

IEA Solares Heizen und Kühlen Task 50: Beleuchtungslösungen für die Gebäudesanierung

D. Geisler-Moroder
W. Pohl

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

5/2017

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

IEA Solares Heizen und Kühlen

Task 50:

Beleuchtungslösungen für die Gebäudesanierung

DI Dr. David Geisler-Moroder, Mag. Wilfried Pohl
Bartenbach GmbH

Aldrans, Juni 2016

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie

IEA FORSCHUNGS
KOOPERATION

Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage www.nachhaltigwirtschaften.at gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	4
Abstract	6
Einleitung.....	7
Hintergrundinformation zum Projekteinhalt.....	9
IEA Solar Heating and Cooling Programm.....	9
Das internationale Kooperationsprojekt IEA-SHC Task 50	9
Übersicht über das österreichische Teilprojekt	12
Ergebnisse des Projekts	14
Sub-Task A (Markt und Politiken)	14
Sub-Task B (Lösungen für Tageslicht und Kunstlicht)	14
Sub-Task C (Methoden und Tools)	20
Sub-Task D (Fallstudien)	27
Joint Working Group (Lighting Retrofit Advisor, LRA)	32
Veröffentlichungen	34
Vernetzung und Ergebnistransfer	37
Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen.....	39
Verzeichnisse	40
Literaturverzeichnis.....	40
Abbildungsverzeichnis	41
Tabellenverzeichnis	42
Anhang	43
Lighting Retrofit Advisor	43
Sub-Task B Source Book.....	43
Technical Reports	44

Kurzfassung

Beleuchtung ist für ca. 19% (2900 TWh) des globalen elektrischen Energieverbrauchs verantwortlich. Sofern sich Politik, Markt und Realisierungen nicht ändern, wird ein weiteres Wachstum dieses Verbrauchs erwartet - und das trotz wesentlicher und rapider technischer Verbesserungen wie Halbleitertechnologie (LEDs), neue Fassadensysteme und Lichtmanagementsysteme.

Der potenzielle Markt für Beleuchtungs-Retrofitting ist enorm. Der Anteil der veralteten, d.h. nicht den aktuellen Empfehlungen für Energieanforderungen und Lichtqualität entsprechenden Beleuchtungsanlagen (älter als 25 Jahre) wird auf ca. 75% geschätzt. Klare Richtlinien und Empfehlungen für die Sanierung von Tages- und Kunstlichtlösungen basierend auf objektiven Vergleichskriterien und Best-Practice-Beispielen zusammen mit einem Portfolio an geeigneten Systemlösungen sind daher für die Interessensvertreter der Sanierungsbranche notwendig.



Sanierung des F&E Gebäudes bei Bartenbach GmbH. Bestand vor Sanierung (links), saniert mit innovativer, architekturintegrierter LED-Lösung (Mitte), vollständig tagesbelichteter Raum nach Neubezug (rechts)

Im IEA-SHC Task 50 wurde zunächst ein Kriterienkatalog zur Evaluierung von Retrofit-Systemlösungen ausgearbeitet. Anhand dessen wurden sowohl existierende Kunst- und Tageslichtsysteme als auch neue Entwicklungen von Beleuchtungslösungen für den Sanierungsbereich bewertet und verglichen. Die kritische Analyse der Ergebnisse bildete die Grundlage eines Nachschlagewerks zu existierenden Systemlösungen im Bereich der Beleuchtungssanierung.

Damit Investoren, Industrie, Berater und Planer die Potenziale einer Beleuchtungssanierung erkennen und argumentieren können, bedarf es einfacher Werkzeuge um Retrofit-Lösungen zu bewerten. Dafür wurden gängige Planungsabläufe in Sanierungsprojekten analysiert und eine Übersicht über bestehende Softwarelösungen zur Simulation und Bewertung von Beleuchtungslösungen zusammengestellt. Für ein interaktives Evaluierungswerkzeug wurde eine Tageslichtberechnungsmethode weiterentwickelt, mit der effiziente Ganzjahresberechnungen auch für komplexe Fassaden durchgeführt werden können.

Parallel dazu wurden repräsentative Fallstudien ausgewählt und anhand eines eigens erstellten Monitoringkonzepts analysiert. Die Ergebnisse dieser Case Studies dienen als Vergleichs- und Best-Practice Beispiele um den Entscheidungsfindungsprozess in Sanierungsprojekten weiter zu vereinfachen.

Die Ergebnisse wurden auf internationaler Ebene im IEA-SHC Task 50 im "Lighting Retrofit Advisor" zusammengeführt. Diese interaktive Entscheidungshilfe erlaubt es den Interessensvertretern beteiligter Gewerke gezielt Informationen für Beleuchtungssanierungen zu bekommen und Lösungsansätze zu evaluieren.

Abstract

Lighting accounts for about 19% (2900 TWh) of the global electric energy consumption. Without essential changes in policies, markets and practical implementations it is expected to continuously grow despite significant and rapid technical improvements like solid-state lighting, new façade and light management techniques.

The potential market for lighting retrofits is tremendous. It is estimated that around 75% of the lighting installations are out of date (older than 25 years) and do not meet nowadays lighting recommendations with respect to energy and visual quality. Explicit guidelines and recommendations for retrofitting of daylight and artificial lighting solutions based on objective criteria and best-practice examples combined with a portfolio of adequate system solutions are thus necessary for stakeholders of the retrofitting industry.



Retrofitting of the R&D building at Bartenbach. Situation before retrofitting (left), retrofitted room with innovative, architecture-integrated LED solution (center), entirely daylit room after moving in (right)

Within the IEA-SHC Task 50 a catalogue of criteria to evaluate retrofit systems was elaborated. With that, existing retrofit solutions for daylighting and electric lighting as well as new developments were evaluated and compared. A critical analysis of the results was the basis for a source book about existing system solutions for lighting retrofits.

Investors, industry, consultants and designers need simple rating tools for lighting retrofit solutions to be able to spot their potential as well as to argue for them. For this an analysis of common design processes in retrofitting projects and a state of the art review of existing software solutions was done. A daylight calculation method was further developed to be used within an interactive and simple rating tool that allows efficient annual simulations even with complex façade systems.

Representative case studies of lighting retrofit projects were selected and rated according to a specifically defined monitoring protocol. Being best practice examples and objects of comparison, the results of these case studies further ease the decision making process in retrofitting projects.

The results were merged in the international IEA-SHC Task 50 in the "Lighting Retrofit Advisor". This interactive decision guidance provides different stakeholders with focused information on lighting retrofits and allows the evaluation of retrofitting approaches.

Einleitung

Beleuchtung ist für ca. 19% (2900 TWh) des globalen elektrischen Energieverbrauchs verantwortlich. Vorhersagen der IEA zeigen, dass sofern Regierungen an der aktuellen Politik festhalten, dieser Verbrauch bis ins Jahr 2030 auf 4250 TWh wachsen wird, was einem Anstieg von über 40% entspricht (Lights Labour's Lost, Policies for Energy-efficient Lighting, IEA, 2006). Durch die stetig wachsende Weltbevölkerung und den ansteigenden Bedarf an elektrisch betriebenen Geräten wird dieser Anstieg auch trotz kontinuierlich effizienter werdender Lichtlösungen passieren. Eine Studie zeigt, dass Investitionen in energieeffiziente Beleuchtung eine der kosteneffizientesten Möglichkeiten ist um CO₂ Emissionen zu reduzieren (P.-A. Enkvist et al., McKinsey Quarterly 1 (2007)).

Forschung und Entwicklung im Bereich der energieeffizienten Beleuchtung (Tageslichtnutzung, Kunstlicht und Lichtsteuerung bzw. -regelung) zusammen mit Aktivitäten zur Umsetzung und Marktdurchdringung dieser Technologien können bedeutend zu einer Reduktion des globalen elektrischen Energieverbrauchs und der CO₂ Emissionen beitragen. Diese Aktivitäten gehen daher konform mit den unterschiedlichen Regierungszielen zur Energieeffizienz und Nachhaltigkeit.

Die jährlich hinzukommenden Neubauten machen nur einen kleinen Teil des Gebäudebestands aus. Wesentliche Energieeinsparungen lassen sich daher nur durch weitreichende Sanierungsaktivitäten in existierenden Gebäuden realisieren. Schätzungen zufolge sind in Deutschland 75% der Beleuchtungsanlagen veraltet, d.h. älter als 25 Jahre, und entsprechen nicht den aktuellen Anforderungen an Energieeffizienz und Lichtqualität für Arbeitsplätze (ZVEI, Zentral Verband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie, Fachverband Licht, 2012). Eine Bestandsaufnahme in Bürogebäuden, Schulen und Krankenhäusern zeigt in anderen Ländern wie etwa Schweden ein ähnliches Bild (Schwedische Energieagentur, online, 2014). So lässt sich etwa der Energiebedarf für eine veraltete Bürobeleuchtung auf weniger als ein Drittel reduzieren, wenn moderne Fassadenlösungen für die Tagesbelichtung, Kunstlichtlösungen und Steuerungen eingesetzt werden. Dabei wird meist sogar noch die Lichtqualität verbessert. Diverse Fallstudien belegen diese Einsparpotenziale. So konnte etwa der Jahresstromverbrauch in einem Großraumbüro durch eine Sanierung der Beleuchtungsanlage von 60 kWh/m²a auf 8 kWh/m²a reduziert werden, in einem Klassenraum konnte immerhin eine Reduktion von 11 kWh/m²a vor dem Retrofitting auf 3 kWh/m²a erreicht werden. In bislang rein elektrisch beleuchteten Supermärkten wiederum wurde gezeigt, dass neue, zusätzliche Oberlichter (Tageslichtöffnungen) wesentlich zur Reduktion der Stromkosten beitragen konnten. Solche Ansätze können oft mit Amortisationszeiten aufwarten, die anderen, gängigeren Sanierungsansätzen (Lampentausch, Austausch von Leuchten, o.ä.) deutlich überlegen sind. Darüber hinaus kommt hier nicht nur die direkte Stromeinsparung zum Tragen. Eine Studie zeigt etwa, dass in tagesbelichteten Geschäften höhere Umsätze erzielt werden als in vergleichbaren Geschäften ohne Tageslicht (Heschong, Daylight and Retail Sales, CEC PIER, 2003).

Diese europäischen bzw. internationalen Evaluierungen lassen sich sinngemäß auch auf den österreichischen Gebäudebestand übertragen. Die Potenziale zur Energieeinsparung durch den Einsatz moderner und energieeffizienter Beleuchtungslösungen im Zuge von

Gebäudesanierungen sind daher evident. Gleichzeitig ergibt sich dadurch die Möglichkeit ein qualitativ verbessertes visuelles Umfeld zu schaffen.

Im Task 50 wurde daher dieses Thema der Beleuchtungslösungen in der Gebäudesanierung aufgegriffen und bearbeitet. Dabei wurden die Inhalte in vier Sub-Tasks bearbeitet und die Ergebnisse in einer übergreifenden Arbeitsgruppe zusammengeführt. Neben Wirtschaftlichkeitsmodellen und Marktbetrachtungen (Sub-Task A) wurden objektive Vergleichskriterien und ein Portfolio an geeigneten Systemlösungen (Sub-Task B) ausgearbeitet. Gängige Workflows und verwendete Softwaresysteme im Planungsprozess wurden analysiert (Sub-Task C) und ein Monitoring-Protokoll für Feldmessungen erstellt und in repräsentativen Fallstudien zur Anwendung gebracht (Sub-Task D). Die gesammelten Informationen wurden zusammen mit Evaluierungstools im Lighting Retrofit Advisor (Joint Working Group) zusammengefasst und damit den Stakeholdern als Entscheidungshilfe im Sanierungsprozess zur Verfügung gestellt.

In der Folge wird zunächst der Hintergrund des Projektinhalts auf nationaler und internationaler Ebene dargestellt. Im Anschluss werden die Ergebnisse aus den vier Sub-Tasks und aus der übergreifenden Arbeitsgruppe präsentiert und auf die im Rahmen des Task 50 entstandenen Veröffentlichungen verwiesen. Abschließend wird erläutert wie der Ergebnistransfer zu den relevanten, österreichischen Stakeholdern sichergestellt wird und welche zukünftigen Aktivitäten im Themenfeld der Beleuchtung in Gebäuden angestrebt und empfohlen werden.

Hintergrundinformation zum Projektinhalt

IEA Solar Heating and Cooling Programm

Das Programm "Solar Heating and Cooling" wurde 1977 als eines der ersten Programme der IEA gegründet. Das Mission Statement bringt den wesentlichen Inhalt auf den Punkt, nämlich:

"Weiterführend das hervorragende internationale und gemeinschaftliche Programm im Bereich der Technologien und Entwicklungen für solares Heizen und Kühlen zu sein."

Der Ansatz gemeinsamer Anstrengungen und Arbeiten von Experten aus den Mitgliedsstaaten bieten folgende Vorteile:

- er beschleunigt die Gangart von Technologieentwicklungen,
- treibt Standardisierung voran,
- bereichert nationale F&E-Programme,
- erlaubt nationale Spezialisierungen und
- spart Zeit und Geld.

Sie thermische Energie der Sonne kann sowohl zum Heizen wie auch zum Kühlen verwendet werden. Zentrale Anwendungsgebiete finden sich dort wo Wärme bei relative niedrigen Temperaturen benötigt wird, wie etwa Warmwasserversorgung oder Raumheizung. Solare Anwendungen können auch zur Kühlung verwendet werden, sofern das Angebot (sonnige Sommertage) und die Nachfrage (kühle Innenräume) gut zusammenpassen.

Aufgrund diverser Einschränkungen (Kosten, Gebäudeeffizienz, Politik) wird allerdings nur ein geringer Anteil des benötigten Heiz- und Kühlbedarfs über solare Energie gelöst. Um diese Einschränkungen zu überwinden und den Weltmarkt zu durchdringen, arbeitet das IEA SHC Programm in drei wesentlichen Bereichen:

- Ausbildung von Benutzern und Entscheidungsträgern
- Ausweitung des Marktes für Solarthermie
- Forschung, Entwicklung und Evaluierung von Hardware, Materialien und Designs.

