

Lichtblicke

Integrierte Bewertung von Tageslichtlenkssystemen für eine
verstärkte Tageslichtnutzung im Gebäudebestand

Autorin: H. Adensam

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

04/2006

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 Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>
oder unter:

Projektfabrik Waldhör
Währingerstraße 121/3, 1180 Wien
Email: versand@projektfabrik.at

Lichtblicke

Integrierte Bewertung von Tageslichtlenksystemen für eine
verstärkte Tageslichtnutzung im Gebäudebestand

Autorin: Heidi Adensam

Projektteam:

Nadia Prauhart (Ökologie-Institut)
Gerhard Buresch, Anton Hieden (Bundesimmobiliengesellschaft)
Alexander Bakos (TB Alexander Bakos)
Helmut Guggenbichler (Bartenbach Lichtlabor)

Mitarbeit:

Manuela Pliwa (Kolleg Erneuerbare Energie TGM)

Wien, 31. Mai 2005

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines beauftragten Projekts aus der zweiten Ausschreibung der Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie gestartet wurde.

Die Programmlinie *Haus der Zukunft* intendiert, konkrete Wege für innovatives Bauen zu entwickeln und einzuleiten. Aufbauend auf der solaren Niedrigenergiebauweise und dem Passivhaus-Konzept soll eine bessere Energieeffizienz, ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger, nachwachsender und ökologischer Rohstoffe, sowie eine stärkere Berücksichtigung von Nutzungsaspekten und Nutzerakzeptanz bei vergleichbaren Kosten zu konventionellen Bauweisen erreicht werden. Damit werden für die Planung und Realisierung von Wohn- und Bürogebäuden richtungsweisende Schritte hinsichtlich ökoeffizientem Bauen und einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich demonstriert.

Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt dank des überdurchschnittlichen Engagements und der übergreifenden Kooperationen der Auftragnehmer, des aktiven Einsatzes des begleitenden Schirmmanagements durch die Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik und der guten Kooperation mit dem Forschungsförderungsfonds der gewerblichen Wirtschaft bei der Projektabwicklung über unseren Erwartungen und führt bereits jetzt zu konkreten Umsetzungsstrategien von modellhaften Pilotprojekten.

Das Impulsprogramm *Nachhaltig Wirtschaften* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie auch in der Schriftenreihe "Nachhaltig Wirtschaften konkret" publiziert, aber auch elektronisch über das Internet unter der Webadresse www.hausderzukunft.at dem Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

1. KURZFASSUNG	7
2. EINLEITUNG	9
2.1 PROBLEMBESCHREIBUNG.....	9
2.2 SCHWERPUNKT DER ARBEIT.....	10
2.3 VORARBEITEN	10
2.4 EINFÜHRUNG INS THEMA.....	11
2.4.1 <i>Warum Tageslichtnutzung</i>	11
2.4.2 <i>Lichtkonzeption, Lichtplanung</i>	11
2.5 AUFBAU DER ARBEIT	13
3. VERWENDETE METHODE UND DATEN	14
3.1 PRODUKTRECHERCHEN BEI HERSTELLERN NACH TECHNISCHEN DATEN UND KOSTEN ..	14
3.2 LEITFADENGESTÜTZTE INTERVIEWS MIT HERSTELLERN, ANBIETERN UND NUTZERINNEN VON TAGESLICHTLENKSYSTEMEN.....	14
3.3 MODELLBILDUNG FÜR DIE WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG.....	14
3.4 MODELLBAU UND MESSUNG UNTER DEM KÜNSTLICHEN HIMMEL VON BARTENBACH LICHTLABOR	14
3.5 INSTALLATION VON TAGESLICHTLENKSYSTEMEN IN MODELLRÄUMEN DES TGM; BEGLEITENDE MESSUNG UND SCHRIFTLICHE BEFRAGUNG.....	15
3.6 DATENBANKPROGRAMMIERUNG	15
4. TOOL ZUR INFORMATIONSAUFBEREITUNG - DATENBANK UND BEWERTUNGSSYSTEM	16
4.1 MOTIVATION	16
4.2 DATENBANK.....	16
4.2.1 <i>Die Lichtblicke - Einstiegsseite</i>	16
4.2.2 <i>Datengrundlagen</i>	25
4.2.3 <i>Verfügbarkeit der Datenbank</i>	27
4.3 BEWERTUNGSSYSTEM	27
4.3.1 <i>Ausgangslage und Problemstellung</i>	27
4.3.2 <i>Vorgehensweise bei Entwicklung des Bewertungssystems</i>	27
4.3.3 <i>Kosten-Nutzen-Bewertungssystem im Überblick</i>	29
4.3.4 <i>Kosten und Nutzen im Detail</i>	31
4.3.5 <i>Ergebnisse des Kostenberechnungsmodells für zwei beispielhafte Systeme</i> ..	33
4.3.6 <i>Verfügbarkeit des Bewertungssystems</i>	36
5. TAGESLICHTSYSTEME IN SCHULEN	37
5.1 MOTIVATION	37
5.2 TAGESLICHTLENKJALOUSIEN AM TGM	37
5.2.1 <i>Auswahl und Installation von Tageslichtlenkjalousien im TGM</i>	37
5.2.2 <i>Messkonzept zur Lichtstärken und Temperaturmessung in den beiden Testräumen und dem Referenzraum</i>	39
5.2.3 <i>Ergebnisse der Lichtstärken und Temperaturmessung</i>	39
5.2.4 <i>Nutzer- und Nutzerinnenbefragung</i>	48
5.2.5 <i>Ergebnisse der NutzerInnenbefragung</i>	49
5.3 UMSETZBARKEIT EINES TAGESLICHTLENKSYSTEMS IN DER EINGANGSHALLE DES TGM	54
5.3.1 <i>Messung unter dem künstlichen Himmel bei Bartenbach Lichtlabor</i>	56
6. FOTOGRAFISCHE DOKUMENTATION UND POSTERPRODUKTION	59
7. ERGEBNISSE DES PROJEKTES UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	60
8. AUSBLICK/EMPFEHLUNGEN	64

9. LITERATURVERZEICHNIS.....	65
10. ABBILDUNGSVERZEICHNIS	67
11. ANHANG (MATERIALLISTE, ERHEBUNGSBÖGEN, ETC.)	69
11.1 FRAGEBÖGEN INTERVIEWS.....	69
11.2 FRAGEBOGEN NUTZERBEFRAGUNG	76
11.3 BEISPIELRÄUME FÜR DAS BEWERTUNGSSYSTEM.....	83
11.4 SKIZZEN ZU DEN LICHTLENKMAßNAHMEN IM EINGANGSBEREICH DES TGM	83

1. Kurzfassung

Motivation

Tageslichtlenksysteme tragen nicht nur dazu bei, das physische und psychische Wohlbefinden in Räumen zu verbessern, sondern helfen auch, Energie im Bereich Beleuchtung und Kühlung zu sparen. Was derzeit fehlt, sind gut aufbereitete Informationen für Bauherren und Gebäudeverwalter über die unterschiedlichen Möglichkeiten der Tageslichtlenkung sowie fundierte Entscheidungsgrundlagen für die Auswahl geeigneter Tageslichtsysteme. Das Projekt „Lichtblicke“ soll diese Lücke schließen.

Inhalt

Das Projekt besteht aus folgenden Hauptmodulen:

Daten und Erfahrungen wurden recherchiert und in Form einer Datenbank übersichtlich aufbereitet und zugänglich gemacht.

Aufbauend auf den ermittelten Informationen wurde ein Bewertungssystem zur Abschätzung von Lebenszykluskosten und Nutzen der einzelnen Systeme, sowie von Systemkombinationen entwickelt.

Zusätzlich wurden zwei unterschiedliche Arten von Lichtlenkjalousien in Zusammenarbeit mit dem Kolleg „Erneuerbare Energie“ des TGM Wexstraße Wien <http://www.tgm.ac.at> als Anschauungsmaterial in Modellräumen installiert bzw. anhand eines Modells Lichtrohre und Heliostaten und Lichtrohre simuliert. Es wurden damit Lichtlenkmaßnahmen untersucht, die im Gebäudebestand häufig zum Einsatz kommen. Bei der Installation von Lichtlenkjalousien sind keine Umbauten erforderlich, während bei der Installation von Heliostaten und Lichtrohren bauliche Maßnahmen notwendig sind.

Beabsichtigte Ziele

Bei Projektende liegt ein Tool (bestehend aus Datenbank und Bewertungssystem) vor, das Bauherren und Gebäudeverwaltungen Informationen zu Kosten und Nutzen von Tageslichtlenksystemen bietet. Das Tool soll dazu beitragen, die Verbreitung dieser Systeme zu unterstützen und den Herstellern neue Vermarktungsmöglichkeiten zu eröffnen. Ziel ist es, die Tageslichtnutzung vor allem in öffentlichen Gebäuden, wie zum Beispiel in Schul- und Bürogebäuden, zu forcieren und zu optimieren.

Methode der Bearbeitung und verwendete Daten

Die Modellkonzeption für das Bewertungssystem orientierte sich an der Kosten-Nutzen-Analyse, an der Kosten-Wirksamkeits-Analyse und an der Nutzwertanalyse. Monetarisierbare Kosten und Nutzen werden im Bewertungssystem erfasst und mit qualitativen Bewertungsverfahren verknüpft.

Die Datenbank wurde internetfähig programmiert und das Bewertungssystem wurde in Excel realisiert.

Die dem Bewertungsmodell zu Grunde liegenden Daten und die in der Datenbank enthaltenen Informationen wurden durch Literatur- und Internetrecherchen sowie durch Leitfaden gestützte Interviews mit Herstellern und Nutzern ermittelt. Die Praxistauglichkeit der Ergebnisse wurde durch die Kooperation mit Lichtplanern, die über langjährige Erfahrung im Bereich der Tageslichtnutzung verfügen, sichergestellt.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Literatur- und Internetrecherche zeigte, dass es eine große Bandbreite an Tageslichtsystemen und Kunden orientiert aufbereitete Beschreibungen von unterschiedlichen Systemen gibt. Kosten-Nutzen-Analysen dieser Systeme fehlen jedoch vielfach, da:

- Tageslichtlenksysteme immer maßgeschneiderte Lösungen und auf die jeweilige Licht-, Bau- und Nutzungssituation zugeschnitten sind, die Kosten daher sehr stark variieren und Durchschnittskosten nicht aussagekräftig sind.
- die lichttechnischen Zusammenhänge sehr komplex sind und nicht in einem Kosten-Nutzen-Saldo abgebildet werden können
- viele Nutzen der Tageslichtsysteme kaum monetarisiert werden können - wie etwa die Steigerung des Wohlbefindens der Mitarbeiter durch eine gleichmäßigere Ausleuchtung des Arbeitsraumes

Die Produktrecherche zeigt, dass es eine Vielzahl von Tageslichtprodukten und Herstellern gibt. In die Datenbank konnten rund 35 Hersteller bzw. Händler mit insgesamt rund 95 Produkten aufgenommen werden. Die Datenbank wird (nach Freigabe durch den Auftraggeber) unter <http://www.ecology.at/projekt/detail/lichtblicke/> nutzbar sein.

Die Ergebnisse der Messung am Modell, das Lichtlenkmaßnahmen (Heliostat und Lichtrohre) im Liftvorbereich und Foyer des TGM simuliert, zeigen, dass in beiden Bereichen, in denen lichtlenkende Maßnahmen geplant wurden, der notwendige Schwellenwert von 500 Lux und somit eine ausreichende Versorgung mit Tageslicht bei voller Einstrahlung im Sommer erreicht werden kann. Das Heliostatensystem kann direktes Sonnenlicht über weite Strecken mit hohem Wirkungsgrad transportieren. Bei bedecktem Himmel ist die erreichbare Beleuchtungsstärke allerdings deutlich geringer. Im Foyerbereich (Einbau von Lichtrohren) zeigt sich, dass sowohl bei direkter Sonneneinstrahlung als auch bei bedecktem Himmel das Tageslicht optimal genutzt werden kann. Dies erklärt sich durch die Wirkungsweise der Lichtrohre, die neben dem direkten Sonnenlicht auch diffuses Licht mit hohem Wirkungsgrad in das Gebäude transportieren.

Die Installation von Lichtlenkjalousien in zwei Testräumen im TGM zeigten, dass Lichtlenkjalousien in Klassenräumen bei aktivem Sonnenschutz Licht im Ausmaß von ca. 65 bis 100 Lux in den Innenraum leiten und dass durch die Installation von Lichtlenkjalousien Raumtemperaturreduktionen im Ausmaß von rund 20 °C erreicht werden können. Im Zeitraum der Messungen wurden Raumtemperaturen am Fensterarbeitsplatz von 24 °C nicht überschritten.

Die Ergebnisse der Bewertung von Tageslichtlenkjalousien und einem 2-geteilten Rollscreen im Vergleich zu konventionellen außenliegenden Jalousien, basierend auf dem hier entwickelten Bewertungssystem, zeigen, dass der 2-geteilte Rollscreen die geringsten Kosten pro Serviceeinheit m² heller Raum, über eine Lebensdauer von 20 Jahren gerechnet, mit sich bringt.

Die NutzerInnenbefragung in den Räumen des TGM, die im Rahmen des Projekts mit Lichtlenkjalousien ausgestattet wurden, zeigt, dass es sowohl in Bezug auf Blendung im Arbeitsraum, auf die Beleuchtungssituation insgesamt und auf die Überhitzung positive Veränderungen des Nutzerempfindens gab. Beschwerden seitens der Schüler gibt es sowohl aufgrund der Lärmentwicklung der innenliegenden Jalousien beim Hoch- und Tieffahren als auch aufgrund der zu schnell reagierenden Steuerung: die Jalousien schließen derzeit noch zu schnell bei Sonnenlichteinfall, was aber durch eine Nachjustierung der Steuerung nach den Sommermonaten behoben wird.

2. Einleitung

2.1 Problembeschreibung

Das Licht beeinflusst den Menschen grundlegend in seinen Empfindungen. Licht ist nicht einfach Helligkeit. Es wird wahrgenommen durch Streuung, Beugung und Brechung an Körpern, auch unser Farbempfinden ist davon abhängig. Das Licht, das wir wahrnehmen, hat einen stimulierenden Einfluss auf unsere Psyche. Daraus lässt sich die Folgerung ableiten, Lichtgestaltung nicht quantitativ, etwa im Sinne einer gleichförmigen und starken Helligkeit aufzufassen, sondern gemäß der Natur des Lichts zu verfahren und die Beleuchtung im Innenraum soweit wie möglich der Qualität des Tageslichts anzugleichen. Während bei Neubauten die Tageslichtnutzung durch planerische Maßnahmen, wie zum Beispiel die Orientierung des Gebäudes und die Anordnung und Dimensionierung der Fenster, berücksichtigt werden kann, sind diese Möglichkeiten bei der Sanierung nicht bzw. nur in Ausnahmefällen gegeben. In der Sanierung können Tageslichtlenksysteme das Mittel der Wahl sein, um die Versorgung mit Tageslicht zu verbessern.

Lichtlenksysteme werden derzeit jedoch kaum eingesetzt: Gängige Argumente dagegen sind vor allem die hohen Kosten und die aufwändige Planung mit Simulationssoftware und Modellen. Die Kostenbetrachtung der Lichtlenksysteme allein greift jedoch zu kurz: berücksichtigt werden muss auch die derzeitige Versorgung mit Kunstlicht und die Einsparungsmöglichkeiten, die sich aus der verstärkten Nutzung von Tageslicht ergeben - nicht die Lichtlenksysteme allein, sondern der Komplex aus optimierter Kunstlichtversorgung, tageslichtabhängiger Kunstlichtsteuerung und Lichtlenksystemen muss Gegenstand der Analyse sein.

Im Rahmen des Programms „Haus der Zukunft“ nimmt das Projekt Bezug auf jene Studien, die sich mit den Wünschen und der Zufriedenheit der NutzerInnen von Gebäuden befassen, beispielsweise: *Tappeiner, G.; Schrattenecker, I.; Lechner, R. et al.: „Wohnträume - Nutzerspezifische Qualitätskriterien für den innovationsorientierten Wohnbau“* oder *Stieldorf, K. et al.: „Analyse des NutzerInnenverhaltens und der Erfahrungen von BewohnerInnen bestehender Wohn- und Bürobauten mit Pilot- und Demonstrationscharakter“*. In diesen Studien ist die Versorgung mit Tageslicht zwar Thema, wird aber nicht weiter verfolgt. „Tageslichtversorgung“ als wichtiges Komfortkriterium scheint auch im Gebäudebewertungssystem TQ auf, das im Rahmen von *Geissler, S.; Bruck, M.: „Ecobuilding- Optimierung von Gebäuden“* erarbeitet wurde.

Es gibt jedoch noch kein Projekt im Programm, das sich mit den technischen und wirtschaftlichen Aspekten von Lichtlenksystemen und tageslichtabhängigen Steuerungen befasst. Dies ist jedoch gerade im Sanierungsbereich wichtig, da es wenig andere Möglichkeiten zur Verbesserung der Tageslichtnutzung gibt. Im dem hier beschriebenen Projekt werden Themenbereiche bearbeitet, die noch nicht im Programm „Haus der Zukunft“ Eingang gefunden haben.

2.2 Schwerpunkt der Arbeit

Ziel ist die Erstellung eines Tools für die „Lichtsanieung“ von Schulen, das auch für Bürogebäude und für Neubauten anwendbar sein soll. Mit „Lichtsanieung“ ist hier die verstärkte Berücksichtigung von Tageslichtnutzungsmöglichkeiten bei Sanierungsvorhaben gemeint.

Das Tool soll dazu beitragen, die Möglichkeiten der Tageslichtnutzung im Zuge von Sanierungsvorhaben und Neubauten stärker zu berücksichtigen.

Im Projekt werden verschiedene Lichtlenksysteme zusammengestellt und hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile, sowie der Rahmenbedingungen unter denen sie zum Einsatz kommen können, charakterisiert. Berücksichtigt werden verschiedene Kriterien wie beispielsweise: Nutzungsmöglichkeiten, Lebensdauer, Wartungsaufwand und Einsparungen an Elektrizität.

Das Projekt ist in Arbeitspakete mit folgenden inhaltlichen Schwerpunkten gegliedert:

- Arbeitspaket 1: Zusammenstellung, Beschreibung und Kategorisierung der am Markt erhältlichen Systeme anhand eines Kriterienrasters; Datenbankdesign und Dokumentation in der Datenbank als Grundlage für die zukünftige Aktualisierung
- Arbeitspaket 2: Entwicklung eines methodischen Konzepts für das Kostenberechnungsmodell zur Ermittlung der Gesamtkosten pro Serviceeinheit „heller Raum“, EDV-Umsetzung und Ermittlung der Gesamtkosten und –nutzen für die Serviceeinheit „m2 heller Raum“ für unterschiedliche Raumsituationen.
- Arbeitspaket 3: Abklärung spezieller Fragestellungen durch Installation und Analyse von Modellsystemen; begleitende Messungen und Befragungen zur NutzerInnenzufriedenheit
- Arbeitspaket 4: Posterproduktion über die Installation der Modellsysteme

2.3 Vorarbeiten

Die Projektidee ist aus einer Diplomarbeit im Rahmen des Kolleg Erneuerbare Energie am TGM entstanden: *Eisenhut, T.; Maly, M.; Trhlik, R. (2002); Energiebedarf von Gebäuden*. Ein Teil der Arbeit beschäftigt sich mit tageslichtabhängigen Steuerungssystemen und Tageslichtlenksystemen und kommt zu dem Schluss, dass hier Potenzial für die praktische Umsetzung gegeben, eine genauere Analyse aber erforderlich ist, die im Rahmen der Diplomarbeit nicht geleistet werden konnte.

