

Tagesbelichtung von Nicht- Wohngebäuden

IEA SHC Positionspapier

Januar 2019

Inhalt

Zusammenfassung	3
Einführung und Bedeutung	4
Status der Technologie/Industrie	5
Potenzial	7
Aktuelle Hürden	7
Erforderliche Maßnahmen.....	8

Dieses Dokument wurde von Dr.-Ing. Jan de Boer vom Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart, Deutschland, und Operating Agent des *Task 50: Advanced Lighting Solutions for Retrofitting Buildings* aus dem IEA Solar Heating & Cooling Programm verfasst.

Das Dokument wurde von Dr. David Geisler-Moroder, Bartenbach GmbH in Aldrans, Österreich, österreichischer Vertreter im *Task 50: Advanced Lighting Solutions for Retrofitting Buildings* aus dem IEA Solar Heating & Cooling Programm, ins Deutsche übersetzt.

© IEA Solar Heating and Cooling Programm

Tagesbelichtung von Nicht-Wohngebäuden – Positionspapier

Ziel dieses Dokuments ist es, Politikern im Energiesektor und Entscheidungsträgern im privaten Sektor einen Einblick zu geben, um zu verstehen, warum und wie die gezielte Nutzung von Tageslicht in der gebauten Umwelt (insbesondere Nicht-Wohngebäude) unterstützt und gefördert werden sollte.

Zusammenfassung

Tageslicht spielt eine Schlüsselrolle bei der Versorgung von Innenräumen mit einer guten visuellen, biologisch wirksamen und energieeffizienten Beleuchtung. Allgemein ist Tageslicht die von Menschen bevorzugte Lichtquelle und ist gleichzeitig die wichtigste Quelle erneuerbarer Energie zur Reduktion des Energieverbrauchs für Beleuchtung. Weltweit verursacht elektrische Beleuchtung etwa 15% des gesamten Stromverbrauchs und 5% der Treibhausgase. In Nicht-Wohngebäuden ist das Tageslicht – basierend auf unterschiedlichen Bewertungsverfahren und verankert in diversen Energieeinsparverordnungen – inzwischen eine energetisch quantifizierbare und planbare Lichtquelle, die direkt mit dem Energiebedarf für elektrische Beleuchtung gegengerechnet werden kann.

Gute und energieeffiziente Tagesbelichtung erfordert eine integrative Planung. Angetrieben von der Praxis im Gebäudedesign, verbindet sie Technologien aus drei wesentlichen Industriebereichen: Fassade, elektrische Beleuchtung und Gebäudeautomation.

Im Bereich der Nicht-Wohngebäude sind die energetischen Einsparmöglichkeiten groß, wie zwei typische Nutzungsarten exemplarisch zeigen. In einem Großraumbüro, d.h. in Räumen ohne nennenswerten Tageslichtzugang, summiert sich der jährliche Energiebedarf für Beleuchtung leicht auf 30 kWh/m²a Endenergie. Moderne Bürogestaltung mit mehrheitlich fassadennahen Arbeitsplätzen, tageslichtabhängiger Lichtsteuerung und intelligenter Fassadengestaltung reduziert den Bedarf bis in den Bereich von 8 kWh/m²a oder weniger. Die Tageslichtnutzung ist hier für einen etwa 70% niedrigeren Bedarf verantwortlich. In Fertigungshallen ohne Tageslichteinfall (d.h. bei geschlossenen Dächern) und bei typischem Zweischichtbetrieb liegt der Endenergiebedarf für Beleuchtung in der Größenordnung von 40 kWh/m²a. Eine angemessene Berücksichtigung des Tageslichts durch Oberlichter und tageslichtabhängige Lichtsteuerung halbiert den Bedarf auf 20 kWh/m²a oder darunter. Hier ist der um 50% geringere Verbrauch an elektrischer Beleuchtung auf die Tageslichtnutzung zurückzuführen.