Das internationale Kooperationsprojekt IEA-SHC Task 50

Der Task 50 beschäftigte sich mit allgemeinen Systemlösungen für Tages- und Kunstlicht für Gebäude mit dem Fokus auf Innenräume in Nicht-Wohngebäuden. Fachlich waren folgende Themen im Task angesiedelt:

- Tageslichtnutzung durch verbesserte Fassadentechnologien und architektonische Lösungen
- Kunstlichtkonzepte für Technologie- und Designstrategien
- Systeme und Strategien zur Lichtsteuerung

Den Bogen zum übergeordneten Implementing Agreement SHC spannte dabei v.a. das Thema Sonnenschutz und Tageslichtnutzung sowie die dadurch wachsende Bedeutung der Gebäudehülle.

Der Zielgruppe dieses Tasks (Gebäudeinhaber und -investoren, Behörden, Industrie, Planer und Berater) wurden strategische, technische und wirtschaftliche Informationen zur Verfügung gestellt. Damit sollten all diese unterschiedlichen Interessensgruppen Hemmschwellen zum Retrofitting von Beleuchtungsanlagen leichter überwinden können.

Am Task 50 waren insgesamt 22 Partner aus 13 Länder beteiligt.

Land	Forschungs- institute	Universitäten	Firmen	Gesamt
Belgien	1	1	0	2
Brasilien	0	1	0	1
China	1	0	0	1
Dänemark	1	1	0	2
Deutschland	2	2	1	5
Finnland	0	1	0	1
Japan	0	2	0	2
Niederlande	0	0	1	1
Norwegen	0	1	0	1
Österreich	0	0	1	1
Schweden	0	1	1	2
Schweiz	0	1	1	2
Slowakei	0	1	0	1

Tabelle 1: Übersicht teilnehmender Institute und Länder am IEA-SHC Task 50

Das übergeordnete Ziel der Aktivitäten im Task 50 war die Beschleunigung des Sanierungssektors im Bereich der Tages- und Kunstlichtlösungen im Nicht-Wohnbereich. Dabei wurden kosteneffiziente und bewährte Ansätze verfolgt, die für einen Großteil der Bestandsgebäude anwendbar sind. Im Detail wurden folgende Ziele angestrebt:

- Ausarbeitung einer sauberen Marktübersicht im Bereich der Beleuchtungssanierung.
- Anstoß von Diskussionen, Initialisierung von Überarbeitungen und Verbesserungen lokaler und nationaler Bestimmungen, Zertifizierungen und Förderprogramme
- Anheben der technischen, ökologischen und ökonomischen Beständigkeit von Tages- und Kunstlicht-Retrofits
- Verständnis des Prozesses einer Beleuchtungssanierung durch Bereitstellung entsprechender Tools für die jeweiligen Interessensgruppen steigern
- Beleuchtungs-Retrofits nach dem Stand der Technik aufzeigen
- Gemeinsame Entwicklung eines elektronischen, interaktiven Nachschlagewerks mit Designinspirationen, Designvorschlägen, Entscheidungshilfen und Designtools basierend auf den Ergebnissen der Sub-Tasks.

Um diese Ziele zu erreichen, arbeiteten die Teilnehmer der Task 50 im Rahmen von vier Sub-Tasks sowie einer "Joint Working Group" zusammen, die in einzelne Projekte unterteilt waren.

Sub-Task A: Markt und Politiken

Sub-Task-Leitung: Dänemark – Marc Fontoynt, SBI

- A.1. Umfassende, wirtschaftliche Modelle
- A.2. Hürden und Vorteile
- A.3. Energievorgaben und -zertifizierung für Gebäude
- A.4. Vorschläge für Maßnahmen

Sub-Task B: Lösungen für Tageslicht und Kunstlicht

Sub-Task-Leitung: Deutschland – Martine Knoop, TU Berlin

- B.1. Definition - Systemcharakterisierung
- B.2. Definition von (regionalen) Ausgangssituationen
- B.3. Übersicht über den Stand der Technik von Technologien und architektonischen Lösungen
- B.4. Neue technische Entwicklungen
- B.5. Messungen ausgewählter aktueller sowie neuer Technologien
- B.6. Nachschlagewerk

Sub-Task C: Methoden und Tools

Sub-Task-Leitung: Schweiz – Bernard Paule, ESTIA / Jérôme Kaempf, EPFL

- C.1. Analyse von Arbeitsabläufen und Anforderungen
- C.2. Erhebung zum Stand der Technik
- C.3. Entwicklung eines einfachen, gesamtheitlichen Bewertungsmodells
- C.4. Energetische Auswertungen und Prüfabläufe
- C.5. Hochentwickelte und zukünftige Simulationstools

Sub-Task D: Fallbeispiele

Sub-Task-Leitung: Schweden – Marie-Claude Dubois, Lund University

- D.1. Gebäude Bestand und Typologie
- D.2. Stand der Technik
- D.3. Bewertungs- und Monitoringroutinen
- D.4. Auswertung von Fallbeispielen
- D.5. Allgemeine Schlüsse
- D.6. Nachschlagewerk zu Fallbeispielen / elektronische Dokumentation

Joint Working Group: "Lighting Retrofit Advisor (LRA)"

Sub-Task-Leitung: Deutschland – Simon Wössner / Jan de Boer, Fraunhofer IBP

- JWG.1. Software Spezifikation
- JWG.2. Evaluierung und Test des Konzepts
- JWG.3. Umsetzung
- JWG.4. Validierung, Qualitätssicherung und nationale Anpassungen

Übersicht über das österreichische Teilprojekt

Übergeordnetes Ziel war die Vernetzung nationaler Tätigkeiten (Forschung / Entwicklungen) auf dem Gebiet der Beleuchtungssanierung auf internationaler Ebene. Dazu wurde angestrebt

- Ergebnisse aus nationalen und EU-Projekten an denen Bartenbach beteiligt ist sowie aus Planungs- und Entwicklungsprojekten von Bartenbach in den internationalen Task einfließen zu lassen, gleichzeitig aber den
- Informationsfluss vom internationalen Kooperationsprojekt nach Österreich / zu Bartenbach sicherzustellen.

Dadurch sollte international durch die Vernetzung ein großer Fortschritt erreicht werden. Gleichzeitig sollte Bartenbach (stellvertretend für die österreichische Beleuchtungsindustrie) auf relevante Themen und Entwicklungen in diesem Themenbereich frühzeitig aufmerksam werden um die Vorreiterrolle im Bereich "Licht" halten und weiter ausbauen zu können.

Inhaltlich wurde ein vertiefter Know-How-Gewinn im Bereich der energieeffizienten Sanierung von Gebäuden und Beleuchtungsanlagen erwartet. Die Weiterentwicklung von Beleuchtungssystemen und die Erweiterung von Tools sollte das Kompetenzportfolio der Firma weiter bereichern und die Marktposition damit festigen.

Inhaltliches Ziel war die Bearbeitung der Themen des internationalen Projekts auf nationaler Ebene. Dazu sollten vorrangig Beiträge zu den Sub-Tasks B, C und D erarbeitet werden.

Im Sub-Task B (Lösungen für Tageslicht und Kunstlicht) sollte eine Matrix von Systemcharakteristiken zur Bewertung bestehender als auch neuartiger Lösungen aufgestellt werden. Bartenbach sollte dazu sowohl für Tages- als auch für Kunstlichtsysteme zur Ausarbeitung der Kriterien wie Energieeffizienz, Lichtqualität, Komfort und Kosten beitragen. Zur Marktübersicht über State-of-the-Art Retrofit-Möglichkeiten für Tages- und Kunstlicht war der Input aus Sicht einer weltweit tätigen Firma mit starkem Bezug zum österreichischen Markt vorgesehen. Die aus der Marktanalyse extrahierten Potenziale sollten aufgegriffen werden und zu Anpassungen bestehender Systeme aus parallelen Forschungsprojekten mit Fokus auf eine Retrofit-Tauglichkeit führen. Diese Retrofit-Technologien sollten dann evaluiert und im Labor vermessen werden.

Im Sub-Task C (Methoden und Tools) war Bartenbach mitverantwortlich für die Gestaltung des Fragebogens zur Erhebung eingesetzter Software-Tools im Sanierungsprozess. Auch sollte diese Umfrage dann bei den einschlägigen österreichischen Interessensvertretern verbreitet werden. Die laut der Umfrage primär verwendeten Programme sollten dann evaluiert werden. Dazu war seitens Bartenbach vorgesehen die im Planungsablauf verwendeten und daher bestens bekannten Tools zu dokumentieren und Beiträge aus der Beschäftigung mit komplexer Software im Entwicklungsbereich zu liefern.

Im Sub-Task D (Fallbeispiele) musste zunächst der aktuelle Bestand an Gebäuden und Beleuchtungslösungen erhoben werden – dieser erste Schritt sollte für Österreich durchgeführt werden. In die Ausarbeitung eines international konsolidierten Monitoring- und Evaluierungsprotokolls für Case Studies von Gebäudesanierungen im Bereich Tages- und Kunstlicht sollten speziell die Erfahrungen von Bartenbach aus abgeschlossenen und laufenden Projekten einfließen. Dadurch können die wesentlichen Randbedingungen und

relevanten Parameter optimal ausgearbeitet werden. In weiterer Folge sollt eine repräsentative Fallstudie in Österreich ausgewählt, vermessen, evaluiert und dokumentiert werden.

Sub-Task A (Markt und Politiken) sollte im Rahmen allgemeiner Diskussionen und punktueller Inputs etwa zu Kosten von Sanierungslösungen von Bartenbach begleitet und unterstützt werden. Zur Joint Working Group waren im Bereich der strukturellen Arbeit am Lighting Retrofit Advisor Onlinetool ebenfalls nur kleine Beiträge vorgesehen, die Inhalte zur Darstellung und Umsetzung im LRA sollten aber im Rahmen der jeweiligen Sub-Tasks geliefert werden.

Im Zuge des internationalen Projekts wurde DALEC – eine Entwicklung im Bereich der Tageslichtsimulation aus dem österreichischen COMET Projekt K-Licht – präsentiert. Diese Methodik wurde als vielversprechende und wertvolle Technologie zur Erweiterung des Funktionsumfangs des Lighting Retrofit Advisor erkannt und sollte daher für eine Integration angepasst werden. Im Rahmen eines Zusatzprojekts zum österreichischen Teilvorhaben sollte diese Tageslichtberechnungsmethode, mit der einfach und schnell Ganzjahresbewertungen für konventionelle aber auch für komplexen Fassadensysteme durchgeführt werden können, speziell für die Integration in den Lighting Retrofit Advisor adaptiert werden. Die dafür notwendigen Programmanpassungen und erweiterte Datengrundlagen sollten durchgeführt bzw. erstellt und im innerhalb des im IEA Task 50 definierten Formats als Datenbank für die Einbettung in den LRA aufbereitet werden.

Ergebnisse des Projekts

Sub-Task A (Markt und Politiken)

Im Rahmen dieses Sub-Tasks wurden ökonomische Überlegungen und Ansätze betrachtet sowie Fragestellungen und offene Punkte im Bereich der Zertifizierung und Normierung analysiert. Bartenbach war als österreichischer Vertreter im Task 50 in diesem Sub-Task nur begleitend tätig. So wurden etwa Informationen zu Kosten von Beleuchtungssystemen, Komponenten und Sanierungsmaßnahmen geliefert. Diese Informationen könnte Bartenbach aus seinen Planungs- und Entwicklungstätigkeiten ableiten und als Input für die Ausarbeitung etwa von Total-Cost-of-Ownership oder Amortisationsberechnung zur Verfügung stellen.

Insgesamt wurden im internationalen Task ausführliche Berichte zu

- umfassenden, wirtschaftlichen Modellen, zu
- Hürden und Vorteilen im Sanierungsprozess; Energievorgaben und -zertifizierung für Gebäude, und zu
- Vorschlägen für Maßnahmen in Bezug auf die Wertschöpfungskette

ausgearbeitet.

Sub-Task B (Lösungen für Tageslicht und Kunstlicht)

In Sub-Task B wurde zunächst eine Matrix von Systemcharakteristiken zur Bewertung von Retrofitsystemen ausgearbeitet. Basierend auf Erfahrungen in der planerischen Praxis und Entwicklungstätigkeit im Tageslichtbereich konnte Bartenbach hier speziell im Bereich der Tageslichtlösungen Bewertungskriterien beitragen. Dabei wurde Wert darauf gelegt, dass neben den energetischen und ökonomischen Kriterien auch Systemcharakteristiken berücksichtigt werden, die einerseits den visuellen Komfort, aber auch den Einfluss der Systeme auf das thermische Verhalten des Gebäudes beeinflussen. Abbildung 1 zeigt eine Übersicht möglicher Ansätze zur Sanierung von Beleuchtungsanlagen. Diese grundlegende Entscheidung (Aufrüstung / Einsatz neuer Komponenten / komplette Neugestaltung) bestimmt zunächst welche Systemlösungen für die Sanierung generell in Frage kommen.

Die anschließende Tabelle 2 zeigt die Kriterien anhand derer mögliche Systemlösungen objektiv miteinander verglichen werden können. Diese Kriterien wurden auch herangezogen um die in der Marktübersicht gesammelten Tages- und Kunstlichtsysteme zu evaluieren und gegenüberzustellen.



