

Tageslichtplanung durch Lichtsimulation in der Praxis: Licht- und Schattenseiten der Tageslichtsimulation

Das Thema Tageslichtplanung beim Gebäudeentwurf ist hochaktuell - und wird im Zuge eines wachsenden Bewußtseins für Ökologie, Wohlbefinden und Wirtschaftlichkeit noch an Bedeutung zunehmen. Das gilt nicht nur für die Projektierung von Neubauten, sondern auch in zunehmendem Maße für die Sanierung alter Bausubstanz.

Wie sieht eine moderne Tageslichtplanung in der Praxis nun aus? Eine sinnvolle und vielversprechende Möglichkeit bietet der Weg über die Lichtsimulation. Dazu wird an einem virtuellen Modell des Gebäudes oder des entsprechenden Raumes (z.B. aus einer CAD heraus) reale Belichtungs- und Beleuchtungssituation rechnerisch nachempfunden; die Ergebnisse einer solchen Simulation erlauben dann Rückschlüsse auf zu empfehlende Maßnahmen bei der weiteren Planung des Gebäudes. Da jedoch die Lichtsimulation nur Mittel zum Zweck ist, ist der Aspekt der Wirtschaftlichkeit ihrer Durchführung hier immens wichtig. Dabei spielt der Zeitfaktor die größte Rolle: Eine Lichtsimulation muß sehr schnell durchgeführt werden können, kann doch eine Optimierung des Gebäudes im Planungsprozess nur durch eine angemessene Anzahl an Variationen bei der Simulation erfolgen.

Anforderungen an eine wirtschaftliche Tageslichtsimulation

Damit die Lichtsimulation in der Praxis nicht zu einem Hemmschuh für wirtschaftliche Betrachtungen in der Planung wird, muss sie eine Reihe von Kriterien erfüllen, welche die Simulation erst zu einem probaten Mittel für die Optimierung eines Gebäudeentwurfs machen. Entscheidend hierfür ist die besondere „Kooperationsbereitschaft“ der Lichtsimulation mit den anderen Fachplanern.

Zeitersparnis

Ein wesentlicher Schlüssel für eine wirtschaftliche Tageslichtplanung ist der Zeitfaktor bei der Lichtsimulation. Dies erfordert eine schnelle Eingabe der dreidimensionalen Gebäudestruktur in die Simulationssoftware, die problemlose Änderung an der Geometrie des Simulationsmodells muss gegeben sein. Ein Fassadenentwurf kann sich im Planungsprozess leicht bis zu 5 mal ändern. Ein Simulationsprogramm muss diesen Änderungen schnell folgen können; es sollte sogar vielmehr die möglichen Änderungen vorab in ausreichender Anzahl untersuchen, um nur die besten Lösungen in der weiteren Planung zu berücksichtigen. Dies setzt eine einfache Bedienbarkeit des Simulationsprogrammes voraus, denn nur so lässt sich eine gewünschte Schnelligkeit überhaupt erreichen. Darüber hinaus ist eine einfache Handhabung auch der Minimierung von Fehlerquellen bei der Erstellung der Simulation dienlich.

Des Weiteren ist es zur Zeitersparnis überaus sinnvoll, das verwendete Geometriemodell auf das Wesentliche zu reduzieren, aufwendige Details haben für die Visualisierung eines Gebäudeentwurfs zu Präsentationszwecken



Abb. 1 Standard-Raumtypen nach Prof. Sick

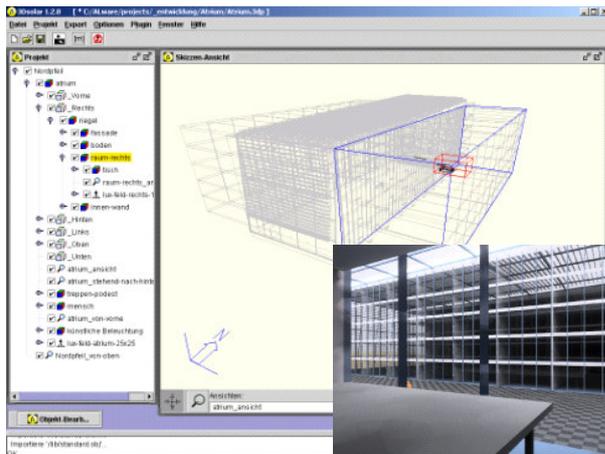


Abb. 2 Verschiebbarkeit eines Büroraums im Simulationsmodell

Vergleich zwischen Simulation und Realität



Foto kurz vor Fertigstellung
(Stand: 29.08.03)