Als Hürde wird derzeit unter anderem ein zu starker Fokus auf die Investitionskosten festgestellt. Stattdessen sollten Ansätze für die gesamten Lebenszykluskosten (TCO) verwendet werden, die die langfristigen Vorteile der Tagesbelichtung berücksichtigen. Die mangelnde Marktintegration zwischen den verschiedenen Technologiesektoren, die die Tagesbelichtung beeinflussen, bedeutet, dass in der

Planungs- und Bauphase von Gebäuden oft ein direkter Verantwortlicher für Tageslichtfragen fehlt.

Es werden verschiedene Maßnahmen auf Regierungs-, NGO- und privater (Industrie-)Ebene empfohlen, um diesen Markt intensiv zu fördern. Diese Maßnahmen umfassen die Anerkennung des Tageslichts als „erneuerbare Energiequelle“, die Überarbeitung von Bauordnungen und die Aufnahme in Nachhaltigkeitszertifikate, Absichtserklärungen und fortgeschrittene (automatisierte) Bauplanungsprozesse.

Einführung und Bedeutung

Tageslicht spielt eine Schlüsselrolle bei der Versorgung von Innenräumen mit einer guten visuellen, biologisch wirksamen und energieeffizienten Beleuchtung. Allgemein ist Tageslicht die von Menschen bevorzugte Lichtquelle. Die Bereitstellung eines Sichtbezugs von innen nach außen ist psychologisch äußerst wichtig. In Innenräumen vermittelt das vorhandene Tageslicht Informationen über die Tageszeit und das Wetter und stellt somit durch die jeweilige Intensität, Verteilung und spektrale Zusammensetzung einen Bezug nach außen her. Darüber hinaus dokumentieren zahlreiche Studien die hohe psychologische Bedeutung einer Sichtverbindung nach außen, die oft mit dem Begriff „Tageslicht“ assoziiert wird. Vereinfacht: Irgendeine Art von Ausblick ist besser als gar kein Ausblick.

Eine weitere Differenzierung besteht darin, dass eine Aussicht in die Natur als erholungs- und kreativitätsfördernder empfunden wird als eine Aussicht auf bebautes Gebiet. Darüber hinaus vermitteln Fenster den Eindruck großzügiger Räume, wobei besonders eine breite, ungehinderte Sicht die Wahrnehmung von Raumgröße und Helligkeit positiv beeinflusst. Generell werden fensternahe Arbeitsplätze bevorzugt.

Durch die Kontrolle des zirkadianen Rhythmus (u.a. durch Unterdrückung der Melatonin-Ausschüttung) hat Tageslicht eine direkte biologische Wirkung auf den Menschen. Herkömmliche künstliche Beleuchtungssysteme allein können die für diesen Effekt erforderliche Dosis nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand und Einsatz von Primärenergie erzeugen. Für hochwertige Arbeitsplätze im Dienstleistungs- und Fertigungsbereich ist die Sicherstellung von guter Tageslichtversorgung heute eine wesentliche Gestaltungsaufgabe. Auch im Wohnbau wird eine gute Tageslichtsituation positiv wahrgenommen.

Tageslicht ist die wichtigste Quelle erneuerbarer Energie zur Reduktion des Energieverbrauchs für Beleuchtung. Weltweit verursacht elektrische Beleuchtung etwa 15% des gesamten Stromverbrauchs und 5% der Treibhausgase.¹

In Nicht-Wohngebäuden ist das Tageslicht – basierend auf unterschiedlichen Bewertungsverfahren wie in der EN 15193-1 und der ISO 20086 und verankert in diversen Energieeinsparverordnungen – inzwischen eine energetisch quantifizierbare und planbare Lichtquelle, die direkt mit dem Energiebedarf für elektrische Beleuchtung gegengerechnet werden kann.

¹ UNEP Report, Accelerating the Global Adoption of ENERGY-EFFICIENT LIGHTING, 2017

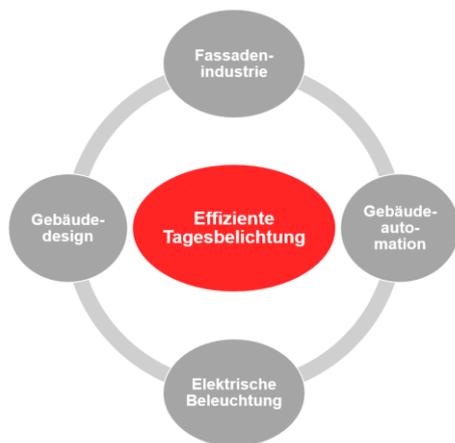


Abbildung 1: Effiziente Tagesbelichtung, angetrieben durch Gebäudedesign und Technologien aus den drei Industriebereichen Fassade, elektrische Beleuchtung und Gebäudeautomation.