Abbildung 1: Mögliche Ansätze zur Sanierung von Beleuchtungsanlagen

	much worse than baseline	worse than baseline	similar to baseline or not applicable	better than baseline	much better than baseline
Energy efficiency					
Energy savings potential	energy savings potential < -30 %	-30 % ≤ energy savings potential < -10 %	-10 % ≤ energy savings potential ≤ 10 %	10 % < energy savings potential ≤ 30 %	energy savings potential > 30 %
Efficacy of component	component efficacy ≤ 28 lm/W for CFL downlights (replacement)	28 lm/W < component efficacy ≤ 36 lm/W for CFL downlights (replacement)	36 lm/W < component efficacy ≤ 44 lm/W for CFL downlights (replacement)	44 lm/W < component efficacy ≤ 52 lm/W for CFL downlights (replacement)	component efficacy > 52 lm/W for CFL downlights (replacement)
Emitting angle	emitting angle ≥ 180°	-	120 ≤ emitting angle < 180°	-	emitting angle < 120°
Power factor	power factor ≤ 0.6	0.6 < power factor ≤ 0.75	0.75 < power factor ≤ 0.9	0.90 < power factor ≤ 0.98	0.98 < power factor ≤ 1.0
Dimmable	no	-	-	-	yes
Lighting quality: Visual comfort					
UGR_R for 4H/8H	UGR _R ≥ baseline UGR + 6	baseline UGR + 3 ≤ UGR _R < baseline UGR + 6	baseline UGR - 3 ≤ UGR _R < baseline UGR + 3	baseline UGR - 6 ≤ UGR _R < baseline UGR - 3	UGR _R < baseline UGR - 6
Flicker	yes, perceptible	yes, imperceptible			none
Lighting quality: Visual amenity					
Directionality - beam angle / increased luminance on the wall & ceiling	beam angle direct solution ≤ 45°	45° < beam angle direct solution ≤ 60°	60° < beam angle direct solution ≤ 90°	beam angle direct solution > 90° beam angle direct / indirect solution downward and upward beam ≤ 60°	beam angle direct solution > 120° beam angle direct / indirect solution downward or upward beam > 60°
Colour rendering index (R_a)	R _a ≤ 65	65 < R _a ≤ 75	75 < R _a ≤ 85	85 < R _a ≤ 95	95 < R _a ≤ 100
CCT	negative deviation of standard	-	standard	-	dynamic
Lighting quality: Ease of use					
Personal control	no, having a negative impact on user comfort	no, having little impact on user comfort	no, but without consequences	depends (yes, but not to full required impact)	yes

	much worse than baseline	worse than baseline	similar to baseline or not applicable	better than baseline	much better than baseline
Costs					
Ease of retrofit according to Figure 1	redesign		use new components in existing situation		upgrade of existing situation
Initial costs	€€€		€€		€
Operational costs	€€€	€€	€		no costs
Lamp life (requirements for specific solution)	lamp life of replacement for CFL downlights ≤ 5000 h	5000 h < lamp life of replacement for CFL downlights ≤ 8000 h	8000 h < lamp life of replacement for CFL downlights ≤ 10000 h	10000 h < lamp life of replacement for CFL downlights ≤ 15000 h	lamp life of replacement for CFL downlights > 15000 h
Lumen depreciation over lifetime	lumen depreciation > 30 %	20 % < lumen depreciation ≤ 30 %	10 % < lumen depreciation ≤ 20 %	5 % < lumen depreciation ≤ 10 %	0 % \leq lumen depreciation ≤ 5 %

Tabelle 2: Kriterienkatalog zur Bewertung von Retrofitlösungen

Im nächsten Schritt wurde eine Übersicht zu existierenden „State-of-the-Art“ Retrofit Möglichkeiten sowie zu neuen Ansätzen und Lösungen ausgearbeitet. Diese Technologien wurden jeweils als sogenanntes „Technology Fiche“ in einheitlichem Format für die spätere Integration in den Lighting Retrofit Advisor aufbereitet. Zu einigen Technologien die entweder von Bartenbach selbst entwickelt wurden oder in Planungsprojekten des Bartenbach lighting design häufig eingesetzt werden, wurden diese Beschreibungen vom österreichischen Vertreter erstellt.

Nachstehend zeigt Abbildung 2 exemplarisch eine Technologiebeschreibung zur Funktionsweise, Anwendung, sowie Vor- und Nachteilen von Tageslicht-Umlenklamellen. In Abbildung 3 sieht man dann die Umsetzung dieser Technologiebeschreibung wie sie im Online-Nachschlagewerk Lighting Retrofit Advisor (<http://task50.iea-shc.org/lighting-retrofit-adviser>) verfügbar ist.



Redirecting Louvers

reflect daylight from sun and sky to the ceiling to provide improved daylight illumination even in the depth of the adjacent rooms. For optimal functionality the upper surfaces are highly specular leading to somewhat increased maintenance costs.

Performance of redirecting louvers

Compared to classical louvers (see "Louvers and Blind Systems"), redirecting louvers generally consist of an upper surface of highly specular material and concave curvature. They are designed to reflect the maximum possible amount of daylight to the ceiling and thus to interior areas far from the façade. At the same time, the luminances below the horizontal are minimized to avoid glare.

Based on their optical design, redirecting louvers work for all façade orientations if designed for using the sky, or for east-/south-/west-façades (on the northern hemisphere) if the primarily used daylight is sunlight.

Movable redirecting systems allow a good control of daylight illumination and solar gains leading to increased possible energy savings for heating and cooling as well as electric lighting. Fixed redirecting louvers do not need to be controlled, but the full potential in terms of variable SHGCs and daylight transmittances cannot be tapped with such systems.

Various redirecting louvers are designed to be installed between to panes of glass to reduce exposure to dust (interior) or dirt and snow (exterior). In a retrofit process this equals a trade-off between lower installation costs but higher maintenance needs for interior/exterior systems and vice versa for systems embedded in a glazing unit.

The costs for redirecting systems are usually higher than for classical louvers. However, the benefits appear in significantly improved visual comfort (glare protection) and lighting quality (more homogeneous daylight distribution). The systems are more expansive than classical louvers, costs and efforts for installation do not differ.

Energy efficiency



Daylight usage



Lighting quality



Maintenance



Increased visual comfort and lighting quality



Energy savings through possible reduced demand for artificial lighting, heating and cooling



Increased maintenance requirements for interior/exterior systems



Higher initial costs compared to classical louvers

A retrofit solution for enhanced daylighting and improved visual comfort, especially suitable for deep rooms.

IEA SHC Task 21 / ECBCS Annex 29 (2000): Daylight in Buildings, A Source Book on Daylighting Systems and Components.

C. Bartenbach (2010): Man Needs Daylight!

W. Pohl et al. (2012): Principles of Daylight Guiding Design

D. Geisler-Moroder (2013): Complex Daylighting Systems

Abbildung 2: Beispiel eines Technology Fiche zu tageslichtlenkenden Lamellen

Back Home

Back

Redirecting blinds

Redirecting blinds reflect daylight from sun and sky to the ceiling to provide improved daylight illumination even in the depth of the adjacent rooms. For optimal functionality, the upper surfaces are highly specular leading to somewhat increased maintenance costs. A retrofit solution for enhanced daylighting and improved visual comfort, especially suitable for deep rooms.

Evaluation:

- Energy efficiency
- Lighting quality
- Thermal benefits
- Operational costs

Click on category to view detailed results

Media

fixed redirecting blinds

redirecting blinds

redirecting blinds

redirecting blinds

detail redirecting blinds

working principle subloc...

Highlights:

- Increased visual comfort and lighting quality
- Energy savings through possible reduced demand for artificial lighting.
- Increased maintenance requirements, especially for exterior systems
- Higher initial costs compared to classical blinds

Performance of redirecting blinds

Compared to classical blinds, redirecting blinds generally consist of an upper surface of highly specular material and concave curvature. They are designed to reflect the maximum possible amount of daylight to the ceiling and thus to interior areas far from the façade. At the same time, the luminances below the horizontal plane are minimized to avoid glare.

Based on their optical design, redirecting louvers work for all façade orientations if designed for using skylight, or for East / South / West oriented façades (on the northern hemisphere) if the primarily used daylight is sunlight. Some redirecting blinds consist of a reflector for elimination of summer sun radiation during high solar angles avoiding interior overheating and a light-shelf element improving sunlight reflection into the interior while providing glare protection in wintertime.

Movable redirecting systems allow a good control of daylight illumination and solar gains leading to increased possible energy savings for heating and cooling as well as electric lighting. Most movable redirecting blinds are operated automatically, with a possibility to overrule manually. Fixed redirecting louvers do not need to be controlled, but the full potential in terms of variable SHGCs and daylight transmittances cannot be tapped with such systems.

Some redirecting blinds are developed for exterior use, which need more cleaning to function properly. The majority of redirecting blinds are designed to be installed between two panes of glass or in double skin façades to reduce exposure to dust (interior) or dirt and snow (exterior). In a retrofit process this equals a trade-off between lower installation costs but higher maintenance needs for interior/exterior systems and vice versa for systems embedded between glass panes.

The view out can, depending on the design, be more or less restricted under sunny sky conditions.

The costs for redirecting systems are usually higher than for classical blinds. However, the benefits appear in significantly improved visual comfort (glare protection) and lighting quality (more homogeneous daylight distribution). While the system is more expensive than classical blinds, costs and efforts for installation are comparable.

References:

[Buck, N., Aschehoug, Ø., Aydinli, S., Christoffersen, J., Courret, G., Edmonds, I., Jakobiak, R., Johnsen, K., Kischkoweit-Lopin, M., Klinger, M., Lee, E., Michel, L., Scartezzini, J.-L., Selkowitz, S. \(2000\) Daylight in buildings - a source book on daylighting systems and components. Report of IEA SHC Task 21 / ECBCS Annex 29, published by Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley \(USA\).](#)

Pohl, W. et al. (2012) Principles of Daylight Guiding Design. In Proceedings of International Light Simulation Symposium (ILISS) 2012, Nuremberg, Germany.

Geisler-Moroder, D. (2013) Complex daylighting systems. In Proceedings of 8th EnergyForum, Bressanone, Italy.

Koster, H. (2004) Dynamic daylighting architecture: basics, systems, projects. Birkhäuser Architecture, Springer Science & Business Media.

Abbildung 3: Umsetzung der Systembeschreibung zu tageslichtlenkenden Lamellen im Technology Viewer des Lighting Retrofit Advisor

Im Rahmen einer Produktentwicklung von LED-Downlights wurde speziell auch eine Variante für den Ersatz von Einbau-Halogen-Downlights („Spots“) ausgearbeitet. Diese Kunstlichtlösung bietet nicht nur sehr gute Energieeffizienz – je nach LED Bestückung bis zu 118 lm/W – sondern schafft auch höchste visuelle Qualität (hohe Farbwiedergabe, variable Farbtemperatur, keine Blendung – mit UGR < 19 sogar für Büroanwendungen zulässig).



Abbildung 4: LED-Downlight als Ersatz für Einbau-Halogen-Downlights („Spots“)

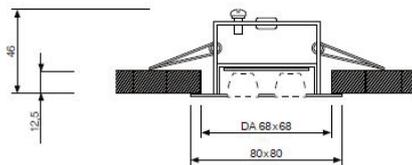


Abbildung 5: Konstruktionszeichnung



Abbildung 6: Anwendungsbeispiel

Im EU-Forschungsprojekt „3ENCULT – Efficient Energy for EU Cultural Heritage “ wurde eine blendfreie Optik für einen Wandstrahler entwickelt. Gemeinsam mit einem Industriepartner wurde daraus eine Wallwasher-Leuchte erarbeitet, die als (Halb-) Einbaulösung gedacht ist, speziell für die Sanierung aber auch als Anbauleuchte designt wurde. Diese Leuchte ist mit ca. 100 lm/W sehr energieeffizient, lässt sich mit zwei Lichtfarben (warmweiß und kaltweiß für dynamische, an das Tageslicht angepasste Farbtemperatur) bestücken und bietet – durch die für Wallwasher sonst problematische – perfekte Längsausblendung höchsten visuellen Komfort.



Abbildung 7: Wallwasher-System mit Längsausblendung als Anbauleuchte

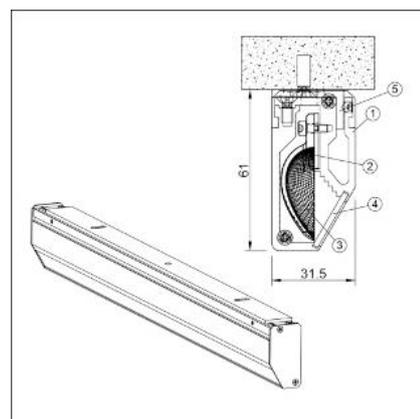


Abbildung 8: Konstruktionszeichnung

Im Rahmen eines weiteren EU-Forschungsprojekts „CoeLux“, an dem Bartenbach als Forschungspartner beteiligt war, wurde ein künstliches Oberlicht entwickelt, das realitätsnahe eine Tageslichtöffnung nachahmt. Dabei wird über Partikel in einem Panel die Eigenschaft der Rayleigh-Streuung in der Atmosphäre nachgebildet und dadurch der natürliche Eindruck des blauen Himmels und der wärmeren Sonne vermittelt. Bei Bartenbach wurde dazu ein Mock-Up Raum aufgebaut und zahlreiche Untersuchungen und Studien

durchgeführt. Eine Beschreibung sowie eine Evaluierung der Technologie wurden für die Präsentation dieser neuartigen Lichtlösung in das Source Book und in den Technology Viewer im Lighting Retrofit Advisor eingearbeitet.



Abbildung 9: Künstliches Oberlicht „Coelux“ im Mock-Up-Raum bei Bartenbach

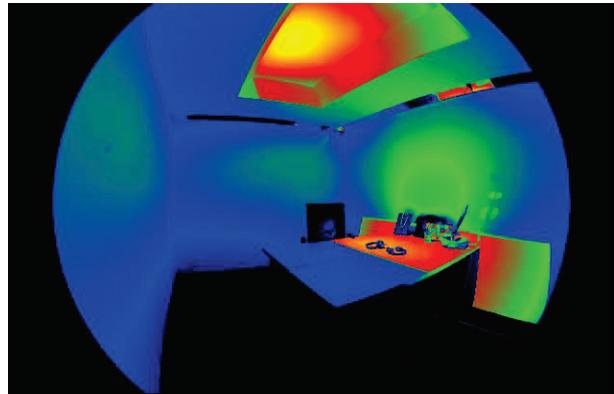


Abbildung 10: Leuchtdichteverteilung im Mock-Up-Raum

Im Sub-Task B wurde zur Ausarbeitung des Technical Reports „Catalogue of Criteria to rate highly differentiated lighting retrofits technologies, T50.B1“ sowie zur Erstellung des Source Book „Daylighting and Electric Lighting Retrofit Solutions, A Source Book of IEA SHC Task 50 – Advanced Lighting for Retrofitting Buildings“ wesentlich beigetragen.

Sub-Task C (Methoden und Tools)

Im Sub-Task C wurde zunächst eine Umfrage zu aktuell gängigen Vorgehensweisen sowie den eingesetzten Software-Tools im Sanierungsprozess ausgearbeitet. Bartenbach war hier bei der Erstellung des Fragebogens beteiligt und für die Verbreitung der Umfrage in Österreich verantwortlich. Dabei konnte auf einen großen Fundus an Kontakten aus allen relevanten Sparten zurückgegriffen werden (Lichtplaner, Architekten, Gebäudetechniker, ...). Insgesamt wurden online in 6 Monaten mehr als 1000 Fragebögen in 11 Sprachen beantwortet. So konnte eine gute Übersicht über die in der Praxis angewandten Workflows und Computerprogramme gewonnen werden.

