausführungen werden nun einige Situationen herausgegriffen, die alltäglich auftreten, aber dennoch nicht immer vergegenwärtigt werden: (Bild A.87)

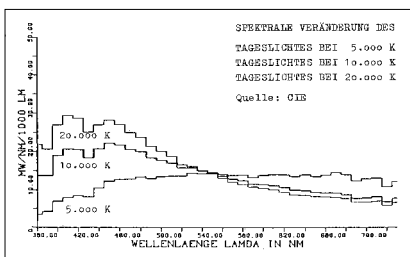


Bild A.86 Tageslicht, eine kontinuierliche Lichtquelle /A.19/



Bild A.87 Lichtlabor als Testeinrichtung /A.49/

- **Gewöhnung an Licht- und Körperfarbe.** Betrachtet man zwei Nischen mit weißer Oberfläche, die warmweiß und tageslichtweiß beleuchtet sind, so stellt man einen deutlichen Unterschied fest: Die eine wirkt gelblich, die andere bläulich. Der Gelb / Blau-Kontrast ist vergessen, sobald wir nur eine von den Nischen sehen. Wir adaptieren auf gelblich oder bläulich und sehen "weiß". Betritt man einen z. B. rot ausgekleideten Raum, so reagieren wir spontan auf die Körperfarbe, sowohl visuell als auch hormonell, was sich in Zustimmung oder Ablehnung ausdrückt. Nach einiger Zeit finden wir den Raum gar nicht mehr so rot. Wir sehen ihn neutraler. (*Farbadaptation – "Weißabgleich"*)
- **Farbmuster bei Tages- und Kunstlicht.** Betrachtet man ein metameres Farbmusterpaar, das auf Tageslicht abgemustert ist, so erscheinen die Farbflächen gleich, z. B. Ocker. Verlegen wir das Farbmusterpaar in eine Nische, die mit Glühlampenlicht beleuchtet wird, so trennen sich die Farben in eine neutralere und eine rötlichere Nuance. Legen wir das Farbmusterpaar unter Bandenlicht z. B. einer Kompaktleuchtstofflampe, erhalten wir eine grünliche und eine rötliche Variante: Die rote und besonders die grüne Bande schlagen durch. (*Farbwiedergabe*)
- **Rot und Blau.** Wählen wir zwei Farbmuster, ein Rot und ein Blau, so aus, dass sie am Fenster gleich hell erscheinen, so ändert sich dieses mit zunehmender Entfernung vom Fenster. In der Dunkelzone verliert das vorher so aktive Rot seine Leuchtkraft und wirkt schließlich schwarz. Das Blau hingegen bleibt farbig mit Tendenz zum Weiß. (*Purkinje Phänomen*) – Auf die am jeweiligen Ende des sichtbaren Spektrums liegenden Farben Rot und Blau reagieren wir auch hormonal besonders empfindlich, wie Laborversuche (T. Krzeszowiak, W. Berger '99 /A.6/) gezeigt haben: Langzeitbestrahlungen mit Rot- bzw. Blaulicht hoher Intensität bewirken erhöhte Adrenalin- bzw. Cortisol-Konzentrationen, während Grünlicht das normale Verhältnis von 2:1 (Adrenalin: Cortisol) bei Weißlicht nicht verändert. Übrigens ist auch die Flimmerverschmelzungsfrequenz bei rotem und blauem Licht um das Doppelte höher als bei Grün- und Weißlicht. Möglicherweise orientiert sich unser Auge auch am Verhältnis der lang- und kurzwelligen Anteile bei Tages- und Kunstlicht beim "*Weißabgleich*", was die "*Farbsicherheit*" bei Licht mit kontinuierlichen Spektren und die "*Farbunsicherheit*" bei

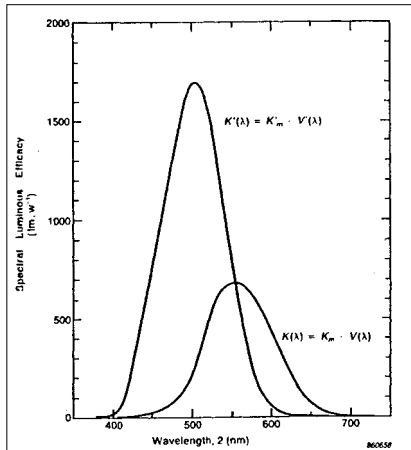


Bild A.88 Vom skotopischen zum photopischen Sehen /A.23/

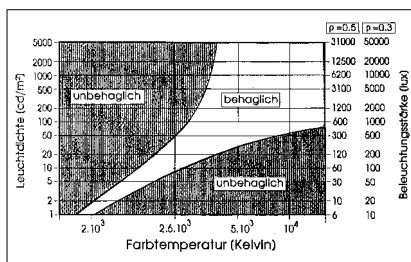


Bild A.89 Lichtfarbe und Helligkeit /A.21/

Licht mit Bandenspektren erklären würde. (*Balance der Endfarben des Spektrums*)

- **Absenkung des Beleuchtungsniveaus.** Verdunkelt man ein Fenster durch Raster oder Gitter, so sinkt das Beleuchtungsniveau, ohne dass dabei die Energieverteilung des Spektrums verändert würde. Weiße Flächen vergrauen, der Raum wird im Dämmerlicht unbehaglich. Dimmt man einen Temperaturstrahler, z. B. eine Glühlampe, so sinken Wendeltemperatur und Beleuchtungsniveau. Das Licht wird rötlicher. Der Raum wird im Dämmerlicht nicht unbehaglich, sondern entspricht unseren Sehgewohnheiten bei Morgenlicht (Morgenrot) oder Abendlicht (Abendrot), also Beleuchtungssituationen, bei denen der langwellige Anteil des Lichtes dominiert und unsere relative Rot-Unempfindlichkeit und Blau-Überempfindlichkeit bei der Verschiebung von $V \rightarrow V'$ kompensiert. (Regel von Krithoff / Wald, *Purkinje-Phänomen*) (Bild A.88, Bild A.89)
- **Anhebung des Beleuchtungsniveaus.** Bei der Aufhellung des Himmelsgewölbes oder beim Hochdimmen von Lampen steigt das Beleuchtungsniveau. "Weiß" kann auch auf weißem Hintergrund Leuchtkraft entwickeln. Wir entdecken eine ganze Palette unterschiedlicher Weißnuancen. Die Handlungsfähigkeit und Bereitschaft, sich mit Raum und Objekt auseinanderzusetzen, steigt, aber wir sehen auch jedes Staubkorn, so sehr ist unsere *Sehleistung - Sehschärfe, Tiefenschärfe, Unterschiedsempfindlichkeit, Wahrnehmungsgeschwindigkeit* und *Farbempfindlichkeit* - gestiegen. Nach einer Gewöhnungsphase tritt Sättigung ein und die physische Bereitschaft lässt wieder nach. Wohlwissend, dass Helligkeit zu haben wäre, würdigen wir auch dunklere Raumzonen, bis wir das Bedürfnis nach neuerlicher Stimulierung haben. Wir schätzen die natürlichen Schwankungen des Tageslichtes, die künstlich nur andeutungsweise zu simulieren sind. (*Lichtmilieu*)
- **Lichtquelle und Umfeld.** Betrachten wir eine Kerze in einer dunklen Raumzone, so erscheint sie blendend hell und weithin sichtbar. Stellen wir sie zum Fenster, so verliert sie scheinbar an Leuchtkraft und wird unbedeutend. Nicht die hohe Leuchtdichte von 5.000 cd/m² ist entscheidend, sondern die Relation zum Adaptationsniveau. Ebenso ist die Wirkung einer absoluten *Leuchtdichte* abhängig von ihrer relativen erscheinenden *Helligkeit* im räumlichen Kontext. Ein Raum scheint dort zu existieren, wo wir

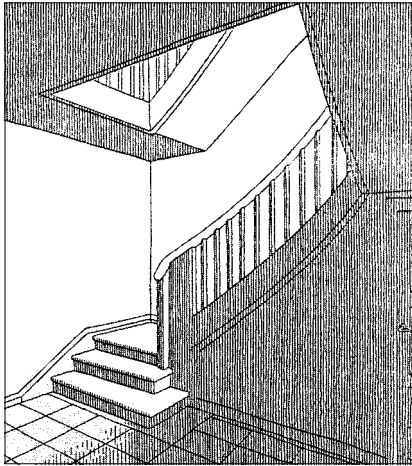


Bild A.90 Raumbegrenzung durch Licht
(Zeichnung von H. Tessenow) /A.74/

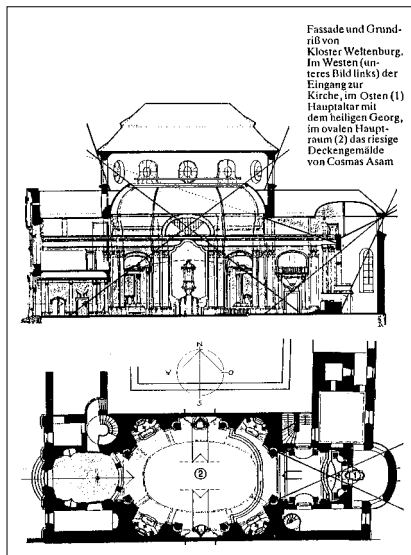


Bild A.91 "Lichtkammern", Farben und Glanz als Instrumentarium der Lichtregie, ein theatrum sacrum (Kirche des Klosters Weltenburg, entworfen und ausgestattet 1716-24 von den Gebrüder Asam, Höhepunkt der Raumgestaltung, Deckengemälde über „Rinnenspiegel“ – Halbgewölbe beleuchtet sowie versilberte Reiterstatue des Heiligen Georg durch "Lichtkammer" hinter dem Hochaltar inszeniert) /A.78/ (Zeichnung von Volkher Schultz ergänzt)

visuell differenzieren können und dort zu enden, wo wir nicht mehr (zu hell) oder noch nicht (zu dunkel) sehen können. (*Sehmodell*) (Bild A.90)

- **Eigenwert der Farbe.** Betrachtet man eine *Grautonskala* in unterschiedlich hellen Raumzonen, so wird der hellste Grauton aufgrund seines hohen Reflexionsgrades die höchste Aufmerksamkeit beanspruchen. Anders ist es bei Farben: Nimmt man einen *Farbtonkreis* mit wenig ausgeprägten Helligkeitsunterschieden, bei dem oben ein Gelb und unten ein Violett liegen und der links die "kalten" und rechts die "warmen" Farben präsentiert, wie z. B. der Farbton-Harmonie-Kreis nach Ostwald, so erscheinen diese Farben gleichwertig, lediglich nach dem Eigenwert der Farbe differenziert, solange man sich in einer hellen Raumzone aufhält.

Geht man in eine Dunkelzone, so teilt sich der Kreis in zwei Hälften: Die "warme" Seite wird einheitlich schwärzlich, die "kalte" Seite hellt sich einheitlich auf. Auch bei farbigen *Signallichtern* ist der Eigenwert der Farbe bedeutsamer als deren gemessene Leuchtdichte: In einem dunklen Raum erscheint ein rotes Signal einem grünen gleichwertig, obwohl es nur 1/2 des Leuchtdichtewertes, und ein blaues Signal einem grünen bzw. einem roten, obwohl es nur 1/8 bzw. 1/10 des Leuchtdichtewertes aufweist. Schwer prognostizierbar ist auch die Wirkung des *Simultan-Kontrastes* in dunklen Raumbereichen: Ein Laubgrün auf horizontalem, blauem Streifen vor gelbem Grund leuchtet wie ein Selbststrahler, dasselbe Laubgrün auf horizontalem, gelbem Streifen versinkt in der visuellen Bedeutungslosigkeit. Den Eigenwert der Farbe zu erkennen, setzt uneingeschränkte Farbtüchtigkeit voraus (Farbfehlsichtigkeit: 8% Männer, 0,5% Frauen). (*Körperfarben / Lichtfarben*)

- **Weißer und bunter Raum.** Ein "*weißer Raum*" lebt von der Qualität des Lichtes, der Modellierung durch Intensität und Farbe des Lichtes. Im "*bunten Raum*" tritt die Schattierung und Nuancierung durch Licht zurück. In den Vordergrund tritt die zur Geltung gebrachte Farbe im Kanon der sich gegenseitig beeinflussenden Gesamtfarbigkeit. Die Projektierung des "bunten Raumes" ist ungleich schwieriger, der Zauber des "weißen Raumes" bleibt dennoch unbestritten. (Bild A.91, Bild A.92)"

Die Lösung liegt auch bisweilen in der Kombination: Indem bunte Flächen farbiges Licht auf die weiße Raumhülle reflektieren. (*Farbgestaltung*)

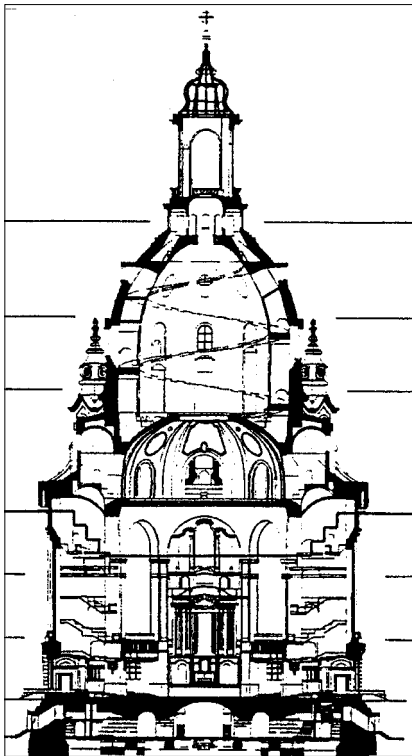


Bild A.92 "Oberlichtkammer", so volumenhaft wie der Innenraum. (Frauenkirche zu Dresden 1726-38) /A.38/

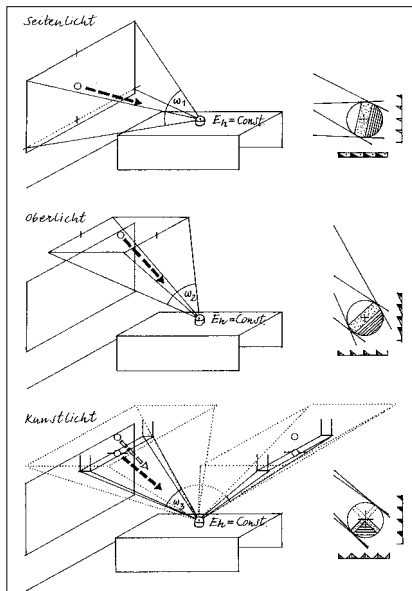


Bild A.93 Beleuchtungsstärke und Lichtrichtung - Seitenlicht, Oberlicht und Pendelleuchten können gleiche Beleuchtungsstärken erzeugen, die jeweilige Präferenz der Lichtrichtungen und die jeweils erforderlichen Lichtströme erzeugen jedoch unterschiedliche Wirkungen. /A.87/

FAZIT:

Die Anwendung eines einfachen Regelwerkes für die Gestaltung architektonischer Räume bedarf der Ergänzung, der Interpolation, durch spezifische Kenntnisse und Erfahrungen. Die sog. objektive Betrachtungsweise des Ingenieurs, die sich am Messbaren orientiert, muss verbunden werden mit den integrierten Signalen unseres äußerst komplexen Sinnesapparates, die sich mit Anmutung, Empfindung und Raumgefühl umschreiben lassen und vom Architekten gepflegt werden. Eine so aufgefasste subjektive Betrachtungsweise ist eher eine vertiefte objektive. (Bild A.93)

A.2.3.11 Sehmodell

Abschließend wird dargelegt, was das *Sehmodell*, auf das bereits mehrfach hingewiesen wurde, leistet und wofür es eigentlich gedacht ist. Doch um das Verständnis zu vertiefen, seien noch einmal einige Fragestellungen aufgeworfen.