Umfangreiche Vorarbeiten im Bereich der Tageslichtlenkung bestehen von Seiten der Tageslichtplaner, die in das Projekt eingebunden sind: Bartenbach Lichtlabor und das technische Büro Dr. Alexander Bakos.

2.4 Einführung ins Thema

2.4.1 Warum Tageslichtnutzung

Zahlreiche Untersuchungen weisen seit langem auf den direkten Zusammenhang von Licht und Gesundheit hin und warnen vor einer unachtsamen Beleuchtungsplanung am Arbeitsplatz. Nirgendwo sonst halten sich die Menschen länger auf als am Arbeitsplatz und nirgendwo sonst ist die Beanspruchung für die Augen größer als bei der Arbeit. Dies gilt insbesondere für die große Zahl der Bildschirmarbeitsplätze, die extrem hohe Anforderungen an eine gute Lichtqualität stellen, in vielen Fällen diesen Ansprüchen aber bei weitem nicht genügen.

Das Licht beeinflusst den Menschen grundlegend in seinen Empfindungen. Licht ist nicht einfach Helligkeit. Es wird wahrgenommen durch Streuung, Beugung und Brechung an Körpern, auch unser Farbempfinden ist davon abhängig. Das Licht, das wir wahrnehmen, hat einen stimulierenden Einfluss auf unsere Psyche. Daraus lässt sich die Folgerung ableiten, Lichtgestaltung nicht quantitativ, etwa im Sinne einer gleichförmigen und starken Helligkeit aufzufassen, sondern gemäß der Natur des Lichts zu verfahren und die Beleuchtung im Innenraum soweit wie möglich der Qualität des Tageslichts anzugleichen.

Vor allem an Bildschirmarbeitsplätzen wird deutlich, wie mangelhaft die übliche Beleuchtung auf die besonderen Anforderungen der dort arbeitenden Menschen eingeht. Typische Mängel sind zum Beispiel:

Direkte und indirekte Blendung

- störender Glanz auf dem Bildschirm
- stark unterschiedliche Leuchtdichte
- unangenehme Lichtfarbe
- verfälschte, unnatürliche Farbwiedergabe
- zu wenig Tageslicht
- Blendung, Überhitzung

Beim Versuch, störende Blendungen und Reflexionen auf einfache Weise loszuwerden, wird in vielen Büros das natürliche Tageslicht durch Jalousien einfach ausgeblendet. Tageslicht hat aber nachweislich eine förderliche Wirkung auf Wohlbefinden und Leistungsbereitschaft, und sollte deshalb nicht einfach durch künstliches Licht ersetzt werden.

2.4.2 Lichtkonzeption, Lichtplanung

Bereits bei der Gebäudeplanung sollten alle relevanten Faktoren für ein gutes Licht am Arbeitsplatz einbezogen werden.

Der Lichtkonzeption und Lichtplanung sollten folgende Kernpunkte zu Grunde gelegt sein:

- die Bedürfnisse der Nutzer
- die Nutzungsanforderung
- die Einflussgröße des Lichtes auf unser Wohlbefinden, die Motivation, das Konzentrationsvermögen und auf die Produktivität

Licht ist im Kontext der Architektur und der Beleuchtungsaufgabe zu sehen. Es ist ein wichtiges Gestaltungselement der Architektur und dabei der Multiplikator für die optische Wahrnehmung. Die Lichtkonzeption und Lichtplanung beinhaltet u.a. die aufgeführten Positionen:

Tageslichtplanung bzw. Analyse der Tageslichtsituation:

- Analyse der architektonischen Gegebenheiten (Deckenbeschaffenheit, Statik)
- Finanzieller Rahmen
- Definition der Anforderungen an die künstliche Beleuchtung
- Umsetzung eines Lichtplans mit Varianten (Licht zum Sehen, Licht zum Ansehen und Licht zum Hinsehen)
- Definition der Funktion der Leuchten
- Definition der Grundbeleuchtung
- Definition der Lichtkreise und deren Verknüpfung (Lichtszenerarien entsprechend der Nutzungsanforderung)
- Definition von Stimmungsszenarien
- Definition der Steuerung (ein hoher Bedienkomfort ist zu berücksichtigen)
- Dimensionierung des Lichtes (Beleuchtungsstärke, Leuchtdichte)
- Definition der Eigenschaften für die Leuchten (Spezifikation, Ausschreibung)
- Auswahl geeigneter Leuchten (Funktion, Preis, Modellierung)
- Integration der Leuchten in die Werkplanung

Kurz zusammengefasst gibt es zwei Situationen für die Anwendung von Tageslichtlenksystemen:

- Einlenkung von Tageslicht in dunkle Teile eines Gebäudes, z.B. in einen Raum ohne Fenster oder in tiefe Räume, wo das Tageslicht nicht bis in die hinteren Bereiche gelangt. In Kombination mit einer tageslichtabhängigen Steuerung bewirkt die Einlenkung von Tageslicht die Einsparung von elektrischem Strom für die Beleuchtung mit Kunstlicht.
- Nutzung des optischen Anteils des Tageslichtes bei großen Fenstern bzw. großflächig verglasten Gebäuden, wo gleichzeitig Probleme durch sommerliche Überwärmung, direkte Sonneneinstrahlung und Blendung auftreten. In Kombination mit einer tageslichtabhängigen Steuerung kann in diesem Fall nicht nur elektrischer Strom für die Beleuchtung mit Kunstlicht eingespart werden, sondern auch Kosten und Energie für die Kühlung im Sommer. Im Gegensatz zu konventionellen Sonnenschutzvorrichtungen lenken Tageslichtlenksysteme den optischen Anteil des Lichtes in den Raum und reflektieren die Wärmestrahlung. Sie dunkeln nicht ab und ermöglichen so Tageslichtnutzung ohne Überwärmung und Blendung.

Ziel dieses Projektes ist die Unterstützung der Tageslichtnutzung durch Informationsaufbereitung und Entwicklung von Tools zur Informationsvermittlung.

2.5 Aufbau der Arbeit

Nach einer kurzen Beschreibung der im Projekt verwendeten Methoden und Daten in Kapitel 3 wird auf das Tool zur Informationsaufbereitung in Kapitel 4 eingegangen. Es werden der Aufbau und die Datenbeschaffung für die Datenbank beschrieben. Die wesentlichen Komponenten des Bewertungssystems werden dargestellt und die Ergebnisse der Anwendung des Bewertungssystems für vier beispielhafte Raumsituationen und vier Sonnenschutz-/Blendschutzeinrichtungen dokumentiert. Im Anschluss daran wird in Kapitel 5 der im Projekt untersuchte Einsatz von Tageslichtlenkung in Schulen beschrieben. Der Einbau von Tageslichtlenkjalousien sowie die modellhafte Simulation von Heliostaten und Lichtrohren im TGM in Wien werden dargestellt und die Ergebnisse der Messungen gezeigt. In Kapitel 6 wird die fotografische Dokumentation in Form von 3 Postern gezeigt und in Kapitel 7 die Ergebnisse und Schlussfolgerungen dokumentiert.

3. Verwendete Methode und Daten

3.1 Produktrecherchen bei Herstellern nach technischen Daten und Kosten

Es wurden Firmen – sowohl Produzenten als auch Händler von Sonnenschutz- und Tageslichtlenksystemen – in Deutschland, in der Schweiz und in Österreich recherchiert, Informationen mittels Internet und Anschreiben der Hersteller bzw. Händler, die um Zusendung von Produktinformationen gebeten wurden, erhoben. Großteils wurde auch telefonisch nachgefragt.

3.2 Leitfadengestützte Interviews mit Herstellern, Anbietern und NutzerInnen von Tageslichtlenksystemen

Die Interviews wurden mit Produzenten und Anbietern von Tageslichtlenksystemen und Eigentümern/Facility - Managern/Haustechnikern von Gebäuden, in denen Lichtlenksysteme zur Anwendung kommen, durchgeführt. Sie wurden anhand eines vorbereiteten Leitfadens durchgeführt und mit dem Einverständnis der Interviewpartner aufgezeichnet und transkribiert. Die Interviews dienen der Ergänzung und Überprüfung der Informationen aus der Produktrecherche. Von Interesse sind vor allem die Erfahrungen bei der Installation und Nutzung der Tageslichtlenksysteme.

3.3 Modellbildung für die Wirtschaftlichkeitsberechnung

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde ein Kosten-Nutzen- und Kosten-Wirksamkeitsberechnungsmodell erstellt: In einem ersten Schritt wurden Investitions- und Betriebskosten für Tageslichtsysteme für die unterschiedlichen Modellräume recherchiert und errechnet. Weiters wurden Nutzen (z. B. Kosteneinsparung für konventionelle Systeme, Energiekosteneinsparung etc.) ermittelt. Außerdem wurden Nutzen, die nicht unmittelbar monetarisierbar sind (z. B. die Tageslichtautonomie oder der Bezug nach außen) untersucht. Sämtliche Kosten und Nutzen wurden als Entscheidungshilfe übersichtlich dargestellt. Außerdem wurden für die monetarisierbaren Größen Kennwerte wie Kapitalwert oder Amortisationsdauer berechnet.

3.4 Modellbau und Messung unter dem künstlichen Himmel von Bartenbach Lichtlabor

Vom Eingangsbereich des TGM wurde ein Modell angefertigt, um die Auswirkungen von Lichtlenksystemen zu ermitteln und zu veranschaulichen. Das Modell wurde im Maßstab 1:30 anhand der Planunterlagen der BIG angefertigt und unter dem künstlichen Himmel bei Bartenbach Lichtlabor gemessen. Grundlage der Lichtlenkmaßnahmen, die an den Modellen getestet werden, sind Vorschläge der am Projekt beteiligten Tageslichtplaner sowie die Ergebnisse von Teamdiskussionen.

3.5 Installation von Tageslichtlenksystemen in Modellräumen des TGM; begleitende Messung und schriftliche Befragung

In zwei vergleichbaren Klassenräumen des TGM wurden unterschiedliche Produkte einer Tageslichtlenkjalousie eingebaut. Die Klassenräume sowie ein Referenzraum wurden mit Messvorrichtungen ausgestattet. Begleitend wurden schriftliche NutzerInnenbefragungen in den Testräumen durchgeführt und ausgewertet.

3.6 Datenbankprogrammierung

Die Datenbank wurde internetfähig programmiert. Die Verfügbarkeit im Internet ermöglicht den breitesten Zugang für interessierte Personen und eröffnet weit mehr Verbreitungspotenzial als die Weitergabe der Projektergebnisse via CD.

4. Tool zur Informationsaufbereitung - Datenbank und Bewertungssystem

4.1 Motivation

Im Rahmen der Projektarbeit wurde ein Tool zur Informationsaufbereitung für die Entscheidung für oder gegen bzw. die Auswahl unterschiedlicher Tageslichtsysteme erstellt. Dieses Tool besteht aus einer internetbasierten Datenbank, die einschlägige Informationen zusammenfasst und aufbereitet sowie aus einem Kosten-Nutzen-Wirksamkeits-Berechnungsmodell, welches Kosten und Nutzen von Tageslichtlenksystemen übersichtlich darstellt.

4.2 Datenbank

Ziel ist es, eine Informationsgrundlage zu Tageslichtsystemen für interessierte Bauherren und Architekten zur Verfügung zu stellen. Dazu werden die Tageslichtsysteme kurz beschrieben, und Informationen zu Herstellern und Produkten von Tageslichtsysteme bereitgestellt.

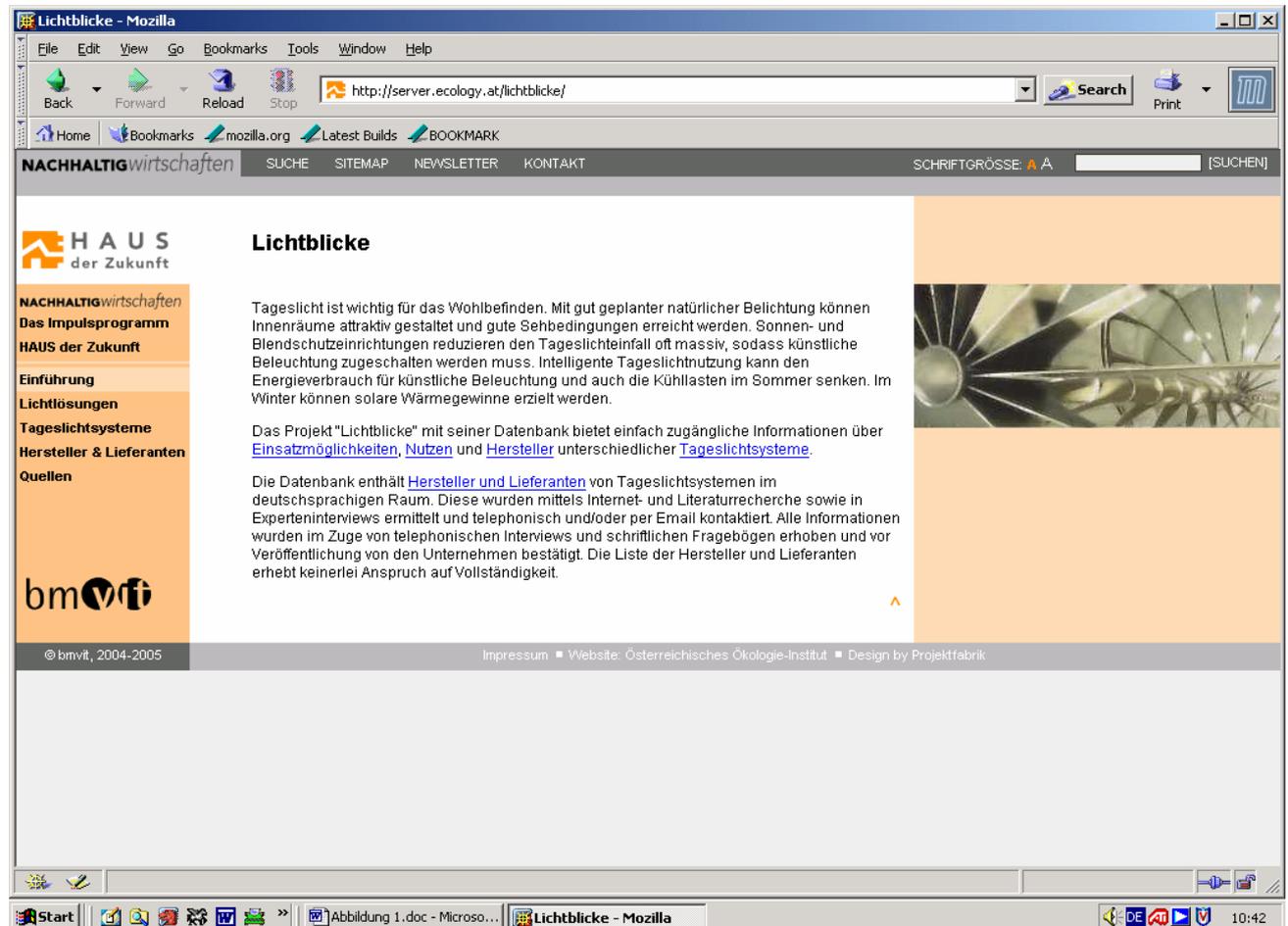
Die Datenbank ist folgendermaßen strukturiert:

- Tageslichtsystemvorschläge für konkrete Problemstellungen in Bezug auf Lichtnutzung
- Grundlegende Informationen zu Tageslichtsystemen
- Informationen zu Herstellern bzw. Lieferanten von Tageslichtsystemen
- Informationen zu Produkten im Bereich von Tageslichtsystemen

4.2.1 Die Lichtblicke - Einstiegsseite

Auf der Einstiegsseite mit dem Titel des Projektes wird eine knappe Einführung zum Thema gegeben. Dabei wird kurz auf die energierelevanten und psychologischen Vorteile von Tageslicht eingegangen. Die NutzerInnen können von hier auf die anderen Pfade, wie etwa Einsatzmöglichkeiten und Nutzen der Tageslichtsysteme, die Herstellerliste und eine einführende Auflistung der verschiedenen Tageslicht- und Sonnenschutzsysteme gelangen.

Abbildung 1: Screenshot der Einstiegsseite in die Datenbank



Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut für angewandte Umweltforschung

4.2.1.1 Tageslichtsystemvorschläge für konkrete Problemstellungen in Bezug auf Lichtnutzung: Lichtlösungen

Ziel dieser Datenbankfunktion ist es, auf die individuellen Gegebenheiten der NutzerInnen einzugehen, d.h. auf die konkreten Bedürfnisse und Rahmenbedingungen, und Tageslichtsysteme für diese vorzuschlagen.

Die NutzerInnen werden nach ihren konkreten Problemen/Bedürfnissen befragt:

- Vermeidung/Verringerung von Blendung
- Vermeidung/Verringerung von sommerlichem Wärmeeintrag
- Lichteinlenkung und Lichttransport zur Tageslichtversorgung

Für die Auswahl passender Tageslichtsysteme wichtige bauliche Gegebenheiten durch Ankreuzen anzugeben:

- Licht kann/soll von oben, z. B. über Dachflächen, ein Lichtrohr oder Oberlichter in den Raum kommen.
- Licht kommt von der Seite über Fensterflächen in den Raum.
- Maßnahmen im Innenraum können durchgeführt werden, z. B. können innenliegende Jalousien oder ein Lichtkamin eingebaut werden.
- Maßnahmen außen sind möglich, z. B. kann ein außenliegender Sonnenschutz angebracht werden.

Da auch die umliegende Bebauung bzw. möglicher Baumbestand und dadurch bedingter Schattenwurf bei der Entscheidung für oder gegen ein Tageslichtlenksystem berücksichtigt werden müssen, gibt es zusätzlich die Möglichkeit, Informationen bezüglich der städtebaulichen Gegebenheiten abzurufen:

- Stadtgebiet
- Mischgebiet
- Ländliches Gebiet
- Änderungen der Bebauungssituation

Abhängig von der Auswahl an Bedürfnissen und baulichen bzw. stadtbaulichen Gegebenheiten werden von der Datenbank passende Tageslichtsysteme vorgeschlagen. Die NutzerInnen können sich nun die Beschreibung der für ihre individuelle Situation passenden Tageslichtsysteme ansehen und Hersteller/Lieferanten derartiger Systeme anzeigen lassen.

Abbildung 2: Zuordnung der Tageslichtsysteme zu Nutzerbedürfnissen und baulichen Gegebenheiten.

