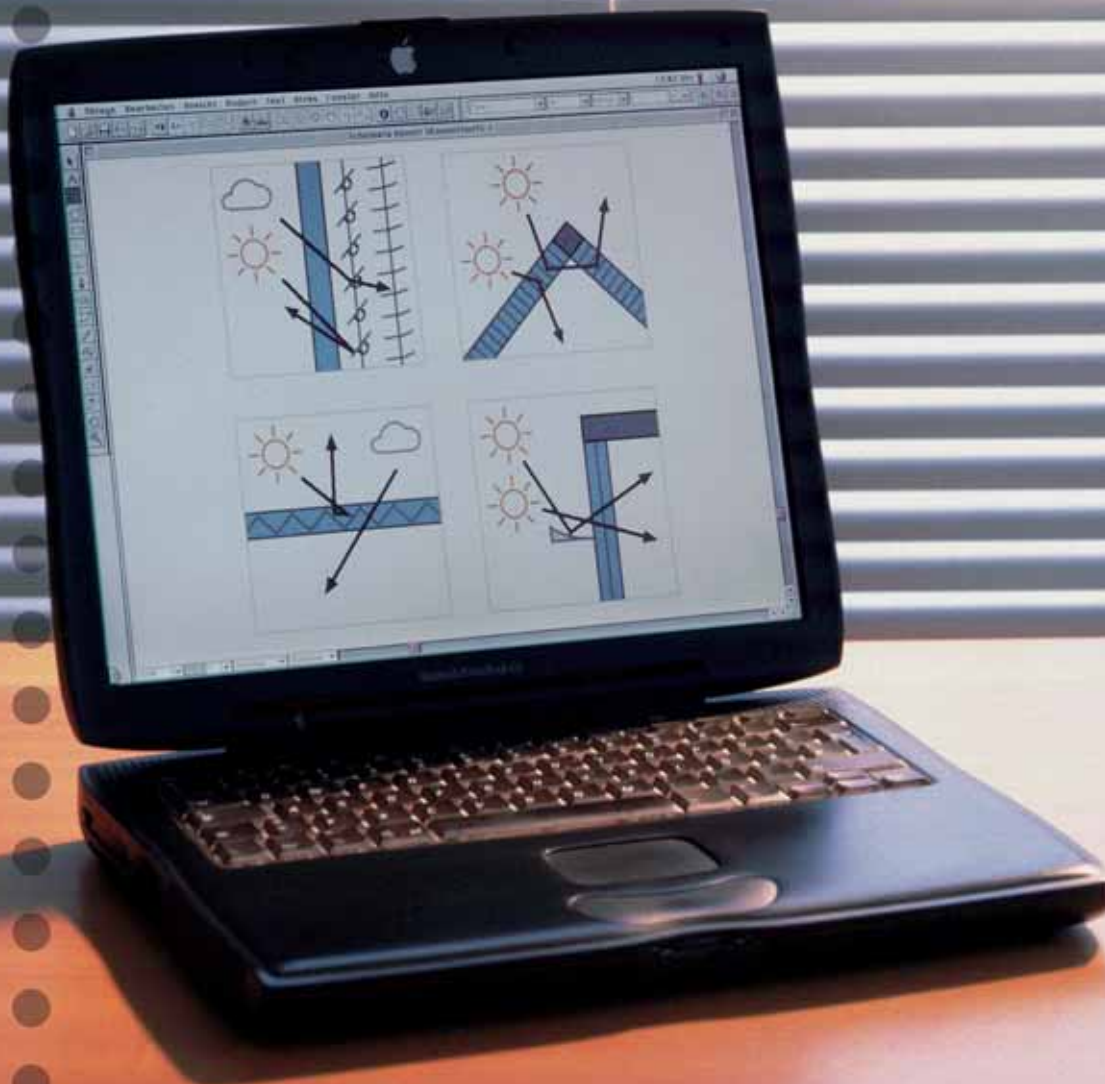


TAGESLICHTNUTZUNG IN GEBÄUDEN

ÖSTERREICHISCHER BEITRAG ZUM TASK 21
DES IEA PROGRAMMS
„SOLAR HEATING AND COOLING“



IEA TASK 21: DAYLIGHT IN BUILDINGS

Innovative Tageslichtnutzung kann einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung des Energieverbrauchs von Büro- und Nutzgebäuden leisten.