Derartige Fragestellungen begegnen jedem, der sich mit Abmusterung, Beleuchtung und der Wirkung Architektonischer Räume befasst:

- Wieso hat man Schwierigkeiten bei der *Abmusterung einer Grautonskala*, die man visuell gleichabständig von Weiß nach Schwarz oder umgekehrt durchführen möchte?
- Wieso hat man sogar schon Schwierigkeiten, wenn man auch nur eine *Grenze zwischen Hell und Dunkel* markieren will, so z.B. bei der Unterteilung des "hellen Fleckes" eines projizierten "Lichtkegels" in *noch hell* und *bereits dunkel*?
- Wieso ist für eine gute *Objektmodellierung*, wie bereits besprochen, das Verhältnis von Objekt zu Hintergrundleuchtdichte wichtig oder, - wann sind *Spiegelbilder*, die überall im Raume auftreten, störend oder unschädlich?
- Wieso baut sich ein dunkler Raum erst nach und nach visuell auf, wenn man ihn von einer hellen Vorzone kommend betritt, oder wieso verblasst der Eindruck der *Helligkeit* eines Raumes, wenn man von einer dunkleren Vorzone kommend in ihm eine Zeitlang verweilt?
- Wieso verschiebt sich der wahrnehmbare *Raumausschnitt*, die visuelle Dimension des Architektonischen Raumes, bei hell- oder dunkel adaptiertem Auge?
- Wie hell ist eigentlich ein Raum? Wieviel heller wird er, wenn man die Beleuchtungsstärke / Leuchtdichte verdoppelt? Und warum sieht der

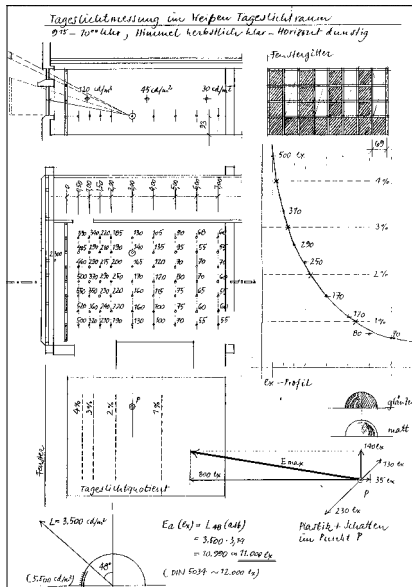


Bild A.94 Standard-Arbeitsebene und Raumeindruck - Das Messprotokoll liefert lediglich eine Teilinformation. Der Raumeindruck kann nur mit weiteren Hilfen beschrieben werden. /A.87/

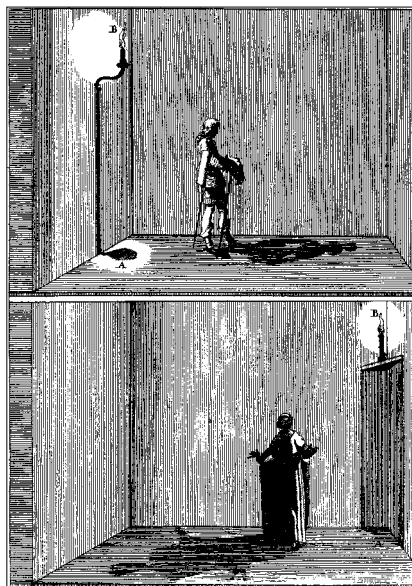


Bild A.95 Faszination der Kerze /A.65/

Raum anders aus, wenn man das *Lichtmilieu* anhebt oder absenkt, ohne dabei etwas an der Lichtverteilungscharakteristik (LVK) und an den Reflexionsgraden der Raumhülle verändert zu haben? (Bild A.94)

- Wieso sind 2 lx, die für die *Notbeleuchtung* entscheidend sind, unerheblich, wenn es um die Standardbeleuchtung eines Verkehrsweges mit 98 lx gegenüber den geforderten 100 lx geht?
- Und wie war es mit der Kerze, die eine hohe absolute Leuchtdichte von 5.000 cd/m^2 aufweist, und dennoch ihre *Leuchtkraft* am Fenster einbüßt? (Bild A.95)
- Wieso wirkt die *Abbildung* eines Raumes als Kleinbildprojektion eines Dias anders, als wenn sie raumhoch oder panoramaartig, den Betrachter umfassend, projiziert wird? Sicherlich ist hier die Veränderung des Gesichtsfeldes vom fovealen zum peripheren Sehen sehr wichtig. Doch ist es dieses alleine?
- Behalten *Kontraste*, die durch das Verhältnis photometrischer Leuchtdichtewerte beschrieben sind, ihre visuelle Bedeutung, wenn sich das Beleuchtungsniveau signifikant verschiebt, oder müsste man sich eher am Verhältnis "*erscheinender Helligkeiten*" orientieren? Oder, ganz pragmatisch: Warum hat Jørn Utzon in der von ihm entworfenen und 1976 eingeweihten Bagsvaerd Kirche bei Kopenhagen die schwarze Fliesenornamentik nachträglich durch eine blaue ersetzt? Weil ihm der Kontrast zwischen schwarzem Band auf weißem Grund beim hohen Beleuchtungsniveau des Tageslichtes zu hart erschien.

In der Praxis bedient man sich einfacher Regeln, wenn es um Leuchtdichte-Verhältnisse bei der *Gestaltung von Arbeitsplätzen* geht: Infeld : näherem Umfeld : entferntem Umfeld = 10 : 3 : 1 bis 0,1, das sind Leuchtdichten innerhalb von zwei Dekaden. (Bild A.96) Aber, wäre nicht ein umfassendes Modell der visuellen Wahrnehmung, zumindest auf der Ebene der *Helligkeitwahrnehmung (Sehmodell)*, sehr hilfreich und würde es nicht die vorangestellten Fragen beantworten?

Ein solches Modell wird nun vorgestellt. (Bild A.99) Es ist ein theoretisches Denkmodell des Verfassers (V. Schultz '75 bis '98 /A.9/ - /A.15/), das sich auf das 45-Grad-Gesichtsfeld, also auf *Raum- und Objektwahrnehmung* bezieht. Es basiert nicht auf der Durchführung psychophysischer Versuchsreihen, wenn es auch Ansätze in dieser Richtung (H.W. Bodmann '61 /A.1/; H.W. Bodmann, E.A. Voit '62 /A.2/;

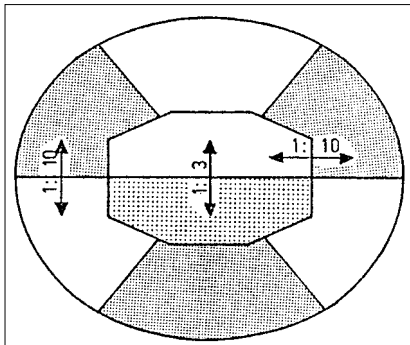


Bild A.96 Leuchtdichteverhältnisse - Die zulässigen Kontraste der Flächenhelligkeiten im Gesichtsfeld nach E. Grandjean /A.63/



Bild A.97 Heller Raum /A.42/



Bild A.98 Dunkler Raum /A.32/

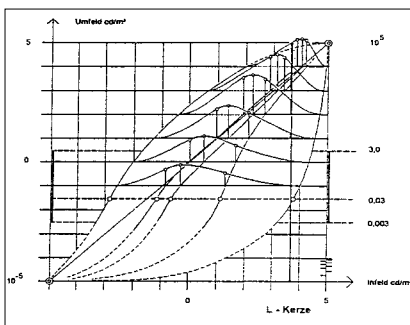


Bild A.99 Sehmodell /A.87/

B. Lingelbach, F. J. Haberich (1979 /A.4/ u. a.) mental verarbeitet, sondern auf Beobachtungen und logisch erscheinenden Zuordnungen:

- Auf der Ordinate sind mittlere Umfeld-Leuchtdichten (45-Grad-Gesichtsfeld) innerhalb des visuell differenzierbaren Leuchtdichte-Umfanges von zehn Dekaden, von 10^{-5} cd/m^2 bis 10^5 cd/m^2 , ausgedrückt in logarithmischen Einheiten, aufgetragen. Den mittleren Umfeld-Leuchtdichten sind in gleicher Weise zehn Dekaden möglicher Infield-Leuchtdichten (2-Grad-Gesichtsfeld) auf der Abszisse zugeordnet.

In vertikaler Abfolge zeigt das Modell:

- 3 Adaptationsstufen (Helligkeitswahrnehmung):
 - *Skotopisches Sehen* (Nachtsehen) von 10^{-5} cd/m^2 bis 3×10^{-3} cd/m^2 ,
 - *Mesopisches Sehen* (Dämmerungssehen) von 3×10^{-3} cd/m^2 bis 3×10^0 cd/m^2 ,
 - *Photopisches Sehen* (Tagessehen) von 3×10^0 cd/m^2 bis 10^5 cd/m^2 .
- 2 Adaptationsstufen (*Farbwahrnehmung*):
 - *Foveales und Peripheres Farbsehen* = Tagessehen,
 - *Peripheres Unbuntsehen* (in Kombination mit eingeschränktem Fovealem Farbsehen) = Dämmerungssehen und Nachtsehen.
- Typische *Beleuchtungssituationen*, wie Straßenbeleuchtung, Notbeleuchtung, Innenraumbeleuchtung (Museum 50 lx, Büro 500 lx, usw.), Außenraumbeleuchtung bei Tageslicht.
- *Adaptationsniveaus* und zugehörige Adaptationsintervalle in Form von *Sensibilitätsprofilen*, die im Wesentlichen die Sehleistung darstellen (Gradientenverlauf / 1. Ableitung der Grundfunktion). Die Sensibilitätsprofile haben ein Maximum (jeweils relativ beste Sehleistung) und zwei Wendepunkte (jeweils Grenzen "angepassten Sehens" bzw. "Empfehlung" höher oder niedriger zu adaptieren).
- *Wahrnehmungsgeschwindigkeit*: Je schmaler das Intervall, desto schneller und je breiter das Intervall, desto langsamer.
- *Umadaptierungsgeschwindigkeit*: In Richtung der schmaleren Intervalle schneller und zu den breiteren hin langsamer.

In horizontaler Abfolge zeigt das Modell:

- Links *Schwarzgrenze*: Zu dunkel, keine Wahrnehmung möglich.

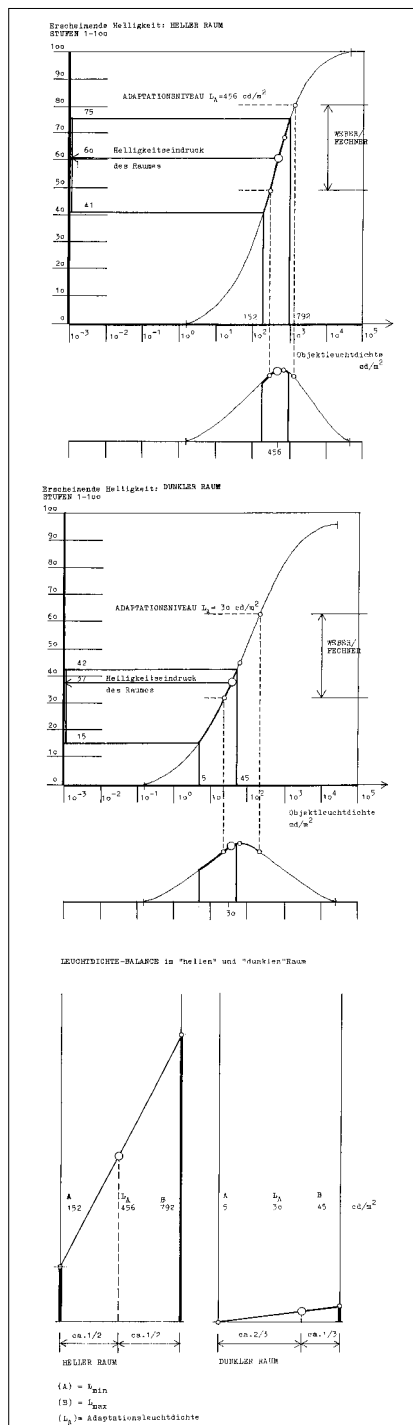


Bild A.100 Sehmodell in Anwendung /A.51/

- Rechts *Blendgrenze*: Zu hell, keine Wahrnehmung möglich, bezogen auf die jeweiligen Adaptationsniveaus.
- Breite der *Adaptationsintervalle* (3 - 5 Dekaden)
- *Blendempfindlichkeit*: Je steiler der Abfall der Flanke zur Blendgrenze, desto größer.

Am Beispiel der bereits mehrfach erwähnten Leuchtdichte einer Kerze von 5.000 cd/m^2 wird die *Bewertungsverschiebung* im Sehmodell-Diagramm gezeigt.