Systeme	Nutzerprobleme			bauliche Gegebenheiten				städtebauliche Gegebenheiten			
	Versorgung mit Tageslicht	Sonnenschutz		Licht von der Seite	Licht von oben	Maßnahmen außen möglich	Maßnahmen innen möglich	Stadtgebiet	ländliches Gebiet	Misch-gebiet	Änderungen Bebauungssituation
		Blendung	Solare Aufheizung								
Lichtlenkjalousien innen einfach	x	x	x	x			x				
Lichtlenkjalousien innen zweigeteilt	x	x	x	x			x				
zweigeteilte Lamellen außen	x	x	x	x		x					
Lichtschwerter innen/außen	x			x		x	x				
Prismen nachgeführt	x		x	x	x	x					
Prismen starr	x		x	x	x	x					
Mikroraster im Isolierglas	x	x	x	x	x	x					
Kapillarsystem im Isolierglas	x	x	x	x	x	x					
Systeme	Nutzerprobleme			bauliche Gegebenheiten				städtebauliche Gegebenheiten			
	Versorgung mit Tageslicht	Sonnenschutz		Licht von der Seite	Licht von oben	Maßnahmen außen möglich	Maßnahmen innen möglich	Stadtgebiet	ländliches Gebiet	Misch-gebiet	Änderungen Bebauungssituation
		Blendung	Solare Aufheizung								
Holografische Elemente	x	x	x	x		x	x				
zwischenliegende Systeme integriert im Isolierglas: feststehende Spiegelsysteme	x	x	x	x		x	x				
zwischenliegende Systeme integriert im Isolierglas: zwischenliegende Jalousien	x	x	x	x		x	x				
prismatische Elemente im Isolierglas	x	x	x	x		x	x				
Lichtrohre	x				x	x	x				
Heliostaten mit/ohne Verteilsysteme	x			x	x	x	x				
Folien		x	x	x	x		x				
schaltbare Gläser			x	x			x				

Systeme	Nutzerprobleme		bauliche Gegebenheiten				städtebauliche Gegebenheiten				
	Versorgung mit Tageslicht	Sonnenschutz		Licht von der Seite	Licht von oben	Maßnahmen außen möglich	Maßnahmen innen möglich	Stadtgebiet	ländliches Gebiet	Misch-gebiet	Änderungen Bebauungs-situation
		Blendung	Solare Aufheizung								
Rollos		x		x			x				
Vorhanglamellen innen		x		x			x				
Markisen			x	x		x					
Jalousien konventionell innen		x		x			x				
Jalousien konventionell außen			x	x		x					
Feststehende Roste und fixe Lamellensysteme		x	x	x		x					
Lamellen nachgeführt außen		x	x	x		x					
Spiegellichtschacht	x			x	x	x					
Rollos im Isolierglas		x	x	x			x				

4.2.1.2 Beschreibung der Tageslichtsysteme

Folgende Tageslichtsysteme wurden in die Datenbank aufgenommen:

Abbildung 3: Screenshot der Datenbank: Liste der Tageslichtsysteme

H A U S
der Zukunft

NACHHALTIGwirtschaften
Das Impulsprogramm
HAUS der Zukunft

Einführung
Lichtlösungen
Tageslichtsysteme
Hersteller & Lieferanten
Quellen

Tageslichtsysteme

Die Informationen zu Tageslichtsystemen wurden mittels Internet- und Literaturrecherche sowie in ExpertInneninterviews mit Herstellern und Lieferanten von Tageslichtsystemen ermittelt. Neben Tageslichtsystemen wurden teilweise auch konventionelle Blend- und Sonnenschutzsysteme aufgenommen, um einen Vergleich zwischen lichtlenkenden und konventionellen Systemen zu ermöglichen.

>> außenliegende Systeme

- feststehende Roste und fixe Lamellensysteme (2 Produkte)
- Jalousien konventionell außen (17 Produkte)
- Lamellen nachgeführt (1 Produkt)
- Lichtlenkjalousien (4 Produkte)
- Lichtschwert (1 Produkt)
- Markisen (4 Produkte)
- Prismen nachgeführt (2 Produkte)
- zweigeteilte Lamellen außen (2 Produkte)

innenliegende Systeme

- Folien
- Jalousien konventionell innen (6 Produkte)
- Lichtlenkjalousien einfach (6 Produkte)
- Lichtlenkjalousien zweigeteilt (5 Produkte)
- Lichtschwert (2 Produkte)
- Rollos (5 Produkte)
- Vorhanglamellen innen (3 Produkte)

kombinierte Systeme

- Heliostaten mit/ohne Verteilsysteme (4 Produkte)
- Lichtrohre (7 Produkte)
- Spiegellichtschacht (2 Produkte)

Systeme im Isolierglas

- feststehende Spiegelsysteme (1 Produkt)
- Holographische Elemente (1 Produkt)
- Jalousien (10 Produkte)
- Kapillarsystem (4 Produkte)
- Mikroraster (4 Produkte)
- Prismatische Elemente (1 Produkt)
- Rollos (1 Produkt)
- schaltbare Gläser (1 Produkt)

Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut für angewandte Umweltforschung

In der Datenbank findet sich eine kurze Beschreibung der Funktionsweise, der Vor- und Nachteile und der Einsatzmöglichkeiten der Tageslichtsysteme. Zu jedem Tageslichtsystem werden die in der Datenbank enthaltenen Hersteller/Lieferanten angezeigt. Möchte man sich über ein bestimmtes Tageslichtsystem genauer informieren, leitet die Datenbank weiter zu den Herstellern/Lieferanten der Systeme. Um einen Vergleich mit konventionellen Systemen zu ermöglichen, wurden auch einige weit verbreitete konventionelle Sonnen- und Blendschutzsysteme in die Datenbank aufgenommen.

Abbildung 4: Screenshot einer beispielhaften Beschreibung eines Tageslichtsystems in der Datenbank

The screenshot shows a web browser window with the following content:

- Navigation:** NACHHALTIGwirtschaften, SUCHE, SITEMAP, NEWSLETTER, KONTAKT, SCHRIFTGRÖSSE: A A, [SUCHEN]
- Logo:** H A U S der Zukunft
- Left Menu:**
 - NACHHALTIGwirtschaften
 - Das Impulsprogramm
 - HAUS der Zukunft
 - Einführung
 - Lichtlösungen
 - Tageslichtsysteme
 - Hersteller & Lieferanten
 - Quellen
- Header:** Systembeschreibung [Tageslichtsysteme](#)
- Content:**
 - >> Jalousien**
 - Funktionsprinzip:** In der Lamellen-Grundstellung (0° gemessen von der Horizontalen) wird ein Teil des im Außenraum vorhandenen diffusen Tageslichts in den Büroraum gelenkt und verteilt. Durch die speziell geformten Umlenkklammern wird das diffuse Tageslicht an die Decke des Innenraumes reflektiert und von dort beispielsweise über eine Aluminium-Umlenkdecke bzw. eine Gipsdecke gelenkt. Dadurch wird erreicht, dass die Blendwirkung durch zu hohe Umgebungsleuchtdichte des Außenraumes bzw. bei direkter Sonneneinstrahlung minimiert wird. Durch die präzise und kontrollierte Wendung der Lamellen mittels Bus-Steuerung wird bei direkter Sonneneinstrahlung die Sonnenschutzfunktion aktiviert. In Abhängigkeit der Jahreszeiten werden die einzelnen Umlenkklammern über eine intelligente sonnenstandsgeführte Bus-Steuerung stufenlos nachgeführt, sodass eine direkte Sonneneinstrahlung in den Büroraum verhindert oder ermöglicht wird.
 - Nutzen:** Wartungsfrei und wenig reparaturanfällig. Allerdings ist die Lebensdauer der Jalousie oft wesentlich geringer als die Lebensdauer des umhüllenden Isolierglases!
 - Produkte:**
 - > Eckelt Glas GmbH
 - "DLS Ecklite SC"
 - > GenioLux, Intelligente Lichtsysteme GmbH
 - "Daylight Glazing"
 - > Glas Schuler GmbH & Co. KG
 - "Isolette®"
 - > Glas Schöninger GmbH & Co.KG
 - "Iso-Shadow®"
 - "Schöninger Luxaclair®"
 - > Glastec
 - "ISO Daylight™"
 - "ISO-Nova®"
 - > OKALUX GmbH
 - "Okaflex"
 - > RETROSolar
 - "RETROflexTherm®"
 - "RETROLux Therm®"

Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut für angewandte Umweltforschung

4.2.1.3 Beschreibung der Hersteller/Lieferanten von Tageslichtsystemen

Hier werden die Kontaktdaten der Hersteller/Lieferanten zur Verfügung gestellt und ausgewählte Produkte der Hersteller/Lieferanten angezeigt.

Folgende Hersteller/Lieferanten wurden in die Datenbank aufgenommen:

Abbildung 5: Screenshot Liste der Hersteller/Lieferanten

NACHHALTIGwirtschaften

SUCHE SITEMAP NEWSLETTER KONTAKT

SCHRIFTGRÖSSE: A A [SUCHEN]

H A U S
der Zukunft

Hersteller & Lieferanten

Die Datenbank enthält Hersteller und Lieferanten von Tageslichtsystemen im deutschsprachigen Raum. Diese wurden mittels Internet- und Literaturrecherche sowie in Experteninterviews ermittelt und telefonisch und/oder per Email kontaktiert. Vor Veröffentlichung der Informationen wurden die Daten von den Unternehmen bestätigt.

Die Liste der Hersteller und Lieferanten erhebt keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit.

>>

- [Actual Fenster AG](#)
- [Adler Solux](#)
- [BOMIN SOLAR GmbH, Tageslichttechnik und Sonnenschutz](#)
- [Bremetall Sonnenschutz GmbH](#)
- [Clauss Markisen Projekt GmbH](#)
- [Colt International GmbH](#)
- [daylight products](#)
- [Eckelt Glas GmbH](#)
- [EGIS GmbH Offenbach, Equipment Gesellschaft für Intern. Elektronik Systeme GmbH](#)
- [ErgoLight Sonnenschutz GmbH](#)
- [FOLIFLEX, Erste österreichische Metall-Jalousiefabrik](#)
- [GenioLux, Intelligente Lichtsysteme GmbH](#)
- [Gesimat GmbH](#)
- [Glas Schuler GmbH & Co. KG](#)
- [Glas Schöninger GmbH & Co. KG](#)
- [Glastec, Rosenheimer Glastechnik](#)
- [Heliobus AG](#)
- [Hella Sonnen- und Witterschutztechnik GmbH](#)
- [Holo - Lux, Gesellschaft für Licht- und Bautechnik mbH](#)
- [Hüppelux, Sonnenschutzsysteme GmbH](#)
- [Inglas, Innovative Glassysteme GmbH & CoKG](#)
- [ISOLAR Isolierglaserzeugungs GmbH](#)
- [Jannach & Picker GmbH SonnenSchutzDesign](#)
- [Josef Wick & Söhne, Wick GesmbH](#)
- [Kuzelka Tageslichtsysteme](#)
- [OKALUX GmbH](#)
- [RETROSolar, Gesellschaft für Tageslichtsysteme mbH](#)
- [Saint Gobain Deutsche Glas GmbH](#)
- [SCHWEIGHOFER KEG, SOLATUBE- AUSTRIA](#)
- [Siteco Beleuchtungstechnik](#)
- [TALIS Tageslichtsysteme GmbH](#)
- [WAREMA Renkhoff GmbH](#)

© hmv7 2004-2005 Impressum Website: Österreichisches Ökologie-Institut Design: tv-Projektfabrik

Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut für angewandte Umweltforschung

Abbildung 6: Screenshot des Datenblattes zu den Herstellern/Lieferanten

NACHHALTIGwirtschaften SUCHE SITEMAP NEWSLETTER KONTAKT SCHRIFTGRÖSSE: A A [SUCHEN]

HAUS
der Zukunft

NACHHALTIGwirtschaften
Das Impulsprogramm
HAUS der Zukunft

Einführung
Lichtlösungen
Tageslichtsysteme
Hersteller & Lieferanten
Quellen

BOMIN SOLAR GmbH
Tageslichttechnik und Sonnenschutz
Industriestrasse 8-10
D - 79541 Lörrach
tel: +49 (0) 7621 95960
fax: +49 (0) 7621 54368
email: info@bomin-solar.de
web: <http://www.bomin-solar.de>
updated: 17.01.2005

[zur Firmenliste](#)

- > Hersteller von "[BOMIN UL \[BS\]](#)" (→ [Lichtlenkjalousien zweigeteilt](#))
- > Hersteller von "[PRISMALITE \[BS\]](#)" (→ [Prismen nachgeführt](#))
- > Hersteller von "[Bomin Sonnenschutz- und Lichtlenk-lamellensysteme](#)" (→ [feststehende Roste und fixe Lamellensysteme](#))
- > Hersteller von "[LIGHTRON \[BS\]](#)" (→ [Heliostaten mit/ohne Verteilsysteme](#))
- > Hersteller von "[Bomin Sonnenschutz- und Lichtlenk-lamellensysteme](#)" (→ [Lamellen nachgeführt](#))

© bmvit, 2004-2005 Impressum Website: Österreichisches Ökologie-Institut Design by Projektfabrik

Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut für angewandte Umweltforschung

4.2.1.4 Produktbeschreibung

Ausgewählte Produkte der Hersteller und Lieferanten wurden in die Datenbank aufgenommen. Insgesamt wurden rund 95 Produkte in der Datenbank beschrieben. Die Produktpalette der Hersteller/Lieferanten erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, die ausgewählten und beschriebenen Produkte (Tageslichtsysteme und vereinzelt auch konventionelle Sonnen- und Blendschutzprodukte zum Vergleich) zeigen vielmehr nur beispielhaft die Produktpalette der Hersteller und Lieferanten.

Zur Beschreibung der Produkte wurden folgende Kennwerte ausgewählt

- Gesamtenergiedurchlassgrad
- Lichttransmissionsgrad
- Reflexionsgrad
- Abminderungsfaktor
- Investitionskosten
- Betriebskosten für Wartung, Reinigung und Energie

Diese Kennwerte wurden soweit möglich aus Interviews und Prüfberichten der Hersteller übernommen. Soweit Informationen über die jeweiligen, aber vielfach sehr unterschiedlichen Messbedingungen verfügbar waren, wurden diese im Feld **Messbedingungen** angegeben.

Als qualitatives Bewertungskriterium wurde der „Bezug nach außen“ in die Datenbank aufgenommen.

Die Auswahl der die Produkte beschreibenden Kriterien orientierte sich einerseits an den wesentlichen Produktmerkmalen andererseits auch an der Verfügbarkeit der Daten. Insbesondere zu den Kosten der Systeme wurden von den Herstellern/Lieferanten kaum Informationen weitergegeben. Da die Kosten für den Einbau von Tageslichtsystemen sehr stark von den baulichen Gegebenheiten abhängen, sind die Kostenspannen sehr groß und Durchschnittskosten daher nicht aussagekräftig. In die Datenbank konnten daher nur bei einigen wenigen Produkten Kostenangaben aufgenommen werden.

Abbildung 7: Screenshot einer beispielhaften Produktbeschreibung

HAUS der Zukunft

Produktbeschreibung

NACHHALTIGwirtschaften
Das Impulsprogramm
HAUS der Zukunft

Einführung
Lichtlösungen
Tageslichtsysteme
Hersteller & Lieferanten
Quellen

RETROFlex®

Monoreflektives Tageslichtlenksystem, bestehend aus konkav-konvexen Spiegellamellen mit mikroprismenstrukturierter, konkaver, glanzeloxierter Oberseite und reflektormatter, weiß lackierter Unterseite, in Lamellenbreiten von 25 mm, 50 mm, 80 mm erhältlich.

Lichtverteilung Durch die Mikroprismenspiegel kommt es selbstregulierend mit einer einzigen Reflexion zur Sonneneinstrahlung, diffuses Licht wird eingelenkt.

g-Wert 26 - 12

Lichttransmissionsgrad 20 - 27

Abminderungsfaktor 50

Reflexionsgrad 86

Messbedingung Kalorimetrisch und radiometrisch; g-Wert abhängig von der Fassadenverglasung zwischen 26% und 12%; bei Verglasung Interpane IP 66/33 g-Wert total = 14%; bei Verglasung PK 50/27 g-Wert total = 13%, bei Luxgard 63/34 g-Wert total = 15%; Messwerte beziehen sich auf eine Lamellenposition +5% zur Horizontalen und 60% Sonnenhöhenwinkel. Abminderungsfaktor in Horizontalpositionierung und 45° Sonneneinfall. Bei flachen Einfallswinkeln und im Winter kann das Lichtlenksystem geschlossen werden, um einen Lichteintritt zwischen den Lamellen zu verhindern. Lichttransmissionsgrad diffus: abhängig vom Sonnenschutzfaktor der Verglasung in Sonnenschutzposition der Lamellen und gleichzeitig vorhandenem Fc-Wert kleiner als 50% und Aussenbezug. Reflexionsgrad ca. 88%, monoreflektiv. Für genauere Angaben Prüfbericht anfordern. bi-direktionale Messwerte auf Anfrage.

Sonnensituation Bei flachen Einfallswinkeln und im Winter wird das Lichtlenksystem geschlossen werden, um einen Lichteintritt zwischen den Lamellen zu verhindern

Aussenbezug bei horizontaler Stellung der Lamellen (v.a. im Sommer) Durchsichtigkeit bis zu 88% bei gleichzeitigem Fc-Wert von 50%!

Kosten Investitionskosten abhängig von Größe und Technik (z.B Motor); Montage-, Wartungs- und Reinigungskosten wie bei üblichen Innenjalousien

Hersteller: [RETROSolar](#)

g-Wert g (Angabe in %): Der g-Wert oder Gesamtenergiedurchlassgrad ist das Maß für die Sonnenenergiedurchlässigkeit einer Verglasung. Er setzt sich aus der Summe der direkt von der Verglasung durchgelassenen kurzwelligigen Strahlung und der sekundären Wärmeabgabe der Verglasung des erwärmten Glases zusammen. Gläser mit hohem g-Wert und hohem Lichttransmissionsgrad und niedrigem k-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) oder U-Wert werden als Wärmeschutzgläser bezeichnet.

Lichttransmissionsgrad τ (Angabe in %): Der Lichttransmissionsgrad gibt den Anteil der sichtbaren Strahlung (380 nm bis 780 nm) an, der senkrecht durch das Glas oder die Glaseinheit direkt hindurchtritt. Der Wert der Transmission ist unabhängig von der Richtung, d.h. er gilt für Glas sowohl für den Einblick von aussen nach innen als auch für den Ausblick von innen nach aussen. Je höher der Wert um so mehr Licht geht von aussen nach innen. Der Ausblick wird ebenfalls heller.

Reflexionsgrad ρ (Angabe in %): Der Reflexionsgrad ist der Anteil des auf eine Oberfläche auftretenden Lichtes, welcher von dieser wieder in die Umgebung zurückreflektiert wird.

Abminderungsfaktor F_c : Der Abminderungsfaktor F_c gibt an, wie effizient ein Sonnenschutzsystem den Energieeintrag verringert. Dieser ist das Verhältnis aus der durch das Abschirmsystem durchgelassenen Sonnenstrahlung zu derjenigen hinter einer Scheibe aus einfachem Glas. Je kleiner dieses Verhältnis, um so besser die Schutzwirkung. (1 = kein Sonnenschutz; 0 = optimaler Sonnenschutz (hypothetisch)).

© bmvit, 2004-2005 | Impressum | Website: Österreichisches Ökologie-Institut | Design by: Projektfabrik

Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut für angewandte Umweltforschung

4.2.2 Datengrundlagen

Die Auswahl der Hersteller/Produzenten erfolgte auf Basis von Experteninterviews und einer Produktrecherche im Internet und in einschlägiger Fachliteratur, wobei nur Firmen im deutschsprachigen Raum (Deutschland, Schweiz, Österreich), die für den österreichischen Markt von Bedeutung sind, in Betracht gezogen wurden.

