

## Ein einfaches Verfahren für die Ermittlung der Tageslicht-Autonomie und des elektrischen Energiebedarfs für Beleuchtung

*Detlef Hennings*  
*Dr. rer. nat.*

*51065 Köln*

*Tel. 0221-372445*  
*email: d.hennings@eclim.de*

### **1. Hintergrund und Entwicklungsziel**

Direkt zu Anfang der Planung eines neuen Gebäudes entsteht die Geometrie des Baus. Etwas später werden die Räume aufgeteilt und die Fenster-Öffnungen angeordnet und dimensioniert. Diese frühen geometrischen Festlegungen entscheiden darüber, wie gut sich im fertigen Gebäude das Tageslicht nutzen läßt. Ist die Geometrie des Gebäudes, die Anordnung und Größe der Fenster oder die Raumaufteilung nachteilig für das Tageslicht geplant, dann läßt sich dies später kaum noch korrigieren. Auch lichtlenkende Elemente können eine ungünstige Geometrie nur unzureichend kompensieren. Es ist also unabdingbar, bereits vom Planungsbeginn an das Tageslicht einzubeziehen.

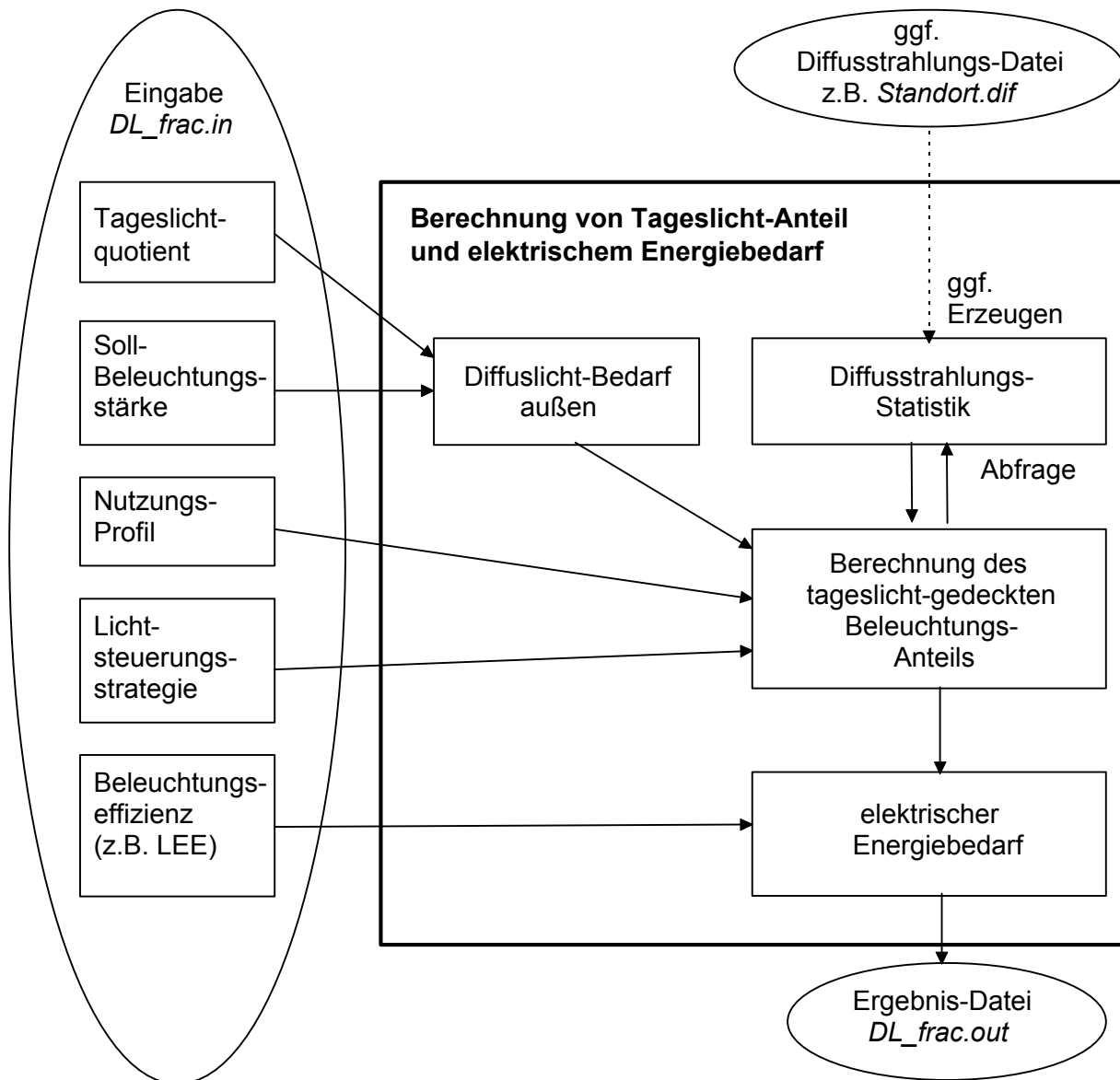
Aus diesem Bedarf nach frühzeitiger Tageslichtplanung leitet sich das Entwicklungsziel des vorgestellten Verfahrens ab: Es soll eine einfache Methode zur Verfügung stellen, mit der bereits in den frühen Planungsphasen eines Gebäudes die Tageslicht-Qualität von Innenräumen eingeschätzt und bewertet werden kann. Normalerweise sind zu diesem Entscheidungszeitpunkt noch diverse Tageslicht-relevante Fragen offen, beispielsweise der Typ des Sonnenschutzes oder der Einsatz von Lichtlenksystemen. Das vorliegende Verfahren soll also mit der begrenzten Information der frühen Planungsphasen Entscheidungshilfen im Sinne einer weitgehenden Tageslicht-Nutzung geben.