Referenz: Sporthalle, NIGE, Esens

Abb. 3 Vergleich zwischen Simulation und Realität am Beispiel einer Sporthalle

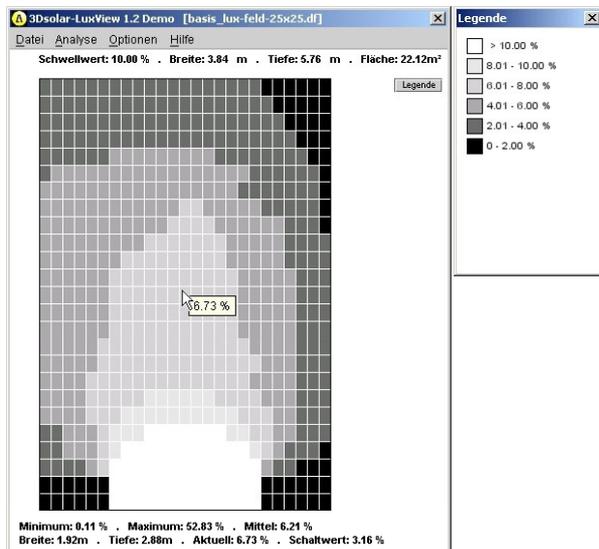


Abb. 4 Realitätsgetreu und aussagekräftig: Tageslichtquotientenverteilung in einem Büroram als Simulationsergebnis

eine nicht zu unterschätzende Bedeutung, sind aber für Aussagen zur Tageslichtsituation (z.B. in Form von Tageslichtquotienten) völlig wirkungslos. Zudem sollte bei der Reduzierung auf einfache Simulationsmodelle auf übliche Raumtypen zurückgegriffen werden. Prof. F. Sick hat in seiner Dissertation „Einfluss elementarer architektonischer Maßnahmen auf die Tageslichtqualität in Innenräumen“ acht Standard-Raumtypen beschrieben und im Hinblick auf ihre Tageslichtsituation untersucht. Diese Standard-Räume sind im Einzelnen der einseitig beleuchtete Raum ohne Verbaugung als Raumtyp 1, der zweiseitig über Eck beleuchtete unverbaute Raum als Raumtyp 2 und der zweiseitig gegenüber beleuchtete unverbaute Raum als Raumtyp 3. Raumtyp 4 bezeichnet den einseitig beleuchteten Raum mit gegenüberliegender Bebauung und Raumtyp 5 zeigt den einseitig beleuchteten Raum in einer Atriumsituation. Raumtyp 6 wird für einen Raum herangezogen, der von oben über Einzeloberlichter beleuchtet wird, als Raumtyp 7 wird er stattdessen über Dachsheds beleuchtet und als Raumtyp 8 bekommt er Tageslicht von oben über Dachlaternen. Grundsätzlich eignen sich diese Raumtypen hervorragend für die Tageslichtsimulation, zumal sie über die Modifikation ihrer Kennwerte (Ausmaße, Fensteröffnungen) parametrisiert werden können. Die Verwendung von Standard-Raumtypen ermöglicht eine äußerst rasche Anpassung der Modellgeometrie und damit impliziert der Gebäudenutzung an die jeweilige Fragestellung. So kann z.B. im Handumdrehen aus dem Vorgabe-Raumtyp 1 ein Zellenbüro, aus Raumtyp 2 ein Klassenzimmer oder Einkaufsladen mit Schaufenstern erzeugt werden, die Raumtypen 6 und 7 liefern die Vorlagen z.B. für Sportstätten, Atrien und Industriehallen. Außerdem spart es Zeit, wenn sich entsprechend modifizierte Räume beliebig in einer größeren Gesamtgeometrie kopieren und verschieben lassen. Man denke da an den Nutzen, wenn für einen großen Bürokomplex einfach die drei vorkommenden Zellenbüro-Typen an die zu untersuchenden Stellen im Gebäude geschoben werden können. Hilfreich im Hinblick auf die Zeitersparnis ist auch, wenn die Tageslichtsimulation über Softwareprogramme mit kompatibler CAD-Schnittstelle durchgeführt wird. Dies erleichtert die Zusammenarbeit mit Architekten und Fachingenieuren, da dadurch ein unkomplizierter Datenaustausch von Planunterlagen sichergestellt wird.