Abschließend wird am Beispiel eines *hellen Raumes* und *dunklen Raumes*, die von derselben *Großform* abgeleitet sind, aber dennoch unterschiedliche Charaktere aufweisen (Bild A.97, Bild A.98), die Transformation der *Infeld-Leuchtdichten* in "erscheinende Helligkeiten" mit Hilfe der aus dem Sehmodell durch Integration abgeleiteten *Grundfunktionen* für die jeweiligen Adaptationsniveaus von 456 cd/m^2 bzw. 30 cd/m^2 vollzogen. Der Helligkeitseindruck des hellen Raumes liegt bei 60 und der des dunklen Raumes bei 38, wenn man eine 100-teilige Skala zugrunde legt. Beim hellen Raum liegen die gesehenen Leuchtdichten der Raumhülle nahezu im Bereich "angepassten Sehens", beim dunklen Raum überwiegen die gesehenen Leuchtdichten im darunter liegenden Bereich, was der "Empfehlung" entspricht: Abwenden von den Lichtöffnungen und "herunteradaptieren". Ein Diagramm, beim dem die Adaptationsleuchtdichten linear zwischen die Leuchtdichten der dunkelsten und hellsten Raumpartien gesetzt sind, zeigt ein korrespondierendes Ergebnis: Sie liegen beim hellen Raum in der Mitte, beim dunklen Raum zur helleren Seite verschoben. Wären die Lichtöffnungen nicht einsehbar, so würde die Adaptationsleuchtdichte sinken und an die dunklen Partien besser angepasst sein. (Bild A.100)

FAZIT:

Für die Erscheinung des Architektonischen Raumes ist es besonders wichtig, wie das Lichtkonzept das metrische Volumen inszeniert. Zur Einschätzung der getroffenen Planungsmaßnahmen liefert das Sehmodell eine Möglichkeit, Raumwirkungen zu prognostizieren oder Hinweise für korrigierende Maßnahmen zu geben.

Die Grenzen des architektonischen Raumes werden sichtbar. Auf diese Weise lassen sich auch Vergleiche zwischen verschiedenen Raumcharakteren, jedenfalls im Hinblick auf deren Helligkeitseindruck, anstellen. Übrigens, eine numerisch noch so sorgfältige Berechnung der photometrischen Werte bleibt aussagearm, solange nicht der menschliche Bewertungsmaßstab mit einbezogen wird.



Bild A.101 Raumfolien (Große Moschee von Cordoba, Andalusien) /A.75/



Bild A.102 Kuppelgitter (San Lorenzo in Turin 1667, von G. Guarini) /A.22/

A.2.4 Anmutung

Anmutung ist das Raumgefühl, das in uns Sympathie oder Antipathie erweckt. Anmutung hat etwas mit Sensibilität und Gemütsverfassung zu tun, die durch das *Raummilieu* (Raumkonzept, Lichtkonzept, Lichtmilieu) angesprochen wird. (Bild A.101, Bild A.102, Bild A.103, Bild A.104) Anmutung ist ein integriertes Signal unseres äußerst komplexen Sinnesapparates, also eine Verknüpfung aller Sinnesempfindungen, wie Hören, Riechen, Schmecken, Tasten, die beim Sehen assoziativ angeregt werden. Es sind Empfindungen wie *sauber, frisch, muffig, warm, kalt, zugig, hart, weich, rau, glatt, schwer, leicht, süßlich, säuerlich* usw.

Die Anmutung als komplexes Signal beeinflusst unsere körperliche Verfassung, unser Befinden und Verhalten. Organisch betrachtet, steuert die Anmutung den Hormonhaushalt, wie schon mehrfach angedeutet. Dieser sorgt für Heiterkeit oder Depression, Leistungsbereitschaft oder Verweigerung, Verkrampfung oder Entspannung usw. Kalte Füße und Hände sind nicht immer nur eine Folge schlechter Raumbeheizung, sondern auch der Ablehnung des Raumes.

Die Anmutung wird durch alle bereits erwähnten *Raumqualitäten* tangiert, wie Enge / Weite, Freiheit / Eingeschlossenheit, Überschaubarkeit / Orientierungsmöglichkeit, ... Erkennbarkeit der Wandstruktur, die unser Distanzgefühl unterstützt usw.

Wir taxieren die Helligkeit eines Raumes und verbinden damit Erwartungen: In einem hellen Raum erwarten wir weißes Licht mit hoher Farbtemperatur, in einem dunkleren Raum langwelligeres Licht und niedrigere Farbtemperaturen, sonst würde uns der Raum trübe und fahl erscheinen. Hohe Anmutungsqualität bringen Lichtfarbenkontraste, die z. B. Sonnenflecken in einer sonst kühler wirkenden Raumatmosphäre erzeugen.

So wie die *Lichtfarbe* die Anmutung signifikant beeinflusst, so tut dieses auch die *Körperfarbe*. Die Tatsache, dass wir einen sehr differenzierten Farbensinn besitzen, ist ein Indiz für die Unverzichtbarkeit der Farbe – und sei es auch nur Farbe geringer Sättigung – im Kanon räumlicher Gestaltung und Wahrnehmung. Dabei muss bedacht werden, wie unterschiedlich der Umgang mit Farbe sein kann. Zunächst denkt man an das Elementarste, den großflächigen Anstrich mit einer monochromen Farbe. Doch bald wird erkennbar, dass unser Auge seine Empfindlichkeit verliert und abstumpft, da stimulierende Kontraste fehlen. Diese können in vielfältiger Weise entstehen:



Bild A.103 Weltabgewandtes, göttliches Oberlicht (Kirche in Mogno 1996 von M. Botta) /A.26/



Bild A.104 Weg zum Licht (Mediathek in Villeurbanne von M. Botta)/A.26/

- Durch das Aufgliedern in Teilflächen, die sich an der Maßstabsbildung beteiligen, oder in Kleinflächen, die partitive Farbmischungen eingehen,
- oder durch Verzahnungen, die der Fläche Homogenität verleihen,
- oder durch das Anlegen von Farbverläufen, die eine Verformung der Fläche begleiten,
- oder durch die Bildung farbiger Schichtungen, die ein Hintereinander der Begrenzungen suggerieren.

Farben können natürlich auch lesbare Inhalte vermitteln: Figurationen, Ornamente, Symbole und Bilder, die in virtuelle Räume führen. Farbe ist ein Mittel der Interpretation der Raumhülle durch Begleitung und Betonung der Geometrie, durch Kontrapunktion und Anreicherung der Raumhülle mit Attributen oder auch durch Negation, Überlagerung oder Verfremdung des metrisch Vorhandenen.

Die Anmutung eines Raumes wird nicht zuletzt auch durch das Gefühl der *Farbsicherheit*, die Möglichkeit, einer Oberfläche eine in unserer Vorstellung verankerte, definierbare Farbe zuzuordnen zu können, so wie wir es gewohnt sind, mit der Beurteilung der Hautfarbe umzugehen, optimiert. Diese Art der Optimierung können am besten kontinuierliche Spektren erzeugende Lichtquellen bei ausreichenden Beleuchtungsniveaus leisten; insbesondere das Tageslicht, an das wir uns im Laufe einer Jahrtausende dauernden Evolution angepasst haben.

FAZIT:

Die Anmutung, als komplexes Signal unserer äußerst komplexen Sinnesapparates, kann nicht als "subjektives Gefühl" bei Seite geschoben werden. Sie ist für jedes menschliche Individuum objektiver Ausdruck seiner Bedürfnisse und Wünsche, vom Rationalen über das Existentielle zum Seelischen.

A.3 ENTSCHEIDUNGS- UND PLANUNGSHILFE

A.3.1 Basis Oberlicht

Die Entscheidungs- und Planungshilfe bezieht sich auf den Umgang mit *Oberlicht*. Unter Oberlicht wird hier ausschließlich die Lichtöffnung verstanden, die in der Decke liegt und Sonnenlicht und Himmelslicht von oben in den Raum einlässt (Bild A.105, Bild A.106) - übrigens, im Gegensatz zum erweiterten Sprachgebrauch, in dem auch die obere Zone des Seitenfensters, also ein "Oberfenster", als Oberlicht bezeichnet wird. Eine Definition für Oberlicht wurde bereits im Abschnitt A.1.3 "Lichtkonzepte" geliefert. Dort wurde darauf hingewiesen, dass auch bei sachlicher Begriffsunterscheidung Grenzfälle auftreten und *Oberlichtfälle* mit *Seitenlichtfällen* Verwandtschaften aufweisen können. Ferner wurde bereits erläutert, dass sich hinter dem Begriff Oberlicht eine Fülle von Varianten verbirgt, die als *spezifische* oder *neutrale Raumquerschnitte* mehr oder weniger schon in der Großform des Raumentwurfes angelegt sind. Im Rahmen der hier verfolgten Aufgabenstellung, vorwiegend an Nutz- und Gebrauchsräume zu denken, wird das elementarste Oberlicht, das Loch in der Decke, herausgegriffen und weiterverfolgt.

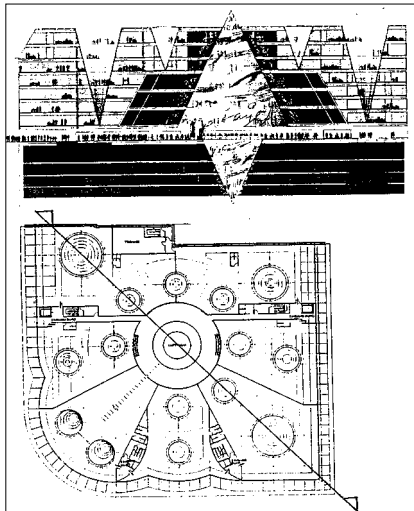


Bild A.105 Lichttrichter und Lichtkegel
- Galleries Lafayette in Berlin von J.
Nouvel u. a. /A.79/

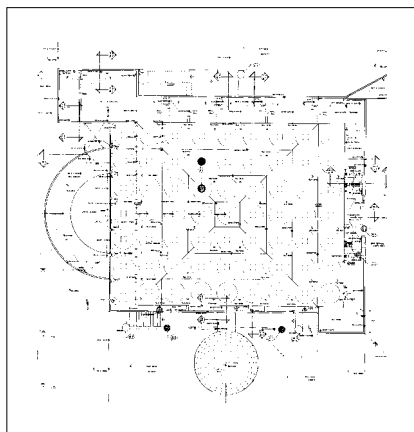
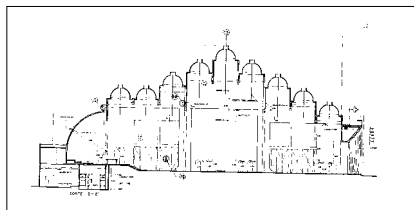


Bild A.106 Kuppelkosmos - Managua
Cathedral/Nicaragua 1993 von R. Legor-
reta /A.80/

FAZIT:

Im Folgenden wird am Beispiel einer quadratischen Lichtöffnung in der Decke das Grundverständnis für die Entscheidungen vermittelt, die bei der Planung getroffen werden müssen. Es soll als erste Hilfe für den Vorentwurf dienen, für den dann im Zuge der Ausarbeitung noch genauere Recherchen eingeholt werden müssen.

A.3.2 Oberlichtelemente

In unserer Klimazone ist das Oberlicht als einfache Öffnung in der Decke nur in Sonderfällen zu realisieren. In der Regel besteht es, je nach Nutzung und Komfort, aus der Summe mehrerer Elemente: (Bild 107)

- a) Das oberste, bekrönende Element kann eine *Haube* (Hutze) sein, die das Oberlicht überragt und nach einer definierten Himmelsrichtung, meist nach Norden, ausgerichtet ist und somit das Oberlicht verschattet und gegen Sonneneinstrahlung schützt. Die Haube ist an der Dosierung, Lenkung und Mischung des Himmelslichtes beteiligt.
- b) Das folgende und unverzichtbare Element ist die *Lichtkuppel*, die Wetter- und Klimaschutz bietet. Sie kann ein- oder mehrscheibig, klar

oder getrübt, farblos oder eingefärbt und öf-
fenbar oder starr ausgebildet sein.

- c) Unter der Lichtkuppel oder mit dieser kombi-
niert kann sich eine *Streu-* oder *Filterschicht*
befinden. Als *Streuschicht* kann sie als Rost,
getrühte Scheibe oder Kapillarglas (transpa-
renter Wärmeschutz aus senkrechten oder
geneigten Glaskapillaren) ausgebildet sein
und die Sonnenprojektion in den Raum ver-
hindern. Als *Filterschicht* bewirkt sie Schutz
vor IR- oder UV-Strahlung: IR-Raster, IR-Pris-
men, IR-Retrolamellen, IR-Hologramme, ther-
motrope Schichten, photovoltaische Eleme-
nte und UV-Folien.

- d) Jedes Oberlicht besitzt einen *Schacht*. Die
Mindestabmessung der Schachthöhe ergibt
sich aus der Anschlusskonstruktion der Dach-
haut und der Konstruktionshöhe der Decke. Je
höher der Schacht ausgebildet ist, desto mehr
wird er für die Mischung und den Transport
des Himmelslichtes (Auskleidung mit hochreflektierenden Materialien) bzw. auch für Aus-
und Einblick sowie das gestalterische Erschei-
nungsbild (*Laibung*) bedeutsam.

- e) Im Schacht kann ein *Schwert-* oder eine *Ring-
blende* eingesetzt sein. Diese Maßnahme dient
als *Sonnenschutz* oder als *Lichtleitelement*
mit gestalterischer Nebenwirkung.

- f) Am Schachtende kann ein Diffusor oder Re-
flektor starr oder beweglich montiert sein und
so zur Lichtverteilung im Raum und zur Auf-
hellung der Deckenunterseite beitragen. In
dieser Ebenen können auch Verdunkelungs-
einrichtungen montiert werden.