### **2. Methodik**

Die Tageslicht-Autonomie, also der mit Tageslicht deckbare Anteil des Beleuchtungsbedarfs, werden in zwei Stufen bestimmt. Zusätzlich kann der Energiebedarf für eine elektrische Ergänzungs-Beleuchtung ermittelt werden.

Zunächst wird der betrachtete Raum in eine oder mehrere Lichtzonen mit einheitlicher Nutzungsart und etwa gleichartigem Tageslicht eingeteilt. Für jede der Lichtzonen wird aus der Geometrie von Umgebung, Gebäude und Fenstern und mit Annahmen über Oberflächen und Verglasung ein repräsentativer Tageslicht-Koeffizient bestimmt. Dies kann mit üblichen Verfahren, also bei einfacher Geometrie nach DIN 5034 oder im allgemeinen Fall mit einem Radiosity-Verfahren erfolgen, etwa mit der Software 'SuperLite'.

In der zweiten Stufe erfolgt die eigentliche Berechnung der Tageslicht-Autonomie. Dazu wird zuerst für jede Lichtzone bei vorgegebener Nennbeleuchtungsstärke die für reine Tageslicht-Beleuchtung erforderliche Außen-Beleuchtungsstärke bestimmt. Aus einer Solarstrahlungs-Statistik für den Standort wird abgelesen, zu welchem Anteil die Beleuchtungs-Anforderung mit Tageslicht gedeckt werden kann, wobei nur die Betriebsstunden der Lichtzone berücksichtigt werden.