■ Die Verwendung von Kunstlicht ist heute für einen wesentlichen Teil des gesamten Energieverbrauchs von Bürogebäuden und sonstigen Nutzbauten (wie Schulen, Kindergärten, Mehrzweckhallen etc.) verantwortlich. Mit architektonischen Konzepten, die die Tageslichtnutzung zulassen sowie innovativen Tageslichtsystemen und effizienten Methoden der Licht-Steuerung kann ein erheblicher Anteil der elektrischen Energie durch die Nutzung natürlicher Ressourcen ersetzt werden.

Im Rahmen des **IEA Programms**

„**Solar Heating and Cooling**“ wurde eine internationale Forschungszusammenarbeit initiiert, die sich mit dem Thema „Daylight in Buildings“ auf breiter Ebene auseinandersetzt. Vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) wurde das Bartenbach LichtLabor beauftragt, an dem Forschungsprogramm mit seinen Experten teilzunehmen.

Viele Gebäudeplaner erkennen heute, dass Fenster- und Verschattungssysteme von erheblicher Bedeutung sind. Das Einplanen von Tageslicht spielt sowohl in Hinblick auf den Energieverbrauch durch Heizung und Kühlung als auch auf das Erzielen einer hohen lichttechnischen Qualität im Innenraum eine wesentliche Rolle. Trotz zahlreicher Aktivitäten im Bereich der Neuentwicklung von Tageslichtsystemen bestehen aber nach wie vor erhebliche Barrieren, die dazu führen, dass immer noch Gebäude geplant werden, ohne Tageslicht als eine der primären Entwurfsgrundlagen zu berücksichtigen.

Folgende Defizite verhindern bisher die breitere Umsetzung der innovativen Ansätze:

■ Mangel an Wissen über die Eigenschaften von Tageslichtsystemen und Lichtsteuerungs-Strategien

- Keine benutzerfreundlichen Design-Tools zur Tageslichtplanung
- Keine Dokumentation der bereits bestehenden Anwendungs-Beispiele, die die Vorteile der Tageslichtnutzung nachweisen können

Zielsetzung des internationalen Forschungsprogramms war es, diese Defizite durch die Sammlung und Dokumentation des aktuellen Wissensstandes aufzuheben und die Weiterentwicklung der bestehenden Technologien der Tageslichtnutzung zu unterstützen. Um die Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Praxis der Gebäudeplanung zu fördern, sollen die erarbeiteten Informationen für die Zielgruppe Architekten, Planer und Ingenieure bereitgestellt werden.

Zur Strukturierung des gesamten Themas wurde der Task in vier Teile (Subtasks) gegliedert:

Subtask A Performance of Systems beschäftigt sich mit der Darstellung der verfügbaren Tageslichtsysteme und beschreibt deren spezifische Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten. Energiesparpotentiale durch Tageslichtnutzung können in der Regel nur genutzt werden, wenn eine Automatisierung der Abschaltung von Kunstlicht



*Musterraum Bartenbach LichtLabor
Referenzraum mit herkömmlicher Jalousie*

realisiert wird. Im Rahmen von **Subtask B Control Systems** wurden effektive Steuerungssysteme vorgestellt und ein Verfahren zum Monitoring solcher Systeme entwickelt.

Subtask C Design Tools liefert eine Zusammenstellung leicht anwendbarer Planungswerkzeuge und eine Übersicht über Methoden und Algorithmen zur Simulation von Tageslicht.

Im Zentrum des **Subtask D Case Studies** stand die Dokumentation von 15 Gebäuden, die mit einem Tageslichtsystem ausgestattet sind. Um den Vergleich der Objekte zu ermöglichen, wurde ein einheitliches Monitoring Protokoll entwickelt und an allen 15 Objekten angewandt.

Die österreichischen Experten (Ingenieurbüro Martin Klingler, in Zusammenarbeit mit Bartenbach) haben an dem Projekt vor allem im Rahmen von Subtask A mitgearbeitet. Da sich der österreichische Teilnehmer wesentlich mit der Realisierung von Komponenten und Systemen auf prismatischer Basis beschäftigt, wurde das Thema Prismensysteme hier erarbeitet und im Source Book dokumentiert. 1998 fand ein Experten-Meeting in Österreich statt.