4.2.2.1 Telefonische Kontaktaufnahme

Die Firmen wurden telefonisch kontaktiert, der Ansprechpartner eruiert und per E-Mail über das Projekt und die Möglichkeit, mit ihren jeweiligen Produkten kostenlos aufgenommen zu werden, informiert.

Nach der ersten erfolgreichen telefonischen Kontaktaufnahme wurde eine Informationsanfrage per Mail oder Fax an den jeweiligen Ansprechpartner gesandt. In diesem Schreiben wurde noch mal ausdrücklich dargestellt, dass die Eintragung in die Datenbank kostenlos war. Weiters wurde um detaillierte Angaben zum Produkt, welche für die Aufnahme in die Datenbank notwendig sind, gebeten. Dem Schreiben wurde ein Informationsblatt zum Projekt beigelegt.

Prinzipiell war der Großteil der kontaktierten Firmen gerne bereit in die Datenbank aufgenommen zu werden. Etwa 30% - 40% der kontaktierten Firmen lehnten eine Eintragung in die Datenbank ab, da – ihrer Meinung nach - keine passenden Produkte in ihrem Sortiment waren, Misstrauen gegenüber der Nutzung der Daten bestand, sich die Unternehmen in einer Umstrukturierungsphase befanden oder noch keine marktfähigen Produkte vorhanden waren.

Die gesamte E-Mail – Korrespondenz und der Briefverkehr wurden archiviert, um etwaige Unklarheiten gezielt nachrecherchieren zu können.

4.2.2.2 Datenquellen

Die Informationen zu den Produkten wurden den uns von den Firmen per Post bzw. E-Mail zugesandten Broschüren oder aus dem Internet entnommen.

Nicht alle Produkte der Firmen konnten in die Datenbank aufgenommen werden, da dies bei weitem zu umfangreich wäre. Daher wurden vielmehr die von den Firmen als Referenzprodukte angegebenen Systeme in der Datenbank abgebildet.

Von jedem Produkt wurde ein Datenbankauszug erstellt. Dieser zeigte alle Eintragungen des jeweiligen Produktes und der jeweiligen Firma (Adresse, Produkte mit Werten etc.) und wurde mit einem Begleitschreiben an das Unternehmen mit der Bitte um Bestätigung oder Korrektur der Daten geschickt.

4.2.2.3 Schwierigkeiten bei der Datenerhebung und -eingabe

Die größten Schwierigkeiten bei der Datenerhebung und –eingabe lag im Bereich der energie- und lichttechnischen Werte. Zum einen, weil die Kontaktpersonen selbst – oft Geschäftsführung oder Marketingleiter – nicht versiert über die technischen Werte und Einheiten informiert waren, zum anderen weil verschiedene Unternehmen auch mit verschiedenen Werten bzw. Messverfahren arbeiten. Es wurde in der Datenbank zwischen kalorimetrischer und radiometrischer Messung unterschieden und diese bei den Messbedingungen – sofern sie uns vom Unternehmen genannt wurden – angegeben.

Da sich manche Produkte (z.B. holographische oder elektrochrome Gläser) zur Zeit der Erhebung noch in der Entwicklungsphase befanden und daher noch nicht marktreife Ausführungen davon erhältlich waren, war es auch nicht zielführend, diese Produkte in die Datenbank aufzunehmen. Die Hersteller dieser Produkte wurden jedoch in die Datenbank aufgenommen, um Interessenten individuelle Nachfragen zu ermöglichen.

Wie bereits erwähnt, wurden von Seiten der Hersteller/Händler zu den Kosten der Systeme nur sehr spärlich Informationen weiter gegeben. Da die Kosten für den Einbau von Tageslichtsystemen sehr stark von den baulichen Gegebenheiten abhängen sind die Kostenspannen sehr groß und die Angabe von Durchschnittskosten daher nicht aussagekräftig. In die Datenbank konnten daher nur bei einigen wenigen Produkten Kostenangaben aufgenommen werden. Für das Bewertungssystem wurden Kostenvoranschläge von einigen Firmen für die zwei Beispielvarianten eingeholt.

Neben den telefonischen Interviews mit Herstellern und Lieferanten wurden auch persönliche, leitfadengestützte Interviews geführt (der Leitfaden ist im Anhang A enthalten) mit:

- Fa. Hüppe - Herr Stehno (10.6.03)
- Fa. Siteco - Herr Weinlich (20.5.03)
- Fa. Rabl - Hr. Janda (28.5.03)
- Generali Versicherungen – Frau Yezbek (10.6.03)

Die Interviews wurden transkribiert, die daraus gewonnenen Erkenntnisse flossen bei Konzeption der Datenbank, des Kostenberechnungsmodells und bei der Auswahl der Hersteller und Lieferanten in das Projekt ein.

4.2.3 Verfügbarkeit der Datenbank

Die Datenbank wird im Internet angeboten, ist frei zugänglich und kann nach Freigabe durch den Auftraggeber unter <http://www.ecology.at/projekt/detail/lichtblicke/> genutzt werden.

4.3 Bewertungssystem

Ziel des hier entwickelten Bewertungssystems ist:

- die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Tageslichtsystemen.
- die Berücksichtigung von Kosten UND NUTZEN durch Tageslichtsysteme.
- die Bereitstellung einer systematischen, einfachen, übersichtlichen und mit geringem Aufwand für die Datenbeschaffung verbundenen Entscheidungshilfe für potentielle Investoren in Tageslichtsysteme.

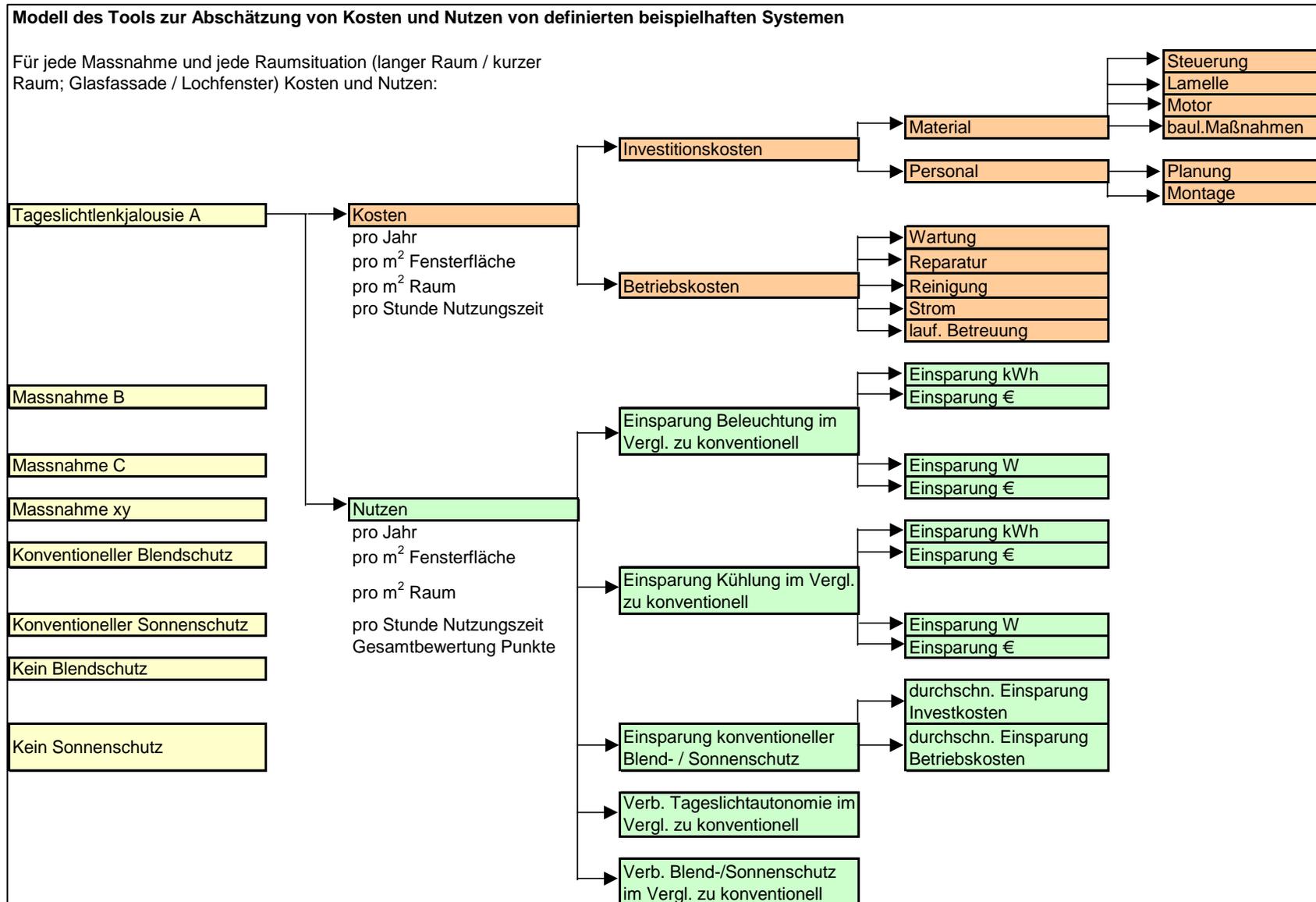
4.3.1 Ausgangslage und Problemstellung

Die Wirtschaftlichkeit von Tageslichtsystemen ist von einer Vielzahl lichttechnischer Parameter abhängig. Die Berücksichtigung sämtlicher lichttechnisch relevanten Parameter in dem hier angestrebten Bewertungssystem würde den Rahmen dieses Forschungsprojektes sprengen und die angestrebte einfache und übersichtliche Handhabung für die Zielgruppe der potentiellen Investoren wäre nicht gewährleistet. Außerdem gibt es bereits Simulationsmodelle wie Adeline oder TRNSYS, die bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen komplexe Parameterzusammenhänge berücksichtigen. Herausforderung der hier durchgeführten Modellierung ist somit nicht die vollständige Abbildung sämtlicher lichttechnischer Zusammenhänge sondern die Reduktion dieser komplexen Zusammenhänge auf einige wesentlichen Parameter um eine ERSTE Entscheidungshilfe für potentielle Investoren zur Verfügung zu stellen.

4.3.2 Vorgehensweise bei Entwicklung des Bewertungssystems

Der Grobentwurf des Modells (siehe dazu: Abbildung 5) wurde im Zuge eines Workshop diskutiert und das im Folgenden beschriebene Modell entwickelt.

Abbildung 5: Grobentwurf des Bewertungssystems



4.3.3 Kosten-Nutzen-Bewertungssystem im Überblick

Tageslichtsysteme im Vergleich zu konventionellen Systemen

Nutzer bzw. Investoren stehen zumeist vor der Entscheidung ein Tageslichtsystem oder ein konventionelles Sonnen- und Blendschutzsystem einzusetzen. Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Tageslichtsystemen ist daher immer in Verbindung mit konventionellen Systemen zu sehen¹: wenn die Nutzen des Tageslichtsystems wie z. B. die Einsparung an Kunstlicht oder die erhöhte Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter aufgrund des höheren Tageslichtangebots die Mehrkosten des Tageslichtsystems im Vergleich zu konventionellen Systemen übersteigen, dann fällt die Wirtschaftlichkeitsbeurteilung zugunsten der Tageslichtsysteme aus und umgekehrt. In dem hier vorgestellten Kosten-Nutzen-Berechnungsmodell werden daher unter anderem die Kosten von Tageslichtsystemen UND konventionellen Systemen ermittelt und gegenübergestellt.

Monetarisierbare, qualitative und quantifizierbare Nutzen

Die Wirtschaftlichkeit von Tageslicht- und konventionellen Blend-/Sonnenschutzsystemen hängt einerseits von den Kosten dieser Systeme (z. B. Investitionskosten für Jalousien, Betriebskosten für Wartung oder Reinigung etc.) ab, andererseits von den Nutzen dieser Systeme. Ein in diesem Bericht bereits vielfach angesprochener Nutzen sind die Einsparungen im Bereich Kunstlicht: durch den Einsatz von Tageslichtsystemen ist das Tageslichtangebot größer und damit der Strombedarf für Kunstlicht geringer. Durch den dadurch geringeren Einsatz der Leuchtmittel können diese auch länger genutzt und müssen weniger häufig getauscht werden. Nutzen durch diese Einsparungen im Bereich Kunstlicht können anhand der Kosteneinsparungen monetär bewertet werden und gehen direkt in das Bewertungssystem ein.

Während die Kosten der Systeme und die Einsparungen im Bereich Kunstlicht vergleichsweise einfach durch Befragung der Hersteller ermittelt werden können, bedürfen die anderen Nutzen der Tageslichtsysteme einer umfangreicheren Analyse, da diese nicht unmittelbar monetarisiert werden können. Diese Nutzen - auch Wirkungen - genannt werden hier unterschieden in

- Qualitative Nutzen wie z. B. die Eignung als Sonnenschutz, Kontakt nach außen etc. - bewertet werden diese qualitativen Nutzen mit den Noten sehr gut, gut, befriedigend genügend und ungenügend.
- Quantifizierbare Nutzen - diese werden mittels Indikator wie z. B. die Tageslichtautonomie quantifiziert

Repräsentative Raumsituationen

Raumeigenschaften wie die Raumtiefe und die Fenstersituation des Raumes bestimmen maßgeblich die Wirtschaftlichkeit von Tageslichtsystemen. Daher werden diese Raumeigenschaften hier variiert und vier repräsentative Raumsituationen untersucht:

Raum 1: kurzer Raum (4 m), Lochfenster

Raum 2: kurzer Raum (4 m), Glasfenster

Raum 3: langer Raum (7 m), Lochfenster

Raum 4: langer Raum (7 m), Glasfenster

Die Skizzen der Räume und die lichttechnischen Daten sind im Anhang dargestellt.

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit stehen dem potentiellen Investor dann im Rahmen dieses Kosten-Nutzen-Berechnungsmodells vier typische Raumsituationen zur Auswahl zur Verfügung, aus denen er die für ihn passende(n) auswählen und die Wirtschaftlichkeitsberechnung durchführen kann.

¹ Derzeit werden Tageslichtsysteme häufig zu Repräsentationszwecken auch dann eingesetzt, wenn die unmittelbare Wirtschaftlichkeit der Systeme nicht gegeben ist. Da für dieses Einsatzgebiet andere Gründe als die unmittelbare Wirtschaftlichkeit ausschlaggebend sind, werden solche Investitionsvorhaben nicht in Zuge der hier angestellten Kosten-Nutzen-Berechnungsmodells berücksichtigt.

Repräsentative Tageslicht- und Blend-/Sonnenschutzsysteme

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wird für jeden dieser vier typischen Modellräume für ein konventionelles Sonnen- und Blendschutzreferenzsystem und ein Tageslichtreferenzsysteme (eine im Zwischenraum liegende Lichtlenkjalousie) durchgeführt. Als konventionelles Referenzsystem wurde aufgrund des breiten Einsatzgebietes und der Eignung für Neubauten und Sanierungsvorhaben eine konventionelle außenliegende Jalousie gewählt. Bei den Tageslichtsystemen werden aufgrund des breiten Einsatzgebietes und der großen Anzahl der schon im Einsatz befindlichen Anlagen folgende Systeme herangezogen:

- geteilte Lamellen im Isolierglas liegend (steuerbar)
- geteilte Lamellen innenliegend (steuerbar)
- 2-geteilter Rollscreen

Beispielhaft werden die Wirtschaftlichkeitsberechnungen für diese Systeme für jede der vier Raumsituationen durchgeführt.

Berechnung der Kostenbarwerte

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit wird ein dynamisches Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung herangezogen. In einem ersten Schritt werden die Kostenbarwerte mittels Barwertmethode über die Nutzungsdauer der Tageslicht- und konventionellen Systeme ermittelt. Für jede der vier Raumsituationen können nun die Kostenbarwerte der Tageslicht- und des konventionellen Systems verglichen werden, das System mit dem geringsten Kostenbarwert ist das kostengünstigste System. Weiters kann für jedes System die für dieses kostengünstigste Raumsituation ausgewählt werden bzw. Aussagen über die Vorteilhaftigkeit unterschiedlicher Raumcharakteristika für das jeweilige System abgeleitet werden.

Kosten-Nutzen-Analyse

Da, wie bereits eingangs erwähnt, nicht nur die Kosten der Tageslicht- bzw. Blend/Sonnenschutzsysteme berücksichtigt werden sondern auch die Einsparungen im Bereich künstliche Beleuchtung wird in einem zweiten Schritt ein Teil der Nutzen von Tageslichtsystemen im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse einbezogen und für jede Raumsituation und jedes System der Kapitalwert errechnet. Um eine umfassende Wirtschaftlichkeitsbeurteilung zu ermöglichen, müssen aber auch andere, nicht monetarisierbare Nutzen (auch intangible Nutzen) wie z. B. der Kontakt nach außen oder das Tageslichtangebot in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einbezogen werden.

Kosten-Wirksamkeitsanalyse

In einem dritten Schritt werden im Rahmen einer Kosten-Wirksamkeitsanalyse wieder für jedes der vier Systeme und für jede Raumsituation die Nutzen quantifiziert bzw. qualitativ bewertet. Für jeden Raum werden dann die Kostenbarwerte und Nutzen der vier untersuchten Systeme in einem Diagramm dargestellt. Dadurch werden für jede Raumsituation Stärken und Schwächen der einzelnen Systeme sichtbar.

Nutzwertanalyse und Kosteneffektivität

Im Zuge der Nutzwertanalyse werden in einem vierten Schritt die unterschiedlichen Nutzen zu einer Größe zusammengefasst, indem die Nutzen mit Punkten bewertet und aggregiert werden. Dadurch kann für jede Raumsituation und jedes System die Kosteneffektivität - d. h. Nutzen je Euro (Kostenbarwert) - ermittelt, eine Reihung der Systeme je Raumsituation vorgenommen und das kosteneffektivste System für jede Raumsituation ausgewiesen werden. Ebenso kann für jedes der vier untersuchten Systeme die für den Einsatz des jeweiligen Systems kosteneffektivste Raumsituation ermittelt werden.

4.3.4 Kosten und Nutzen im Detail

Kosten

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Tageslichtsystemen müssen sämtliche Kosten und Nutzen dieser Systeme erfasst werden. Zu den Kosten der Tageslichtsysteme zählen:

- Investitionskosten: Jalousien, Motor, Steuerung und die Kosten der Montage sowie
- Betriebskosten: Wartung, Reinigung, Strom für die Steuerung.

Die Kosten für zwei beispielhafte Systeme wurden im Rahmen von telefonischen Interviews mit der Firma Geniolux, der Firma Ergolight und der Firma Bartenbach Lichtlabor erhoben.

Nutzen

Monetarisiert werden Nutzen durch die Einsparungen im Bereich Kunstlicht:

- Stromeinsparung durch geringeren Kunstlichtbedarf
- Einsparung an Kosten durch die längere Lebensdauer der Leuchtmittel und damit geringeren Bedarf zum Tausch der Leuchtmittel

Einsparungen bei der Anzahl oder Stärke der Leuchtmittel können durch das Tageslichtsystem nicht realisiert werden, da z. B. in den Nacht- und Abendstunden oder bei Schlechtwetter der volle Kunstlichtbedarf besteht.