Folgende Kernaussagen konnten aus den Ergebnissen abgeleitet werden:

- Die hauptsächlich verfolgten Ansätze zur Sanierung von Beleuchtungsanlagen finden sich im Bereich der elektrischen Beleuchtung:
 - o Einsatz von Anwesenheitssensoren
 - o Verbesserung der Leuchtentechnologie
 - o Gezielte Arbeitsplatzbeleuchtung
- In der Entwurfsphase verlassen sich die Anwender größtenteils auf ihre Erfahrung, während in der Detailplanung Computersimulationen zum Einsatz kommen
- Über den aktuellen Bestand der Beleuchtungsanlage und deren Energieverbrauch sind in Sanierungsprojekten kaum Informationen vorhanden, Unterlagen beschränken sich meist auf 2D Pläne
- Die meisten Nutzer verwenden ein Tool das sowohl Tageslicht als auch Kunstlicht abdecken kann

- Dabei dominieren zwei Tools den Markt: DIALux und RELUX
- Die drei wichtigsten Gründe für die Auswahl einer Software sind
 - o Benutzerfreundliche Oberfläche
 - o Kurze Simulationszeiten
 - o Kosten
- Die drei größten Hindernisse sind
 - o Tools sind zu zeitaufwändig in der Verwendung
 - o Tools sind zu kompliziert in der Anwendung
 - o Tools sind nicht in eine CAD-Umgebung integriert
- Die drei wichtigsten Erweiterungen um die Berücksichtigung von Tages- und Kunstlichtlösungen im Sanierungsprozess zu integrieren, sind:
 - o Näherungsweise Auslegung des Systems
 - o Berechnung der Amortisationszeit
 - o Ausgabe von Kennzahlen zum Energieverbrauch

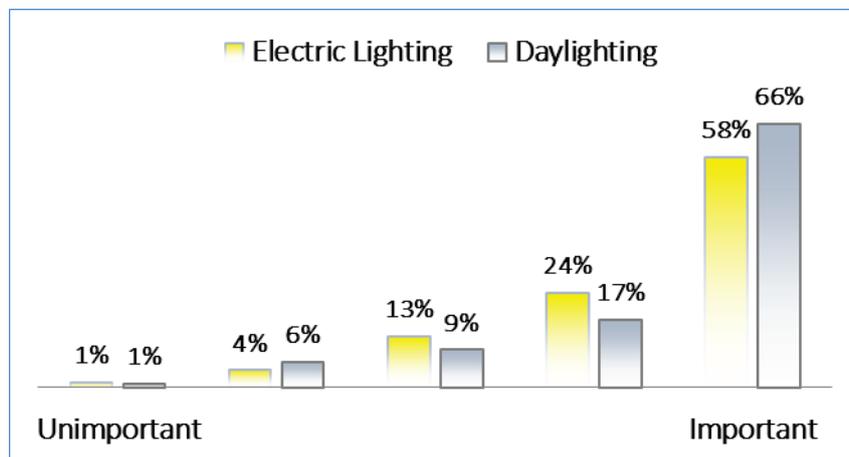


Abbildung 11: Exemplarische Auswertung der Umfrage zu den Antworten auf die Frage „Ausgehend von Ihrer gegenwärtigen beruflichen Praxis, welche Bedeutung messen Sie dem Thema BELEUCHTUNG bei Sanierungsvorhaben zu?“

In einem nächsten Schritt wurde der aktuelle Stand der Technik im Bereich von Simulationstools erhoben, die im Zuge der Sanierung von Beleuchtungsanlagen zur Anwendung kommen. Dabei wurde speziell auf die in der Umfrage erwähnten und am häufigsten verwendeten Tools eingegangen.

- Tools zur Gebäudeverwaltung
- CAD-Programme
- Visualisierungssoftware
- Simulationstools

Als Lichtplaner und Entwicklungsdienstleister arbeitet Bartenbach selbst mit zahlreichen Softwarepaketen und Berechnungstools und konnte dadurch in diesem Bereich zu diversen Programmen Informationen und Erfahrungen beitragen.

Weiters wurde eine Übersicht von Bewertungskriterien speziell für den Tageslichtbereich erstellt. Diese Metriken lassen sich in zwei Bereiche gliedern: Metriken zur

Tageslichtverfügbarkeit und Metriken zur Bewertung von Blendung durch Tageslicht (d.h. zur Bewertung des visuellen Komforts). Diese Bewertungskriterien wurden dokumentiert und ihre Einschränkungen in der Anwendung kritisch hinterfragt. Abbildung 12 zeigt eine exemplarische Auswertung der räumlichen Tageslichtautonomie in einem Bürogebäude. Dabei werden unterschiedliche Fassadensysteme untersucht (Verglasung, konventioneller Außenraffstore, Tageslichtumlenksystem) und auch der Unterschied zwischen feststehenden und automatisch gesteuerten Systemen analysiert.

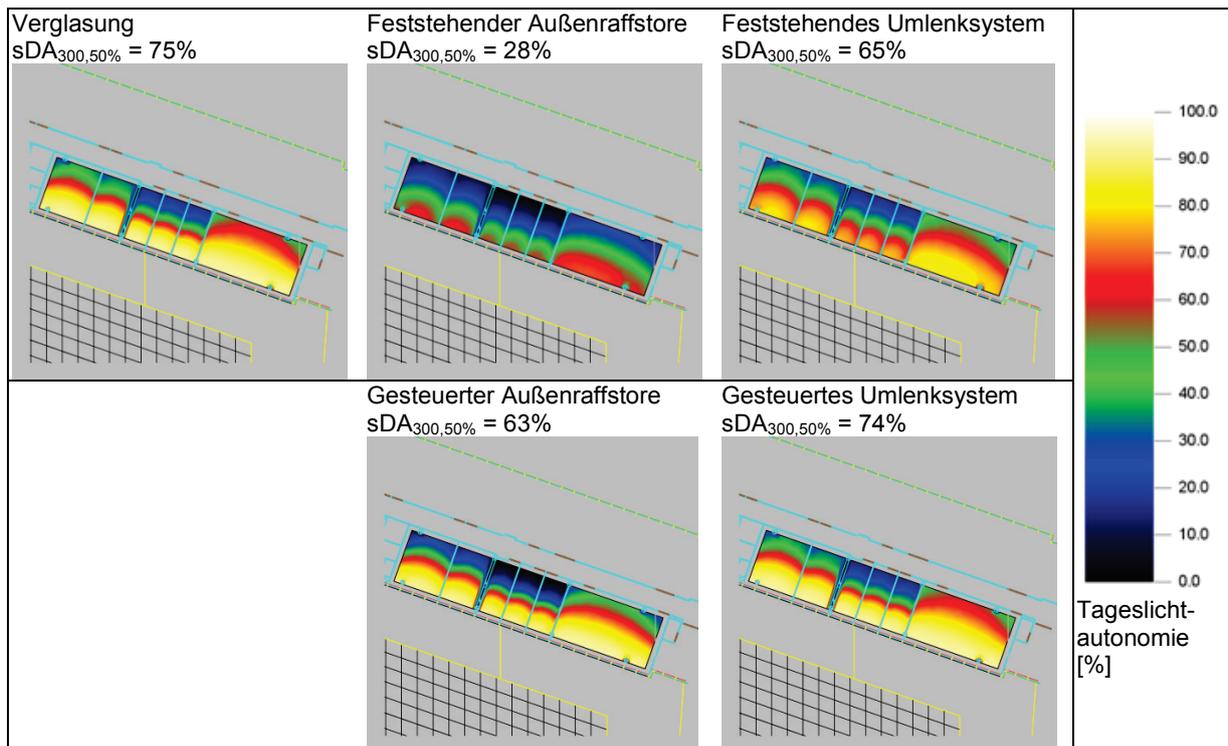


Abbildung 12: Exemplarische Auswertung der Tageslichtautonomie in einem Bürogebäude für unterschiedliche Fassadenlösungen. Der Anteil der Bewertungsfläche mit mindestens 50% Tageslichtautonomie beschreibt die räumliche Tageslichtautonomie (spatial daylight autonomy, sDA).

Als Ausblick auf Zukunftsthemen im Bereich der Tageslichtsimulation wurde eine Übersicht über fortschrittliche und zukünftige Simulationswerkzeuge erstellt. Bartenbach benötigt in vielen seiner komplexen Planungs- und Entwicklungsprojekte hochwertige Simulationen die häufig über den Funktionsumfang existierender Softwarelösungen hinausgehen. Daher wird einerseits der Stand der Wissenschaft und der Stand der Technik laufend beobachtet und auch verwendet, andererseits wird auch etwa im Rahmen laufender Forschungsprojekte direkt an der Weiterentwicklung von Simulationstools gearbeitet.

Im Zuge eines Round Robin Tests wurde eine exemplarisch ausgewählte Fallstudie von verschiedenen Projektpartnern mit unterschiedlichen Programmen simuliert. Abbildung 13 zeigt die Berechnungsergebnisse der Tageslichtsimulationen mit RADIANCE.

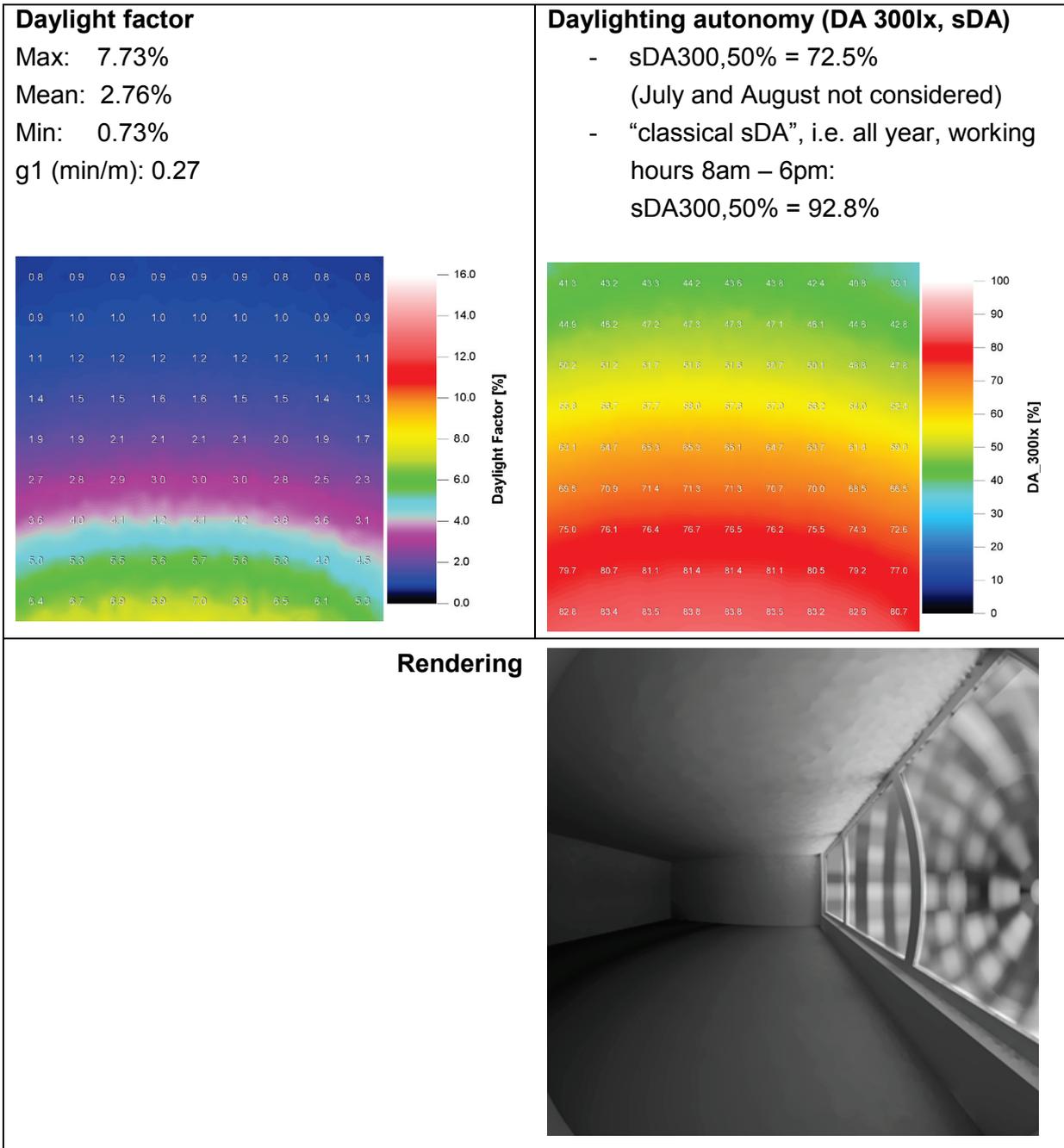


Abbildung 13: Ergebnisse aus den „Round-Robin“-Vergleichsberechnungen für ein ausgewähltes Sanierungsprojekt simuliert mit RADIANCE

In Abbildung 14 werden die Ergebnisse der TQ-Berechnung (Tageslichtquotient) mit unterschiedlichen Simulationswerkzeuge für 4 verschiedene komplexe Tageslichtlösungen gegenübergestellt. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Tools sind beträchtlich, wobei Geronimo immer am höchsten bewertet. Dies ist u.a. darauf zurückzuführen, dass hier in der Geometriemodellierung – im Gegensatz zu den anderen Tools – keine Wandstärken abgebildet werden. Auch bei gleichen Berechnungskernels (RADIANCE) im Hintergrund treten beträchtliche Abweichungen auf. Die Gründe hierfür können vielfältig sein und schließen auch den Nutzer des Tools ein. Eine wesentliche Erkenntnis ist jedoch, dass die

Tools die unterschiedlichen Fassadenlösungen relativ zueinander gleichsam bewerten und damit ein Ranking der Performance zulassen.