IEA (International Energy Agency) „Solar Heating and Cooling Program“

1991 wurde von der IEA im Rahmen der Arbeitsgruppe „Erneuerbare Energie“ das Forschungsprogramm „Solar Heating and Cooling“ entwickelt, in dem sich 20 IEA-Mitgliedstaaten mit der Erforschung, Entwicklung und Markteinführung von solaren Heiz-, Kühl- und Beleuchtungssystemen sowie mit deren Einbindung in Gebäude und Energiesysteme befassen. Der Task 21 beschäftigt sich mit dem Thema „Daylight in Buildings“. An diesem umfangreichen Programm haben 16 Länder und insgesamt 67 Experten teilgenommen.

Weiterführende Information über das gesamte Programm unter: www.iea-shc.org

■ Kernkapitel des im Subtask A (Performance of Systems) erarbeiteten „Source Book“ ist die Darstellung der aktuell verfügbaren innovativen Tageslichtsysteme und die Entwicklung von Grundlagen wie Test- und Beobachtungsverfahren, um den Vergleich und die Bewertung verschiedener Systeme zu ermöglichen. Es zeigte sich, dass das Verhalten und damit auch der Nutzen von Tageslichtsystemen nicht allein anhand von Zahlen beschrieben werden kann. Zur Bewertung ist es notwendig, das System in der Praxis, unter realen Bedingungen, zu erfahren. Zu diesem Zweck entstanden weltweit eine Reihe von 1:1 Musterräumen, die die langzeitige Beobachtung und messtechnische Auswertung von Tageslichtsystemen erlauben.

■ SYSTEME

Acht verschiedene Tageslichtsysteme werden im „Source Book“ dargestellt. Die Systembeschreibungen sind einheitlich strukturiert und vermitteln detaillierte Informationen zu folgenden Konzepten: Light shelf, Louvers and Blinds Systems, Prismatic Panel, Laser Cut Panel, Angular Selective Skylights, Sun directing glass, Holographic panels, Anidolic systems. Im Endbericht der österreichischen Projektteilnehmer finden sich 2 ausgewählte Systembeispiele im Anhang.

■ *Jalousien und Rollläden*

Jalousien und Rollläden bestehen aus mehreren horizontalen, vertikalen oder schrägen Lamellen und sind an der Außen- und Innenseite des Fensters oder zwischen den Fensterscheiben angeordnet. Die Lamellen sind feststehend oder verstellbar und dienen als Sonnenschutz, der die direkte Sonneneinstrahlung regelt, Blendeffekte vermeidet und darüber hinaus das Sonnen- und Tageslicht zur Decke umlenkt und eine tiefere Ausleuchtung des Raumes erreichen kann. Jalousien-

systeme verhindern ein unerwünschtes Aufheizen des Raumes und tragen damit wesentlich zur Reduzierung des Energieaufwands für die Raumklimatisierung bei.

Je nach Sonnenstand, Innen- und Außenlage, Lamellenwinkel und Reflexionsverhalten der Lamellen, wird die Sonneneinstrahlung (direkt oder indirekt) reduziert, absorbiert, reflektiert und/oder ins Rauminnere gelenkt. Durch diese Anwendungsmöglichkeiten weisen die optischen und thermischen Eigenschaften eines Fensters eine große Bandbreite auf. Es gibt durchscheinende Jalousien und verschiedene Arten lichtführender oder reflektierender Systeme, die meist zwischen zwei Fensterscheiben eingebaut werden. Diese lichtlenkenden Jalousien haben oft eine Oberfläche aus hochreflektierendem Material, in manchen Fällen mit einer konkaven Wölbung und Perforierung und lenken einen großen Anteil des Tagelichts an die Raumdecke ab.

Ein innovatives Jalousiensystem ist das Umlenkensystem „Fisch“, das aus feststehenden horizontalen Lamellen mit dreieckigem Querschnitt besteht, die durch spezielle Verbindungsstücke exakt ausgerichtet sind. Das System kann Streulicht umlenken und besser verteilen und Blendeffekte reduzieren. Das System ist so ausgelegt, dass das Licht des äußeren oberen Viertel des Himmels in das innere obere Viertel des Raumes (zur Decke) gelenkt wird. Theoretisch überträgt das System 60% des Streulichts bei einer Aluoberfläche mit 85% Reflexionsvermögen.