Daten zur Stromeinsparung und Lebensdauerverlängerung wurden von Herrn DI Guggenbichler, Firma Bartenbach Lichtlabor zur Verfügung gestellt.

Qualitativ bewertete Nutzen sind:

- Sonnenschutz
- Blendschutz
- Bezug nach außen
- Schutz vor sommerlicher Überhitzung
- Lichtverteilung

Diese Nutzen wurden für jede Raumsituation und jedes untersuchte System von DI Helmut Guggenbichler, Firma Bartenbach Lichtlabor, benotet.

Quantifiziert werden Nutzen durch ein erhöhtes Angebot an Tageslicht wie z. B. Reduktion der Fehlerhäufigkeit, Steigerung der Arbeitsproduktivität der Mitarbeiter etc. Diese Nutzen werden über den Indikator „Tageslichtautonomie“ quantifiziert. Die Tageslichtautonomie beschreibt den Anteil der Tageslichtversorgung an der Nutzungszeit des Raumes. Je höher der Indikator Tageslichtautonomie, umso mehr Nutzen wird diesbezüglich gestiftet.

Datengrundlagen für das Bewertungssystem und Beispielrechnungen

Für die modellhaften Beispielräume (siehe Anhang) wurden für die jeweiligen Systeme Kostenvoranschläge bei Herstellern eingeholt. Ebenso wurden Reinigungs- und Wartungskosten bei den Herstellern erfragt. Informationen zu den Einsparungen an Kunstlicht bei den unterschiedlichen Systemen stammen von Herrn DI Guggenbichler, Fa. Bartenbach Lichtlabor.

Allgemeine Datengrundlagen und Annahmen für die Bewertung:

Es wurde mit einem realen Zinssatz von 5 % p.a. gerechnet. Der Strompreis wurde mit 9 Cent pro kWh angesetzt.

Für die Nutzwertanalyse muss eine Prioritätensetzung der Nutzen von Tageslichtlenksystemen vorgenommen und Punkte (Werte) vergeben werden, welche in der folgenden Tabelle dargestellt sind:

Abbildung 8: Daten für die Nutzwertanalyse

Eigenschaft/Nutzen	Beitrag der Eigenschaft zum Nutzwert	Wert je Benotung	
Tageslichtautonomie	50,0%	1	
Einsparung bei Kühlung	10,0%	1	
Sonnenschutz	10,0%	1	
Blendschutz	10,0%	1	
Bezug nach außen	10,0%	1	
Lichtverteilung	10,0%	1	
	100,0%		

Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut für angewandte Umweltforschung

Abbildung 9: Getroffene Annahmen zur Kunstlichtversorgung in den Beispierräumen

Bedarf an Kunstlicht	9,50W/m ²	
Jahresnutzungszeit des Arbeitsraumes	2.340,00h pro Jahr	Arbeitszeit 8:00 bis 17:00, 5 Tage die Woche
Maximale Nutzungsstunden Leuchtmittel	8.000,00Stunden	
Leuchtmittelstärke	58,00W pro Leuchtmittel	
Kosten Leuchtmittel	10,00Euro pro Leuchtmittel	

Quelle: DI Guggenbichler, Bartenbach Lichtlabor

Abbildung 10: Annahmen für die Tageslicht/Kunstlichtverteilung während der Jahresnutzungszeit des Raumes

konventioneller Sonnenschutz, außenliegende Jalousie:	
43%	der mittleren Jahresnutzungszeit muss Kunstlicht zugeschaltet werden
2-geteilter Rollscreen:	
35%	der mittleren Jahresnutzungszeit muss Kunstlicht zugeschaltet werden
Lichtlenkjalousie im Zwischenraum:	
18%	der mittleren Jahresnutzungszeit muss Kunstlicht zugeschaltet werden
Lichtlenkjalousie innen:	
18%	der mittleren Jahresnutzungszeit muss Kunstlicht zugeschaltet werden

Quelle: DI Guggenbichler, Bartenbach Lichtlabor

Abbildung 11: angenommene Preise bezüglich der Investitions-, Reinigungs- und Wartungskosten Preise pro m² Sonnenschutzeinrichtung

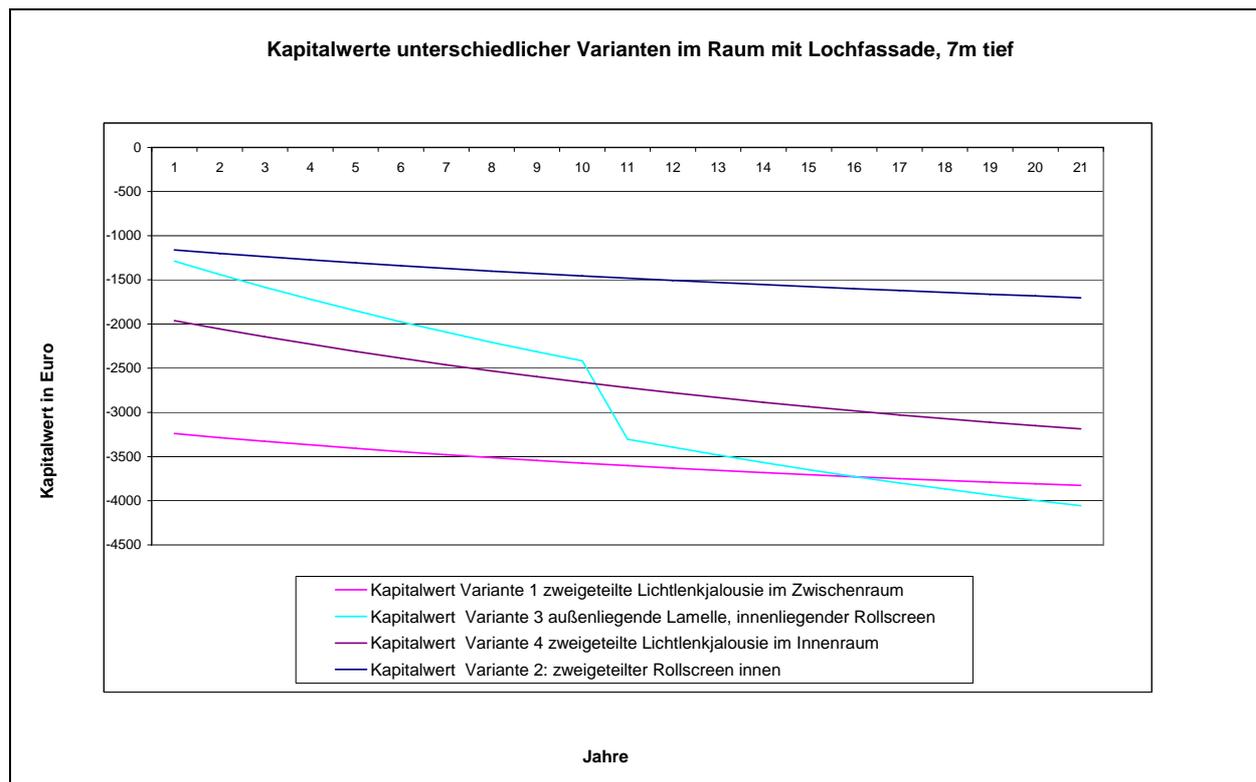
	Investkosten je m ² Sonnenschutz Euro/m ²	Reinigung in % der Anschaffungskosten	Wartung in % der Anschaffungskosten
konventioneller Sonnenschutz, außenliegende Jalousie	200	6 Euro/m ²	10%
2-geteilter Rollscreen	175	1%	3%
Lichtlenkjalousie im Zwischenraum	525	0%	2%
Lichtlenkjalousie innen	250	0,5%	5%

Quelle: Telefonische Interviews mit Herrn Gerstmann, Fa. Geniolux, Herrn Söllinger, Fa. Eckelt, Herrn Gogler, Fa. Ergolight und Herrn Guggenbichler, Fa. Bartenbach Lichtlabor.

4.3.5 Ergebnisse des Kostenberechnungsmodells für zwei beispielhafte Systeme

Die folgende Graphik zeigt den Kapitalwert (Nutzen – Kosten, abgezinst und akkumuliert) über die Nutzungsdauer von 20 Jahren. Bei den außenliegenden Jalousien wurde angenommen, dass diese aufgrund der geringeren Lebensdauer innerhalb von 10 Jahren ausgetauscht werden müssen.

Abbildung 12: Kapitalwerte unterschiedlicher Varianten im Raum mit Lochfassade, 7 m tief



Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut für angewandte Umweltforschung

Obige Graphik zeigt den Kapitalwertverlauf aller untersuchten Sonnenschutzeinrichtungen. Zum Zeitpunkt 1 zeigen die Kurven die Investitionskosten der Sonnenschutzeinrichtungen. Die negative Steigung der Kurven zeigt, dass die Betriebskosten für Wartung und Reinigung höher sind als die monetären Einsparungen (durch Stromeinsparung für Kunstlicht und Leuchtmitteltausch). Betrachtet man den Kapitalwert zum Zeitpunkt 1 (Investitionskosten der Sonnenschutzeinrichtungen), wird deutlich, dass die zwischenliegende Lichtlenkjalousie das mit Abstand größte Investitionserfordernis mit sich bringt. Rollscreen und außenliegende konventionelle Jalousie verursachen ähnliche, im Vergleich zu Lichtlenkjalousien günstigere

Investitionskosten. Die innenliegende Lichtlenkjalousie ist zwar bezüglich der Investitionsaufwendungen teurer als Rollscreen und konventionelle Außenjalousie aber doch wesentlich günstiger als die zwischenliegende Lichtlenkjalousie.

Ein Vergleich der Sonnenschutzrichtungen untereinander zeigt, dass der 2-geteilte Rollscreen – betrachtet man rein die monetarisierbaren Kosten und Nutzen – mit Abstand am besten abschneidet. Die Kapitalwertkurve der konventionellen außenliegenden Jalousie fällt wesentlich steiler ab als die beiden Lichtlenkjalousien. Dies ist auf die höheren Betriebskosten durch höheren Reinigungs- und Wartungsaufwand zurückzuführen und auf bei dieser Variante nicht vorhandenen Einsparungen an Strom für Kunstlicht und Leuchtmitteltausch. Durch die Reinvestition der außenliegenden Jalousie nach 10 Jahren fällt der Kapitalwert dieser unter jenen der innenliegenden Lichtlenkjalousie. Die innenliegende Lichtlenkjalousie wird (unter den hier getroffenen Annahmen) damit „günstiger“ als die außenliegende konventionelle Jalousie. Die zwischenliegende Lichtlenkjalousie ist die teuerste Variante, die sich erst gegen Ende der Lebensdauer im Vergleich zur konventionellen Außenjalousie amortisiert.

Unterstellt man auch bei der konventionellen außenliegenden Jalousie eine Lebensdauer von 20 Jahren (was angesichts Belastung unrealistisch ist), so ist die innenliegende Lichtlenkjalousie nach wie vor günstiger als konventionelle Außenjalousie.

Die Berechnung der Kapitalwerte der Sonnenschutzrichtungen zeigt, dass die wesentlichen, den Kapitalwert bestimmenden Faktoren die Investitionskosten und die Betriebskosten sind. Einsparungen aufgrund geringeren Stromverbrauches durch vermehrte Tageslichtnutzung sowie Kosteneinsparungen durch verzögerten Leuchtmitteltausch sind zwar vorhanden, fallen aber monetär betrachtet kaum ins Gewicht. Der Jahresstromverbrauch eines zu 100 % mit Kunstlicht beleuchteten Beispielraumes mit 7 m Tiefe würde rund 700 kWh erfordern; bei 10 Cent Strompreis je kWh würden selbst bei einer maximalen Einsparung von 60 % nur 42 Euro pro Jahr eingespart werden können. Im Vergleich dazu betragen die jährlichen Betriebskosten durch Reinigung und Wartung im besten Fall 67 Euro. Monetär interessant könnten die Stromeinsparungen durch Reduktion der Kühllast und eventuell die Einsparungen an Investitionskosten für die Kühlanlage sein. Dies konnte im Rahmen dieses Projekts leider nicht analysiert werden, da es hierzu noch kaum Angaben in der Literatur gibt und die Kühllast sehr stark von den baulichen Gegebenheiten (Speichermassen etc.) abhängt.

Unterschiede zwischen den Beispielräumen ergeben sich in erster Linie durch die unterschiedliche Raumgröße. Betrachtet man den Kapitalwert der Sonnenschutzrichtungen je m² Raumgröße zeigt sich, dass erwartungsgemäß die größeren Räume besser abschneiden als die kleineren Räume. Die folgende Tabelle zeigt die Kapitalwerte je Serviceeinheit m² heller Raum.

Abbildung 13: Kapitalwerte unterschiedlicher Varianten im Raum mit Lochfassade, 7 m tief

Kapitalwert je m ² Serviceeinheit heller Raum Euro/m ²	Raum mit Glasfassade 7m tief	Raum mit Lochfassade 7m tief	Raum mit Glasfassade 4m tief	Raum mit Lochfassade 4m tief
konventioneller Sonnenschutz, außenliegende Jalousie	264	129	461	225
2-geteilter Rollscreen	1	54		96
Lichtlenkjalousie im Zwischenraum	258	121	457	218
Lichtlenkjalousie innen	212	99	371	177

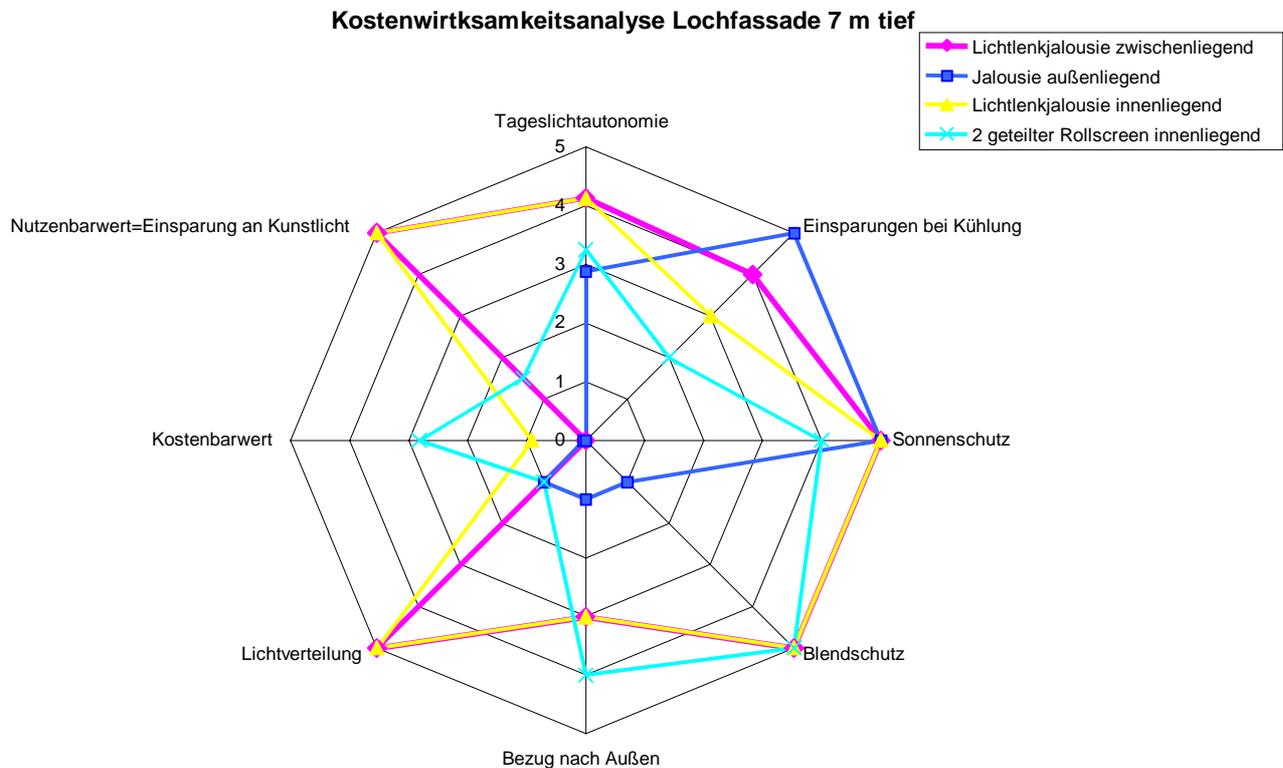
¹ der zweigeteilte Rollscreen ist für Glasfassaden in der hier betrachteten Größe nicht verfügbar.

Quelle: Eigene Berechnungen Österreichisches Ökologie-Institut

Aus obiger Tabelle wird ersichtlich, dass die Sonnenschutz - Kosten pro Serviceeinheit m² heller Raum im 4 m tiefen Raum fast doppelt so hoch sind wie im 7 m tiefen Raum. Der Sonnenschutz im Raum mit der Glasfassade verursacht rund doppelt so viel Kosten je Serviceeinheit m² heller Raum wie der Raum mit Lochfassade.

Ziel dieses Projektes ist es, nicht nur die monetarisierbaren Kosten und Nutzen zu betrachten, sondern qualitative Nutzen einzubeziehen. Dies erfolgte wie bereits oben beschrieben mit der Kostenwirksamkeitsanalyse und der Nutzwertanalyse. Die folgende Graphik zeigt nun ein Diagramm, das die Wirkungen, Kosten- und Nutzenbarwerte (skaliert auf 0 – 5) der Sonnenschutzzeineinrichtungen im Vergleich darstellt. Die Benotung der Wirkungen erfolgte im Projektteam.