*Grafik 1 : Ablaufschema des Rechengangs für eine Lichtzone.  
Die Namen der Ein- und Ausgabedateien beziehen sich  
auf die Software-Implementierung 'DL\_frac'.*

In den Berechnungen wird ausschließlich der diffuse Anteil der Solarstrahlung verwendet. Dies ist eine Näherung, die der begrenzten Information in frühen Planungs-

phasen Rechnung trägt. Die direkte Solarstrahlung muß an Arbeitsplätzen ohnehin meist abgeschirmt werden, um Blendung oder Überhitzung zu vermeiden. Der von einem Sonnenschutz durchgelassene Lichtanteil wird angenähert mit dem Licht, daß sich ohne Sonnenschutz und bei rechnerisch ausgeblendeter Sonne ergibt. Die Resultate dieser Näherung sind zwar nur eingeschränkt richtig in Bezug auf einen realen Sonnenschutz oder ein Lichtlenksystem. Jedoch leiten sie in nahezu allen Fällen zu günstigen Entscheidungen über die Geometrie von Gebäude, Räumen und Fenstern, sowie die Anordnung von Arbeitsplätzen. Damit ist der Zweck im frühen Planungsstadium erfüllt.

In der bis hierher beschriebenen Form findet das Verfahren Verwendung im 'Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau' [LEE 2000], wobei die Einflüsse zeitabhängiger Nutzungswahrscheinlichkeiten innerhalb der Betriebszeit ('Nutzungsprofil') und von Steuerstrategien für die elektrische Ergänzungsbeleuchtung mit pauschalen Faktoren berücksichtigt werden können. In der vorliegenden weiterentwickelten Version erlaubt das Verfahren, zusätzlich diese Einflüsse explizit zu berücksichtigen. Zeitliche Nutzungsprofile gehen dabei in Form stündlicher Nutzungswahrscheinlichkeiten an Betriebstagen ein. Reale Lichtsteuerstrategien für tageslichtabhängige Ergänzungs-Beleuchtung können zwischen zwei Extremen operieren, einer einstufigen Ein-Aus-Steuerung und einer Regelung auf konstante Beleuchtungsstärke. Diese beiden Strategien werden im vorliegenden Verfahren nachgebildet, so daß der Einflußbereich der Steuerstrategie ermittelt werden kann.