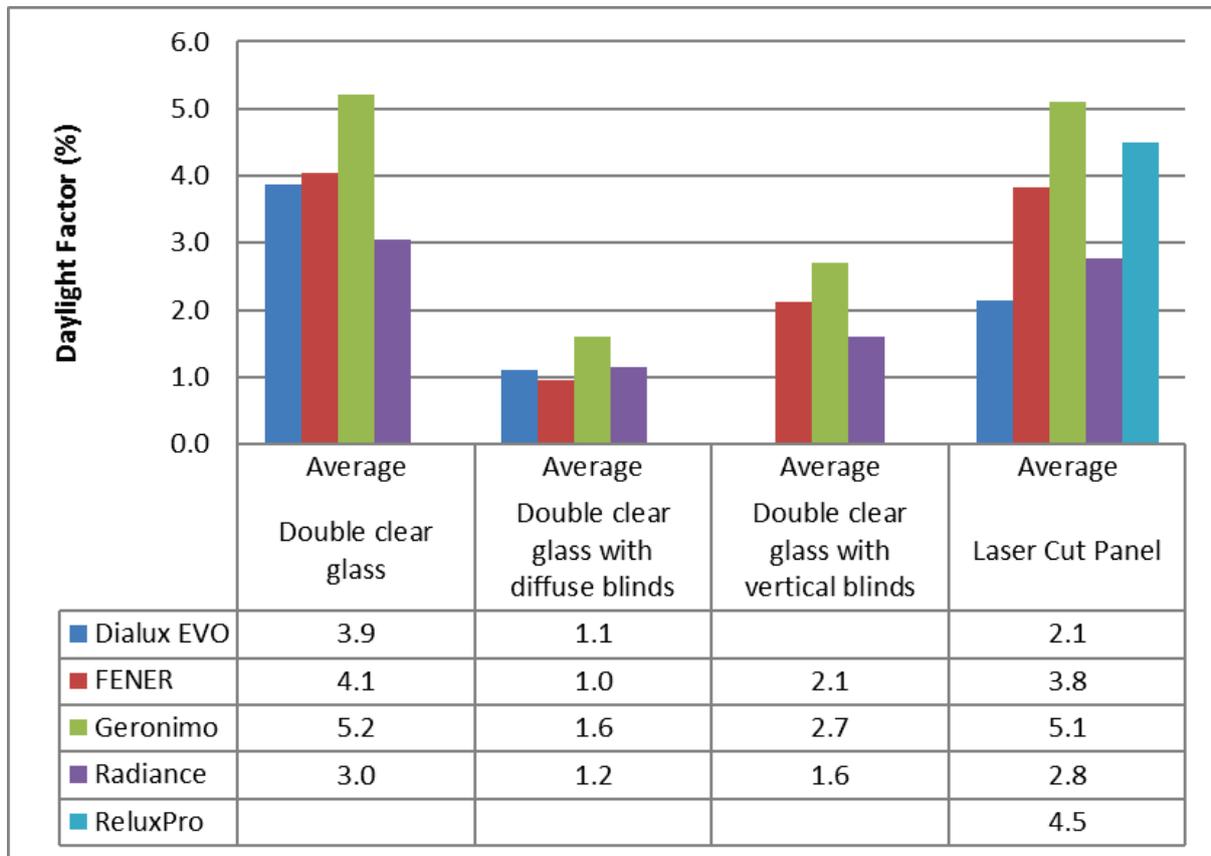


Abbildung 14: Ergebnisse der Simulation des Tageslichtquotienten mit unterschiedlichen Softwaretools für 4 verschiedene, komplexe Fassadensysteme charakterisiert durch ihre BSDF im WINDOW XML Format.

Bartenbach stellte beim dritten IEA-SHC Task 50 Meeting eine Methodik zur Berechnung der Tagesbelichtung unter Berücksichtigung von Fassadensystemen vor, die im Rahmen des österreichischen COMET K-Projekts „K-Licht“, Teilprojekt „Integrated Day- and Artificial Light“ erarbeitet wurde. Diese Methodik wurde vom Sub-Task C Konsortium als sehr vielversprechend angesehen und eine Umsetzung in den LRA gewünscht. Dies konnte im Rahmen eines Zusatzprojekts auch realisiert werden.

Bei dieser Tageslicht-Berechnungsmethodik wird basierend auf vorberechneten Faktoren selbst für komplexe Fassadensysteme eine schnelle und einfache Auswertung der jährlichen Tagesbelichtung ermöglicht. Diese Methode wurde für den „Lighting Retrofit Advisor“ derart adaptiert, dass sie speziell für die Anwendung im Sanierungsbereich geeignet ist und eine einfache und schnelle Evaluierung im Onlinetool LRA ermöglicht. Dazu wurden Berechnungsschritte und Einflussfaktoren wie die Orientierung der Fassade oder die Verschattung durch umgebende Verbauung, die in der vorhandenen Methode online durchgeführt werden, ebenfalls in die Vorberechnung der Faktoren integriert. Dadurch konnte die Benutzereingabe weiter vereinfacht und auf im Sanierungsprozess relevante Inputgrößen reduziert werden, gleichzeitig aber die gesteigerte Qualität der

Tageslichtberechnung und damit die davon abhängigen Energiebedarfswerte für Kunstlicht, Heizung und Kühlung beibehalten werden.

Dem schnellen Berechnungsalgorithmus liegt ein sogenannter Tageslichtfaktorenansatz zugrunde. Dabei werden die Lichtverhältnisse im Innenraum (etwa Beleuchtungsstärken am Arbeitsplatz) mit den im Außenraum vorherrschenden Situationen über Faktoren in Zusammenhang gebracht. Die Bestimmung der Faktoren erfolgt dabei über die 3-Phasen-Methode, die den Lichttransport in 3 Schritte unterteilt: vom Himmel auf die Fassade, durch das Fassadensystem und vom Fassadensystem in den Innenraum.

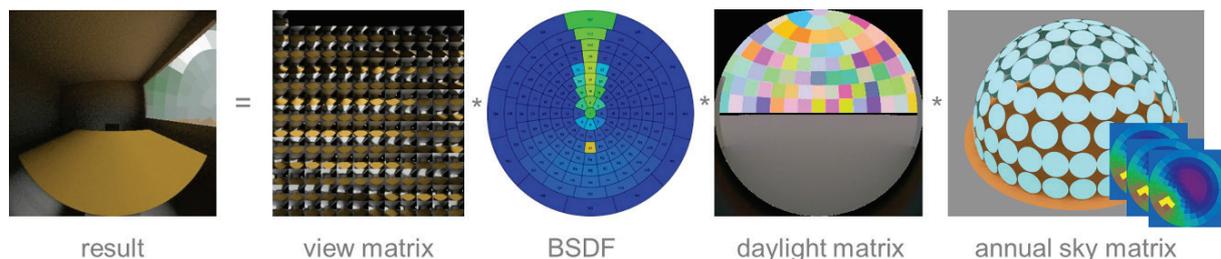


Abbildung 15: Schematische Darstellung des Berechnungsablaufs in der 3-Phasen-Methode.

Diese Vorberechnung wurde für die Umsetzung im Lighting Retrofit Advisor derart angepasst, dass die externe Verbauung sowie die Orientierung der Fassade bereits in den Faktoren berücksichtigt ist und der transparente Anteil der Fassade über das gängige Verhältnis von Fenster- zu Fassadenfläche (window-to-wall ratio) gewählt werden kann. Zusätzlich wurde der Ansatz dahingehend adaptiert, dass die Verknüpfung der drei Schritte der 3-Phasen-Methode nicht in der Vorberechnung, sondern erst online durchgeführt wird. Dadurch lässt sich die BSDF, die das Fassadensystem beschreibt, während der Berechnung austauschen und dadurch etwa unterschiedliche Systemstellungen (z.B. für Cut-Off Steuerung) realisieren.

Die adaptierte Vorberechnungsmethodik für die Faktoren wurde mit einem parametrischen Ansatz in Software umgesetzt und damit die Datenbank der notwendigen Tageslichtfaktoren erstellt. Folgende Variationsmöglichkeiten wurden dabei berücksichtigt:

- Himmelsrichtung
- Externe Verbauung
- Window-to-wall ratio
- Raumbreite
- Raumtiefe
- Raumhöhe

Weiters wurden repräsentative Tageslichtsysteme (Isolier- und Sonnenschutzverglasung, Raffstores, Screens) charakterisiert, d.h. deren BSDF erzeugt, um diese im Onlinetool als Auswahlmöglichkeit zu hinterlegen. Die Schritte der Berechnungsmethodik wurden an das

Fraunhofer Institut in Stuttgart kommuniziert und die Datenbanken und System-BSDFs zur Verfügung gestellt. Damit konnte der sogenannte „CFS Express“, das Berechnungstool für komplexe Fassadenlösungen, im LRA erfolgreich implementiert werden. Abbildung 17 zeigt die Oberfläche des LRA mit einer exemplarischen Auswertung des Energiebedarfs für Kunstlicht bei händischer und automatischer Schaltung und bei einer tageslichtabhängigen Steuerung basierend auf den Ganzjahresberechnungen mit dem CFS Express.

Abbildung 16: Eingabemaske im CFS-Express des Lighting Retrofit Advisors

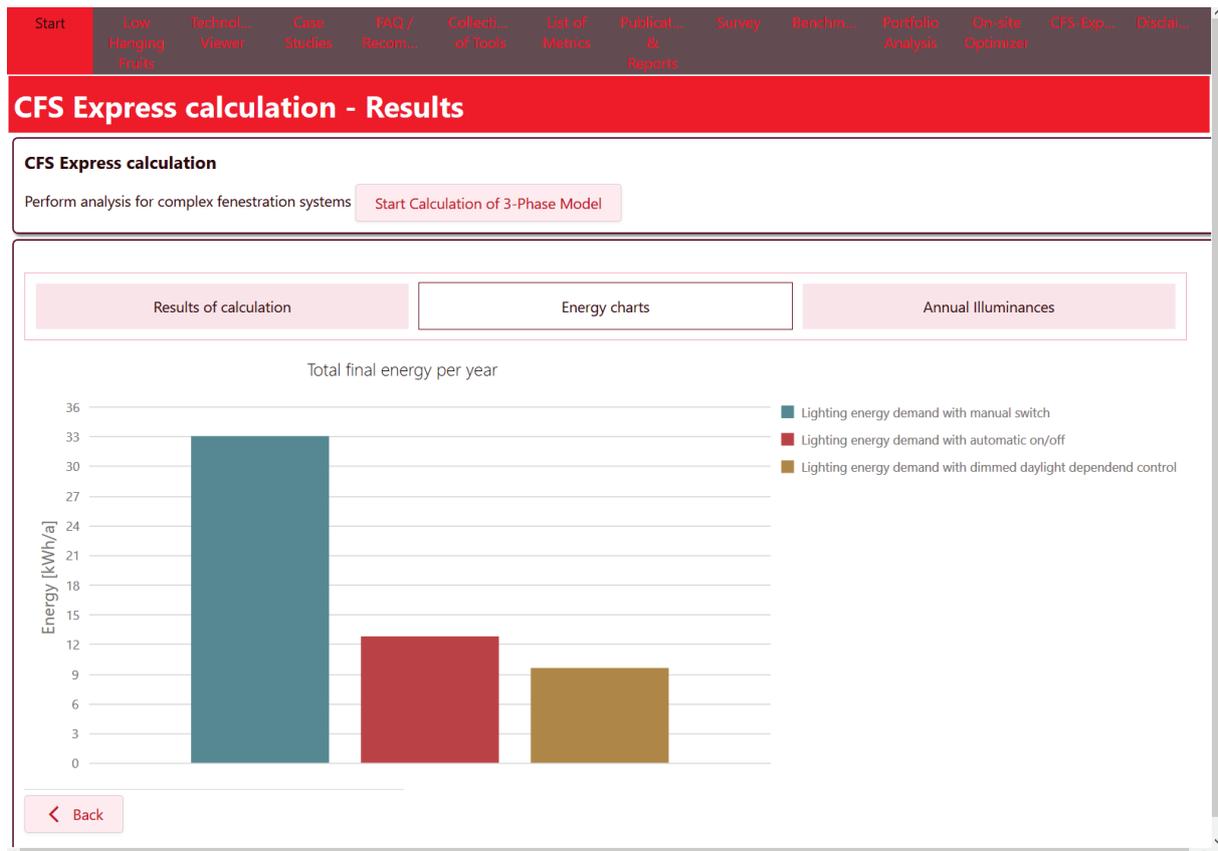


Abbildung 17: Gegenüberstellung des Gesamtenergieverbrauchs pro Jahr als Auswertung im CFS des Lighting Retrofit Advisors.

Sub-Task D (Fallstudien)

Um im weiteren Verlauf repräsentative Case Studies auswerten und darstellen zu können, wurde zunächst der aktuelle Bestand an Gebäuden und Beleuchtungslösungen im Nicht-Wohnbereich erhoben. Dieser erste Schritt im Rahmen des Sub-Task D wurde auch für den Gebäudebestand in Österreich durchgeführt. Die Erhebung umfasst dabei sowohl die Aufteilung nach der Art der Nutzung als auch energetische Aspekte wie den Gesamtenergieverbrauch und die installierte Leistung für die Beleuchtung. Neben den fünf Gebäudearten

- Bürogebäude
- Schulen
- Geschäfte
- Industriegebäude
- landwirtschaftliche Gebäude

die flächenmäßig den größten Anteil im Nicht-Wohnbereich abdecken, wird zusätzlich auf Gebäude in den Sparten

- Hotels und Restaurants
- Gesundheitswesen
- Sport

eingegangen.

Abbildung 18 zeigt exemplarisch die Auswertung des Stromverbrauchs für unterschiedliche Gebäudetypen im Nicht-Wohnbereich. Insgesamt zeigt sich, dass Beleuchtung einen wesentlichen Anteil ausmacht und zwischen 18% im Gastronomiebereich und 53% im Retailbereich ausmacht.

Im Vergleich dazu ist der Anteil des Stromverbrauchs für Beleuchtung im Wohnbereich mit etwa 10,8% bescheiden (Statistik Austria, Energiestatistik: Strom- und Gastagebuch, 2012) und zeigt das enorme Potenzial für Energieeinsparungen im Bereich der Beleuchtung in Nicht-Wohngebäuden.