■ *Prismenelemente*

Ein Prismenelement besteht aus einer Reihe von Acrylprismen, wobei jeweils eine Fläche der einzelnen Prismen mit den anderen eine ebene Oberfläche bildet (Prismenrücken). Es gibt zwei Brechungswinkel. Prismen sind oft in eine Doppelverglasung integriert und

verursachen so nur einen geringen Wartungsaufwand.

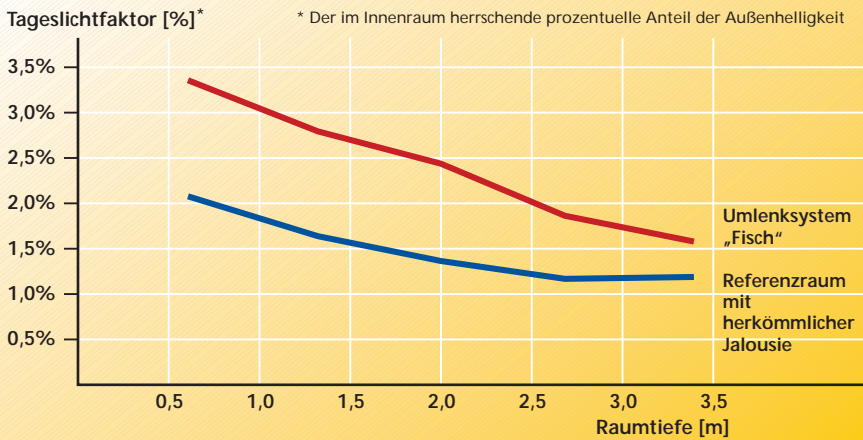
Prismenelemente werden in fixen und beweglichen Ausführungen hergestellt. Sie erfüllen zwei Funktionen: Sie dienen als Sonnenschutz und als Lichtführungselement. Das Grundprinzip dabei ist es, durch Lichtreflexion und Lichtbrechung Tages- und Sonnenlicht in die gewünschte Richtung zu lenken. Hauptfunktion der Systeme ist das tiefere Eindringen von natürlichem Licht in den Raum. Das System kann so ausgelegt werden, dass es Licht, das aus einem bestimmten Winkelbereich einfällt, reflektiert und das aus einem anderen Bereich durchlässt.

Um eine Lichtverteilung in größere Raumtiefen zu gewährleisten, muß das Prismenelement einen großen Bereich verschiedener Sonnenstände abdecken. Der Lichteinfall darf maximal 15 Grad über der Horizontalen erfolgen, um eine optimale Raumausleuchtung zu erreichen. Um Blendungseffekte zu verhindern, muß die nach unten gerichtete Einstrahlung so gering wie möglich gehalten werden. Das Leistungsverhalten eines Prismensystems hängt insgesamt von der geeigneten Auslegung der Brechungswinkel ab. Die unterschiedlichen geographischen Gegebenheiten verlangen angepasste Profillösungen, um eine optimale Lichtverteilung im Raum zu erzielen. Wichtig ist auch eine geeignete Oberflächenbehandlung der Raumdecke für ein möglichst hohes Reflexionsvermögen.

■ MONITORING

Bisher standen keine standardisierten Verfahren zur Bewertung und zum Vergleich von Tageslichtsystemen und tageslichtabhängigen Lichtregelsystemen zur Verfügung. Im Rahmen des IEA-Task 21 wurde nun die Bewertung ausgewählter Systeme nach einem genormten Verfahren dokumentiert,