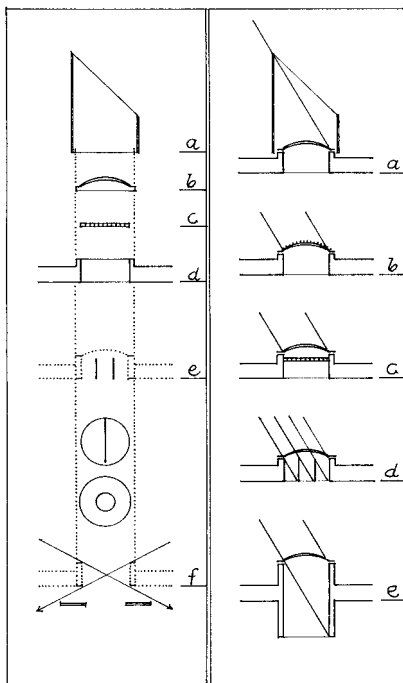


Bild A.107 Ober-
lichtelemente
/A.87/

Bild A.108 Son-
nen-schutz /A.87/

FAZIT:

*Ein Oberlicht weist mindestens zwei Elemente auf,
eine Lichtkuppel als Wetter- und Klimaschutz und ei-
nen Schacht als Einbauhilfe. Es kann darüber hinaus
sinnvoll sein, weitere Elemente hinzuzufügen, als
Sonnen- und Klimaschutz, als Lichtverteiler und als
gestalterische Maßnahme.*

A.3.3 Oberlicht und Sonne

Im Gegensatz zum Seitenfenster, das nur zu be-
stimmten Tageszeiten besonnt wird, erhält das Ober-
licht gantztägig Sonne. Sind Sonnenprojektionen im
Raum unerwünscht, was im Arbeitsbereich fast im-

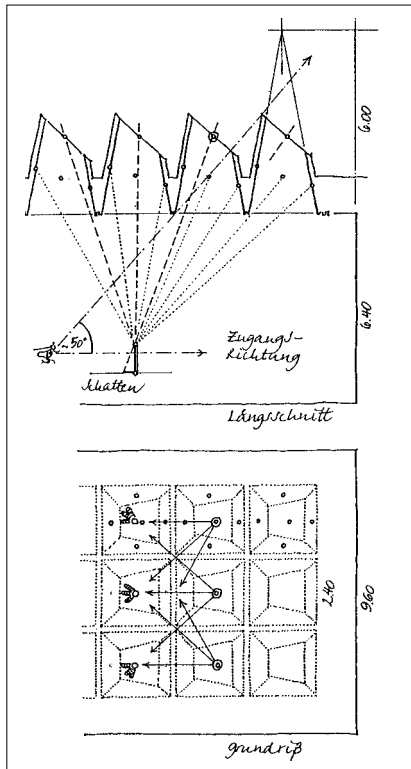


Bild A.109 Sonnenschutz und Präferenz der Lichtrichtung (Museum Bochum 1983 von J. Bo + V. Wohlerl)

/A.53/

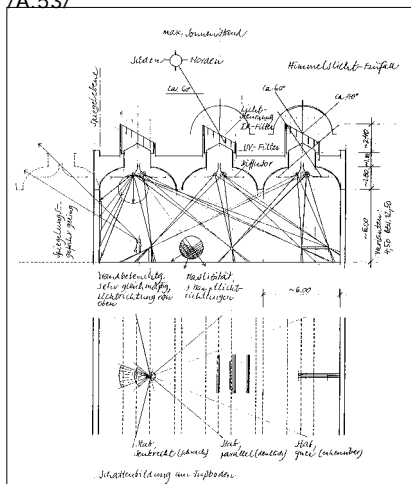


Bild A.110 Sonnenschutz, Lichtdosierung und Lichtverteilung (Kunstammlung NRW in Düsseldorf 1986 von H. Dissing + O. Weitling) /A.87/

mer der Fall ist, jedoch die Schachthöhe vorgegeben, so bestehen vier Möglichkeiten des *Sonnenschutzes*: (Bild A.108)

- Aufsetzen einer *Haube* (Hutze),
- Eintrübung oder Bedruckung der *Lichtkuppel*,
- Einlegen einer *Streu-* oder *Filterschicht*.
- Einsetzen eines *Schwertes* oder einer *Ringblende*.

Ist die Schachthöhe frei wählbar, so kann als fünfte Möglichkeit die *Stereometrie* des Schachtes bestimmt werden: (Bild 108e, Bild A.109, Bild A.110)

- Ausbildung des Schachtes in Bezug auf die maximal mögliche Sonnenhöhe bei der *Geografischen Breite des Ortes* (z. B. 60 Grad).

FAZIT:

Sonnenprojektionen im Raum können durch vier Maßnahmen verhindert werden. Ist die Schachthöhe frei wählbar, so kann der Sonnenschutz auch durch eine fünfte, die Stereometrie des Schachtes, erreicht werden.

A.3.4 Oberlichtvarianten

Selbst bei der Festlegung auf eine quadratische Oberlichtöffnung ergibt sich eine Vielzahl von *Oberlichtvarianten*, wenn man sich mit der *Schachtausbildung* befasst: (Bild A.111)

- Der einfache *Durchbruch* durch die Dachfläche, also die Beschränkung auf die Einfassung des Lochrandes, ist im Freiraum möglich.
- Im geschlossenen, klimatisierten Raum ist ein *Schacht-Aufsatz* erforderlich, um die Dachhaut anzuschließen und die Deckenkonstruktion aufzunehmen.
- Es besteht zusätzlich die Möglichkeit, einen *Schacht-Untersatz* in den Raum hineinzuziehen, um das Licht an ein Objekt heranzuführen.

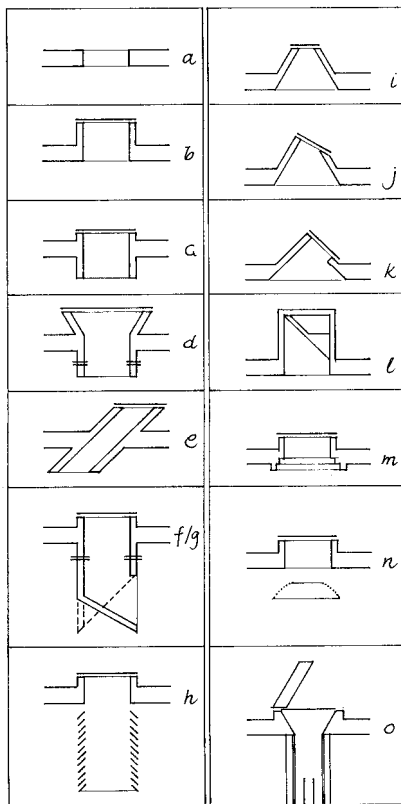


Bild A.111 Oberlichtvarianten /A.87/

- d) Schacht-Aufsatz und Schacht-Untersatz können auch zu einem Rohr zusammengefasst werden als Schacht-Durchdringung.
- e) Die Schacht-Durchdringung kann normal, aber auch geneigt durch die Dachfläche geführt werden, so dass zu einer bestimmten Tages- und Jahreszeit Lichtmarken (Sonne) im Raum gesetzt werden (*Lichtkanone*).
- f/g) Die Schacht-Durchdringung kann auch weit in den Raum hineingeführt und am Ende schräg abgeschnitten oder mit seitlichen Schacht-Fenstern versehen werden. (Bild A.112)
- h) Die Schacht-Durchdringung kann raumseitig transluzent oder als Gitterstruktur ausgebildet werden, so dass der Eindruck einer mit Tageslicht versorgten Leuchte entsteht. In Sonderfällen können auch *Oberlicht und Leuchte* zu einer Beleuchtungseinheit verschmolzen werden.

Setzt man nun bei b) neuerlich an, so ergeben sich weitere Varianten, sobald man andere als parallelwandige Schächte vorsieht:

- i) Der Schacht-Aufsatz kann als *Pyramidenstumpf* ausgebildet sein, so dass eine kleine Lichteintrittsöffnung und eine große Lichtaustrittsöffnung entsteht. Der Pyramidenstumpf kann horizontal abgedeckt werden oder ...
- j) ... einen *schrägen Abschluss* erhalten, um so einen bestimmten Himmelsausschnitt "einzufangen".
- k) Die Form eines *gekippten Quaders* wendet sich ebenfalls einem bestimmten Himmelsausschnitt zu, wie der Ausschnitt aus einem Shed-Dach, oder ...
- l) ... ebenso auch die Form eines *aufgesetzten Keils*, dessen Schneide diagonal über die Lichtöffnung verläuft, so dass Deckenraster und Lichteinfallrichtung um 45 Grad verdreht werden.

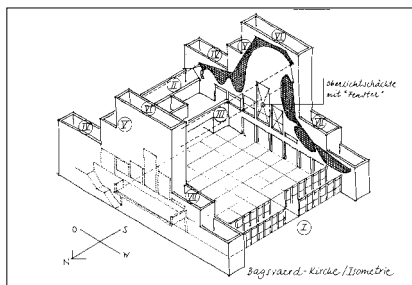


Bild A.112 Lichtschacht-Ensemble
(Bagsvaerd Kirche bei Kopenhagen
1973-76 von J. Utzon) /A.87/

Sonderformen und gestalterische Verfeinerungen erweitern die Palette der Möglichkeiten:

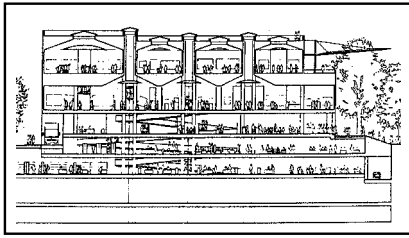


Bild A.113 Lichttransport in Gebäuden
(Entwurf für Médiathèque in Nîmes von
N. Foster Associates) /A.81/

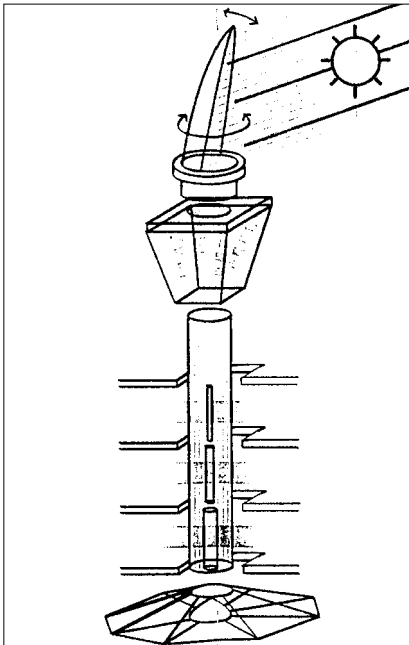


Bild A.114 Heliostat und Hohllichtleiter
- Sonnenlicht-Leiter Heliobus /A.82/

m/n) Der Oberlichtschacht kann ein besonderes *Relief* erhalten, das vom Streiflicht modelliert wird. Aus lichttechnischen oder gestalterischen Gründen kann die raumseitige Schachtendigung mit *Diffusoren* oder *Reflektoren*, wie aus dem Leuchtenbau bekannt, ausgerüstet werden. (Bild A.113)

o) Abschließend sei noch die Umkehrung der Verschattung erwähnt, eine Möglichkeit, die in Kombination mit *Heliostaten* entsteht: Dann wird nicht nur diffuses Himmelslicht, sondern auch gerichtetes Sonnenlicht durch den Oberlichtschacht in den Raum geholt. (Bild A.114)

FAZIT:

Auf der Basis eines quadratischen Deckendurchbruches lassen sich viele Oberlichtvarianten, alleine nur durch die Ausbildung des Schachtes, entwickeln und auf die Entwurfsintention abstimmen. Würde man auch noch andere geometrische Grundfiguren, wie Dreieck, Rechteck, Trapez, Kreis, Ellipse u.a., einbeziehen, was natürlich der Praxis entspricht, so würde sich die Zahl der Oberlichtvarianten potenzieren.

A.3.5 Himmelslicht

Tageslichtbeleuchtung ist eine subtraktive Methode. Die Leuchtdichte des Himmelsgewölbes teilt sich dem Innenraum insoweit mit, als es die Oberlichtöffnung zulässt. Die Leuchtdichte und die Leuchtdichteverteilung des Himmelsgewölbes ist abhängig vom Himmelszustand. Dieser wiederum hängt vom Sonnenstand und von der Trübung der Atmosphäre ab:

a) Bei *vollständig bedecktem Himmel* ist die Trübung der Atmosphäre so stark, dass die Sonne nicht mehr erkennbar ist. Dabei ist die Leuchtdichteverteilung rotationssymmetrisch und das Leuchtdichteverhältnis konstant; Werte am Zenit sind etwa dreimal höher als am Horizont (Moon-Spencer). Die absoluten Leuchtdichtewerte hängen vom Sonnenstand ab. Die maximale Außenbeleuchtungsstärke beträgt etwa 20.000 lx, zu Mittag in der Jahresmitte. Wegen seiner einfachen Stereometrie, seiner Häufigkeit und einer gewissen Planungssicherheit, jedenfalls im Hinblick auf die Erfüllung von zu erwartenden Mindestwerten, wird der vollständig bedeckte Himmel als *Standard-Himmel* benutzt.

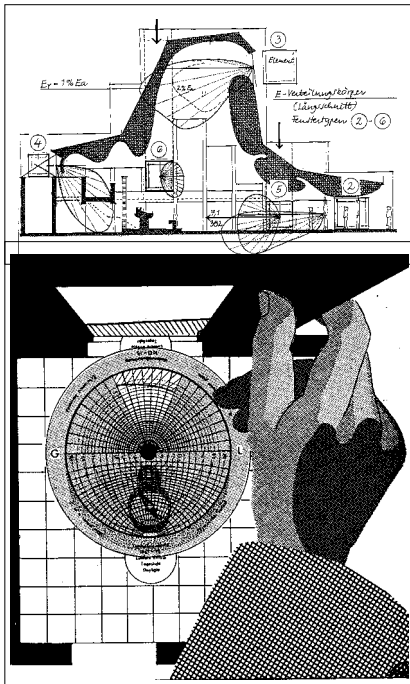


Bild A.115 Lichtverteilungskörper und vollständig bedeckter Himmel (oben: Horizontoskop von F. Tonne /A.61/ - Zeichnung von V. Schultz; unten: Schnitt durch die Bagsvaerd Kirche / A.46/)

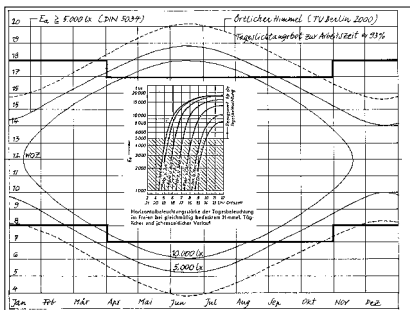


Bild A.116 Tageslichtangebot (nach DIN 5034)

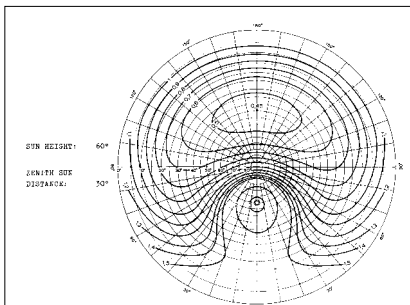


Bild A.117 Klarer Himmel

Übrigens entspricht die Außenbeleuchtungsstärke E_a (lx) numerisch der Himmelsleuchtdichte L_H (asb), wenn man diese 48 Grad vom Zenit entfernt misst.