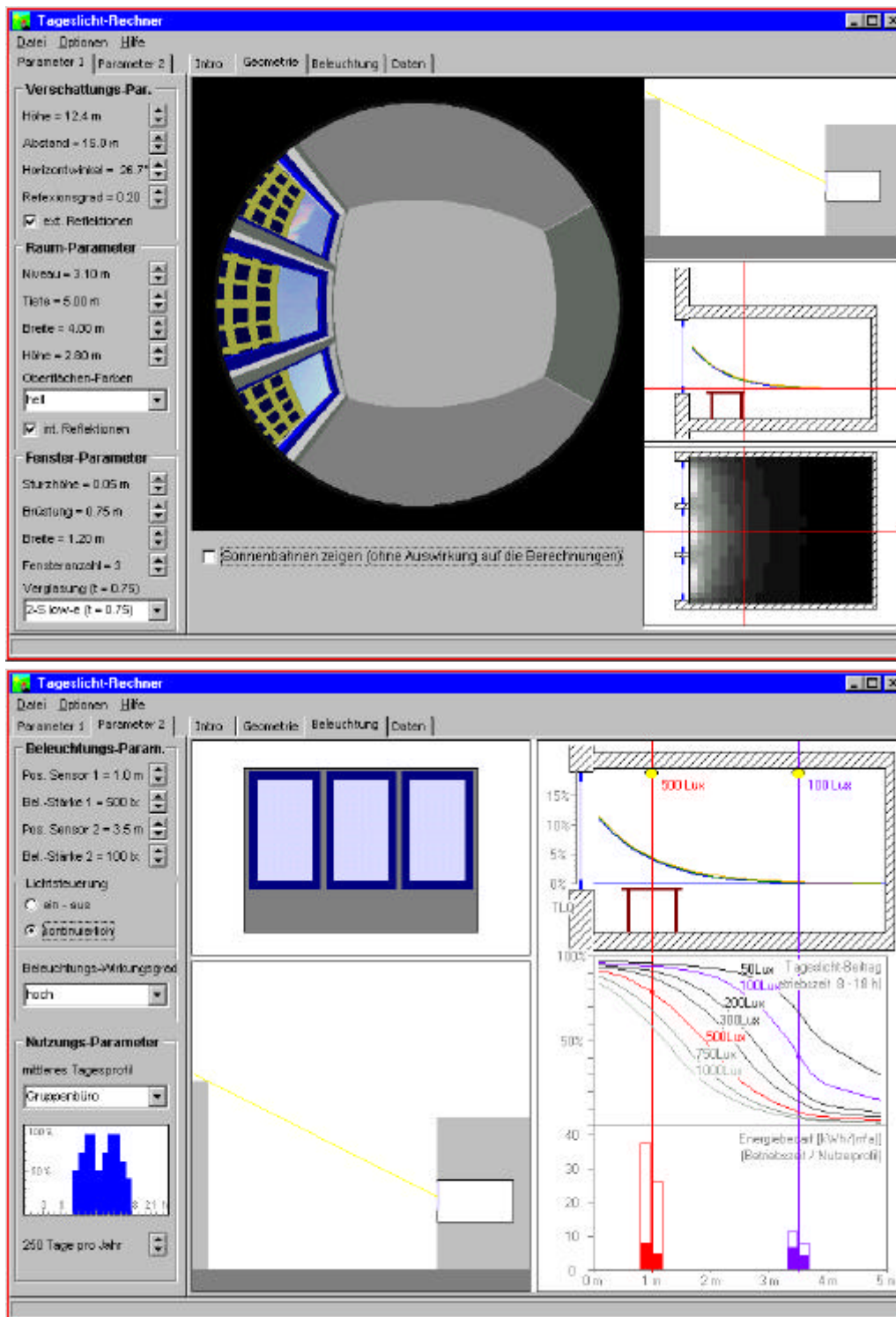
Eine mathematische Formulierung des Verfahrens ist in der Beschreibung einer Software-Implementierung enthalten [DL\_frac, 2002].

### **3. Software-Implementierungen**

Der Rechenkern für das beschriebene Verfahren ist in einem Software-Modul umgesetzt, das zur freien Nutzung zur Verfügung steht. Dieses Modul bietet sehr einfach gestaltete Schnittstellen und ist für die Integration in Planungssoftware-Umgebungen vorgesehen [DL\_frac, 2002]. Diese Möglichkeit wird in der Tageslicht-Planungssoftware 'Primer' bereits genutzt [Primer 2002].

Der Rechenkern wird in Kürze auch als Quellcode offengelegt werden, so daß andere Entwickler ebenfalls Zugang haben.

Des weiteren ist eine für Lehre und Ausbildung vorgesehene Implementierung des Verfahrens in Entwicklung, in der zugunsten einer übersichtlichen Visualisierung die Flexibilität der Geometrie eingeschränkt ist [DL\_calc, 2001].



Grafik 2 Programm-Oberflächen der visualisierenden Implementierung 'DL\_calc'

#### 4. Weitere Entwicklung

Da die beschriebene Methode auf der Vereinfachung und Parametrisierung eines physikalischen Modells der Beleuchtung beruht, besteht die Möglichkeit einzelne Näherungen aufzuheben und durch explizite Rechnungen zu ersetzen. Damit kann

die Methode dem jeweiligen Bedarf nach Genauigkeit und der Verfügbarkeit entsprechender Eingangsdaten angepaßt werden. So ist auch eine Kaskade aufeinander aufbauender Berechnungen möglich, die mit fortschreitender Planung die zunehmende Information nutzen kann um die Genauigkeit der Ergebnisse zu steigern, beispielsweise explizit das von einem Sonnenschutz nach innen gestreute direkte Sonnenlicht. Voraussetzung ist aber auch, daß die System-Hersteller geeignete Daten über die Charakteristik ihrer Produkte zur Verfügung stellen.