Realitätsgetreue Simulation

Um Planungssicherheit für Bauherren und Fachplaner zu gewährleisten, muß die Tageslichtsimulation realitätsgetreu sein. Dies bedeutet, dass die durch die Lichtsimulation ermittelten Ergebnisse physikalisch fundiert und wissenschaftlich korrekt sind. Die Ermittlung wissenschaftlich validierter Ergebnisse setzt die Verwendung eines wissenschaftlich einwandfreien und anerkannten Rechenmotors für die Lichtsimulation voraus. Ein solcher Rechenmotor ist Radiance, der in Bezug auf Leistungsfähigkeit und Praxistauglichkeit fast konkurrenzlos dasteht. Radiance wendet das backward raytracing-System an und generiert akkurate Werte für Leuchtdichte und Beleuchtungsstärke. Dieser Motor wurde vom Lawrence Berkeley Laboratory, USA

entwickelt und ermöglicht die rechnerische Bewertung der vom menschlichen Auge wahrgenommenen Leuchtdichteverläufe.

Variation

In der Planungspraxis werden häufig stündliche Aussagen für ein ganzes Jahr in Abhängigkeit von der Tageszeit und Jahreszeit benötigt. Eine stündlich-dynamische Lichtsimulation fehlt allerdings bis heute.

Eine wirtschaftliche Tageslichtplanung durch Lichtsimulation macht nur dann Sinn, wenn die Untersuchung einer angemessenen Anzahl von Variationen keine Ausnahme und aufwendige Zusatzmaßnahme darstellt, sondern als eine grundsätzliche und systemimmanente Leistung betrachtet und erbracht wird.

Das Herausbilden von Variationen bezieht sich zum einen auf die oben erwähnte Analyse der verschiedenen in Frage kommenden Modifikationen am geometrischen Simulationsmodell, die begleitend zum Entwurfsprozess die optimale Gestaltfindung im Hinblick auf die Versorgung mit Tageslicht ermöglicht. Zum anderen umfasst die Forderung nach Variationen in der Lichtsimulation die Untersuchung unterschiedlicher relevanter Tageslichtsituationen. Berechnungen müssen angestellt werden für Zeiten, in denen das Gebäude oder der Innenraum typischerweise genutzt wird. Ebenso muß die Tageslichtsituation analysiert werden für kritische Zeiten, in denen Blendungsgefahr für den Nutzer besteht. Außerdem sind verschiedene solare Einstrahlungen zu untersuchen: Die Tageslichtsimulation muss sowohl für starken Sonnenschein als auch für den bedeckten, wolkenverhangenen Himmel durchgeführt werden.

Für die Tageslichtplanung ist ebenso eine Betrachtung der zu installierenden künstlichen Beleuchtungsanlage erforderlich, was der Lichtsimulation eine kombinierte Tageslicht- und Kunstlichtberechnung abverlangt. Darüber hinaus ist für die Lichtsimulation unbedingt die externe Verbauung zu berücksichtigen, welche den Tageslichteinfall - bis hin zur Verschattung - beeinflusst.

Somit gehört zum Thema der Variation in der Lichtsimulation auch das Durchführen von Verschattungsstudien: Dabei wird die Verschattung eines Gebäudes im Tagesgang berechnet und auch die jährliche Verschattung des Gebäudes im Sonnenstandsdiagramm dargestellt.

Abschließend ist für eine fundierte Tageslichtsimulation eine Dokumentation der Eingabe und Ergebnisse aller Variationen im Vergleich wünschenswert, um Auswertungen und Abschlussberichte sowie Präsentationen zu erleichtern.

Auswertung

Das Tageslicht sollte so früh wie möglich bei der Konzeption von Gebäuden berücksichtigt werden. Die künstliche Beleuchtung sollte an das Tageslicht im Raum angepasst geplant werden, denn die meisten Räume werden zu Zeiten genutzt, in denen das Tageslicht zur Verfügung steht. Unter Anpassung der künstlichen Beleuchtung verstehen wir, dass die Tageslichtqualität hinsichtlich ihrer Intensität, Lichtrichtung und Lichtfarbe im Innenraum erhalten bleibt.