Die Außenbeleuchtungsstärke sollte für Tageslichtplanung mehr als 5.000 lx betragen. Das entspricht einer Himmelsleuchtdichte L_H von mindestens etwa 1.600 cd/m^2 ($= 5.000 / \Theta$) und einem Tageslichtquotienten $D \dots 1 =$ mindestens 50 lx. (Bild A.115, Bild A.116)

- b) Bei *klarem Himmel* ist die Leuchtdichteverteilung des Himmelsgewölbes achsialsymmetrisch, doch nur mit großem Aufwand beschreibbar und vom jeweiligen Sonnenstand abhängig. Die maximale Außenbeleuchtungsstärke ist erheblich höher und kann unter den bereits genannten Bedingungen etwa 100.000 lx erreichen.

Die Beleuchtungsstärken im Innenraum steigen entsprechend an, zumindest in der Strahlungsrichtung der Sonne und der gegenüberliegenden Himmelsaufhellung (am Horizont). Diese Zugewinne können nur im Sinne einer lokalen Wahrscheinlichkeit planerisch mit einbezogen werden. Die damit verbundenen thermischen Belastungen sind hoch. (Bild A.117)

- c) Der *bewölkte Himmel* entzieht sich der planerischen Kalkulation, da er von den meteorologischen Verhältnissen verbunden mit schnellem Wechsel abhängig ist. Auch hier kann höchstens von lokalen Wahrscheinlichkeiten der Sonnenscheindauer operiert werden. Die beim bewölktem Himmel auftretenden *Lichtstimmungen* haben hohen emotionalen Wert.

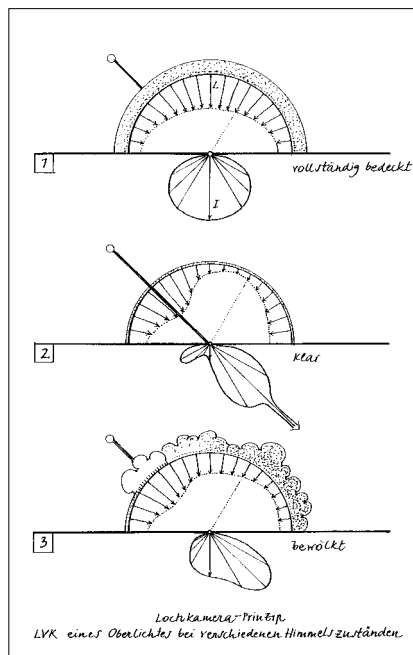


Bild A.118 Lichtverteilung und Himmelszustände /A.87/

FAZIT:

Das Himmelslicht ist die Energiequelle für jede Tageslichtöffnung, so auch für das Oberlicht. Die Lichtverteilung des Oberlichtes ist abhängig vom Himmelszustand. Benützt man das Lochkamera-Prinzip, so lassen sich die zu erwartenden Lichtverteilungen, wie bei einer Leuchte, als Lichtverteilungskurve (LVK) darstellen. (Bild A.118)

A.3.6 Lichtverteilung/Kanalisation

Benutzt man das Lochkamera-Prinzip, so lässt sich die Lichtverteilung eines Oberlichtes wie die Lichtverteilungskurve einer Leuchte für alle Himmelszustände darstellen. Hier wird aus den bereits beschriebenen Gründen der *vollständig bedeckte Himmel* zugrundegelegt. Anschaulicher als die Lichtverteilungskurve, die Lichtstärken zeigt, und für die grafische Beurteilung des mit Tageslicht erfüllten Volumens geeigneter ist die Darstellung als *radialer Tageslichtquotient* D_r , d. h. als Mantellinie, auf der, bezogen auf die Position der Oberlichtöffnung, der D_r -Wert konstant bleibt, z. B. 1% der Außenbeleuchtungsstärke.

Die Kennlinien des radialen Tageslichtquotienten 1, 2, 3 ... usw. umhüllen einander zwiebelschalenartig in exponentialen Abständen und ergeben den spezifischen Lichtverteilungskörper. (Bild A.119)

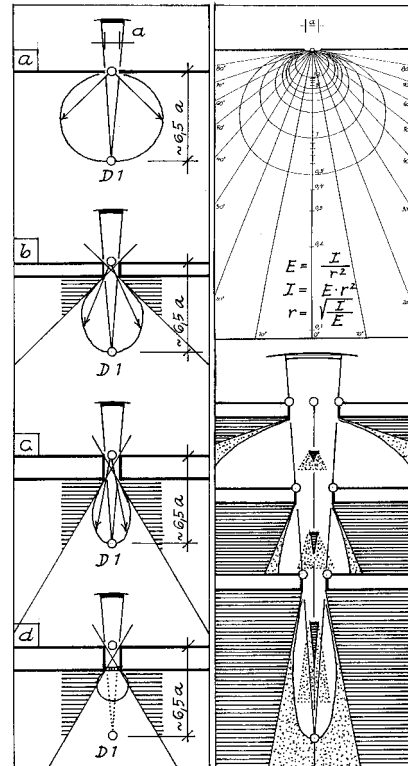
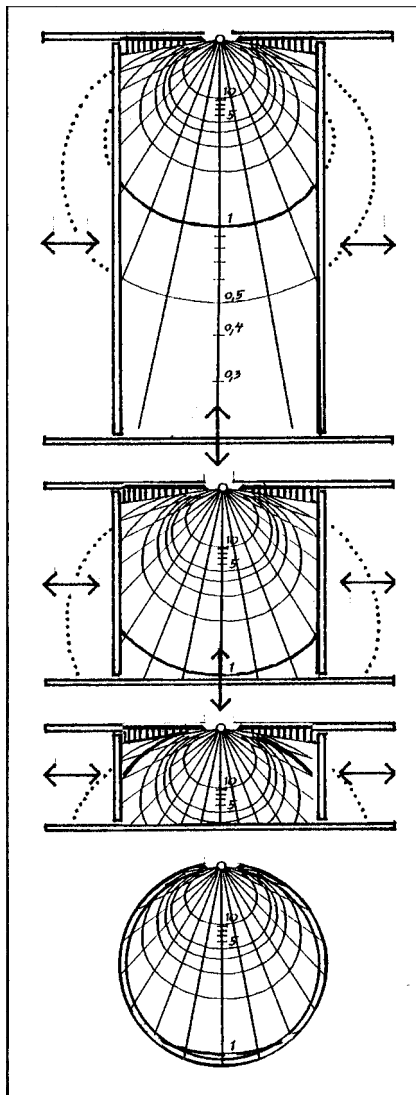


Bild A.119 Lichtverteilung und Kanalisation/A.50/

a) Bei einer *dünnen Raumphülle*, membranartiges Diaphragma, entspricht die *Kennlinie* des hier behandelten *Oberlichtes* einer abgeplatteten Kreisform bzw. dreidimensional betrachtet einer abgeplatteten Kugelform. Die maximale *Eindringtiefe* in 0-Grad-Richtung (Zenitachse) entspricht für $D_r = 1$ etwa dem 6,5-fachen der Seitenlänge der quadratischen Oberlichtöffnung.

b/c) Besitzt das Oberlicht einen Schacht, so wird die Kennlinie in Abhängigkeit von der Schachthöhe von den sie tangierenden *Schlagschatten-Grenzen* "zusammengedrückt". Das Licht erfährt eine *Kanalisation*, d. h. es kann nur noch aus den Richtungen einfallen, die innerhalb des verengten Raumwinkels liegen. Die maximale *Eindringtiefe* in 0-Grad-Richtung bleibt erhalten, solange der hier wirksame Himmelsausschnitt nicht verändert wird. Von der Schacht-*Laibung* reflektiertes Licht wird über die *Schlagschatten-Grenzen* in den Schattenraum hineingestret, was an den "Ausstülpungen" des Lichtverteilungskörpers erkennbar ist.



Lichtverteilungskörpers mit der Raumhülle /A.87/

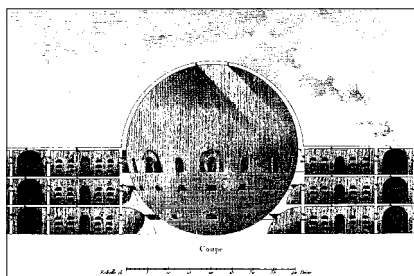


Bild A.121 Kugelraum (Friedhof, Stich von Ledoux 1736-1806) /A.7/

- d) *Streuung* im Sinne eines Lambert-Strahlers und somit Aufhebung der *Kanalisation* entsteht dann, wenn die Mündung des Oberlichtschachtes mit einem *Diffusor* verschlossen wird.

FAZIT:

Kennlinien des radialen Tageslichtquotienten formen spezifische *Lichtverteilungskörper*, die sich für die *Charakterisierung der Lichtverteilung von Oberlichtern* eignen. Je größer die *Schacht-Höhe* bemessen wird, desto ausgeprägter ist der *Kanalisationseffekt*. Je heller die *Auskleidung der Schacht-Laubung* und je idealer *streuend der Schacht-Verschluß* gewählt wird, desto mehr wird die *Lichtverteilung* abweichend von der *Normalen*, d. h. die *Streuung*, begünstigt.

A.3.7 Lichtverteilung im Raum

Engt man den quasi-stationären Lichtverteilungskörper durch Wände und Boden, also die *Raumhülle*, ein, so erkennt man an den *Freiräumen*, die zwischen *Raumvolumen* und *Lichtvolumen* verbleiben, an welchen Stellen "Kollisionen" zu erwarten sind.

An diesen Stellen wird der Lichtstrom in seiner Ausbreitungstendenz behindert und *Lichtenergie* an der *Raumhülle* verarbeitet. Die *Raumhülle* wird zum *Sekundärstrahler*. Die *Dominanz der Lichtrichtungen*, die vom *Oberlicht* ausgehen, kann durch *Vielfachinterflexion* von der *Raumhülle* aufgehoben werden, bis hin zur *Diffusität* im Raum. (Bild A.120, Bild A.122, Bild A.123)

FAZIT:

Je geringer die Raumhöhe bemessen ist, desto mehr Lichtenergie erreicht den *Fußboden* und wird von diesem *reflektiert*. *Sinngemäß gilt dasselbe für die Raumbreite*: Je geringer die *Raumbreite* ist, desto mehr *beteiligen sich die Wände* am *Energieaustausch*. *Nimmt die Raumhülle die kugelartige Form des Lichtverteilungskörpers an, so entsteht Diffusität* wie in einer *Ulbrichtschen Kugel*. (Bild A.121)

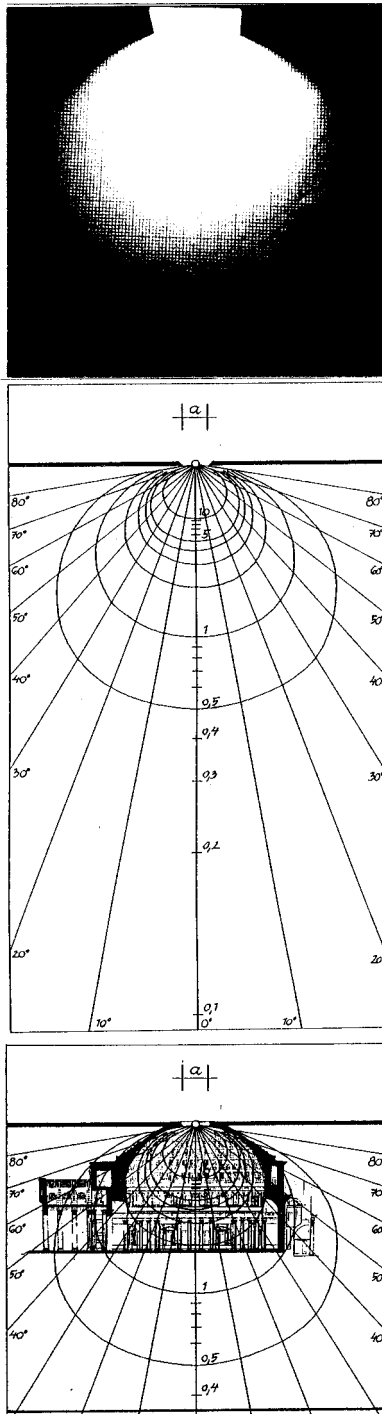


Bild A.122 Oberlicht - Quasistationärer Lichtverteilungskörper und spezifischer Raumquerschnitt (Pantheon in Rom) /A.54/

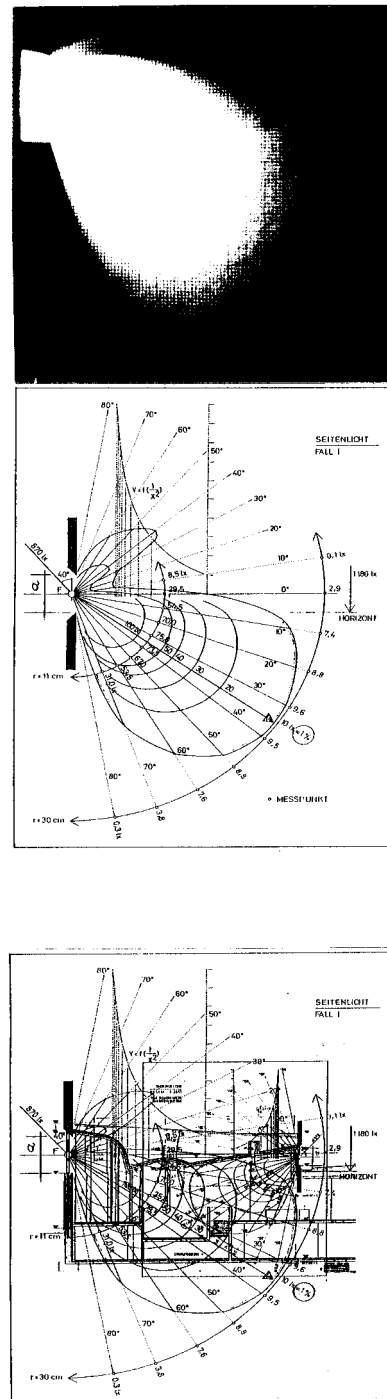


Bild A.123 Seitenlicht - Quasistationärer Lichtverteilungskörper und spezifischer Raumquerschnitt (Bibliothek in Seinäjoki) /A.54/

A.3.8 Lichtverteilung und Raumhülle

Trifft Lichtenergie auf die *Raumhülle*, wie vor beschrieben, so wird diese beleuchtet. Die Beleuchtungsstärkeverteilung, und auch die Leuchtdichteverteilung, sind abschätzbar und berechenbar, indem man die *Kennlinie* des radialen Tageslichtquotienten mit der Raumhülle schneidet und am Schnittpunkt Einstrahlungsrichtung und Flächennormale über die *Cosinus-Kugel* in Beziehung setzt. Alternativ lässt sich natürlich die Lichtstärke in Richtung des betrachteten Punktes auf der Raumhülle bestimmen und aus ihr die Beleuchtungsstärke berechnen.