Diese Erweiterbarkeit ist ein wesentlicher Vorteil gegenüber anderen Rechenverfahren, in denen Faktoren die einzelnen Einflüsse wiedergeben sollen, der Bezug zum physikalischen Hintergrund aber fehlt.

## 5. Literatur und Quellen

- [BINE, 2000] D. Hennings, J. Knissel: Energieeffiziente Bürogebäude. BINE-Profi-Info II/2000. FIZ-Karlsruhe, 2000. ([www.bine.info](http://www.bine.info))
- [DL\_calc, 2001] D. Hennings: DL\_calc, Software zur Visualisierung und Berechnung der Tageslichteigenschaften eines Raums; auf Anfrage beim Autor erhältlich.
- [DL\_frac, 2002] D. Hennings: DL\_frac, Software-Modul zur Berechnung der Tageslichtautonomie und des elektrischen Energiebedarfs; im Internet herunterladbar unter '[www.eclim.de](http://www.eclim.de)'
- [Hennings, 2000] D. Hennings: Senkung des Strombedarfs durch Tageslichtnutzung; einfache Wege. In: D.Hennings, B. Steinmüller (Hrsg.): Der neubearbeitete Leitfaden Elektrische Energie (LEE); Rationelle Stromnutzung in Gebäuden. Protokollband des 36. AKE-Workshops. Darmstadt : IWU, 2000.
- [LEE, 2000] D. Hennings, u. a.: Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau (LEE); Vollständig überarbeitete Fassung. Hrsg.: Hessisches Ministerium f. Umwelt, Landwirtschaft u. Forsten; mit CD-ROM. Wiesbaden, 2000; auch unter '[www.iwu.de](http://www.iwu.de)'.
- [Primero, 2002] U. Dietrich, u.a.: Primero-Licht - Planungs-Software zur Berechnung und Bewertung von Tageslichtautonomie und Beleuchtungs-Energiebedarf. Erhältlich bei ALware ([www.alware.de](http://www.alware.de))

## A simplified method to evaluate daylighting in buildings and to determine lighting energy demand

*Detlef Hennings, Ph.D.    Augustastr. 24    phone +49-221-372445  
D-51065 Köln, Germany    email: d.hennings@eclim.de*

### 1. Objectives

At early planning stage a building's geometry, its windows and floor plans are fixed. These items determine, how well rooms will be daylighted in the building. A daylight obstructing geometry can hardly be corrected at later stages. So considering daylight at early stage is essential to achieve good results. The calculation method presented here is intended to meet the specific requirements at early planning.

### 2. Method

Calculation is done in two steps: At first rooms are divided into lighting zones of equal illumination requirement and uniform daylighting. For each lighting zone a daylight factor is calculated, e.g. by the radiosity software 'SuperLite'. In the second step the global radiation required to meet the zone's lighting requirement by daylight is determined. A global radiation statistics table is used to calculate the average daylight contribution to the illumination of the zone for each hour of the operation time.

The radiation statistics table is built up from hourly global radiation data for the building's location. As an early planning stage approximation, only diffuse radiation data are used. At this stage little is known about the sun blinds to be used. So the radiation probably scattered into the room by the blinds is roughly estimated by the diffuse radiation assuming no direct sun and no blinds. This will not lead to numerically precise results, especially for sunny hours, but it will help optimizing towards a daylight-friendly geometry of the building and its windows.

In addition, effects of occupation time profiles and of lighting control methods on lighting energy demand can be evaluated.

### 3. Implementation and future development

Two software implementations of the method are available: A freeware module to be used as part of design software systems (DL\_frac) and a visualizing software for education purpose (DL\_calc). The module is used in at least one commercial planning software (Primero).

As this method bases on a physical model, simplifications can be replaced by accurate modelling step by step. Thus the method can be adapted to higher accuracy, provided that necessary input information is known.