Status der Technologie/Industrie

Eine gute und energieeffiziente Tageslichtplanung ist eine integrative Aufgabe. Sie wird von der Architektur- und Gebäudeplanungspraxis vorangetrieben und koordiniert und nutzt Technologien aus drei Branchen: Fassade, elektrische Beleuchtung und Gebäudeautomation (Abbildung 1). Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über den Stand und die aktuellen Entwicklungen in diesen Bereichen gegeben.

Architektur und Gebäudeplanung

Die Tageslichtversorgung in Innenräumen hängt stark von architektonischen Parametern wie Grundrissen und Fassadenlayout ab. Diese Parameter werden in sehr frühen Entwurfsphasen festgelegt und sind wesentliche strukturelle Gebäudeparameter. Durch diese Parameter wird die Effizienz des Gebäudes für die gesamte Lebensdauer definiert, wodurch Fehler, die dabei gemacht werden, später schwer zu kompensieren sind. Im Gegensatz dazu haben Technologien wie elektrische Beleuchtung und Gebäudemanagementsysteme eine kürzere Nutzungserwartung und werden im Laufe der Lebensdauer eines Gebäudes in der Regel mehrfach ersetzt. Daher spielt bereits der Gebäudeentwurf die wichtigste Rolle, wenn es darum geht, die Qualität des Tageslichts zu sichern.

Die Tageslichtplanung erfordert eine spezielle Ausbildung der Designer. Dies umfasst auch die Rolle des Architekten oder Hauptplaners um die Architektur des Gebäudes mit den Erwartungen des Bauherrn, der technischen Gebäudeausstattung und der Interaktion des Gebäudes im städtischen Kontext (Auswirkungen durch die Verdichtung der Städte) in Einklang zu bringen. In der Berufspraxis wird dies häufig von Richtlinien, Verordnungen sowie vertraglichen Vereinbarungen, wie z.B. Kriterien innerhalb von Nachhaltigkeitszertifikaten, begleitet. Um einen angemessenen Entwurf sicherzustellen, setzen große Architekturbüros zunächst auf automatisiertes, parametrisches, softwaregesteuertes Design. Dabei variieren sie unter vorgegebenen Randbedingungen etwa in der Fassadengestaltung die Fenstergröße, um eine ausreichende Tageslichtversorgung zu erreichen. In einigen fortschrittlichen Fällen werden damit sogar Grundrisse automatisch angepasst.

Neue Normen wie die EN 17037 „Tageslicht in Gebäuden“ bieten Richtlinien für Planer, indem sie neue Kriterien wie eine Klassifizierung der Tageslichtautonomie,

der Blendung durch Fassaden, der Besonnungsdauer und der Sicht nach draußen einführen. In der Praxis kann diese Norm die Tageslichtqualität und die tageslichtbedingte Energieeffizienz deutlich verbessern.