Die hier ermittelte Beleuchtungsstärke ergibt den *Direktanteil*. Bei hohen Reflexionsgraden der Raumhülle kann sich der *Direktanteil* durch den *Indirektanteil* verdoppeln. Andererseits kann der Direktanteil einer offenen Lichtöffnung, so wie bei dem hier diskutierten Lichtverteilungskörper, durch Verglasung, Versprossung und Verschmutzung um bis zu 50% reduziert werden, so dass ein Ausgleich zwischen vernachlässigtem Indirektanteil einerseits und vernachlässigten Minderungsfaktoren andererseits, zumindest für den Planungsansatz, als Orientierungshilfe ausreicht. (Bild A.124, Bild A.125)

Ist die *Himmelsleuchtdichte* bekannt, so kann die Beleuchtungsstärke an einem Raumpunkt berechnet werden. (Bild A.126) Sind die lichttechnisch relevanten Daten innerhalb des Gesichtsfeldes ermittelt, so kann das Sehmodell zur Beurteilung der Situation herangezogen werden. (Bild A.127)

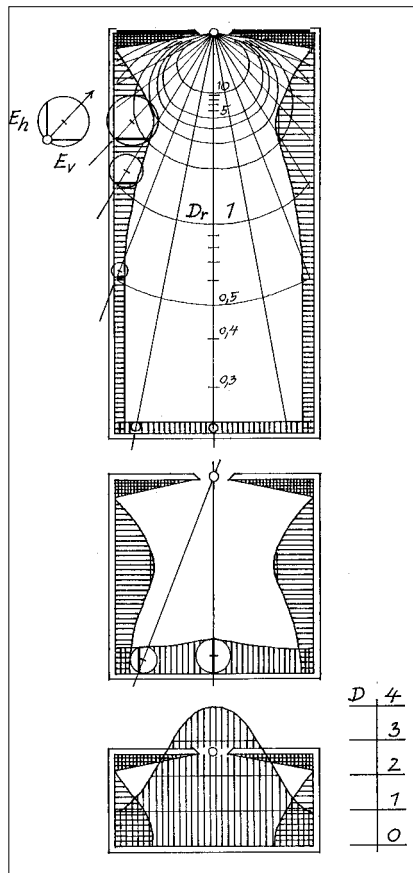


Bild A.124 Beleuchtungsstärkeverteilung (Direktanteile) und Volumen /A.87/

FAZIT:

Die Kenntnis des Lichtverteilungskörpers eines Oberlichtes veranschaulicht die Beleuchtungssituation. Je näher Wände und Boden am Oberlicht liegen, desto höher ist das Beleuchtungsniveau und desto geringer ist die Gleichmäßigkeit. Sinngemäß gilt auch die Umkehrung: Je weiter Wände und Boden vom Oberlicht entfernt sind, desto mehr sinkt das Beleuchtungsniveau zugunsten der Gleichmäßigkeit.

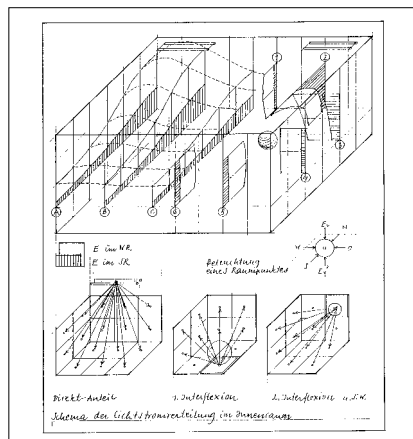
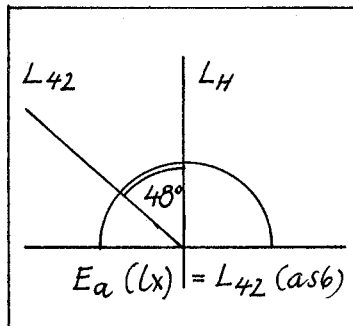
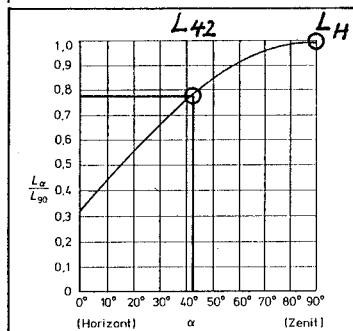


Bild A.125 Direkt- und Indirektanteile im Weißen Raum /A.53/



E_a	5.000 lx
L_{42}	7.600 cd/m ²
L_H	2.700 cd/m ²
A	1 m ²
I	2.700 cd
E	50 lx (D1)
r	6,5 m



Relativer Verlauf der Leuchtdichte zwischen Horizont ($\alpha = 0^\circ$) und Zenit ($\alpha = 90^\circ$) bei gleichmäßig bedecktem Himmel

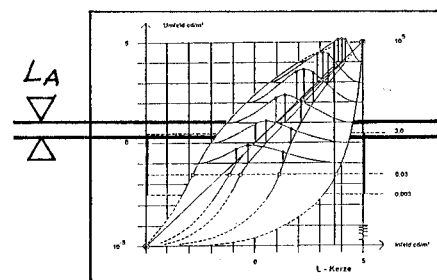
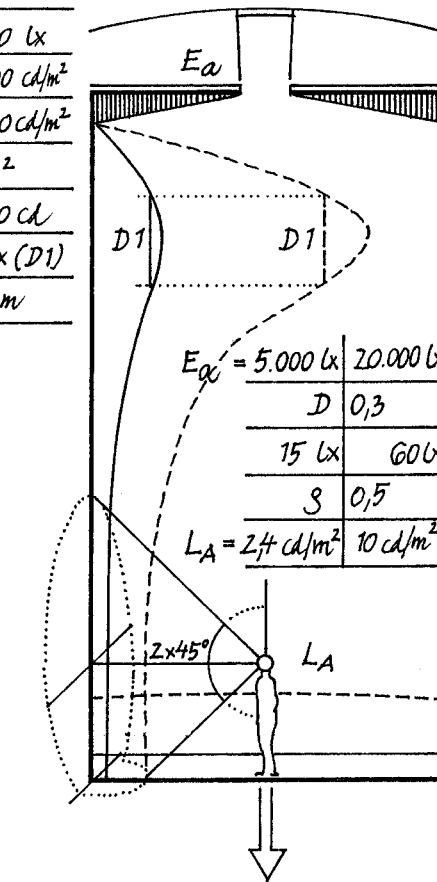
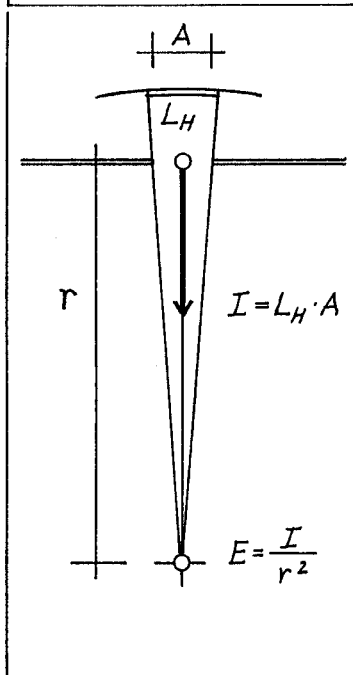


Bild A.126 Himmelsleuchtdichte und Beleuchtung eines Raumpunktes /A.54/

Bild A.127 Leuchtdichteverteilung und Adaptationsniveau (Sehmodell) /A.87/

A.3.9 Position von Objekten

Zwischen *Oberlicht* und *Position des Objektes* besteht eine enge Beziehung, die sich in der Modellierung ausdrückt: (Bild A.128)

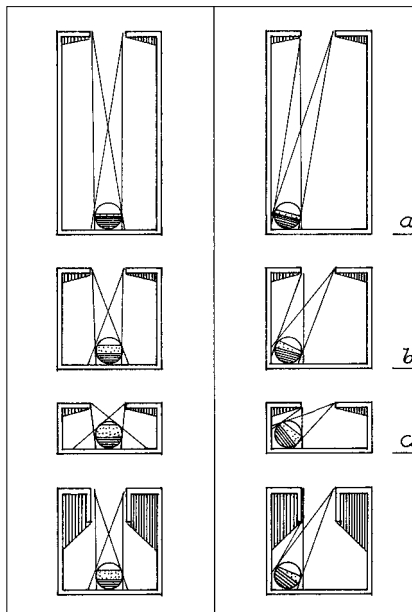


Bild A.128 Oberlichtdistanz und Objekt /A.87/

- a) Bei großen Distanzen zwischen Oberlicht und Objekt herrscht ein niedriges Beleuchtungsniveau und eine hohe Gleichmäßigkeit auf der *Präsentationsebene* des Objektes. Es ist in diesem Falle unerheblich, ob sich das Objekt unter dem Oberlicht oder seitlich verschoben befindet. Die Zone der Textur-Modellierung auf dem Objekt ist, bedingt durch den großen Abstand, klein. Halbschatten und Kernschatten sind ebenso wie der Eigenschatten schwach ausgeprägt. Das Objekt wird vom Sekundärlicht aus einer Vielzahl von Richtungen mäßig modelliert.
- b) Reduziert man die Distanz, so steigt das Beleuchtungsniveau bei sinkender Gleichmäßigkeit zugunsten der *Präsentationsebene* des Objektes, da sie sich zu artikulieren beginnt. Die Zone der Textur-Modellierung dehnt sich aus und die Schattenbildung wird markanter. Die Direktbeleuchtung des Objektes dominiert gegenüber Sekundärlicht. Eine Verschiebung aus der Achse des Oberlichtes zu dessen Rand hin macht sich positiv bemerkbar, da nicht nur die Kuppe, sondern auch die Flanke beleuchtet wird.
- c) Bei geringer Distanz zwischen *Oberlicht* und *Objekt* wird die Wechselbeziehung sehr empfindlich. Beleuchtete Kuppe, modellierte Zwischenschatten und Eigen- sowie Kern- und Halbschatten kontrastieren deutlich. Eine Verschiebung des Objektes entgeht nicht der aufmerksamen Beobachtung. Der plastische Eindruck geht signifikant verloren, sobald das Objekt aus dem Lichtschwerpunkt herausbewegt wird.

FAZIT:

Die Annäherung von Oberlicht und Objekt verbessert deren Zuordnung. Seitliche Versetzungen an den Rand des Oberlichtes verbessern die Modellierung im Gegensatz zu Positionen unmittelbar im Lot. Eine Annäherung von Oberlicht und Objekt kann auch durch einen Schacht-Untersatz erreicht werden.

A.3.10 Figurationen

Eine besondere Bedeutung für die Wirkung des Raumes hat die *Figuration des Oberlichtes*. Nicht die Höhe der mittleren Beleuchtungsstärke auf der Fußbodenebene, sondern der Bezug zu den vertikalen Begrenzungen, den Wänden, und das *Perforationsbild* der Decke sind visuell entscheidend: (Bild A.129)

- a) Ein Oberlicht in Raummitte wirkt für sich, bleibt aber isoliert.
- b) Vier Oberlichter, jeweils den Raumecken zugeordnet, wirken raumbildend. Die beleuchteten Ecksituationen reichen aus, um die Dimension des Raumes abzuschätzen. Die Zwischenzonen werden mental eingefügt.
- c) Oberlichter, in Raummitte gereiht, erfassen einen Teil der Stirnwände. Die Längsausdehnung ist taxierbar. Bei der Abschätzung der Breitenausdehnung treten Unsicherheiten auf. Der Raum wirkt nicht als Einheit, sondern geteilt.
- d) Oberlichter, an den Längswänden gereiht, unterstützen die perspektivische Wahrnehmung des Raumes. Die Mitte wird mental ergänzt. Der Raum wirkt einheitlich.
- e) Oberlichter, in einem quadratischen Raster geordnet, markieren die Ausdehnung der Decke, was hilfreich ist, da die Decke im Gesichtsfeld präsent ist. Die Wände werden in Längs- und Querrichtung visuell wirksam. Allerdings wird die Raumwirkung auch vom Verhältnis der offenen und geschlossenen Deckenflächenanteile ("Ornament") im positiven oder negativen Sinne bestimmt.
- f) Oberlichter als deckenfüllendes Raster aus Pyramidenschächten ergeben den Eindruck einer schwebenden Decke, die den gesamten Raum mit Licht erfüllt, als größtmöglichen Kontrast zu Figuration a).