Besonnung + Verschattung im Sonnenstandsdiagramm

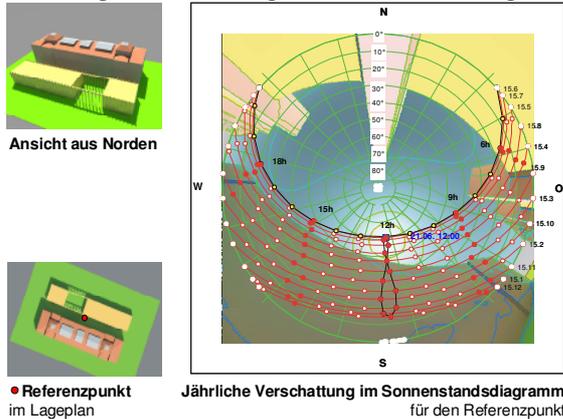


Abb. 5 Verschattungsstudie am Beispiel des Herzog-Anton-Ulrich-Museums in Braunschweig

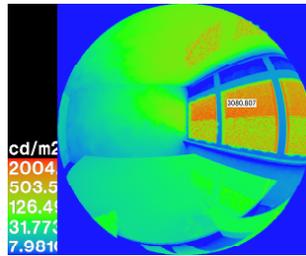
3D Lighting-Dokumentation		Übersicht der Variationen in Rayfront					
Geometrie (Bauteile):		basis-03-10h	basis	lvk	schatten_03-10hs-03-10h		
außen-wand	44-0_1034_pas	44-0_1034_pas	44-0_1034_pas	44-0_1034_pas	44-0_1034_pas	44-0_1034_pas	
boden	20-8_5014_sau	20-8_5014_sau	20-8_5014_sau	20-8_5014_sau	20-8_5014_sau	20-8_5014_sau	
dach	12-4_3016_sor	12-4_3016_sor	12-4_3016_sor	12-4_3016_sor	12-4_3016_sor	12-4_3016_sor	
decke	grey_070	grey_070	grey_070	grey_070	grey_070	grey_070	
glas	glass_060	glass_060	glass_060	glass_060	glass_060	glass_060	
Tageslicht:		basis-03-10h	basis	lvk	schatten_03-10hs-03-10h		
sun-03-10h	bedeckt	bedeckt	bedeckt	bedeckt	bedeckt	bedeckt	
Tageslicht-Leuk System (TLS):		basis-03-10h	basis	lvk	schatten_03-10hs-03-10h		
lichterung	-	-	-	-	conclave_00_1		
Künstliche Beleuchtung:		basis-03-10h	basis	lvk	schatten_03-10hs-03-10h		
lu-decke-pendel	-	-	-	demo_5200	-	-	
3D Lighting-Dokumentation		Übersicht der lichttechnischen Eigenschaften in Rayfront					
Materialien:		Name	Reflexion	Transmission	Radiance	sonstiges	
		44-0_1034_pasteigeb	44.0%	-	plastic	-	
		glass_060	-	80.0%	glass	-	
		grey_050	50.0%	-	plastic	-	
		12-4_3016_konkret	12.4%	-	plastic	-	
		20-8_5014_sandstein	19.8%	-	plastic	-	
Tageslicht:		Ort	Längengrad	Breitengrad	Zeitzone		
		Braunschweig	52.27	10.51	1.0		
			Monat	Sonne	Monat	Tag	
		bedeckt	bedeckt	nein	3	21	
		klar	klar	ja	3	20	
		sun-03-10h	klar	ja	3	21	
Künstliche Beleuchtung		Name	Lichtstrom	Lampen-Typ	Leistung	Bezeichnung	
		demo***50100er***52	5200 lm	T12-26-80V	80 W	Hängeleuchte	
3D Lighting-Dokumentation		Übersicht der berechneten Ergebnisse für die Variationen in Rayfront					
Ansichten (Views)		basis-03-10h	basis	lvk	schatten_03-1		
		raum-huelse_ansicht-nah					
		raum-huelse_stehend-nach-vorne					
		raum-huelse_von-rechts-nah					

Abb. 6 Dokumentation der Eingabe und Ergebnisse einer Lichtsimulation im Vergleich der Variationen