Fassadentechnologie

Der globale Fassadenmarkt ist in den letzten Jahrzehnten erheblich gewachsen. Derzeit werden jährlich rund 1,3 Milliarden Quadratmeter verglaste Fassaden gebaut, was in etwa der Fläche der Stadt London entspricht. Innovationen bei Verglasungen haben die thermischen Eigenschaften durch den Einsatz neuer Beschichtungstechniken und mehrschichtiger Verglasungssysteme deutlich verbessert. In den letzten Jahren sind 3-Scheiben-Verglasungssysteme in vielen Ländern trotz ihrer reduzierten Lichttransmission zum Standard geworden. Innovationen im Bereich der Beschichtungen für Sonnenschutzverglasungen weisen eine hohe Selektivität (Verhältnis Lichttransmission zu Solareintrag) nahe 2 auf und bieten somit Sonnenschutz bei gleichzeitig guter Tageslichtversorgung. Im Bereich der Fassadenlösungen wurden in den 1990er Jahren verschiedene fortschrittliche (komplexe) Tageslichtsysteme entwickelt, die einen guten Sonnenschutz und gleichzeitig eine gute Tageslichtversorgung ermöglichen. Von der großen Vielfalt der entwickelten Systeme konnten sich nur einige wenige am Markt behaupten, teilweise aufgrund von Schwierigkeiten in der praktischen Anwendung, hauptsächlich jedoch aus wirtschaftlichen Gründen. Derzeit gibt es Marketing-Bemühungen, um elektrochrome Verglasungen in größerem Maßstab einzuführen. Ein weiterer Trend ist die Integration von solar-aktiven Systemen (sowohl photovoltaische als auch thermische Kollektoren) direkt in die Fassade.

Beide Ansätze müssen jedoch eng mit dem Bedarf an eine ausreichende Tageslichtversorgung in den angrenzenden Innenräumen abgestimmt werden. Der architektonische Trend zu vollverglasten Fassaden ist im Allgemeinen immer noch vorherrschend.

Im F&E-Bereich sind vielversprechende Entwicklungen bei der Integration von Sonnen- und Blendschutz sowie Tageslichtlenkung in die Verglasungsschicht zu erkennen. Nanostrukturierte Spiegelsysteme, wie z.B. Jalousien, befinden sich im Teststadium. Laborarbeiten an neuen mikrooptisch strukturierten Lichtleiterkomponenten stehen kurz vor der Markteinführung. In einem relativ früheren Entwicklungsstadium befinden sich hingegen Fenstersysteme, die zur Kühlung sowie zum Sonnen- und Blendschutz auf Flüssigkeiten zwischen den Fensterscheiben angewiesen sind. Auch Verglasungen mit integrierten LED-Systemen, die Tageslicht durchlassen und in Zeiten unzureichender natürlicher Belichtung zur elektrischen Beleuchtung beitragen, befinden sich noch in der Testphase.

Elektrische Beleuchtung und Gebäudeautomationstechnik

Die tageslichtabhängige Steuerung der elektrischen Beleuchtung ist eine Technologie, die sich als effizient und wirtschaftlich erwiesen hat. Dennoch ist die tatsächliche Umsetzungsrate immer noch gering (z.B. in Deutschland schätzungsweise nur 10-15% der Neuinstallationen). Die Fassadensteuerungstechnik lässt sich heute problemlos in

Gebäudemanagementsysteme integrieren. Verfügbare Funktionalitäten sind u.a. Cut-Off-Steuerungen, die einen guten Kompromiss zwischen Sonnenschutz, Tageslichtversorgung und Sicht nach draußen bieten. Andere Lösungen ermöglichen eine Sonnenschutzsteuerung nach Sonnen- und Verschattungsmustern an der Fassade. Die Kopplung von Fassaden- und Präsenzerkennung, die in elektrische Beleuchtungssteuerungen integriert ist, zeigt neue Möglichkeiten zur Energieeinsparung auf.

Die Anzahl der Leuchten, die mit Elektronik ausgestattet werden, wie z.B. Sensoren für tageslichtabhängige Lichtsteuerung, Präsenzerkennung und Kommunikationsmodule, nimmt zu. Diese Integration von Funktionalitäten hilft, die Kosten für eine effektivere Nutzung des natürlichen Lichts zu senken. Im Labor werden verschiedene integrale Lichtsteuerungen getestet, um das Tageslicht und die elektrische Beleuchtung, wie sie von den Benutzern direkt am Arbeitsplatz wahrgenommen wird, besser zu integrieren.

Potenzial

Tageslicht ermöglicht ein wesentliches Einsparpotenzial für den Verbrauch elektrischer Beleuchtung und sollte als erneuerbare Energiequelle betrachtet werden.