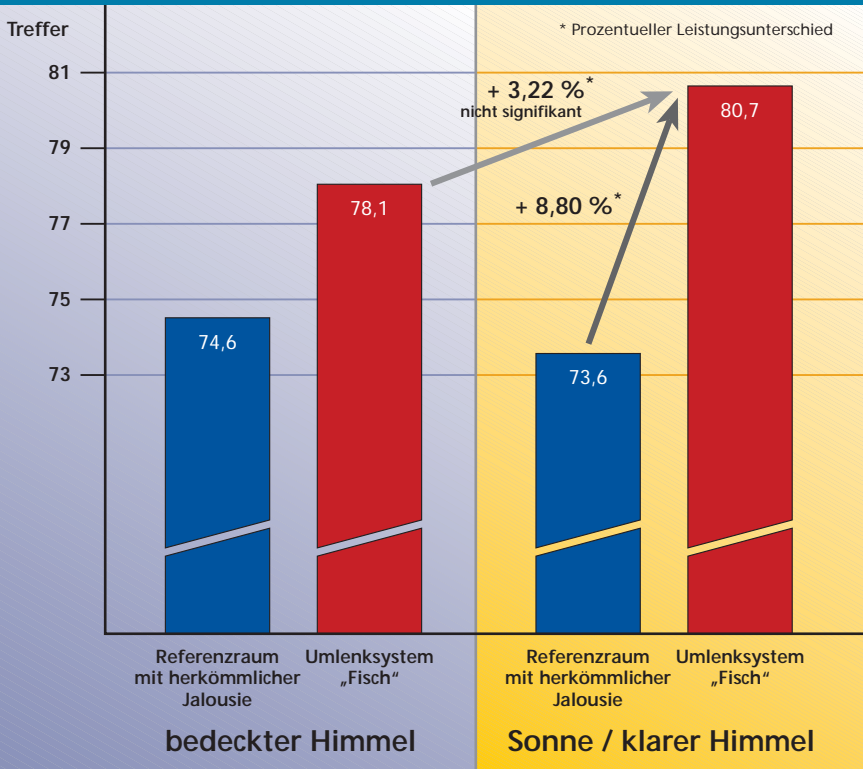
Verlauf des Tageslichtfaktors über die Raumtiefe



wurde. Für eine detaillierte Erfassung des optischen Komforts und der Nutzerakzeptanz wurden zusätzliche Fragebögen konzipiert.

Im Bartenbach LichtLabor wurden im Rahmen des Projekts zwei identische Musterräume aufgebaut und mit unterschiedlichen Tageslichtsystemen ausgestattet. Der Referenzraum wurde mit üblichen, aber hochwertigen Jalousien vor der Verglasung versehen. Im zweiten Raum kam das reflektorische Umlenssystem Typ „Fisch“ zum Einsatz. In einer langen Versuchsreihe wurden nun die lichttechnischen Unterschiede gemessen und Leistungstests mit Versuchspersonen durchgeführt. Die beiden Grafiken zeigen interessante Ergebnisse dieser Beobachtung.

Trefferquote Leistungstest / Worterkennung (Präzision und Geschwindigkeit)



Grafik 1 zeigt den Verlauf des Tageslichtfaktors über die Raumtiefe, verglichen für die beiden Räume. Im Raum mit dem innovativen Tageslichtsystem „Fisch“ konnte eine erheblich höhere Tageslichtmenge gemessen werden.

Grafik 2 zeigt die Darstellung der Leistung von Versuchspersonen bei einer Tätigkeit, die mit der üblichen Textverarbeitung am Bildschirm vergleichbar ist. Wiederum wurden beide Räume, bei klarem und bei bedecktem Himmel verglichen. Es zeigt sich ein erheblicher Unterschied der Leistungsfähigkeit der Versuchspersonen bei den beiden Systemen. Interessant ist, dass die Leistung bei der Jalousie bei klarem Himmel abfällt (erhöhte Blendung durch sonnenbeschienene Jalousie) während sie beim Umlenssystem „Fisch“ steigt.

Quelle: Bartenbach LichtLabor

wobei die Messverfahren sowohl in Versuchsräumen als auch in genutzten Gebäuden und bei unterschiedlichen Witterungs- und Lichtverhältnissen durchgeführt wurden. Im „Case Study Book“ werden 15 Gebäude dokumentiert, in denen mindestens ein Jahr lang ein Monitoringverfahren durchgeführt wurde.