Abbildung 14: Kostenwirksamkeit unterschiedlicher Varianten im Raum mit Lochfassade, 7 m tief

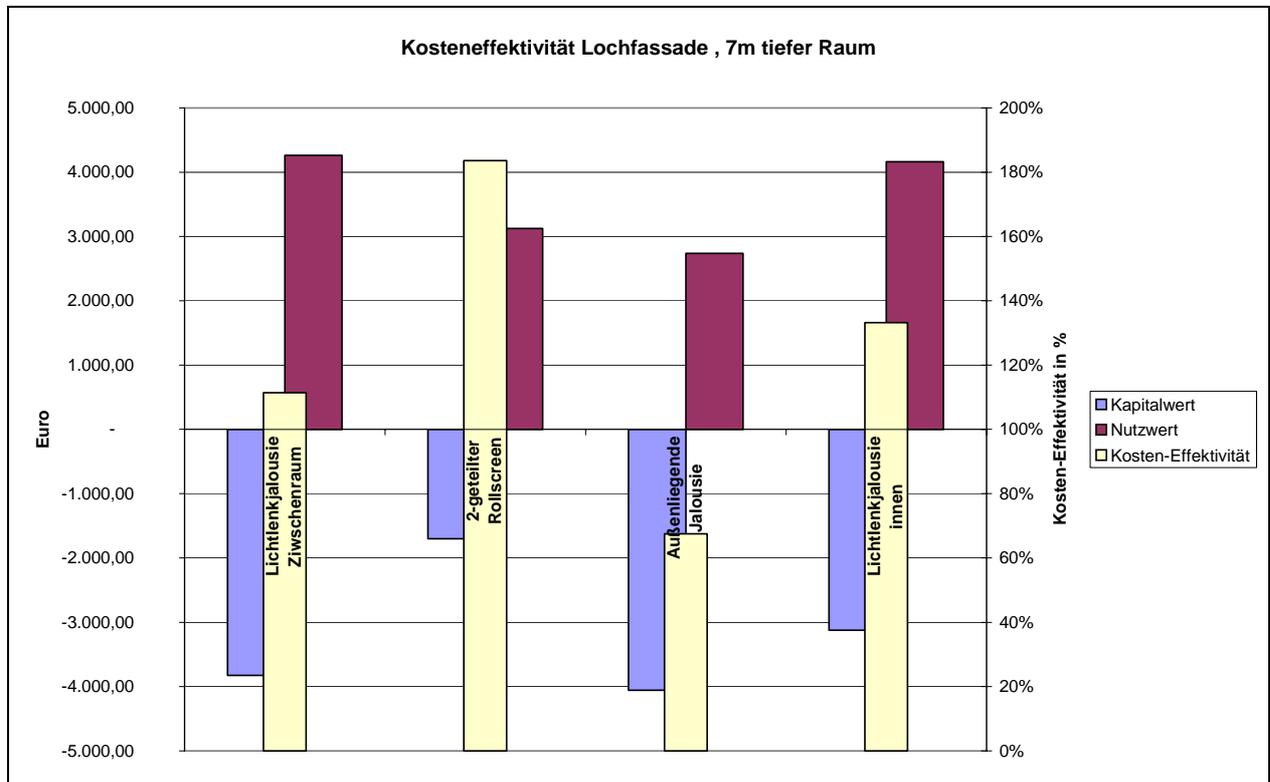


Quelle: Eigene Berechnungen Österreichisches Ökologie-Institut

Obige Graphik zeigt nun die Stärken und Schwächen der Systeme im Vergleich: Während die konventionelle außenliegende Jalousie nur in Bezug auf Energieeinsparung bei Kühlung dominiert, ist die innenliegende Lichtlenkjalousie bei vielen Punkten positiv bewertet, dominiert aber keine Wirkung die anderen Systeme. Der 2-geteilte Rollscreen dominiert beim Kostenbarwert und beim Bezug nach außen, liegt aber bei den anderen Wirkungen unter oder gleich mit den Lichtlenkjalousien.

Die folgende Abbildung zeigt die Nutzwerte (bewertete und aggregierte Wirkungen), Kapitalwerte und die Kosteneffektivität (Nutzwert je Euro Kapitalwert) der Lichtlenksysteme im Vergleich.

Abbildung 15: Nutzwert und Kosten-Effektivität unterschiedlicher Varianten im Raum mit Lochfassade, 7 m tief



Quelle: Eigene Berechnungen Österreichisches Ökologie-Institut

Obige Graphik zeigt, dass der Nutzwert (die bewerteten und aggregierten Wirkungen *Tageslichtautonomie, Bezug nach Außen, Sonnenschutz, Blendschutz, Einsparung bei Kühlung, Lichtverteilung*) bei den zwischenliegenden Lichtlenkjalousien am höchsten ist, unmittelbar gefolgt von den innenliegenden Lichtlenkjalousien. Die höchste Kosten-Effektivität weist der 2-geteilte Rollscreen auf, der zwar einen geringeren Nutzwert im Vergleich zu den Lichtlenkjalousien hat aber auch einen wesentlich besseren Kapitalwert aufweist.

4.3.6 Verfügbarkeit des Bewertungssystems

Das Bewertungssystem wird als Excelsheet im Internet nach Freigabe durch den Auftraggeber unter <http://www.ecology.at/projekt/detail/lichtblicke/> zum Download zur Verfügung stehen.

5. Tageslichtsysteme in Schulen

5.1 Motivation

Ziel ist es, durch den Einbau und die modellhafte Realisierung von Tageslichtlenksystemen Erfahrungen zum Einsatz von Tageslichtsystemen im Schulbereich zu gewinnen. Dazu wurden

- Dazu wurden Tageslichtlenkjalousien in unterschiedlichen Ausführungen in zwei Testräumen im TGM eingebaut, die Lichtstärke und Temperatur in den Testräumen und in einem Referenzraum gemessen und ausgewertet und die Nutzer in den Räumen befragt.
- Weiters wurde ein Modell des Eingangsbereichs des TGM erstellt, Lichtrohre und Heliostaten wurden eingebaut und im Lichtlabor Bartenbach vermessen.

5.2 Tageslichtlenkjalousien am TGM

5.2.1 Auswahl und Installation von Tageslichtlenkjalousien im TGM

Tageslichtlenkjalousien werden im Gebäudebestand am häufigsten eingesetzt, wenn es gleichzeitig um Sonnenschutz und Blendschutz geht. Die verschiedenen Produkte unterscheiden sich in der Ausgestaltung und in den Kosten. Im Schulbau sind besonders die Kosten der entscheidende Faktor bei der Entscheidung für oder gegen eine Investition (nicht so bei Bürogebäuden, wo Investitionen auch aus Imagegründen getätigt werden); aus diesem Grund werden in diesem Teil des Projekts zwei unterschiedliche Produkte der Fa. Warema in zwei vergleichbaren Klassenräumen des TGM installiert und hinsichtlich Kosten und Performance verglichen. Dazu wird eine tageslichtabhängige Steuerung auf LON-Basis für die Jalousien angebracht und Messgeräte werden installiert. Über die am Dach des TGM montierte Wetterstation werden folgende Parameter gemessen: Außenhelligkeit, Windgeschwindigkeit, Niederschlag und Außentemperatur. Die an der Fassadenaußenseite angebrachten Lichtsensoren messen die Lichtstärke an der Fassade des jeweiligen Raumes. Die für das Projekt ausgewählten Klassenräume befinden sich im Labortrakt des TGM. Gesucht wurden Räume, die hinsichtlich Nutzung, Lage im Gebäude, Größe und Ausstattung weitgehend vergleichbar sind. Es wurden die Räume L153 und L249 ausgewählt, der Raum L250 diente als Referenzraum ohne Sonnen- und Blendschutzvorrichtung.

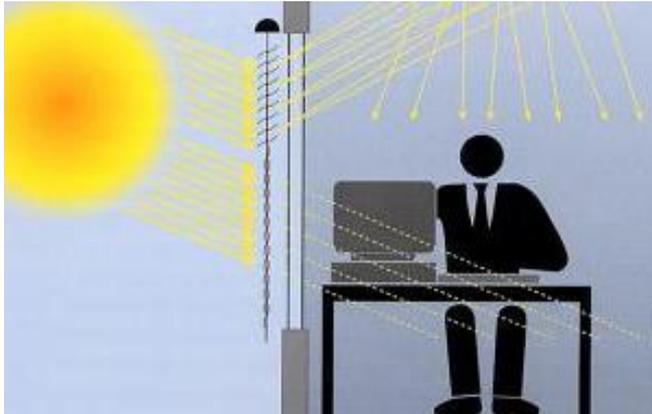
Um die Effektivität unterschiedlicher Tageslichtlenkjalousien beurteilen zu können wurden das obere und das untere Ende des Spektrums verschiedener TL - Jalousien eingebaut:

- maximale Ausstattung: 2-motorig; Spiegel-Lamellen mit Beschichtung aus hochreflektierendem Rein-Aluminium;
- einfachere Ausstattung: 1-motorig; Lamellen mit Einbrennlackierung in einem Weiß, das einen möglichst hohen Reflexionsgrad aufweist.

Die Lamellen der Jalousien sind 50 mm breit, haben einen Krümmungsradius von ca. 50 mm und eine Gesamtreflexion von mindestens 83 %. Der Antrieb besteht aus einem verdeckt eingebauten, wartungsfreien Elektro-Mittelmotor (230V, 50Hz) mit angeflanschem Planetengetriebe und beidseitigem Wellenabgang.

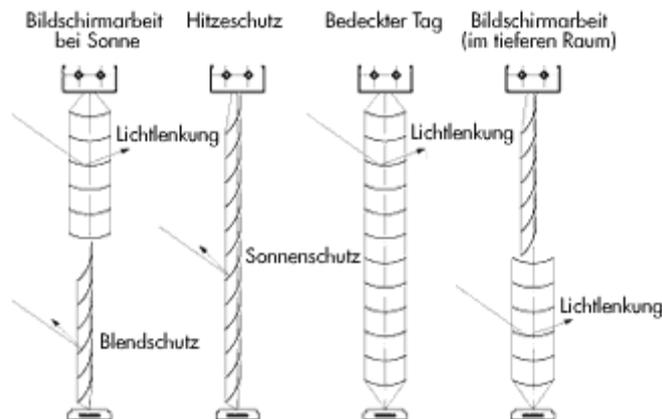
Bei der zweimotorigen Jalousie befindet sich der Lichtlenkteil im oberen Bereich der Fenster und die Lamellen können in eine waagrechte Position gebracht werden, um Lichtstrahlen an die Decke zu lenken und von da an wieder in den Raum. Währenddessen befindet sich der Blendschutzteil im unteren Fensterbereich und kann unabhängig vom oberen Lichtlenkteil je nach Sonnenstand geschlossen werden.

Abbildung 16: Lichtlenkung



Im Detail sieht die Lichtlenkung in verschiedenen Beleuchtungssituationen dann so aus:

Abbildung 17: Lichtlenkung Detail



Bei der einmotorigen Variante können die Lamellen nur gemeinsam angesteuert werden, es kann nicht zwischen einem Lichtlenk- und Blendschutzteil unterschieden werden.

Die beiden Varianten unterscheiden sich in den Kosten und in der Kapazität für die Lichteinlenkung.

Steuerung: Das TGM-Gebäude ist mit einem EIB-BUS-System ausgestattet. Da die Steuermodule der zur Verfügung stehenden TL-Jalousien aber auf der Basis von LON funktionieren, wurde für die beiden Testräume eine Insellösung in LON geschaffen.

Der Vergleich soll mehr Klarheit zum Kosten-Nutzen-Verhältnis bringen und im Optimalfall zu einer Empfehlung für das Österreichische Institut für Schul- und Sportstättenbau führen.

Die Jalousien und die Steuerung wurden im Dezember 2005 eingebaut, die Messungen starteten gemäß im folgendem beschriebener Messanordnung im Jänner 2005.

5.2.2 Messkonzept zur Lichtstärken und Temperaturmessung in den beiden Testräumen und dem Referenzraum

Die Messungen sollten möglichst unverfälscht die Licht- und Temperaturbedingungen in den Klassenräumen wiedergeben. Um Verfälschungen der Messergebnisse durch manuellen Betrieb der Jalousien bzw. durch ein Abdecken der Messsensoren zu vermeiden, wurden die Messungen immer am Wochenende bzw. in den Ferien durchgeführt, wenn die Schüler nicht anwesend waren.

In jedem Klassenraum wurden zwei Messgeräte positioniert: Ein Sensor wurde am von der Lichtsituation her ungünstigsten Tisch in der Mitte der Arbeitsfläche platziert. Dieser Arbeitsplatz liegt in der Regel in der größten Entfernung zum Fenster. Ein weiterer Sensor wurde in der Mitte des Raumes an einem Arbeitstisch, der nahe dem Fenster steht und damit im Raum die höchsten Lichtstärken aufweist, positioniert.

Messgeräte: Logger HOBO[®] H8

Als Messgerät wurden der 6 Daten Logger HOBO[®] H8 eingesetzt. Die Registriereinrichtung wurde mittels Kabel an einen Rechner angeschlossen, der über die Software BoxCar[®] Pro verfügte, und konnte damit programmiert werden. Das Gerät kann die Messwerte von Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Beleuchtungsstärke aufzeichnen und hat außerdem noch einen externen Eingang.

Abbildung 18: Logger HOBO[®] H8



Software BoxCar[®] Pro

Diese Software wurde dazu verwendet die Logger (HOBO[®] H8) zu programmieren bzw. die aufgezeichneten Daten zu lesen. Mit dieser Software können verschiedenste Messwerte aufgenommen werden, abhängig von den verwendeten Loggern.

5.2.3 Ergebnisse der Lichtstärken und Temperaturmessung

Für die Auswertung der Messdaten wurden die Messungen eines sonnigen Wochenendes im April (16. – 17. April) und die Messungen während der Osterferien (Messung von 19.3. bis 29.3.) herangezogen.

5.2.3.1 Messungen von 16 bis 17 April 2005

Die folgenden Abbildungen zeigen die Messergebnisse je Raum und Sensor:

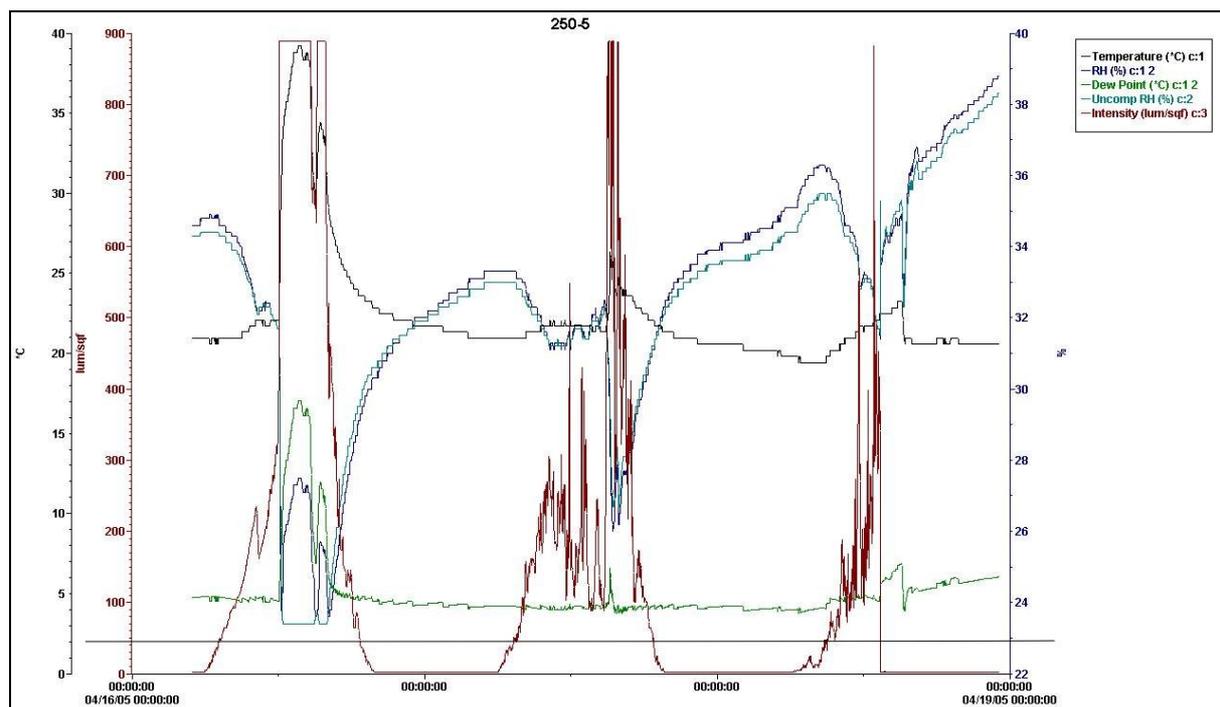
Im Raum 153 sind die zweimotorigen Jalousien mit hochreflektierender Aluminium - Beschichtung angebracht, im Raum 249 sind die einmotorigen, weiß beschichteten Jalousien montiert und der Raum 250 dient als Referenzraum, in welchem keinerlei Sonnen- und Blendschutz eingerichtet ist.

Die Sensoren 1, 3 und 5 liegen an den Arbeitstischen nahe dem Fenster, die Sensoren 2, 4 und 6 wurden auf dem Arbeitstisch platziert, der am weitesten vom Fenster entfernt ist.

Für die Auswertung sind lediglich die beiden ersten Tage in den Graphiken zu beachten, da am dritten Tag (der Montag) bereits Betrieb in der Schule war und somit manuell in den Sonnenschutz eingegriffen werden konnte.

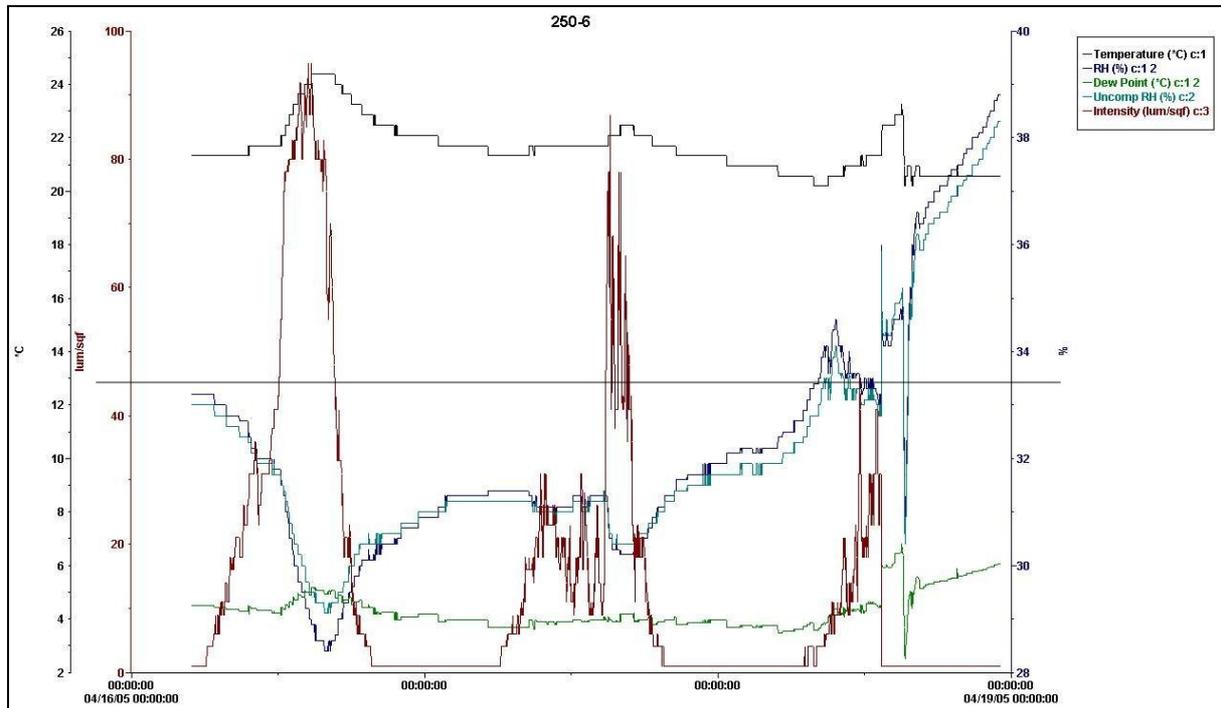
Die Messungen im Referenzraum zeigen, dass am 16. April ein sonniger Tag war, die Lichtstärke (die rote Linie in der Graphik, dargestellt in Lumen/sqft) lag an diesem Tag am Arbeitsplatz beim Fenster über 900 Lumen/sqft bzw. über 10.000 lux, die gemessene Temperaturspitze am Nachmittag lag bei knapp 40 °C. Beide Werte zeigen eine massive Beeinträchtigung am Arbeitsplatz - einerseits durch die Blendung und andererseits durch die hohe Temperatur. Auf dem am weitesten zum Fenster entfernten Arbeitsplatz liegt die Lichtstärke am Nachmittag bei ca. 750 lux. Aufgrund der hohen Lichtstärke bei den Fensterarbeitsplätzen müsste bei Nutzung des Raumes jedenfalls ein Sonnen- und Blendschutz Anwendung finden, was die Lichtstärke im Rauminneren wesentlich reduzieren und das Einschalten des Kunstlichts bewirken würde. Die eingezeichnete Linie bei rund 45 Lumen/sqft zeigt die Mindestanforderung an die Lichtstärke am Arbeitsplätze in Höhe von 500 Lux. Die Temperaturspitzen im Rauminneren liegen unter 25 °C.