In Nicht-Wohngebäuden sind die Energiesparmöglichkeiten im Zusammenhang mit der Tagesbelichtung wesentlich, wie nachstehend für zwei typische Nutzungsarten dargestellt wird: Büros (seitlich belichtet) und Hallen (durch horizontale Dachfenster belichtet)²:

- In Großraumbüros mit eingeschränktem Tageslichtzugang nur im Fassadenbereich summiert sich der jährliche Energiebedarf für Beleuchtung leicht auf bis zu 30 kWh/m²a Endenergie. Moderne Bürogestaltung mit überwiegend fassadennahen Arbeitsplätzen, tageslichtabhängiger Lichtsteuerung und intelligenter Fassadengestaltung reduziert den Bedarf in den Bereich von 8 kWh/m²a oder weniger. Die Tageslichtnutzung ist hier für einen etwa 70% geringeren Verbrauch verantwortlich.
- In Produktionshallen ohne Tageslichtnutzung (d.h. bei geschlossenen Dächern) und einem typischen Zweischichtbetrieb liegt der Endenergiebedarf für Beleuchtung in der Größenordnung von 40 kWh/m²a. Durch zusätzliche Tagesbelichtung mit Dachoberlichtern und Lichtsteuerungen wird der Energiebedarf um die Hälfte reduziert, d.h. auf 20 kWh/m²a oder weniger. Hier kann der Verbrauch an elektrischer Energie für die Beleuchtung von etwa 50% auf die Tageslichtnutzung zurückgeführt werden.

Aktuelle Hürden

Kosten, Vorabinvestitionen und Kostenmodelle

Wie in anderen Bereichen hängt der Einsatz energieeffizienter Technologie vom

²Basierend auf moderner elektrischer Beleuchtungstechnologie. Allgemein günstige (zumindest nicht nachteilige) Auswirkungen auf die Heizung und Kühlung in der Gesamtenergiebilanz. Die Werte für Mitteleuropa können je nach Klima und Standort variieren.

angewandten Kostenmodell und der Akzeptanz durch den Kunden ab. Energieeinsparungen und reduzierte Wartungskosten sollten in den Entscheidungsprozess einbezogen werden, indem man die gesamten Lebenszykluskosten (TCO) bewertet, anstatt nur die Anfangsinvestitionen zu betrachten. Dies hängt jedoch vom Kunden ab. Im Allgemeinen fordert der private Sektor kürzere Amortisationszeiten als der öffentliche Sektor.

Bewusstseinsbildung und Marktintegration

Beim Lösen von Problemen mit der Tagesbelichtung in Projekten gibt es selten einen bestimmten Verantwortlichen oder Projektleiter, nicht wie in der elektrischen Beleuchtungsindustrie, wo es ein klares Geschäftsmodell zur Förderung und zum Verkauf von Licht in Form von Leuchten gibt. Gute Tageslichtlösungen sind eine integrative Aufgabe, die von mehreren Akteuren übernommen werden muss. Dabei besteht die unmittelbare Gefahr, dass das Tageslicht als selbstverständlich angesehen und im schlimmsten Fall gar nicht in Betracht gezogen wird.

Eine bessere Einbindung der relevanten Stakeholder-Gruppen (Designer, Industrievertreter, Ausbilder) ist notwendig, um die gemeinsamen Ziele im Interesse der Energieeffizienz zu verstehen und gleichzeitig vielversprechende Geschäftschancen zu schaffen. Die neu gestartete Aktivität der IEA befasst sich mit diesem Thema im IEA SHC Task 61/EBC Annex 77 „Ganzheitliche Lösungen für Tages- und Kunstlicht: Von der komponenten- bis zur nutzerzentrierten Systemeffizienz“.

Ausbildung

Die Ausbildung von Tageslichtplanung und -technologie ist in den meisten Hochschullehrplänen immer noch nicht ausreichend enthalten, insbesondere in Architektur- und Bauingenieurstudiengängen.

Aktuelle Vorschriften, Normen und Zertifizierungen

Innovative Fassadentechnologien in Bezug auf die Tagesbelichtung werden in den aktuellen Vorschriften, Normen und Zertifizierungen oft nicht angesprochen. Daher wird bei der Fassadengestaltung zu oft nur der Sonnenschutz in den Vordergrund gestellt, während Tageslichtlösungen vernachlässigt werden. Mehrere Studien zeigen, dass Lichtsteuerungssysteme effektiv sind und ihre Umsetzung ebenso wie energieeffiziente elektrische Beleuchtung (d.h. LED-Systeme) gefordert werden sollten.