Das Hauptaugenmerk bei diesem Monitoringverfahren richtet sich auf effiziente Tageslichtnutzung, Energieeinsparungen und Nutzerakzeptanz. Das im Rahmen des Programms ent-

wickelte Verfahren beschreibt die zu beachtenden Parameter, definiert die Messverfahren und die Messgenauigkeit sowie die Methoden zur Beschreibung des Nutzerverhaltens. Ein einheitliches Monitoring-Protokoll wurde erarbeitet, das für die Bewertung von üblichen Bürogebäuden mit senkrechten Fenstern und waagrechten Arbeitsflächen ausgelegt ist. Die Beurteilung erfolgte, indem ein mit dem Lichtsteuerungssystem ausgestatteter Raum mit einem identischen Raum (Referenzraum) ohne das System bei gleichen Witterungsbedingungen verglichen



Fotos: Peter Bartenbach

Z I E L S E T Z U N G E N

PLANUNGZIELE UND LEISTUNGEN VON TAGESLICHTSYSTEMEN

■ Vorrangiges Ziel von Tageslichtsystemen ist es, für bestimmte Gebäudetypen und Klimaverhältnisse nutzbares Tageslicht für den Großteil des Jahres zur Verfügung zu stellen, so dass ein Teil der Energie für künstliche Beleuchtung eingespart werden kann. Bei der Planung eines Tageslichtsystems im Rahmen des Gebäudeentwurfs müssen verschiedene Kriterien des Systems berücksichtigt werden: optisches Verhalten, Komfort, Eigenschaften des Systems, Energieverbrauch im Gebäude, Wirtschaftlichkeit und Integrierbarkeit in den Bau.

Innovative Tageslichtsysteme werden für verschiedene **Funktionen** entwickelt und eingesetzt:

- ein System kann nutzbares Tageslicht in größere Raumtiefen transportieren
- in Klimazonen mit vorwiegend bedecktem Himmel kann mehr nutzbares Tageslicht in den Innenraum gelangen
- in sehr sonnigen Klimazonen, in denen Sonnenschutz erforderlich ist, kann mehr Tageslicht gezielt genutzt werden
- in Gebäuden, wo der Lichteinfall durch Hindernisse beschränkt ist, kann mit Hilfe eines Tageslichtsystems mehr nutzbares Licht in den Innenraum geführt werden
- spezielle Systeme können Tageslicht in fensterlose Räume leiten

Um eine objektive Bewertung der Systeme zu ermöglichen, wurden im Rahmen des IEA-Projekts Leistungsparameter und Schwankungsbereiche von zulässigen Werten definiert. Folgende Variablen sind für die Bewertung von Bedeutung: die Witterungsbedingungen (Sonnenstand, Wolkenbedeckung), der Gebäudestandort (Größe, Gebäude- und Fensterausrichtung), die räumlichen Gegebenheiten und die jeweilige Raumnutzung (z.B. Abstand zum Fenster, Ausrichtung der Arbeitsflächen etc.). In Labor- und Feldversuchseinrichtungen wurden verschiedene Systeme getestet und ausgewertet. Die Experten waren sich aber darüber einig, daß eine rein zahlenmäßige Beurteilung eines Systems als Entscheidungsgrundlage nicht zielführend ist. Eine Beurteilung muß aufgrund der Gesamtheit der System-Merkmale erfolgen und hängt stark von der jeweiligen Gebäudenutzung ab. Für den erfolgreichen Betrieb eines innovativen Tageslichtsystems ist auch die Nutzerakzeptanz und das Nutzerempfinden wesentlich mitverantwortlich.

Um hohe Qualität und echte Energiepareffekte zu erreichen ist die **Steuerung des Tageslichts** und der davon abhängigen künstlichen Beleuchtung von großer Bedeutung. Auch in diesem Punkt spielt das Nutzerverhalten eine wichtige Rolle. Jede als unangenehm empfundene Störung wie Blendeffekte, vorübergehende Verringerung oder plötzliche Veränderungen der Helligkeit im Raum sowie laute Steuerungsmechanismen mindern die Akzeptanz

und Wirksamkeit solcher Systeme. Automatisierte Steuerungsanlagen sind zwar aus technischer Sicht zielführend, werden aber in manchen Fällen von den Nutzern abgelehnt.

Um die Tageslichtnutzung erfolgreich einzusetzen, ist es notwendig die Auswirkungen des Lichtdesigns mit anderen Planungskriterien, wie Energiebedarf (Beleuchtung, Heizung, Kühlung), Wärmeverlust, Wärmeeinstrahlung, Schallübertragung und Wirtschaftlichkeit schon im frühen Planungsstadium abzustimmen.