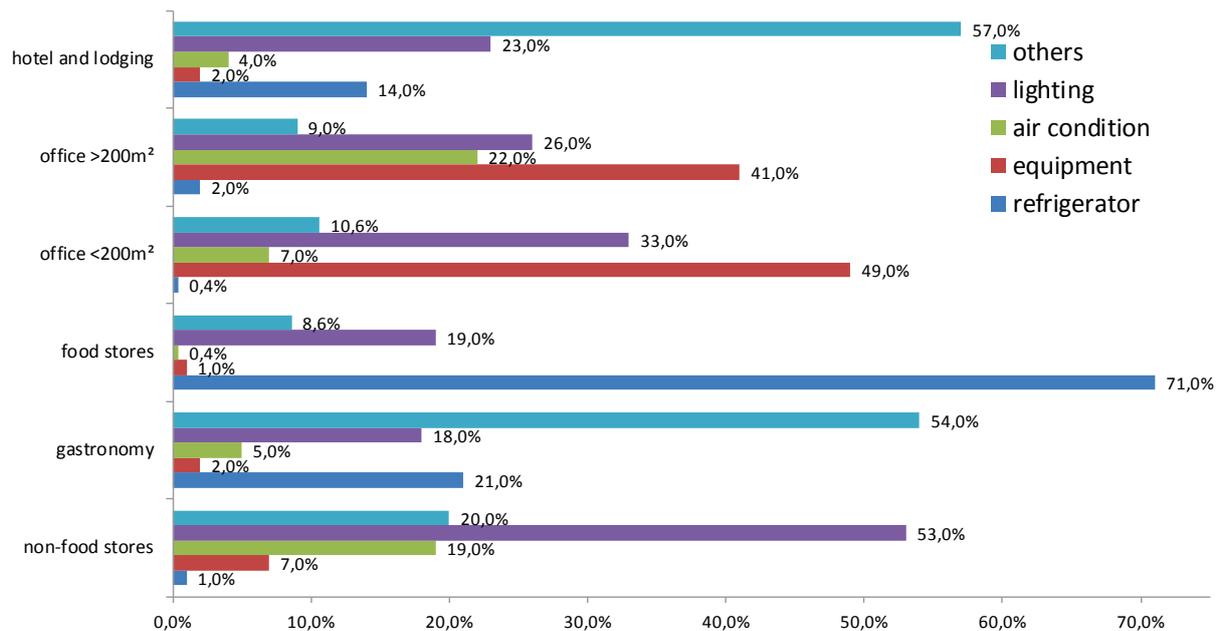


Abbildung 18: Verbrauch elektrischer Energie in unterschiedlichen Gebäudetypen in Österreich.

Abbildung 19 zeigt den durchschnittlichen Stromverbrauch für Beleuchtung im tertiären Bereich in Österreich (Kapusta, Jandrovic, & Mandl, 2012). Hier zeigt sich, dass im Bereich des Handels und der Gastronomie viel elektrische Energie für Beleuchtung benötigt wird.

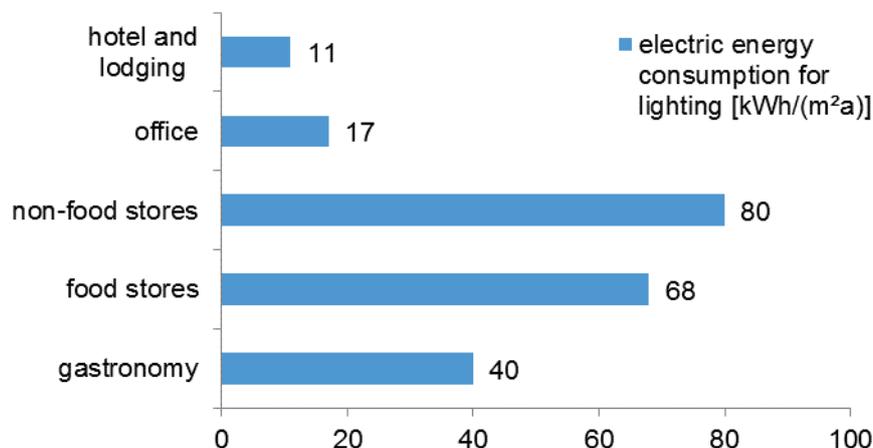


Abbildung 19: Durchschnittlicher Stromverbrauch für Beleuchtung im tertiären Bereich in Österreich.

Im internationalen IEA-SHC Task 50 konnte Bartenbach in die Ausarbeitung eines Monitoring- und Evaluierungsprotokolls für Case Studies von Gebäudesanierungen im Bereich Tages- und Kunstlicht speziell seine Erfahrungen aus abgeschlossenen und laufenden Forschungs- und Planungsprojekten einfließen lassen. Dadurch wurden die wesentlichen Randbedingungen und relevanten Parameter optimal ausgearbeitet und auch Spezialthemen etwa im Bereich der nicht-visuellen Lichtwirkungen eingebracht. Das Monitoringprotokoll umfasst 4 wesentliche Bereiche: Energieverbrauch, Sanierungskosten, lichttechnische Bewertung und Benutzerevaluierung.

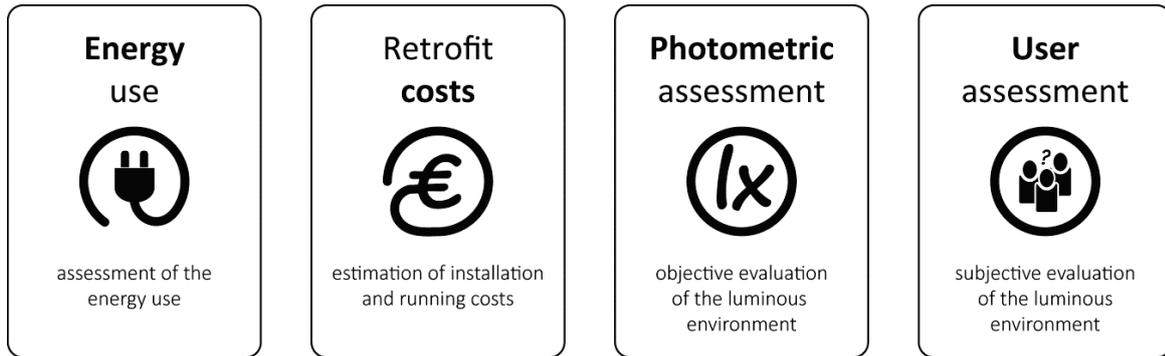


Abbildung 20: 4 wesentliche Aspekte die im Monitoringprotokoll abgedeckt werden

Die Details zu den einzelnen Bereichen und benötigtes Equipment wird detailliert beschrieben und Anweisungen zur Auswertung der erhobenen Daten gegeben.

Um den unterschiedlichen Anforderungen und verfügbaren Möglichkeiten in verschiedenen Sanierungsprojekten gerecht zu werden, wurde das Monitoringprotokoll in zwei Levels ausgearbeitet: „elementar“ und „umfassend“.

		Basic	Comprehensive
Monitoring periods			
	1 overcast day		
	1 clear day close to the equinox (± 1 month)		
	1 clear day around summer solstice (± 1 month)		
	1 clear day around winter solstice (± 1 month)		
Time of day			
	Morning or afternoon and night		
ENERGY USE			
	Estimated use of electricity for lighting		
	Measured use of electricity for lighting		
RETROFIT COSTS			
	Total cost of ownership		
Photometric Assessment			
Distribution	Reflectance of room surfaces		
	Glazing transmittance		
Illuminance	Task position HDR photography		
	Spot luminance measurements		
	Exterior (global and diffuse)		
	Interior in relevant spots		
Glare	Daylight factor		
	Grid of interior horizontal illuminances		
	Horizontal illuminance on task		
	Horizontal illuminance surrounding task		
	Observations (sun patches or very bright surfaces) areas, veiling reflections, ...)		
Directional	Task position HDR analysis (UGR, DGP)		
	Vertical illuminance at the eye		
	Observations		
	Detection of shadows		

	HDR of perfectly diffuse white sphere		
	Cylindrical illuminance		
Color	Technical specifications, lamps, luminaires		
	Comparison with color references		
	Correlated Color Temperature (CCT)		
	Color Rendering Index (CRI)		
Flicker	Observations		
	Technical specifications, lamps		
	Detection with mobile phone and/or rod-cloth		
	Critical flicker fusion (CFF)		
View out	Photographs of main views		
	View description		
	Glazing-to-floor ratio		
	Glazing-to-inner-wall ratio		
	Shading device description		
	Photographs of view from relevant task(s)		
USERS' ASSESSMENT			
User	General questionnaire		
	Lighting quality assessment questionnaire		
Expert	Short assessment (text of 500 words)		

Tabelle 3: Übersicht der Kriterien im Monitoringprotokoll und Vergleich der Varianten „elementar“ und „umfassend“

Die ursprünglich in Österreich in Betracht gezogenen Case Studies wurden nicht rechtzeitig umgesetzt und konnten daher nicht evaluiert werden. Stattdessen wurde das F&E Gebäude bei Bartenbach, welches Anfang 2015 saniert wurde, kurzfristig als Ersatz aufgenommen und ausführlich vermessen. Durch die umfangreiche Sanierung und neuartigen technologischen Lösungen konnten hier nicht nur wertvolle Erfahrungen mit dem ausgearbeiteten Monitoring-Protokoll gewonnen werden, sondern auch ein Beispiel einer hoch-energieeffizienten und qualitativ hochwertigen Beleuchtungssanierung aufgezeigt werden.

Das Bartenbach F&E Bürogebäude wurde umfangreich saniert. So wurden neue Tageslichtlösungen an der Südfassade und im Oberlicht auf der Nordseite, ein hocheffizientes und biologisch wirksames LED-Kunstlichtsystem und eine integrative Steuerung von Kunst- und Tageslicht installiert. Zusätzlich wurde der Innenraum mit neuen Oberflächen und einer Akustikdecke erneuert.

Das sanierte Büro bietet nun ein hochqualitatives Arbeitsumfeld für die Angestellten mit einer dynamisch im Tagesverlauf angepassten Beleuchtungslösung und hervorragendem Blendschutz. Das Zusammenspiel der effizienten LED-Lösung mit auf Arbeitsplätze gerichteter Zonierung, einem hohen Grad an Tageslichtnutzung sowie einer Tageslicht- und präsenzabhängigen Steuerung resultiert in einem hohen Grad an Energieeinsparung im sanierten Gebäude.

Mit einer installierten Leistung von nur 7.1 W/m^2 lassen sich bis zu 1200 Lux horizontale Beleuchtungsstärke auf den Arbeitsplätzen realisieren und das in jeder beliebigen Lichtfarbe zwischen 2200K (warm-weiß) und 5000K (kalt-weiß). Dadurch lässt sich eine biologisch aktive und an den Tageslichtverlauf angepasste Beleuchtung sehr energieeffizient

realisieren. Aus der gemessenen Anschlussleistung und den Werten der Dimmlevel ergibt sich ein jährlicher Stromverbrauch von lediglich 5.1 kWh/m²a. Der Vergleich mit der Erhebung des Gebäudebestands (durchschnittlich 17 kWh/m²a im Bürobereich) bestätigt die hervorragende Energieeffizienz der sanierten Beleuchtungslösung.

Die Bilder und Grafiken in Abbildung 19 bis Abbildung 22 zeigen den Büroraum im F&E-Gebäude von Bartenbach vor und nach der Sanierung sowie das Kunstlichtkonzept. In Abbildung 23 bis Abbildung 25 werden Ergebnisse des lichttechnischen Monitorings sowie der Nutzerbefragung präsentiert.



Abbildung 21: F&E Gebäude bei Bartenbach in Aldrans/Tirol. Büorraum im Altbestand (links) und nach der Sanierung (rechts).

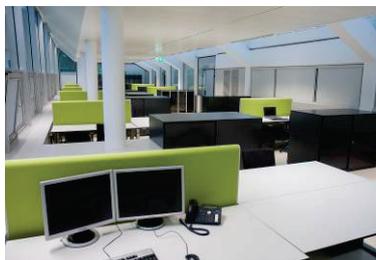


Abbildung 22: Büorraum nach der Sanierung

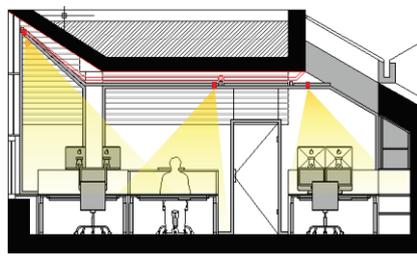


Abbildung 23: Kunstlichtkonzept



Abbildung 24: Tageslichtlösung im Oberlicht

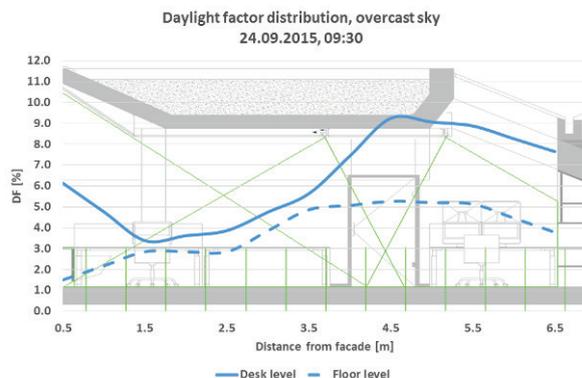


Abbildung 25: Tageslichtverteilung im Büorraum bei bedecktem Himmel

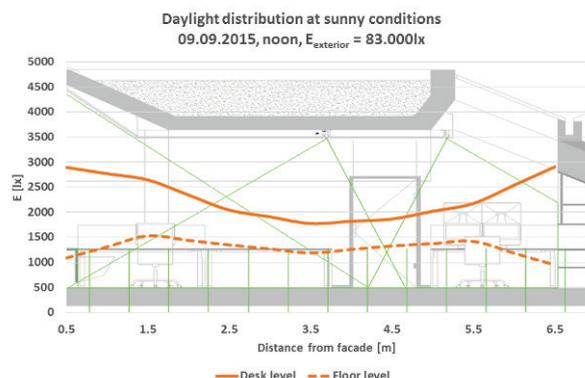


Abbildung 26: Tageslichtverteilung im Büorraum bei Sonne.