Das Fehlen einer fortschrittlichen Energieberechnungs- und Bewertungsmethode behindert die Planung innovativer Beleuchtungsanlagen, die das Tageslicht in Konzepte wie „Human Centric Lighting“ und „Smart & Connected Light“ integrieren.

Erforderliche Maßnahmen

Die folgenden Maßnahmen von Regierungs- und Nichtregierungsorganisationen (NGOs) und privaten Einrichtungen könnten diesen Markt erheblich voranbringen.

Regierungen

- *Tageslicht als „erneuerbare Energiequelle“*: Anerkennung des Tageslichts, das als Ausgleich für elektrische Beleuchtung ausreichend quantifiziert

werden kann, als „*erneuerbare Energiequelle*“, die z.B. auch in Förderprogrammen berücksichtigt wird wie es aus anderen Marktsektoren (PV, Wind etc.) bekannt ist.

- **Überarbeitung von Verordnungen:** Überarbeitung von Verordnungen, um die Einbeziehung technisch funktionierender und wirtschaftlich vorteilhafter Tageslichtlösungen zu fordern:
 - **Grundrisse/Architektur:** Wo noch nicht umgesetzt, Vorgabe eines minimalen Verhältnisses von Fenster- zu Bodenfläche der Räume (z.B. in Mitteleuropa zwischen 1/8 - 1/10). Vorgaben für einen Mindest-Sichtbezug nach außen.
 - **Fassadentechnik:** Verwendung von Tageslichtlenksystemen in der Fassade. Auswahl von tageslichtunterstützenden Kombinationen von Verglasung und Sonnen-/Blendschutzsystemen.
 - **Gebäude-Management-Systeme:** Verwendung von tageslicht-abhängigen Kunstlichtsteuerungen. Steuerung des Sonnen-/Blendschutzes in Abhängigkeit der Erfassung der Raumbelegung (visueller Komfort bei Belegung, Solargewinn bei Nichtbelegung, d.h. maximale Gewinne im Winter, minimale im Sommer).

NGOs und öffentlich-private Partnerschaften

- **Nachhaltigkeitszertifikate:** Verwendung von Nachhaltigkeitszertifikaten zur Förderung der Tagesbelichtung. Einführung von Tageslicht, falls noch nicht enthalten, oder Überarbeitung und Aktualisierung bestehender älterer Zertifikate.
- **Absichtserklärungen der Hauptakteure am Markt:** Vereinbarung über das Reduktionsziel für den Energieverbrauch der Beleuchtung mit einem festen Zeithorizont. Das Tageslicht wird dabei eine Schlüsselrolle spielen müssen. Eine kürzlich begonnene Schweizer Initiative zur Halbierung des Energieverbrauchs für Beleuchtung bis 2025 könnte als Vorlage dienen³.

Privater Sektor (Planung, Industrie)

- **Planungsprozess:** Einführung von Prozessen, die bestimmte Tageslichtqualitätsstufen sicherstellen (z.B. durch parametrische, automatisierte Design Tools). Einsatz von Konzepten aus neuen Tageslichtnormen wie der EN 17037 „Tageslicht in Gebäuden“.
- **Design Tools:** Etablierung verfeinerter Bewertungsmethoden in Normen und Entwurfswerkzeugen, die neue Produktmerkmale und integrales Gebäudemanagement unterstützen.
- **Integration von Tages- und Kunstlicht:** Eine bessere Integration von Tageslicht und elektrischer Beleuchtung in einem Ansatz zur ganzheitlichen Beleuchtungsplanung ist ein wichtiger Hebel zur Steigerung der Effizienz und zur besseren Abstimmung der Beleuchtung auf die Bedürfnisse des Nutzers (siehe auch <http://task61.iea-shc.org/>).

³ https://www.minergie.ch/media/mm_minergie_licht_2018_20180913_1.pdf