Abbildung 19: Messergebnisse Raum 250, Referenzraum ohne Sonnen/Blendschutz, Sensor am Arbeitsplatz, der nahe beim Fenster liegt.



Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut

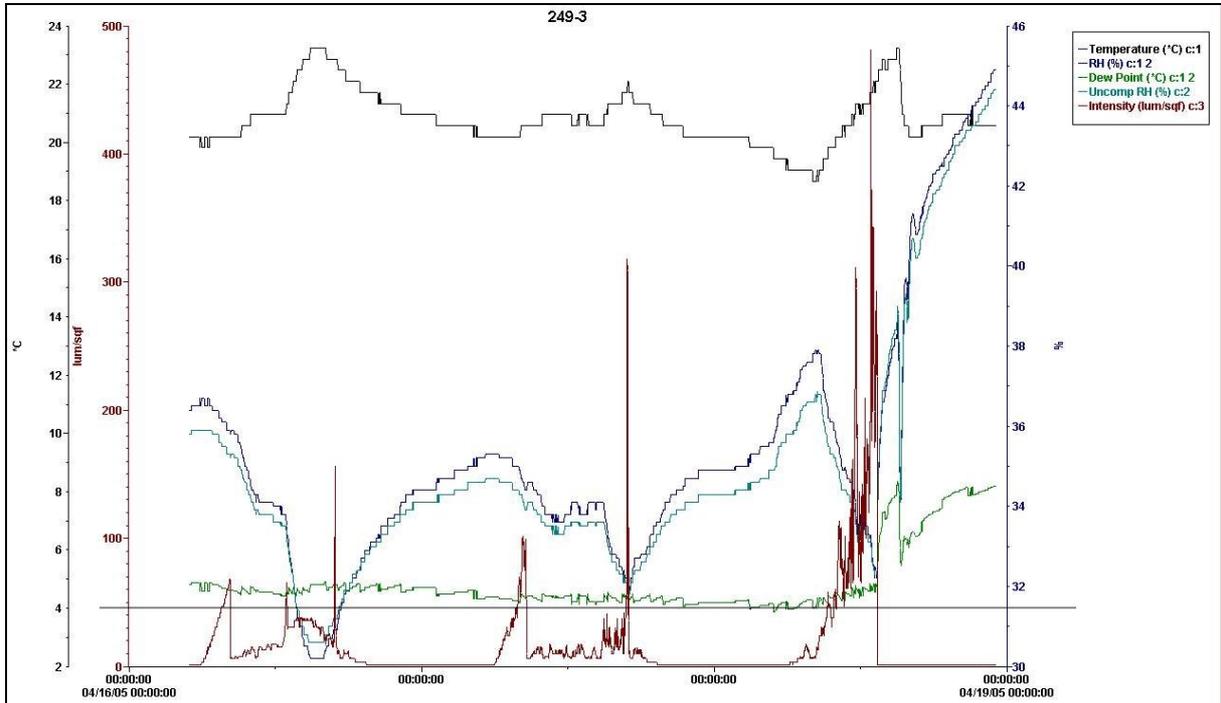
Abbildung 20: Messergebnisse Raum 250, Referenzraum ohne Sonnen/Blendschutz, Sensor am Arbeitsplatz, der am weitesten vom Fenster entfernt ist.



Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut

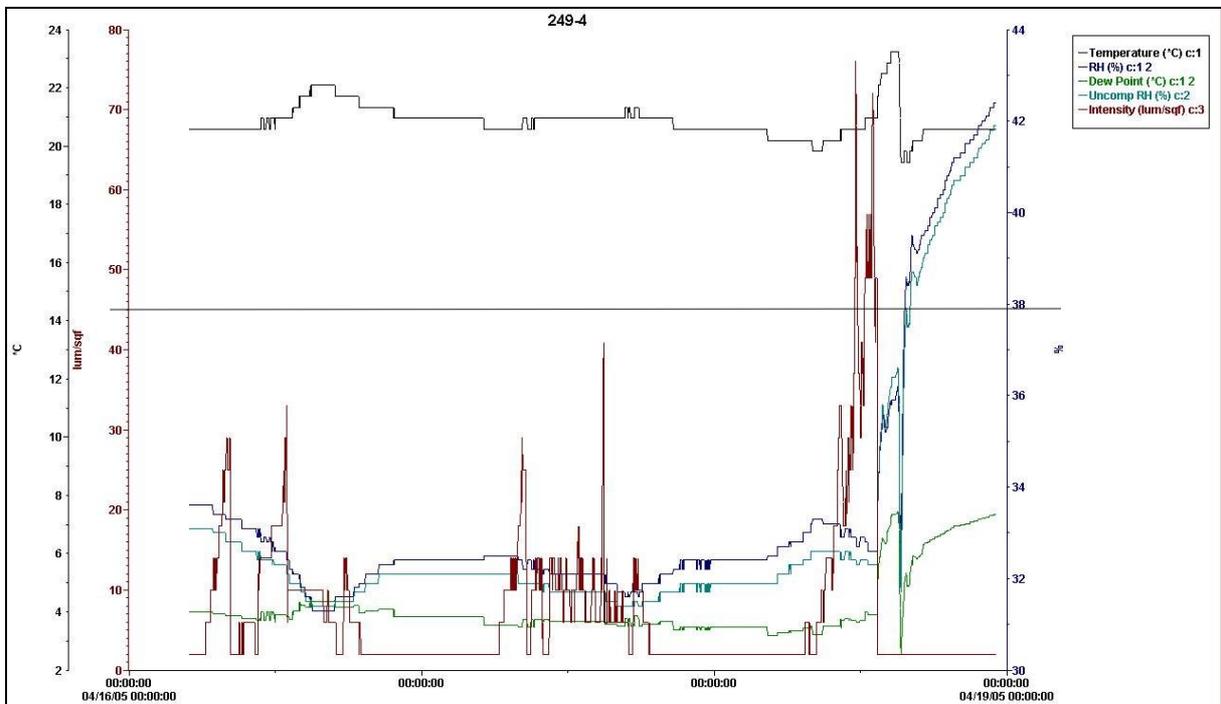
Vergleicht man nun den Referenzraum mit dem Raum, in welchem die einmotorigen Jalousien angebracht sind (Raum 249) zeigt sich, dass am Fensterplatz erwartungsgemäß die Blendung und Überhitzung vermieden werden. Die Temperaturkurve des am Fenster angebrachten Sensors verläuft ähnlich wie jene des im Inneren des Referenzraumes angebrachten Sensors. Die automatische Steuerung veranlasst die Jalousien bei 200 lux herunterzufahren und die Lamellen je nach Sonnenstand einzustellen. Dies bewirkt eine wesentliche Reduktion der Lichtstärke im Vergleich zum Referenzraum auf zum Teil weit unter 50 Lux. Hieraus wird ersichtlich, dass die Steuerung TL-Jalousien nachjustiert werden muss, um die gewünschte Lichtstärke am Arbeitsplatz bei ausreichendem Tageslichtangebot zu gewährleisten. Die Differenz der Lichtstärke zwischen dem Sensor im Rauminnen und dem Sensor am Fenster verringert sich wesentlich bzw. die Lichtverteilung im Raum wird durch die TL-Jalousie wesentlich gleichmäßiger. Im Rauminnen können im Vergleich zum Referenzraum (unter der Annahme, dass der im Referenzraum notwendigerweise eingesetzte konventionelle Sonnenschutz maximal 45 lux Lichtstärke im Rauminnen zulassen würde) durchschnittlich 65 lux mehr Lichtstärke während des Schulbetriebes bereitgestellt werden.

Abbildung 21: Messergebnisse Raum 249, Testraum mit einmotoriger Jalousie, weiß beschichtet, Sensor am Arbeitsplatz, der nahe beim Fenster liegt.



Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut

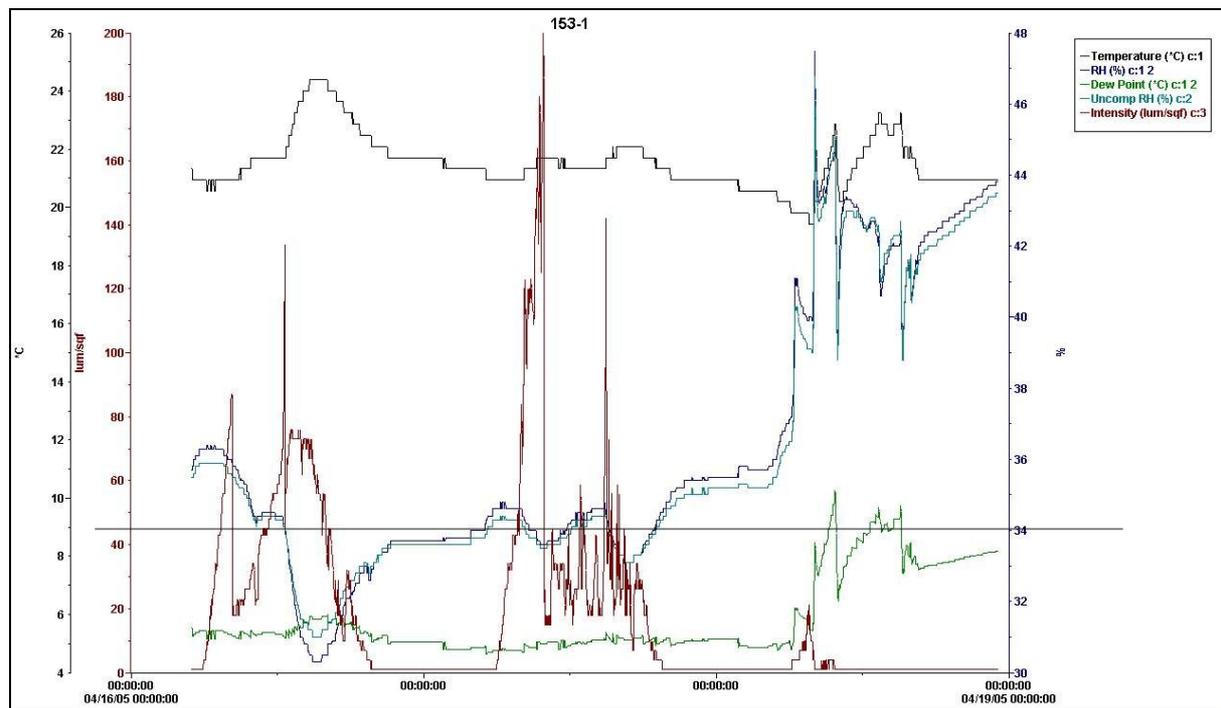
Abbildung 22: Messergebnisse Raum 249, Testraum mit einmotoriger Jalousie, weiß beschichtet, Sensor am Arbeitsplatz, der am weitesten vom Fenster entfernt ist.



Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut

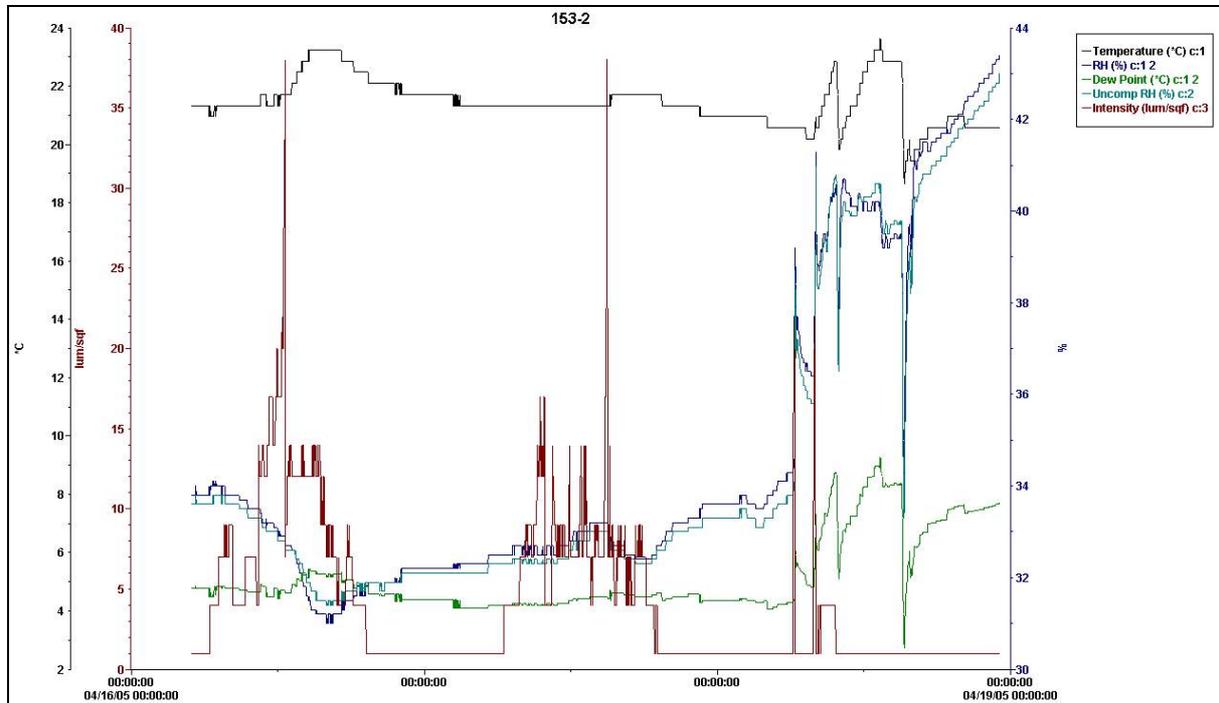
Ein Vergleich der Testräume mit einmotoriger bzw. zweimotoriger Jalousie zeigt, dass im einmotorig geregelten Testraum am Fensterplatz wesentlich geringere Lichtstärken vorherrschen als im zweimotorig geregelten Raum. Im zweimotorig geregelten Raum wird trotz des Sonnenschutzes über einen Großteil des Tages-Schulbetriebs kein Kunstlicht benötigt. Im Rauminneren sind hinsichtlich der Lichtstärke kaum Unterschiede zwischen einmotorigem oder zweimotorigem Betrieb erkennbar. Dies liegt an der relativ großen Distanz der Sensoren im Rauminneren zum Fenster. Für die Ausleuchtung der Arbeitsplätze in den vom Fenster weit weg gelegenen Raumbereichen muss, unabhängig ob mit zweimotorigen oder einmotorigen Jalousien ausgestattet, Kunstlicht eingesetzt werden.

Abbildung 23: Messergebnisse Raum 153, Testraum mit zweimotoriger Jalousie, hochreflektierend Aluminium beschichtet, Sensor am Arbeitsplatz, der nahe beim Fenster liegt.



Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut

Abbildung 24: Messergebnisse Raum 153, Testraum mit zweimotoriger Jalousie, hochreflektierend Aluminium beschichtet, Sensor am Arbeitsplatz, der am weitesten vom Fenster entfernt ist.



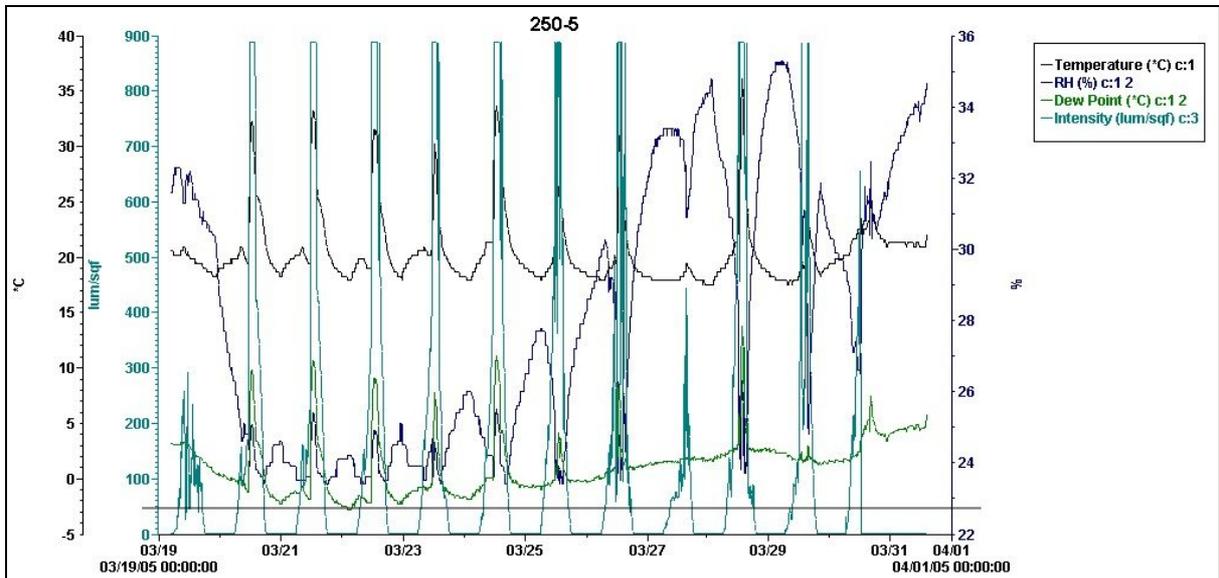
Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut

5.2.3.2 Messungen in den Osterferien von 19.3. bis 29.3.

Die Messergebnisse über die Osterferien lassen für die sonnigen Tage die gleichen Schlussfolgerungen ziehen wie die Ergebnisse für das sonnige Wochenende im April. Weiter kann das Verhalten an bewölkten Tagen und sehr wechselhaften Tagen abgelesen werden.

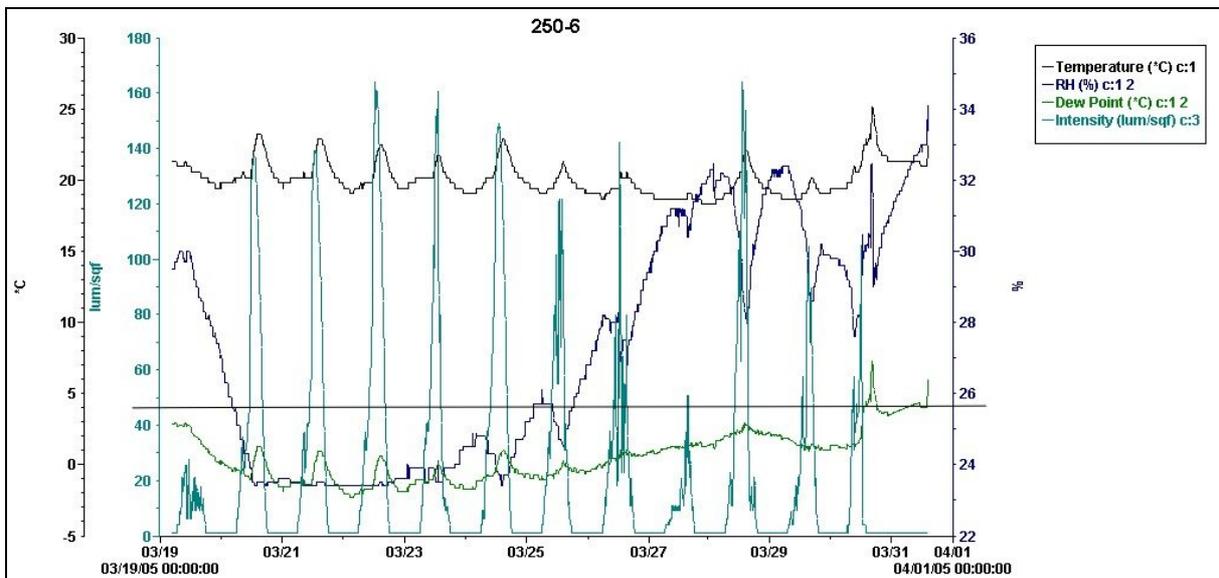
Aus Abbildung 7 ist erkennbar, dass der 19. März ein bewölkter Tag war. Die Lichtstärke am Fensterarbeitsplatz liegt über nahe der geforderten Leuchtdichte von rund 45 lumen/sqft (=500 lux). Die folgenden Tage waren sonnig und mit hohen Leuchtdichten und Temperaturen am Fensterarbeitsplatz gekennzeichnet. Insbesondere der 26. März war ein sehr wechselhafter Tag.