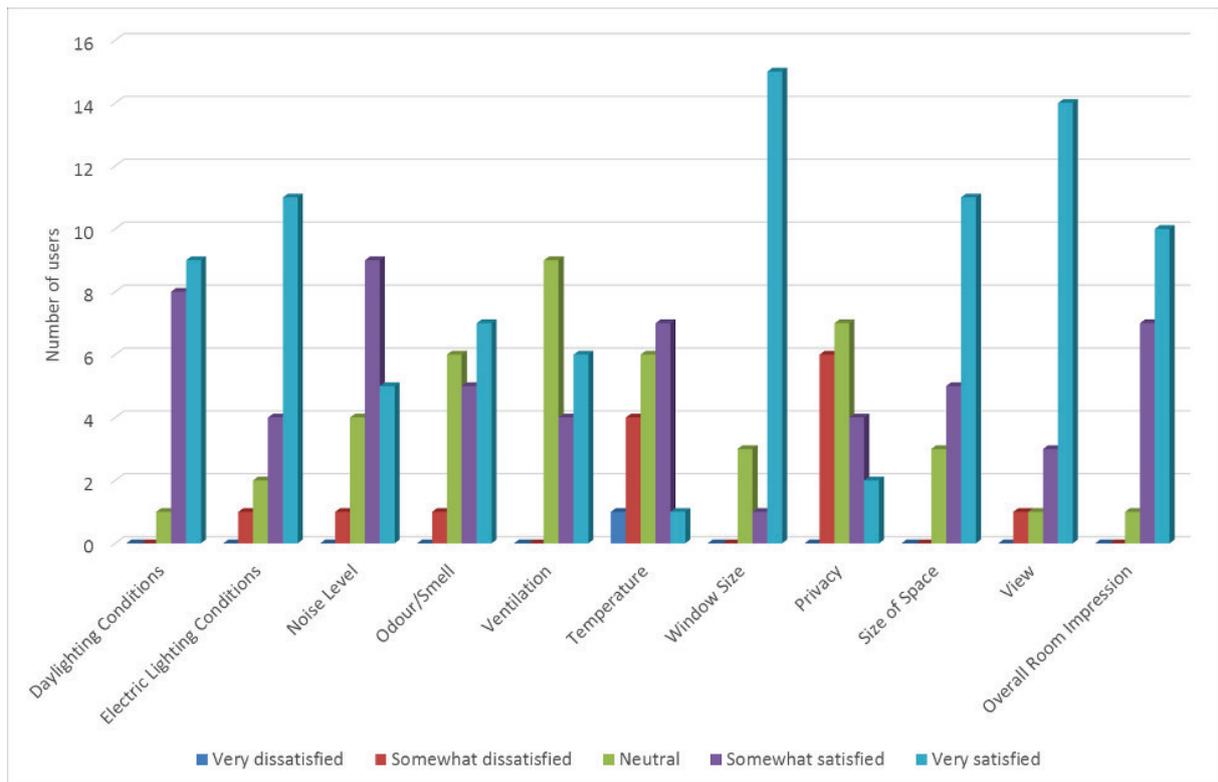


Abbildung 27: Ergebnisse der Nutzerbefragung über die Zufriedenheit nach der Sanierung

Joint Working Group (Lighting Retrofit Advisor, LRA)

Die Ergebnisse der einzelnen Sub-Tasks wurden einheitlich aufbereitet und im sogenannten Lighting Retrofit Advisor (LRA) zusammengeführt. Dadurch entstand ein interaktives Nachschlagewerk das den einzelnen Interessensvertretern gezielt Informationen rund um das Thema von effizienten Beleuchtungsanlagen für Sanierungsgebäude zur Verfügung stellt.

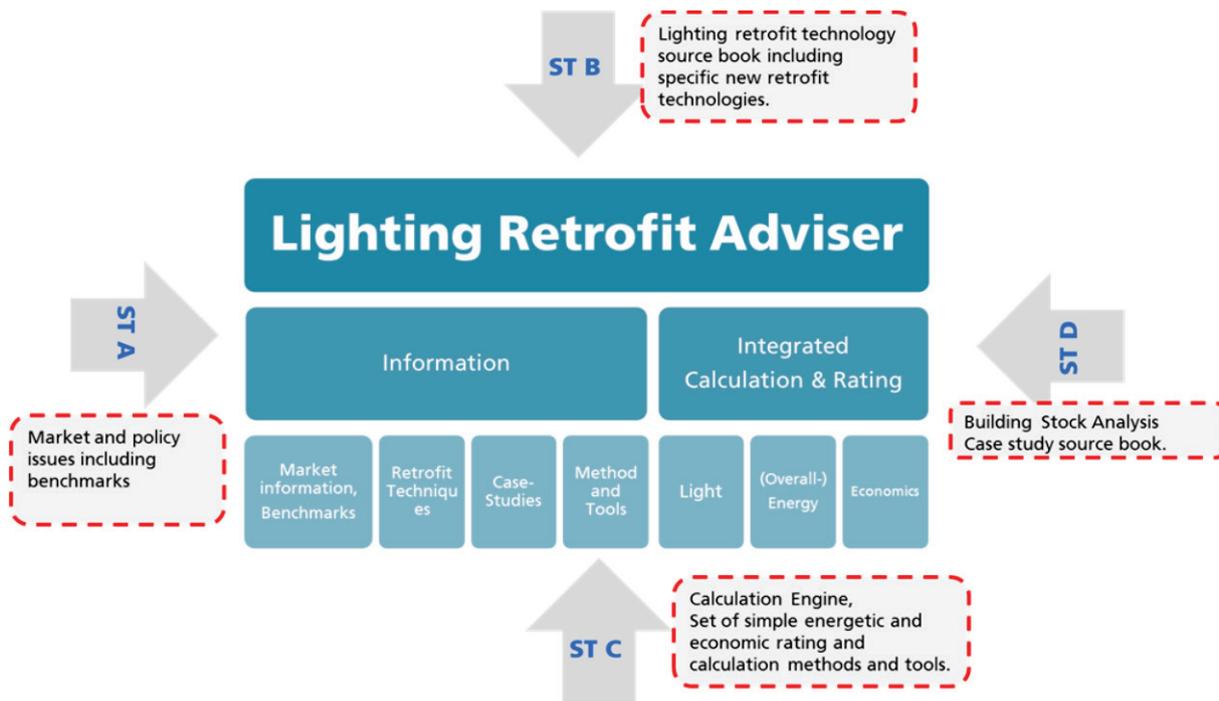


Abbildung 28: Struktur des Lighting Retrofit Advisor

Neben der Aufbereitung der Ergebnisse und recherchierten Informationen werden auch Berechnungsmöglichkeiten zur Verfügung gestellt. Der On-Site-Optimizer etwa ermöglicht eine Evaluierung des Energiebedarfs für Beleuchtung in einem Gebäude basierend auf einfachen Eingaben, die vor Ort im Gebäude möglich sind. Mit dem Benchmarking lassen sich Ergebnisse für ein im Monitoring gemessenen oder berechneten Gebäude mit dem Bestand anderer Gebäude vergleichen. Abbildung 28 zeigt die Ergebnisse des Monitorings im Bartenbach F&E-Gebäude im Vergleich zu anderen Gebäuden im Benchmarking-Tool im Lighting Retrofit Adviser.

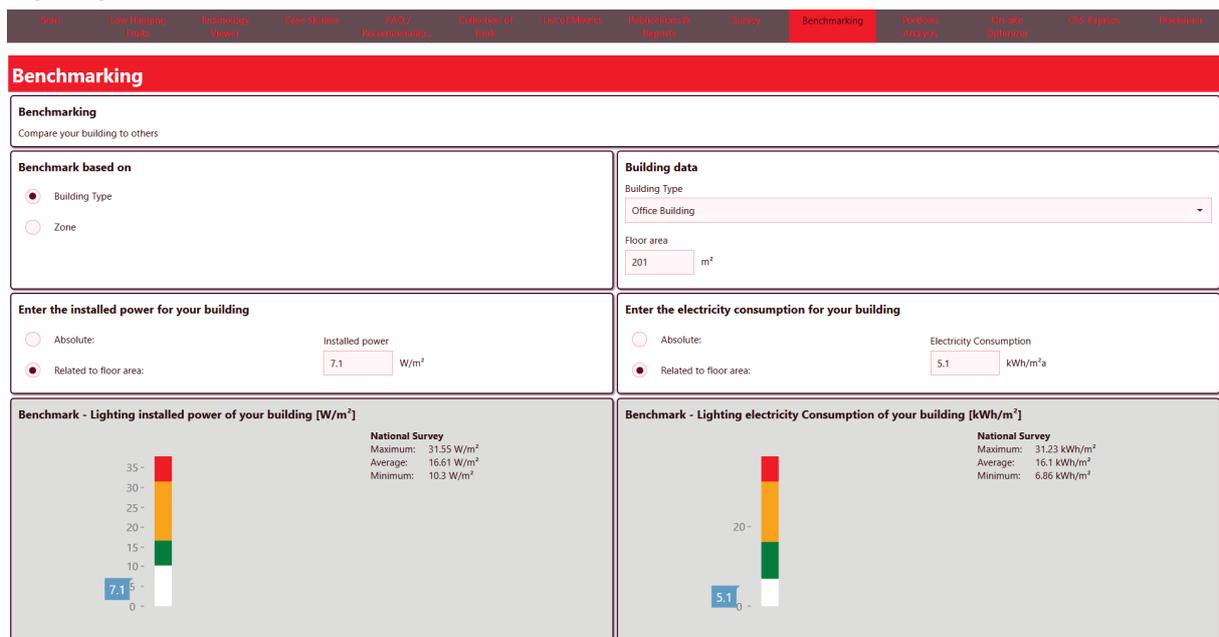


Abbildung 29: Vergleich der Ergebnisse des Monitorings im Bartenbach F&E-Gebäude im Benchmarking im Lighting Retrofit Advisor

Im CFS-Express können Fassadensysteme evaluiert und ihre Auswirkungen auf den Kunstlichtbedarf bestimmt werden. Dabei werden die betrachteten Systeme über ihre sogenannte BSDF (bidirectional scattering distribution function), welche den Zusammenhang zwischen Ein- und Ausstrahlung beschreibt, charakterisiert und erlauben damit sogar die Berücksichtigung komplexer Fassadenlösungen. So können etwa Jalousiensysteme nicht nur statisch sondern sogar mit nachgeführter Steuerung abgebildet werden und damit ein Abbild deutlich näher an der Realität erzeugen.

Bartenbach trug dabei wesentlich zur Umsetzung des CFS-Express im Lighting Retrofit Advisor bei. Eine im österreichischen COMET Projekt K-Licht erarbeitete Methodik der Tageslichtsimulation wurde weiterentwickelt und für eine Integration im LRA angepasst. Dafür wurden die notwendigen Programmanpassungen durchgeführt und die entsprechend erweiterte Datengrundlagen erstellt. Diese wurden dann im innerhalb des im IEA Task 50 definierten Formats als Datenbank für die Einbettung in den LRA aufbereitet. Mit der angepassten Methode können einfach und schnell Ganzjahresbewertungen für konventionelle aber auch für komplexen Fassadensysteme durchgeführt werden, wobei der Austausch des Systems in jedem Zeitschritt möglich ist. Dadurch können auch komplexe Steuerstrategien, die unterschiedliche Einstellungen eines Systems vorsehen (etwa Winkelstellungen von Lamellen), abgebildet werden.

Eine exemplarische Auswertung des Energiebedarfs für Kunstlicht bei händischer und automatischer Schaltung und bei einer tageslichtabhängigen Steuerung basierend auf den Ganzjahresberechnungen mit dem CFS Express ist im Kapitel Sub-Task C (Methoden und Tools) dargestellt.

Veröffentlichungen

Lighting Retrofit Advisor (LRA)

Ein zentrales Ergebnis des IEA-SHC Task 50 ist der Lighting Retrofit Advisor (LRA). In diesem Online-Tool sind Ergebnisse der einzelnen Sub-Tasks zusammengeführt und öffentlich zugänglich gemacht. Im LRA stellt einzelnen Interessensvertretern gezielt Informationen rund um das Thema von effizienten Beleuchtungsanlagen für Sanierungsgebäude zur Verfügung und ermöglicht Berechnungen und Vergleiche für Beleuchtungskonzepte.

Das Tool ist unter <http://task50.iea-shc.org/lighting-retrofit-adviser> verfügbar.

Source Book

Im Rahmen des Sub-Task B (Lösungen für Tageslicht und Kunstlicht) wurde ein Source Book zu Lösungen zur Sanierung von Beleuchtungsanlagen erstellt, wozu Bartenbach wesentlich beitrug:

Daylighting and Electric Lighting Retrofit Solutions
A Source Book of IEA SHC Task 50 "Advanced Lighting for Retrofitting Buildings"

Das Source Book ist auf <http://task50.iea-shc.org/publications> verfügbar.

Task Reports

Folgende Task Reports wurden im Rahmen des internationalen Tasks erstellt und sind demnächst auf <http://task50.iea-shc.org/publications> verfügbar.

Sub-Task A	T50.A1 Global Economic Models
	T50.A2 Barriers and Benefits; Building Energy Regulation and Certification
	T50.A3 Proposal of Actions Concerning the Value Chain
Sub-Task B	T50.B1 Catalogue of Criteria to rate highly differentiated lighting retrofits technologies
Sub-Task C	T50.C1 Lighting retrofit in current practice – Evaluation of an international survey
	T50.C2 Methods and tools for lighting retrofits – State of the art review
	T50.C4 Energy audit and inspection procedures
	T50.C5 Advanced and future simulation tools
Sub-Task D	T50.D1 Building Stock Distribution and Electricity Use for Lighting
	T50.D2 Daylighting and lighting retrofit to reduce energy use in non-residential buildings: A literature review
	T50.D3 Monitoring protocol for lighting and daylighting retrofits
	T50.D5 Lessons learned from monitoring lighting and daylighting in retrofit projects

Tabelle 4: Liste der im IEA-SHC Task 50 erstellten Task Reports

Bartenbach lieferte als österreichischer Vertreter dabei wesentliche Inhalte zur Erstellung der Technical Reports T50.B1, T50.C1, T50.C2, T50.C4, T50.C5, T50.D1, T50.D3 und T50.D5.

Newsletter

Im Rahmen des Task 50 wurden aktuelle Ergebnisse aus dem Task in zwei Newslettern veröffentlicht:

- IEA SHC Task 50 Newsletter #1, March 2015: Overview and first results
- IEA SHC Task 50 Newsletter #2, May 2016: Main results

Die Newsletter sind auf <http://task50.iea-shc.org/publications> verfügbar.

Highlights

In jährlichem Abstand wurde im Rahmen des Task 50 die Highlights der abgelaufenen Projektperiode erstellt:

- IEA SHC Task 50 Highlights 2013
- IEA SHC Task 50 Highlights 2014
- IEA SHC Task 50 Highlights 2015

Auch die Berichte zu den Highlights sind auf <http://task50.iea-shc.org/publications> verfügbar.

Broschüre

Zu Beginn des Task 50 wurde eine Informationsbroschüre zum Projekt erstellt um interessierten Kontakten einen schnellen Einblick in die Inhalte des Projekts zu ermöglichen. Die Broschüre „IEA SHC Task 50 – Advanced Lighting Solutions for Retrofitting Buildings“ ist unter <http://task50.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Task50-Brochure.pdf> verfügbar.