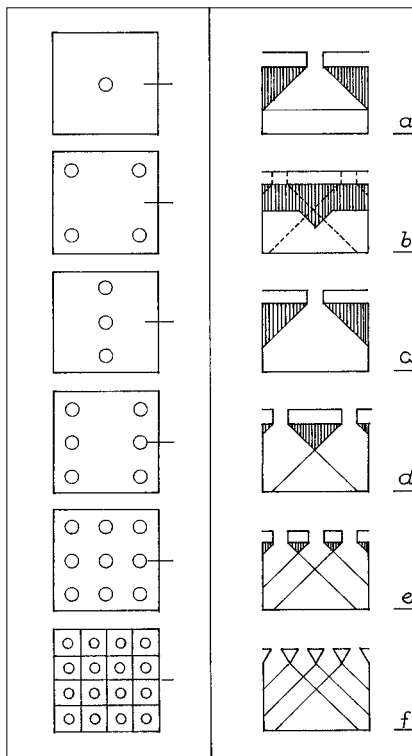


Bild A.129 Oberlichtfigurationen ("Ornament" aus offenen und geschlossenen Deckenflächenanteilen) /A.87/

FAZIT:

Helligkeit und Gleichmäßigkeit der Raumbeleuchtung sind Parameter der Raumqualität. Ebenso wichtig sind jedoch auch die Parameter Ablesbarkeit der Raumdimension und Einprägsamkeit des "Ornamentes", das durch die Figuration der Oberlichter entsteht.

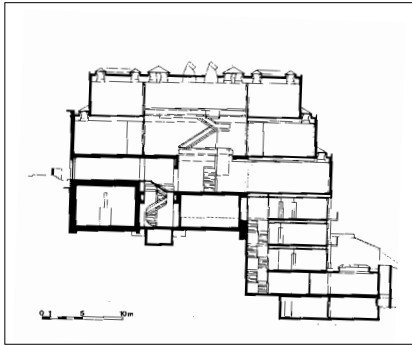


Bild A.130 Oberlichtschacht und Lichtlenkauskleidung (Kunstmuseum Bern 1983 / Atelier 5) /A.20/

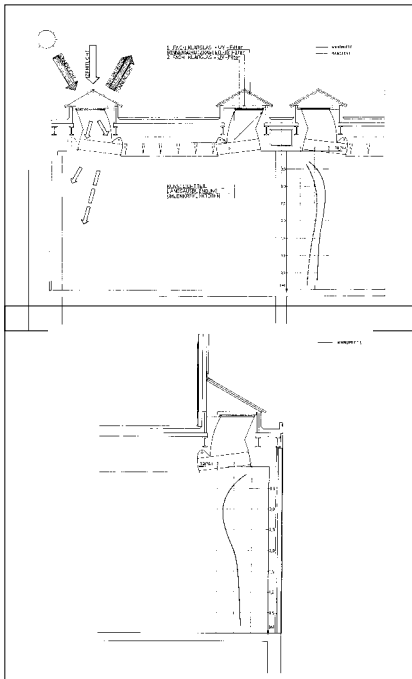


Bild A.131 Wandakzentuierende Raumbelichtung (Kunstmuseum Bern 1983 / Atelier 5) /A.20/

A.3.11 Helligkeitsverteilung im Raum

Die Analyse der Abbildung eines Raumes im *Gesichtsfeld* zeigt, dass horizontale Flächen, die nur tangierend gesehen werden, wie Fußboden und Arbeitsebenen, keineswegs dominant erscheinen, sondern dass das "Bild des Raumes" von allen Hüllflächen, besonders aber von den einsehbaren vertikalen Flächen bestimmt wird. (Bild A.130, Bild A.131) Die *Hell-Dunkel-Verteilung* auf der Raumhülle hat wesentlichen Einfluss auf das *Verhalten* und *Befinden* im Raum: (Bild A.132)

- a) schweben, ... Freiheit, Leichtigkeit, Tagesempfinden.
- b) tauchen, ... Last von oben,
- c) auftreten, ... Boden ist sicher,
- d) behütet sein, ... Urtyp Halle,
- e) verweilen, ...Ausgang seitlich möglich,
- f) Hindernis links beachten, ... nach rechts ausweichen,
- g) auf Kurs bleiben, ... beidseitig Hindernisse,
- h) in der Mitte bleiben, ... seitlich ungewiss,
- i) Licht von oben beachten, ... Urtyp Hofhaus,
- j) eingefangen, ... auf den Boden setzen,
- k) abwarten, ... Höhlengefühl, Nachtempfinden,
- l) sich wundern, ... Last schwebt oben,
- m) geborgen sein, ... Wanne bietet Schutz,
- n) pendeln, ... bergende und offene Form,
- o) vorwärts bewegen, ... Licht in Sicht, Urtyp Me-garon,
- p) vorne bleiben, ... hinten kein Durchkommen.

Bemerkung: Die aufgelisteten Interpretationen sind nicht als ausschließliche Wirkungen zu verstehen, da in der Realitäten weitere Faktoren überlagert sind. Die Interpretationen können aber dazu anregen, sich vorzustellen, wie breitgefächert die Assoziationen des Beobachters / Nutzers sein können.

FAZIT:

Die Festlegung von Beleuchtungsstärken und Leuchtdichten auf horizontalen Arbeitsebenen liefert einen Anhalt für die funktionale Brauchbarkeit und die dort möglichen Sehleistungen. Damit ist aber noch keine Aussage über den Raumcharakter und die Anmutung des Raumes verbunden.

A.3.12 Raumfolgen

Durch die Unterteilung oder Verkettung von Einzelräumen entstehen *Raumfolgen*. Sie führen zur Steigerung des *räumlichen Erlebens*, da *Großformen* durch *Kontraste* bereichert werden: (Bild A.133)

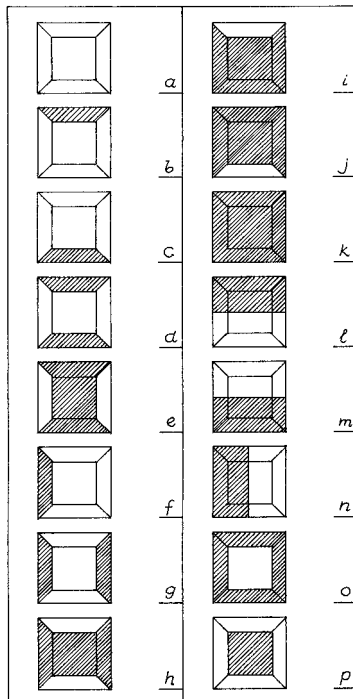


Bild A.132 Bild des Raumes /A.87/

- a) Ein die Längswände begleitender Stützen-*Rhythmus*, oder besser noch ein Rhythmus im Sinne einer arithmetischen oder geometrischen Reihe, unterstützt die perspektivische Raumwirkung.
- b) Die *Teilung* eines Raumes durch ein Portal in ein größeres vorderes und ein kleineres hinteres Volumen, das heller ist, bedeutet Steigerung und räumliche Dynamik.
- c) *Rhythmische Anordnungen* von Lichtöffnungen, die nicht eingesehen werden können, die aber die Raumhülle modellieren, bewirken eine sanfte Dynamik. Würde man den Raum in der Gegenrichtung begehen, ginge diese Wirkung verloren, da der freie Ausblick die *Raumillusion* zerstört.

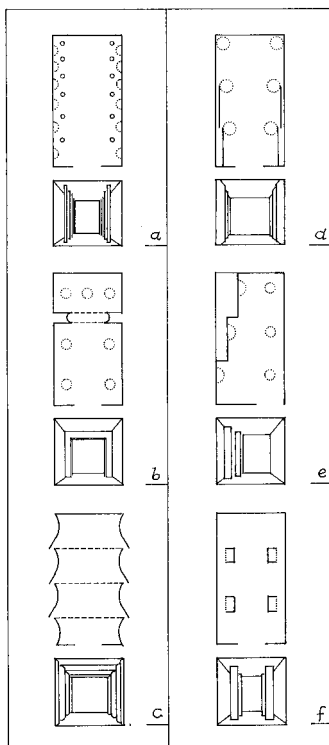


Bild A.133 Ansätze der Raumgestaltung /A.87/

- d) Die *teleskopartige Gliederung* eines Raumes, bei der sich die Teleskopflächen nach vorne aufhellen, erzeugt ebenfalls räumliche Dynamik, da sich die Helligkeit durch die Anhebung der Reflexionsgrade steigert.
- e) *Rhythmische Verengungen* des Raumquerschnittes erzeugen, auch bei gleichbleibender Lichtzufuhr von oben, wachsende Helligkeiten mit zunehmender Raumtiefe. Dieser Effekt wird durch die perspektivische Wirkung der Verengung unterstützt und führt ebenfalls zu räumlicher Dynamik.
- f) Die *Zerlegung* eines Raumes durch Schacht-*Durchdringungen*, die weit in den Raum hineingeführt oder wie Pfeiler ausgebildet und mit einem seitlichen Schacht-*Fenster* versehen sind, führt zu einer Abkammerung von Raumzonen, die nicht mehr von einem Standort übersehen werden können. Der Beobachter wird "gezwungen", sich vom *statischen Sehens* zu lösen, den Raum zu begehen und mit Hilfe des *dynamischen Sehens* zu erkunden.

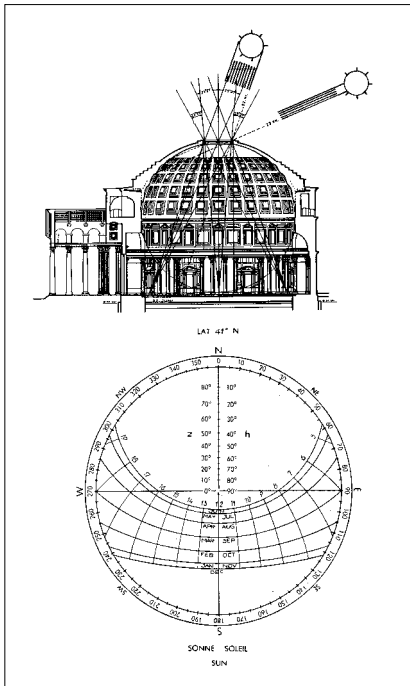
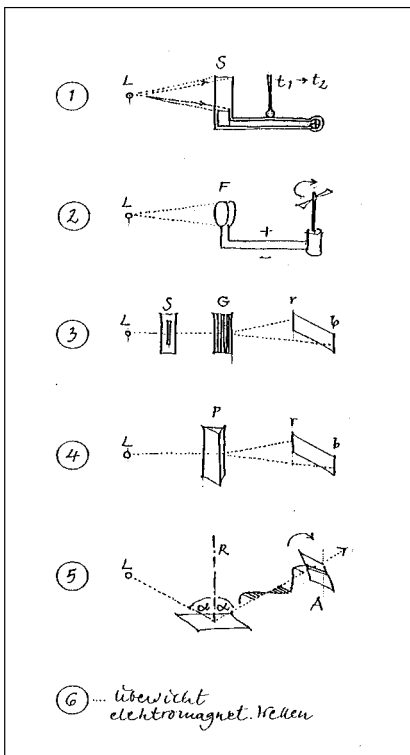


Bild A.134 Pantheon und Sonne /A.35/
, /A.62/

FAZIT:

Die gewählten Beispiele, die sich in den bunten Bereich fortsetzen ließen, erheben keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit bei der Suche nach wirksamen Ansätzen der Raumgestaltung. Sie können aber den am Raum Interessierten animieren, nach weiteren Lösungsmöglichkeiten Ausschau zu halten und die Idee Raum auszuschöpfen.

Hierzu sollen die offerierten Entscheidungs- und Planungshilfen anregen, die, mit der "Natur des Lichtes" (Bild A.135, Bild 135) in Einklang gebracht, den Kreis vom Licht zur Architektur schließen.



Licht und Wärmeenergie

Licht und elektrische Energie

Licht und Brechung

Licht und Reflexion

Licht und Reflexion/Polarisation

Licht und elektromagnetische
Wellen/Lichtquanten

Bild A.135 "Natur des Lichtes",
fünf Experimente nach H.R. Striebel
/A.60/ (Zeichnung von V. Schultz)

A.3.13 Schlussbemerkung

Der vorliegende theoretische Teil des Forschungsprojektes des FVLR wird durch einen praktischen Teil fortgesetzt. Hierbei werden, aufbauend auf den geschaffenen Grundlagen und der mit diesen verbundenen Terminologie, Oberlichträume mit unterschiedlichen Nutzungen, Anforderungen und Oberlichtfigurationen diskutiert.

Die Beurteilung der Oberlichträume erfolgt in einer Kriterienabfolge, die einen Überblick und Vergleiche ermöglicht.

A.4 LITERATUR

A.4.1 Literaturstellen im Text

- /A.1/ Bodmann, H. W.: Zur Frage einer allgemeingültigen Hellempfindungsskala, *Lichttechnik* 1/1961, 13. Jhrgg.
- /A.2/ Bodmann, H. W., Voit, E. A.: Versuche zur Beschreibung der Hellempfindung, *Lichttechnik* 8/1962, 14. Jhrgg.
- /A.3/ Flagge, I. (Hrs.), *Jahrbuch Licht und Architektur 2000*, Rudolf Müller, Köln, 2000
- /A.4/ Lingelbach, B.; Haberich, F. J.: Psychophysische Messungen zur Bereichseinstellung der Helligkeitswahrnehmung, Vortrag *FARB-INFO '79, Hamburg, Farbe + Design 15/16*, Verlag Farbe + Design, Gaildorf, 1980
- /A.5/ Lübbe, E.: Farbmessung unter Einschluß der Umfeldhelligkeit, Vortrag *FARB-INFO '99*, BAM BERLIN, 06. Nov. 1999
- /A.6/ Krzeszowiak, T.; Berger, W.: Farbe - elektromagnetische Strahlung und ihre psychophysiologische Wirkung, Vortrag *FARB-INFO '99*, BAM Berlin, 04. Nov. 1999
- /A.7/ Münchener Stadtmuseum, *Katalog Revolutionsarchitektur*, herausgegeben in Zusammenarbeit mit dem Institute for the Arts, Rice University, HoustonMünchen, 1971(Bild A.121)
- /A.8/ Rasmussen, S. E.: *Experiencing Architecture: Daylight in Architecture*, The M. I. T. Press, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge USA, 1959
- /A.9/ Schultz, V.: *Lichtführung im Architektonischen Raume, ...*, Dissertation, TU München, 1975
- /A.10/ Schultz, V.: Raumbelichtung und Raumwirkung am Beispiel der Asamkirche in München, ..., *Lichttechn. Gemeinschaftstagung in Berlin 1980, Bd. 1*, S. 168-174
- /A.11/ Schultz, V.: Tageslichtführung und Raumwirkung am Beispiel der Bagsvaerdkirche in Kopenhagen, *Lichttechn. Gemeinschaftstagung in Lugano 1982, Bericht*, S. 537-548
- /A.12/ Schultz, V.: Architekturmodell-Untersuchungen zur Beleuchtung von Museumsräumen mit Tageslicht, *Lichttechn. Gemeinschaftstagung in Baden b. Wien, 1986, Bd. 1*, S. 194-202
- /A.13/ Schultz, V.: Das Panorama des 19. Jh., ein Musterbeispiel beherrschter Adaptation, *CIE 21. Tagung in Venedig, 1987, Bd. 1*, S. 246-247
- /A.14/ Schultz, V.: Wahrnehmung Architektonischer Räume, ..., *VII. LUX Europa in Edinbourgh, 1993, Vol. II*, S. 921-924
- /A.15/ Schultz, V.: Ausbildung von Architekten und Innenarchitekten im Lichtlabor der FH-Lippe / Abt. Detmold, *Lichttechn. Gemeinschaftstagung in Bregenz, 1998, Tagungsband*, S. 709-713