Auswertung: Leuchtdichte - Falschfarben



Arbeitsplatz im Büro



Leuchtdichten im Lamellenbehang im Süd-West-Büro (21.03. / 12:00) aus Sicht des Nutzers

Abb. 7 Tageslichtsimulation eines Zellenbüros bei Blendgefahr

Tageslicht ist eine räumliche Qualität. Die Atmosphäre und der visuelle Komfort hängt in großem Maße vom Tageslicht im Innenraum ab. Es kommt also dabei auf das richtige Platzieren der Leuchtengruppen und -arten, angepasst auf die Nutzungsbereiche mit ihren unterschiedlichen Anforderungen an. Gegebenenfalls sollte eine energiesparende Steuerung der Kunstlichtinstallation (z.B. Dimmer) in die Planungsüberlegungen miteinbezogen werden.

Demnach sollte also für die Tageslichtplanung mittels einer wirtschaftlichen Lichtsimulation zur Planung der künstlichen Beleuchtung auch Analysen zur Tageslichtautonomie [vgl. Dr. Detlef Hennings, Entwicklung eines Rechenmoduls zur Bestimmung des Tageslichtanteils an der Beleuchtung und des Energieaufwands für elektrische Ergänzungsbeleuchtung] herangezogen werden. Daraus lässt sich die Stromeinsparung bei der Beleuchtung mit Kunstlicht ableiten.

Alle Auswertungen und darauf basierende Empfehlungen für konkrete Maßnahmen im aktuellen Bauprojekt müssen anhand gültiger Normen und Vorschriften vorgenommen werden, um vorschriftsmäßige Resultate der Beleuchtungskennwerte im fertigen umbauten Raum sicherzustellen.

Fazit

Wir können feststellen, dass Tageslichtplanung über die Lichtsimulation sinnvoll und durchaus sehr vorteilhaft ist. Voraussetzung ist allerdings die wirtschaftliche Durchführbarkeit der Tageslichtsimulation: Dazu muss sie *einfach*, *schnell* und *aussagekräftig* sein.

Damit trägt die Tageslichtsimulation dann zur Entstehung besserer Gebäude und zur Aufwertung bei der Sanierung von Gebäuden in Bezug auf die Versorgung mit Tageslicht bei. Eine durch Simulation optimierte Tageslichtplanung bedeutet Erhöhung von visuellem Komfort und damit eine Verbesserung arbeitshygienisch-gesundheitlicher Aspekte der Nutzer, sorgt für eine Aufwertung der innenräumlichen architektonischen Qualität und ist nicht zuletzt Garant für Umweltfreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit im Zusammenhang mit den Betriebskosten für die Beleuchtungsanlage.

Exkurs: Die Firma ALWare ist sich der Licht- und Schattenseiten der Tageslichtsimulation seit Jahren bewusst und verwendet für Aufgabenstellungen im Bereich der Lichtplanung das eigens entwickelte Softwareprogramm „3D Lighting“.

Referenzen:

Prof. F. Sick, Einfluss elementarer architektonischer Maßnahmen auf die Tageslichtqualität in Innenräumen, Dissertation Universität Karlsruhe, Fraunhofer IRB Verlag, 2003
 Radiance, www.radiance-online.org, <http://radsite.lbl.gov/radiance>
 Dr. Detlef Hennings, Rechenmodul DL_frac, www.eclim.de
 Andreas Lahme, ALWare, Planungstool 3D Lighting, www.alware.de

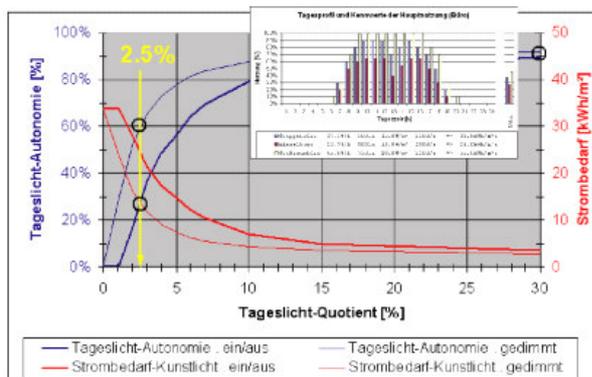


Abb. 8 Analyse zur Tageslichtautonomie



Abb. 9 Simulierte Tageslichtsituation eines Atriums als grafisches Rendering