Vernetzung und Ergebnistransfer

Zur primären Zielgruppe des internationalen IEA-SHC Task 50 und damit auch entsprechend für das österreichische Teilprojekt zählen:

- Gebäudeinhaber und –investoren als wesentliche Entscheidungsträger im Sanierungsprozess
- Behörden, die über Normen, Regulatorien und Zertifizierungen aber auch über Förderungen im Sanierungsbereich entsprechende Entscheidungen beeinflussen
- Industrievertreter, welche die Entwicklungen der Komponenten (LEDs) und Lösungen (Leuchten, Tageslichtsysteme) vorantreiben,
- Planer und Berater, die mit dem Gebäudedesign und der Auswahl der Systeme die Grundlage für den Einsatz effizienter Lösungen in Sanierungsprojekten legen, sowie
- Universitäten, Fachhochschulen, private Forschungseinrichtungen und technische Lehranstalten die über entsprechenden Wissenstransfer die Entscheidungsträger der Zukunft ausbilden und vorbereiten.

All diese unterschiedlichen Interessensgruppen werden im Lighting Retrofit Advisor „bedient“ und mit entsprechenden Informationen zur energieeffizienten Sanierung von Beleuchtungsanlagen versorgt.

Die direkte Einbindung der Stakeholder ins Projekt wurde auf mehrere Arten erreicht. Zunächst wurden die österreichischen Interessensvertreter im Rahmen des Sub-Task C eingeladen an der Online-Umfrage zur Erhebung der aktuellen Vorgehensweisen im Sanierungsprozess teilzunehmen (vgl. auch Kapitel zu Sub-Task C (Methoden und Tools)). Hierzu wurden etwa Vertreter des Bundesverband Sonnenschutztechnik, österreichische Vertreter der European Solar Shading Organisation (ES-SO), Vertreter der lichttechnischen Gesellschaft Österreichs, Absolventen der Bartenbach Academy sowie zahlreiche österreichische Firmenpartner aus der Beleuchtungsbranche kontaktiert.

In weiterer Folge wurden österreichische Interessensvertreter zum 3. Industrieworkshop des IEA-SHC Task 50 eingeladen, der bei Bartenbach in Aldrans/Tirol im Rahmen des 3. Expert Meetings veranstaltet wurde. Dabei konnte sich Bartenbach als österreichischer Vertreter in diesem IEA Task präsentieren und dem Konsortium einen Einblick in die Philosophie des Planungs-, Entwicklungs- und Forschungsbüros geben. Das Treffen zahlreicher internationaler Experten bei Bartenbach fand sogar in der lokalen Presse Anklang. Mit insgesamt ca. 50 Teilnehmern aus Industrie, Planungsbüros, Forschungseinrichtungen und dem Projektkonsortium konnte im Anschluss an Präsentationen von Firmenvertretern und aus dem Task 50 Projekt eine lebhafte Podiumsdiskussion zum Thema des Projekts “Advanced Lighting Solutions for Retrofitting Buildings” entfacht werden.

Die Ergebnisse des Task 50 werden gesammelt unter <http://task50.iea-shc.org/publications> veröffentlicht, der Lighting Retrofit Advisor wird der Öffentlichkeit unter <http://task50.iea-shc.org/lighting-retrofit-adviser> zugänglich gemacht.

Speziell für österreichische Interessenten werden die Ergebnisse des Task 50 (Source Book, Technical Reports, Publikationen) zusätzlich auf der NACHHALTIGWirtschaften Website IEA-Forschungskooperation des bmvit unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/results.html/id7625> verfügbar gemacht

Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

Im Sub-Task A (Markt und Politiken) wurden wirtschaftliche Modelle für die Beleuchtungssanierung analysiert und Szenarien untersucht, die aufzeigen, dass es etliche einfach erreichbare Ziele in diesem Bereich gibt. Neben Finanzierungsmodellen wurden außerdem Vorschriften und Zertifizierungssysteme überprüft und basierend darauf Empfehlungen für Behörden erarbeitet. Mehr als 40 am Markt verfügbare und neuartige Technologien wurden im Sub-Task B (Lösungen für Tageslicht und Kunstlicht) evaluiert. Dafür wurde ein spezieller Kriterienkatalog erarbeitet, der Vergleiche hinsichtlich Energieeffizienz, Kosten und Qualität für Kunstlicht und Tageslicht gemeinsam ermöglicht. In Sub-Task C (Methoden und Tools) wurden mehr als 1000 Anwender online zu gängigen Sanierungsansätzen und angewandten Workflows befragt. Des Weiteren wurden häufig im Sanierungsprozess eingesetzte Programmpakete evaluiert und verglichen. Repräsentative Case Studies wurden im Zuge des Sub-Task D (Fallstudien) anhand eines eigens ausgearbeiteten Monitoringprotokolls vermessen und als Best-Practice-Beispiele aufbereitet. Die Ergebnisse aus den Sub-Tasks wurden zusammen mit Evaluierungstools zur effizienten Bewertung komplexer Fassaden und für schnelle Vor-Ort Analysen im Rahmen der Joint Working Group im Lighting Retrofit Advisor zusammengefasst. Damit konnte der Zielgruppe des Tasks (Gebäudeinhaber und -investoren, Behörden, Industrie, Planer und Berater) eine umfangreiche Entscheidungshilfe im Sanierungsprozess zur Verfügung gestellt werden.

Bartenbach kann die Ergebnisse aus dem Projekt nicht nur in weiterführenden Forschungsaktivitäten nutzen, auch im Entwicklungs- und Planungsbereich kann auf das aufgebaute Know-How zurückgegriffen werden. So kann etwa in der Projektakquise das Wissen aus dem Task 50 eingesetzt werden um Architekten, Bauherren und Investoren von effizienten und qualitativ hochwertigen Beleuchtungslösungen im Sanierungsbereich zu überzeugen. Dadurch wurde die Marktposition nicht nur von Bartenbach, sondern der gesamten österreichischen Beleuchtungsbranche auch im Bereich der Sanierung von Beleuchtungsanlagen gestärkt.

Das internationale Konsortium konnte im IEA SHC Task 50 sehr konstruktiv und ergänzend zusammenarbeiten. Im Zuge des Projektabschlusses kristallisierte sich auch die Notwendigkeit weiterführender Aktivitäten im Bereich der Beleuchtung heraus.

Der Beleuchtungsmarkt zeigt sich weiterhin als höchst dynamisch und bringt laufend veränderte Technologien hervor. Die optimierte Integration von Tageslicht und Kunstlicht zur Steigerung sowohl der Energieeffizienz als auch des Nutzerkomforts wird dabei ein wesentliches Thema der kommenden Jahre sein. Mehrere Studien zeigen, dass Tageslicht von Gebäudenutzern bevorzugt wird – ein klarer Hinweis darauf, dass es nicht einfach durch günstige, qualitativ mittelwertige Kunstlichtlösungen ersetzt werden darf.

Daraus entstand ein Vorschlag für ein Nachfolgeprojekt zum Thema „Integrated solutions for daylight and electric lighting“. Dieser wurde vom Executive Committee des IEA SHC sehr positiv aufgenommen und eine Task Definition Phase gestartet.

Aus Sicht von Bartenbach als Vertreter der österreichischen Beleuchtungsbranche im Task 50 wäre eine österreichische Beteiligung auch an diesem Nachfolgetask sehr wertvoll und empfehlenswert.

Verzeichnisse

Literaturverzeichnis

- Bernard Paule, Jérôme Kämpf, Marie-Claude Dubois: *Lighting retrofit in current practice: results of a survey of IEA Task 50*, International Conference future buildings and districts sustainability from nano to urban scale CISBAT 2015, Lausanne, Switzerland, 2015
- Marie-Claude Dubois, Niko Gentile, Fabio Bisegna, Martine Knoop, Barbara Matusiak, Eino Tetri: *Retrofitting the electric lighting and daylighting systems to reduce energy use in buildings: a literature review*, Energy Research Journal, Volume 6, Issue 1, 2015
- Niko Gentile, Marie-Claude Dubois, Werner Osterhaus, Sophie Stoffer, Cláudia Naves David Amorim, David Geisler-Moroder, Anna Hoier, Roman Jakobiak: *Monitoring protocol to assess the overall performance of lighting and daylighting retrofit projects*, Elsevier, Energy Procedia 78(2015), 6th International Building Physics Conference, IBPC 2015, Turin, 2015
- Marie-Claude Dubois, Niko Gentile, Claudia Naves David Amorim, Werner Osterhaus, Sophie Stoffer, Roman Jakobiak, David Geisler-Moroder, Barbara Matusiak, Fredrik Martens Onarheim, Eino Tetri: *Performance Evaluation of Lighting and Daylighting Retrofits: Results from IEA SHC Task 50*, to appear in Elsevier, Energy Procedia, SHC 2015, International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry, Istanbul, 2015
- Niko Gentile, Marie-Claude Dubois, Werner Osterhaus, Sophie Stoffer, Claudia Naves David Amorim, David Geisler-Moroder, Roman Jakobiak: *A toolbox to evaluate non-residential lighting and daylighting retrofit in practice*, Energy and Buildings, Volume 123, 1 July 2016
- Claudia Naves David Amorim, Niko Gentile, Marie-Claude Dubois, Werner Osterhaus, Sophie Stoffer, David Geisler-Moroder, Roman Jakobiak: *Protocolo de monitoramento de retrofit de iluminação em edifícios não residenciais: descrição e experiências brasileiras no âmbito da IEA Task 50*, to appear in Ambiente Construído, 2016

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Mögliche Ansätze zur Sanierung von Beleuchtungsanlagen	15
Abbildung 2: Beispiel eines Technology Fiche zu tageslichtlenkenden Lamellen	18
Abbildung 3: Umsetzung der Systembeschreibung zu tageslichtlenkenden Lamellen im Technology Viewer des Lighting Retrofit Advisor	18
Abbildung 4: LED-Downlight als Ersatz für Einbau-Halogen-Downlights („Spots“).....	19
Abbildung 5: Konstruktionszeichnung	19
Abbildung 6: Anwendungsbeispiel	19
Abbildung 7: Wallwasher-System mit Längsausblendung als Anbauleuchte.....	19
Abbildung 8: Konstruktionszeichnung	19
Abbildung 9: Künstliches Oberlicht „Coelux“ im Mock-Up-Raum bei Bartenbach.....	20
Abbildung 10: Leuchtdichteverteilung im Mock-Up-Raum.....	20
Abbildung 11: Exemplarische Auswertung der Umfrage zu den Antworten auf die Frage „Ausgehend von Ihrer gegenwärtigen beruflichen Praxis, welche Bedeutung messen Sie dem Thema BELEUCHTUNG bei Sanierungsvorhaben zu? “	21
Abbildung 12: Exemplarische Auswertung der Tageslichtautonomie in einem Bürogebäude für unterschiedliche Fassadenlösungen. Der Anteil der Bewertungsfläche mit mindestens 50% Tageslichtautonomie beschreibt die räumliche Tageslichtautonomie (spatial daylight autonomy, sDA).....	22
Abbildung 13: Ergebnisse aus den „Round-Robin“-Vergleichsberechnungen für ein ausgewähltes Sanierungsprojekt simuliert mit RADIANCE	23
Abbildung 14: Ergebnisse der Simulation des Tageslichtquotienten mit unterschiedlichen Softwaretools für 4 verschiedene, komplexe Fassadensysteme charakterisiert durch ihre BSDF im WINDOW XML Format.....	24
Abbildung 15: Schematische Darstellung des Berechnungsablaufs in der 3-Phasen-Methode.	25
Abbildung 16: Eingabemaske im CFS-Express des Lighting Retrofit Advisors	26
Abbildung 17: Gegenüberstellung des Gesamtenergieverbrauchs pro Jahr als Auswertung im CFS des Lighting Retrofit Advisors.....	26
Abbildung 18: Verbrauch elektrischer Energie in unterschiedlichen Gebäudetypen in Österreich.....	28
Abbildung 19: Durchschnittlicher Stromverbrauch für Beleuchtung im tertiären Bereich in Österreich.....	28
Abbildung 20: 4 wesentliche Aspekte die im Monitoringprotokoll abgedeckt werden	29
Abbildung 21: F&E Gebäude bei Bartenbach in Aldrans/Tirol. Büroraum im Altbestand (links) und nach der Sanierung (rechts).	31
Abbildung 22: Büroraum nach der Sanierung	31
Abbildung 23: Kunstlichtkonzept.....	31
Abbildung 24: Tageslichtlösung im Oberlicht	31
Abbildung 25: Tageslichtverteilung im Büroraum bei bedecktem Himmel.....	31
Abbildung 26: Tageslichtverteilung im Büroraum bei Sonne.....	31

Abbildung 27: Ergebnisse der Nutzerbefragung über die Zufriedenheit nach der Sanierung	32
Abbildung 28: Struktur des Lighting Retrofit Advisor	33
Abbildung 29: Vergleich der Ergebnisse des Monitorings im Bartenbach F&E-Gebäude im Benchmarking im Lighting Retrofit Advisor	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht teilnehmender Institute und Länder am IEA-SHC Task 50	10
Tabelle 2: Kriterienkatalog zur Bewertung von Retrofitlösungen.....	17
Tabelle 3: Übersicht der Kriterien im Monitoringprotokoll und Vergleich der Varianten „elementar“ und „umfassend“	30
Tabelle 4: Liste der im IEA-SHC Task 50 erstellten Task Reports	35

Anhang

Lighting Retrofit Advisor

Demnächst verfügbar auf: <http://task50.iea-shc.org/lighting-retrofit-advisor>



Sub-Task B Source Book

Daylighting and Electric Lighting Retrofit Solutions, A Source Book of IEA SHC Task 50
“Advanced Lighting for Retrofitting Buildings”

Demnächst verfügbar auf: <http://task50.iea-shc.org/publications>

Technical Reports

Sub-Task A

- T50.A1: Global Economic Models
- T50.A2: Barriers and Benefits; Building Energy Regulation and Certification
- T50.A3: Proposal of Actions Concerning the Value Chain

Sub-Task B:

- T50.B1: Catalogue of Criteria to rate highly differentiated lighting retrofits technologies

Sub-Task C:

- T50.C1: Lighting retrofit in current practice – Evaluation of an international survey
- T50.C2: Methods and tools for lighting retrofits – State of the art review
- T50.C4: Energy audit and inspection procedures
- T50.C5: Advanced and future simulation tools

Sub-Task D

- T50.D1: Building Stock Distribution and Electricity Use for Lighting
- T50.D2: Daylighting and lighting retrofit to reduce energy use in non-residential buildings: A literature review
- T50.D3: Monitoring protocol for lighting and daylighting retrofits
- T50.D5: Lessons learned from monitoring lighting and daylighting in retrofit projects

Alle Technical Reports sind demnächst verfügbar auf: <http://task50.iea-shc.org/publications>