- /A.16/ Walraven, P.: Neuere Untersuchungen zur Farbfehlsichtigkeit, Vortrag *FARB-INFO '99*, BAM Berlin, 05. Nov. 1999

A.4.2 Literaturhinweise zu den Bildern

(Bildnummern in Klammern)

- /A.17/ Aalto, Alvar: *Studien für die Bibliothek in Viipuri*, 2. Auflage, Verlag für Architektur Zürich 1963 (Bild A.16)
- /A.18/ Aalto, A.: Bibliothek in Seinäjoki, *Arkkitehti 2/1968* (Bild A.21)
- /A.19/ Bartenbach, Chr.: Planungs- und Ausführungsprobleme-Leuchtstofflampen, *Der Architekt 10/1983* (Bild A.86)
- /A.20/ Bartenbach, Chr.: *Tageslichtplanung*, Ammann Verlag, Zürich, 1983 (Bild A.130, Bild A.131)
- /A.21/ Bartenbach, Chr.: Inszenierung des Lichtes, *VfA Profil 4/1995* (Bild A.89)
- /A.22/ Blaser, W.: *Objektive Architektur*, Scherpe Verlag, Krefeld, 1970 (Bild A.102)
- /A.23/ Brüel & Kjaer, Spektrale Augenempfindlichkeit des Menschen, *Technical Review 2/1986* (Bild A.88)
- /A.24/ Cantacuzino, S.: *European Domestic Architecture*, Studio Vista Ltd., London, 1969 (Bild A.17)
- /A.25/ CIE Publication No. 22, 1973 (Bild A.117)
- /A.26/ CRB Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, Zürich, 1999 (Bild A.103, Bild A.104)
- /A.27/ Döllgast, H.: *Gebundenes Zeichnen/Zweiter Teil*, Otto Maier Verlag, Ravensburg, 1953 (Bild A.49)
- /A.28/ Eder, J.M.: *Das Atelier und Laboratorium des Photographen*, Verlag Knapp Halle a. S., 1893, Reprint Edition "libri rari" Th. Schäfer GmbH, Hannover, 1983 (Bild A.80)
- /A.29/ Frandsen, S.: Die Skala des Lichtes, S. 108-112, *Internationale Lichtschau 3/1987* (Anm.: Der Beitrag ist eine Kurzfassung der Veröffentlichung in dänischer Sprache aus 1984) (Interpretation für Oberlicht und Zeichnung von Volkher Schultz: Bild A.76)
- /A.30/ Geist, J.F.: *Passagen ...*, Prestel, München, 1969 (Bild •)
- /A.31/ Graefe, R.: *Zur Geschichte des Konstruierens*, DVA, Stuttgart, 1989 (Bild A.20, Bild A.85)
- /A.32/ Heißenberg, C.: Studienarbeit FH-Lippe 1991 (Betreuung Schultz, V.) (Bild A.98)
- /A.33/ Hubel, D. H.: *Auge und Gehirn*, Spektrum der Wissenschaft, Verlagsgesellschaft, Heidelberg, 1989 (Bild A.59)
- /A.34/ Insel Hombroich, *Museumsprospekt Hombroich*, 1996 (Bild A.5)
- /A.35/ Lange, H.: *Handbuch für Beleuchtung*, 6. Ergänzungslieferung, ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg a. L., 1999 (Bild A.51)

- /A.36/ Le Doux, J. E.: Das Gedächtnis für Angst, *Spektrum der Wissenschaft* 8/1994 (Bild A.43)
- /A.37/ Liebenwein, W.: Licht und Schatten in der Architektur der Renaissance, Casa Mantegna in Mantua, S. 387, *Der Architekt* 9/1990 (Bild A.25)
- /A.38/ *Lippische Landeszeitung* Nr. 46, 24. Febr. 2000 (Quelle: G. Baehr, Wasmuths Lexikon der Baukunst 1929/30) (Bild A.92)
- /A.39/ Petersen, C.: *Fåborg Museum 1912-15*, Zeichnung, überarbeitet von N. F. Truelsen bei Restaurierung und Erweiterung 1982 - 85 nach Originalzeichnungen von C. Petersen 1912, Sonderdruck Fåborg Museum (Bild A.65)
- /A.40/ Pevsner, Fleming, Honour: *Lexikon der Weltarchitektur, Bd. 2*, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbeck b. Hamburg, 1976 (Bild A.84)
- /A.41/ Radig, W.: *Frühformen der Hausentwicklung in Deutschland*, Henschelverlag, Berlin, 1958 (Bild A.17)
- /A.42/ Redeker, H.: Studienarbeit FH-Lippe 1991, (Betreuung Schultz, V.) (Bild A.97)
- /A.43/ Schober, H.; Rentschler, I.: *Das Bild als Schein der Wirklichkeit*, Moos Verlag, München, 1972 (Bild A.41, Bild A.46)
- /A.44/ Schonebohm, U.: Studienarbeit an der FH-Lippe 1985 (Betreuer Schultz, V.)¹ (Bild A.23, Bild A.24)
- /A.45/ Schreyll, K. H.; Neumeister, D.: *Kritischer Katalog*, Gebr. Mann Verlag, Berlin, 1972 (Bild A.10)
- /A.46/ Schultz, V.: *Licht '82* (Bild o)
- /A.47/ Schultz, V.: Hypnotische Raumkunst, Das Glashaus von Bruno Taut, *Glasforum* 2/1986, S.11-14 (Bild A.39)
- /A.48/ Schultz, V.: Wettbewerbsentwurf für Bonner Kunstmuseum 1986, *deutsche bauzeitung db* 1/1987 (Bild A.68)
- /A.49/ Schultz, V.: Lichtlabor der FH-Lippe / Abt. Detmold, Entwurf und Ausführung 1975-98, *deutsche bauzeitung db* 1/87 (Bild A.87)
- /A.50/ Schultz, V.: Lichtstudien an Architekturmodellen, VI. *LUX Europa in Budapest, 1989, Bd. 2*, S. 349-359 (Vorarbeit für Bild A.119)
- /A.51/ Schultz, V.: *Lux Europa Edinburgh 1993*, Überarbeitung 1996 (Bild A.100)
- /A.52/ Schultz, V.: Farbe im Raum, *Color-Group Bulgaria in Varna, 1995, Bericht*, S. 27-30 (Bild A.58)
- /A.53/ Schultz, V.: 20 Jahre Lichtlabor, ..., *Schriftenreihe der Fachhochschule Lippe, Heft 17/1997* (Bild A.109, Bild A.125)

1. Die Modellstudien wurden im WS 1984/1985 an der FH-Lippe im Rahmen des Innenarchitekturstudiums durchgeführt. Thema: Tageslichtkonzepte des niederländischen Architekten Hendrik Petrus Berlage in den 30er Jahren für das Gemeindemuseum in Den Haag.

- /A.54/ Schultz, V.: Lichtführung im Architektonischen Raume, ..., *Dissertation, TU München, 1975*, Bild A.34, Bild A.35, Bild A.18, Bild A.19, Bild A.126 (und Vorarbeit für Bild A.122, Bild A.123)
- /A.55/ Schultz, V.: Foto vom Zustand 1984, *Neue Carlsberg Glypthotek in Kopenhagen 1892-97, von J. V. Dahlerup, Schwarzer Saal, 1984* (Bild A.66)
- /A.56/ Schultz, V.: *Wettbewerbsentwurf für Bonner Kunstmuseum, deutsche bauzeitung db, 1987* (Bild A.68)
- /A.57/ Salmen, E.: *Studienarbeit an der FH-Lippe 1987* (Betreuer Schultz, V.)¹ (Bild A.35)
- /A.58/ Singer, W.: *Hirnentwicklung und Umwelt, in Wahrnehmung und visuelles System*, Spektrum der Wissenschaft, Verlagsgesellschaft, Heidelberg, 1986 (Bild A.45, Teil von Bild A.40)
- /A.59/ Staatliche Museen zu Berlin, *Gemäldegalerie Berlin von Hilmer & Sattler, 1998* (Bild A.4)
- /A.60/ Striebel, H.R., *Licht '82* (Bild A.135)
- /A.61/ Tonne, F.: *Besser Bauen*, Verlag Karl Hofmann, Schorndorf b. Stuttgart, 1954 (Teil von Bild A.115)
- /A.62/ Tonne, F.; Freymuth, H.: *Sonnenstandsblatt*, Institut für Tageslichttechnik, Stuttgart, 1982 (Bild A.134)
- /A.63/ Tuchschnid, E.; Müller, H.: Fensterplanung im Industriebau, *Schweizerische Technische Zeitschrift 38/39, 1966* (Bild A.96)
- /A.64/ Voltelen, M.; Frandsen, S. u.a.: Die Skala des Lichtes, Projekt der Kopenhagener Architekturhochschule 1979-1982 unter der Leitung von Frandsen, S., *Internationale Licht Rundschau 3/ 1987, Der Architekt 9/1990* (Bild A.76)
- /A.65/ Rembold, J. Chr. (Übersetzer, Verfasser unbekannt): *Perspektiv-Reiß-Kunst*, Verleger Jeremias Wolff, Augsburg 1710; Reprint C.R. Vincentz Verlag Hannover, 1977 (Bild A.77)
- /A.66/ Philips Messestand Hannover 1986, Aufzeichnung Volkher Schultz (Bild A.79)
- /A.67/ Kunsthalle Hamburg (Bild A.71)
- /A.68/ Wangerin, G.; Weiss, G.: Heinrich Tessenow - Ein Baumeister 1876-1950, Verlag Richard Bacht GmbH, Essen, 1976. S. 244-246 (Bild A.27)
- /A.69/ Moos, St. von: Stein und Schein, Materialgerechtigkeit im Wandel der Zeit, *Bauwelt 3/2000* S. 27-31 (Bild A.28, Bild A.3)

1. Die Modellstudie wurde im WS 1986/87 an der FH-Lippe im Rahmen des Innenarchitekturstudiums durchgeführt. Thema: Tageslichtkonzept der dänischen Architekten Hans Dissing und Otto Weitling 1986 für die Kunstsammlung NRW in Düsseldorf, insbesondere im Hinblick auf Raum- und Objektwirkung in Abhängigkeit von der Ausbildung der Raumhülle.

- /A.70/ Flagge, I.: Silkeborg-Museum, *Der Architekt* 11/1991, S. 557 (Bild A.38)
- /A.71/ Fleig, K.; Aalto, A.: *Bibliothek zu Viipuri 1930-1935*, Verlag für Architektur (Artemis) Zürich, 2. Auflage, 1963, S. 44-59 (Bild A.37)
- /A.72/ EXPO 2000 Hannover (Werbespot), *Süddeutsche Zeitung Magazin No. 50/1998* (Bild A.40)
- /A.73/ Wilkens, A.: Kostümfigurine für "King Arthur" *Programmheft 5 Landestheater Detmold*, Spielzeit 1999/2000 (Bild A.47)
- /A.74/ BDA Bund Deutscher Architekten, *Hans Döllgast 1891-1974*, Verlag Georg D.W. Callwey, München, 1987, S. 261 (Bild A.56); S. 196 (Bild A.90)
- /A.75/ Hintzen-Bohlen, B.: *Andalusien - Kunst & Architektur*, Könemann Verlagsges. Köln, 1999 (Bild A.57, Bild A.101)
- /A.76/ Heiss: *Grünflächenplanung Stadt Wulfen 1967*, Wien (Bild A.61)
- /A.77/ Sagan, C.: *Unser Kosmos*, Droemer Knaur, München, Zürich, 1982, S. 79 (Bild A.70)
- /A.78/ Beuys, B.; Biller, J. H.: Vier Hände und ein Halleluja, *Merian* 11/1986, S. 128-141 (Bild A.91)
- /A.79/ Rumpf, P.: Die Friedrichstadt-Passagen in Berlin Mitte, *Bauwelt* 18/19-1991, S. 972-977 (Bild A.105)
- /A.80/ Legorreta, R.: Managua Cathedral, *Architecture and Urbanism a+u* 94:10/1994, S. 10-53 (Bild A.106)
- /A.81/ Glancey J.: Entwürfe für die Médiatheque in Nîmes, *Bauwelt* 1/2-1988 (Bild A.113)
- /A.82/ Heliobus Ch-St. Gallen, *1. Projekt mit Hohllichtleiter; Schulhaus in St. Gallen, 1997* (Bild A.114)
- /A.83/ Diehl, K. L.: Bewehrt und eigenwillig, Der Ziegelbau des Eladio Dieste in Uruguay, *Bauwelt* 11/1992, S. 546-561 (Bild A.6)
- /A.84/ Aalto, A.: Hauptbau der technischen Hochschule in Otaniemi, Finnland, *Architektur und Wohnform* 8/1967, S. 536-541 (Bild A.8)
- /A.85/ Buderath, B.: Veröffentlichung zur Ausstellung vom 12. März bis 12. Juni 1990 in Frankfurt a. M.: „Peter Behrens - Umbautes Licht. Das Verwaltungsgebäude der Hoechst Aktiengesellschaft“, Prestel-Verlag, München, 1990, S. 174 (Bild A.12)
- /A.86/ Krewinkel, H. W.: Puppe in der Puppe, Buchbesprechung: O. Ungers "Die Thematisierung der Architektur", DVA, Stuttgart, in: *Glasforum* 1/1984 (Bild A.13)
- /A.87/ Schultz, V.: *Licht und Architektur* - Teilbericht des FVLR-Projekts "Tageslicht", August 2000