Im Rahmen des IEA Task 21 wurde ein **Anwenderleitfaden (Design Guide)** entwickelt, der einen Überblick über die derzeit am Markt erhältlichen Steuerungssysteme für elektrische Lichanlagen, ihre Installation und Wartung sowie Methoden zur Feststellung der zu erwartenden Energieeinsparungen bietet. Hier werden darüber hinaus auch die im Rahmen des Programms getesteten Systeme und die zur Bewertung der Systeme angewandten Versuchsarrangements beschrieben.

DOKUMENTATIONEN IM RAHMEN DES IEA-TASK 21

■ Im Rahmen der vier Subtasks sind folgende Dokumentationen in Ausarbeitung oder bereits (in englischer Sprache) erschienen:

Subtask A: Tageslichtsysteme

Source Book

Dokumentation der Eigenschaften von innovativen Tageslichtsystemen und der zu ihrer Bewertung notwendigen messtechnischen Verfahren

Survey of Architectural Solutions

Dokumentation von Projekten mit bemerkenswerten Tageslichtlösungen, ohne innovative Systemtechniken

Subtask B: Steuerungssysteme

Design Guide

Handbuch zur Anwendung von Steuerungssystemen zur automatischen Reduktion von Kunstlichteinsatz durch die Anwendung von Tageslicht

Subtask C: Design Tools

Survey of Simple Design Tools

Sammlung von Werkzeugen zur Tageslichtplanung

Subtask D: Case Studies

Case Study Book

Dokumentation von 15 Gebäuden, in denen mindestens ein Jahr ein Monitoring durchgeführt wurde

Eine Publikationsliste mit den jeweiligen Bezugsquellen und den aktuellen Neuerscheinungen sowie Kontaktadressen zu den jeweiligen Autoren finden sich auf der IEA Homepage: www.iea-shc.org



Foto: Croci & du Fresne

Schweizer Bankverein Biel: Prismensystem, das sowohl als Sonnenschutz als auch zur Lichtumlenkung verwendet wird.

Z A H L E N / D A T E N / F A K T E N

PROJEKTTRÄGER

Die folgende Studie ist im Auftrag des BMVIT entstanden:
 „Endbericht zur Teilnahme am IEA Solar Heating and Cooling Program, Task 21: Daylight in Buildings“
 Auftragnehmer:
 Bartenbach LichtLabor GmbH,
 Rinnerstraße 14, 6071 Aldrans;
 Verfasser: Ingenieurbüro Martin Klingler, Kaplanstraße 2,
 6063 Rum/Innsbruck.

PUBLIKATIONEN

Der Endbericht ist in der Reihe *Berichte aus Energie- und Umweltforschung* des BMVIT erschienen und erhältlich bei:
 PROJEKTFABRIK,
 Nedergasse 23, A-1190 Wien.
 Eine vollständige Liste der Schriftenreihe „*Berichte aus Energie- und Umweltforschung*“ mit Bestellmöglichkeit findet sich auf der FORSCHUNGSFORUM HOMEPAGE:
<http://www.forschungsforum.at>

FORSCHUNGSFORUM im Internet:

<http://www.forschungsforum.at>

in deutsch und englisch

IMPRESSUM

FORSCHUNGSFORUM informiert über ausgewählte Projekte im Rahmen des Leitschwerpunktes „Zukunftsfähige Energie- und Umwelttechnologien“ des BMVIT.
 Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien,
 Leitung: Dipl.Ing. M. Paula; Rosengasse 4, A-1010 Wien. Fotos und Grafiken: Bartenbach LichtLabor, Croci & du Fresne, Peter Bartenbach.
 Redaktion: Projektfabrik, A-1190 Wien, Nedergasse 23. Gestaltung: Grafik Design Wolfgang Bledl, [gdwb@council.net](mailto:gdw@bouncil.net).
 Herstellung: AV-Druck, A-1030 Wien, Faradaygasse 6.

► FORSCHUNGSFORUM erscheint mindestens vierteljährlich und kann kostenlos abonniert werden bei:
 Projektfabrik, A-1190 Wien, Nedergasse 23, e-mail: projektfabrik@magnet.at