Abbildung 25: Messergebnisse Raum 250, Referenzraum ohne Sonnen/Blendschutz, Sensor am Arbeitsplatz, der nahe beim Fenster liegt.



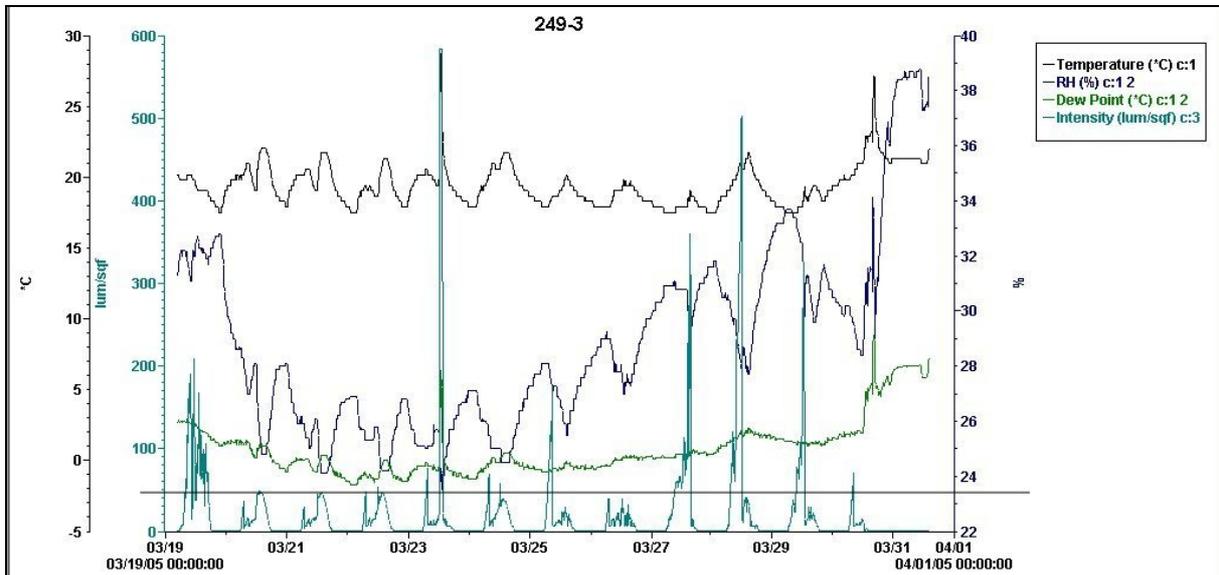
Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut

Abbildung 26: Messergebnisse Raum 250, Referenzraum ohne Sonnen/Blendschutz, Sensor am Arbeitsplatz, der am weitesten vom Fenster entfernt ist.



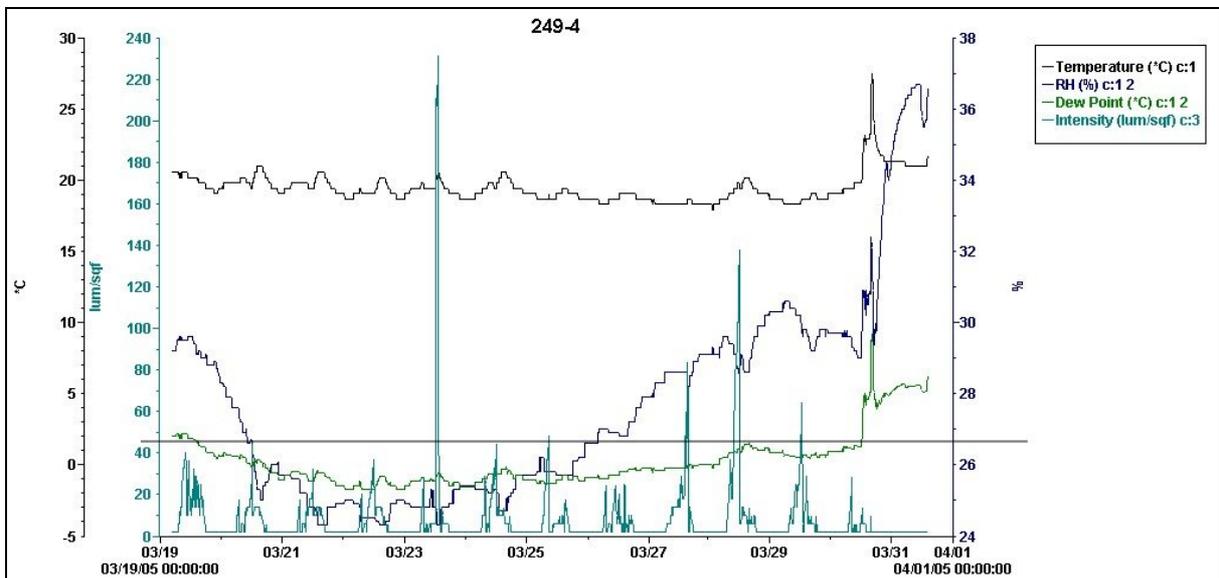
Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut

Abbildung 27: Messergebnisse Raum 249, Testraum mit einmotoriger Jalousie, weiß beschichtet, Sensor am Arbeitsplatz, der nahe beim Fenster liegt.



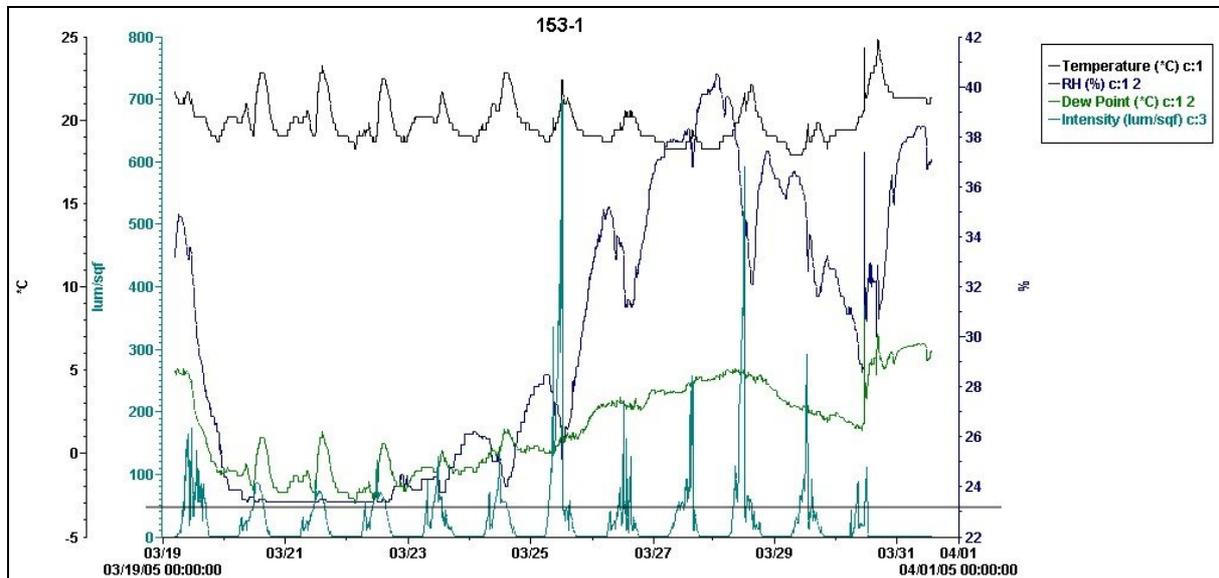
Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut

Abbildung 28: Messergebnisse Raum 249, Testraum mit einmotoriger Jalousie, weiß beschichtet, Sensor am Arbeitsplatz, der am weitesten vom Fenster entfernt ist.



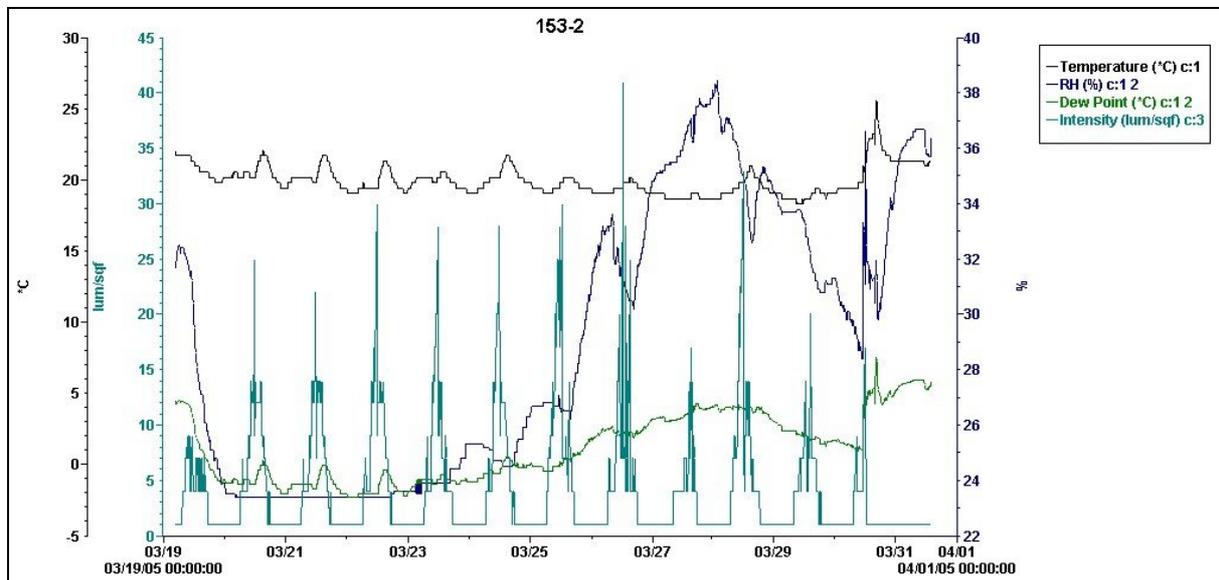
Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut

Abbildung 29: Messergebnisse Raum 153, Testraum mit zweimotoriger Jalousie, hochreflektierend Aluminium beschichtet, Sensor am Arbeitsplatz, der nahe beim Fenster liegt.



Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut

Abbildung 30: Messergebnisse Raum 153, Testraum mit zweimotoriger Jalousie, hochreflektierend Aluminium beschichtet, Sensor am Arbeitsplatz, der am weitesten vom Fenster entfernt ist.



Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut für angewandte Umweltforschung

Am bewölkten Tag, dem 19. März, zeigen alle Sensoren annähernd gleiche Werte, da hier in keinem der Testräume der Sonnenschutz zum Einsatz kommt. Das Verhalten an sonnigen Tagen entspricht dem bereits oben beschriebenen Verhalten zum Wochenende 16. bis 17. April.

Am wechselhaften Tag, dem 26. März zeigt sich, dass der zweimotorig gesteuerte Testraum am Fensterplatz wesentlich mehr Tageslichtangebot liefert als der einmotorig geregelte Raum. Im Rauminnen muss sowohl im einmotorig als auch im zweimotorig gesteuerten Raum Kunstlicht zugeschaltet werden.

5.2.4 Nutzer- und Nutzerinnenbefragung

Neben der technischen Performance der Tageslichtjalousien, die durch oben beschriebene Messungen beurteilt wird, ist die Wahrnehmung der Lichtsituation bzw. die Akzeptanz der Tageslichtsysteme durch die NutzerInnen von zentraler Bedeutung. Das Steuerungssystem muss leicht bedienbar und für die NutzerInnen verständlich und einfach in der Handhabung sein. Störfaktoren wie Blendung, Geräuschpegel und Wärmeentwicklung müssen ausgeschlossen werden. Selbst bei optimaler technischer Performance des Tageslichtlenksystems kann das NutzerInnenverhalten dazu führen, dass Einsparungsmöglichkeiten nicht voll ausgeschöpft werden können. Bei mangelnder Akzeptanz des neuen Systems ist es wahrscheinlich, dass NutzerInnen Maßnahmen setzen, um die installierten Tageslichtlenksysteme zu umgehen bzw. durch Zuschaltung von zusätzlichen künstlichen Lichtquellen oder Verschattung der Fenster zu ergänzen, um ihre Situation am Arbeitsplatz zu verbessern.

Eine Studie des NutzerInnenverhaltens, und der -zufriedenheit erfüllt folgende Zwecke:

- Probleme wie Blendung und Überhitzung, die sich durch die spezifischen Bedingungen vor Ort ergeben, werden aufgezeigt.
- Stärken und Schwächen von installierten Tageslichtsystemen werden erkenntlich gemacht, um Verbesserungsmaßnahmen setzen zu können.

Im Rahmen des Joule II - Projekts „Daylight Europe“ wurde ein Fragebogen zur Feststellung der NutzerInnenzufriedenheit und der Wahrnehmung der Arbeitsplatzsituation entwickelt, der anschließend auch im Rahmen des IEA SHC Task 21- Projekts zur Anwendung kam. Neben der Entwicklung des Fragebogens wurden auch Kriterien für die Befragung festgelegt, um gültige Ergebnisse zu gewährleisten. Die in diesem Projekt angewandte Methode orientiert sich an dieser Studie.

Ziel der Befragung ist es, Unterschiede in der Wahrnehmung der Lichtsituation durch die SchülerInnen vor und nach dem Einbau der Tageslichtlenkjalousien sowie die Zufriedenheit der SchülerInnen bezüglich der neu installierten Systeme festzustellen.

Im laufenden Projekt wird eine Befragung durchgeführt, bei der NutzerInnen vor- und nach dem Einbau der Tageslichtlenkjalousien befragt werden. Die befragten Personen sind SchülerInnen von zwei Klassen des Kollegs für Erneuerbare Energien. Beide Klassen werden in den Räumen unterrichtet, in denen die Tageslichtlenkjalousien montiert werden.

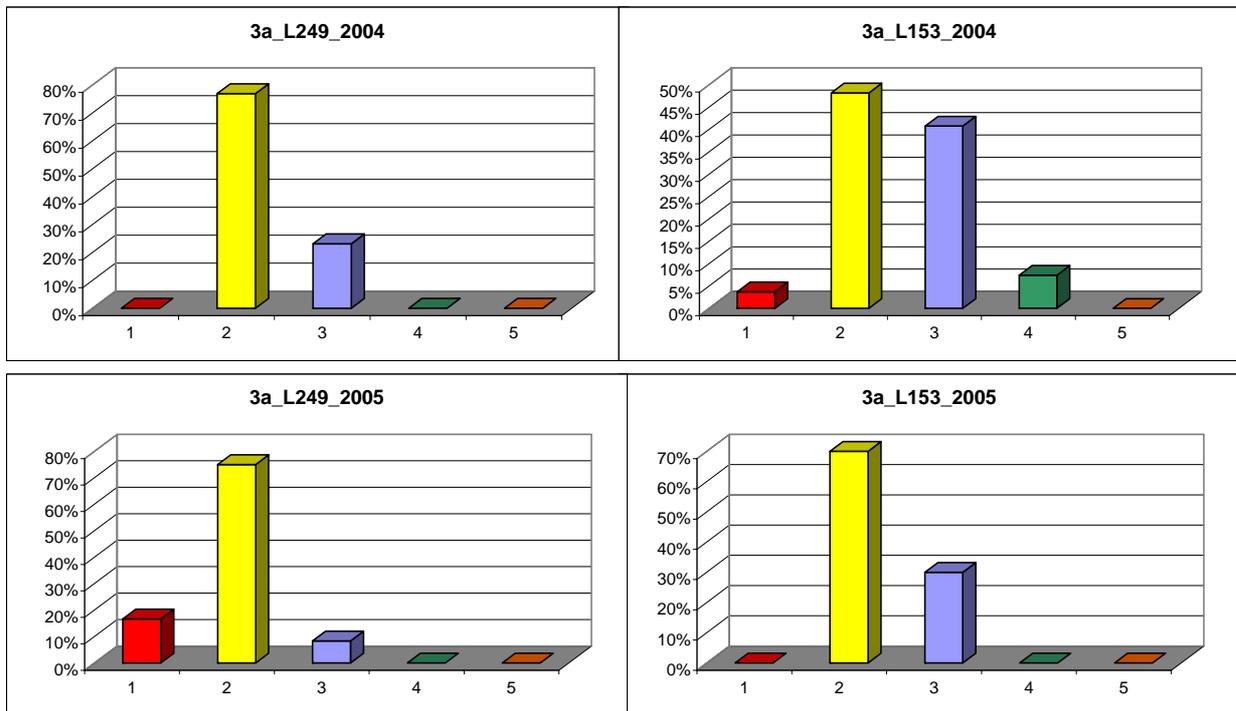
Der für Daylight Europe entwickelte Fragebogen wurde für die vorliegende Befragung weitgehend übernommen, einige Fragen wurden an die besondere Nutzungssituation im Schulgebäude angepasst. Die Fragen betreffen Zufriedenheit und Handhabung von Arbeitsumgebung, Tageslicht und Kunstlichtbeleuchtung, Blendung, Sonnenschutzmaßnahmen und Wärmeentwicklung. (Fragebogen siehe Anhang)

Die erste Befragung der NutzerInnen der Räume zur Zufriedenheit und Wahrnehmung der Beleuchtungssituation ohne Tageslichtsysteme erfolgte am 16. und 17. Februar 2004. Aufgrund der Verzögerungen beim Einbau der Tageslichtlenkjalousien wurde die zweite Befragung Ende März 2005 durchgeführt.

5.2.5 Ergebnisse der NutzerInnenbefragung

Die Zufriedenheit der Befragten im Raum 249 (Lichtlenkjalousie einmotorig, weiß beschichtet) mit der Beleuchtung des Raumes war vor und nach der Installation der Lichtlenkjalousien ähnlich: mehr als 70% der Befragten sind mit der Beleuchtung zufrieden. Im Raum 153 (Lichtlenkjalousie zweimotorig, hochselektiv beschichtet) zeigt sich eine Verbesserung der Zufriedenheit mit der Beleuchtung: während vor Einbau der Lichtlenkjalousie 50 % der Befragten angaben, mit der Beleuchtung zufrieden zu sein, waren es nach Einbau der Lichtlenkjalousien knapp 70 %. Die folgende Graphik zeigt die Antworten der Befragten im Überblick.

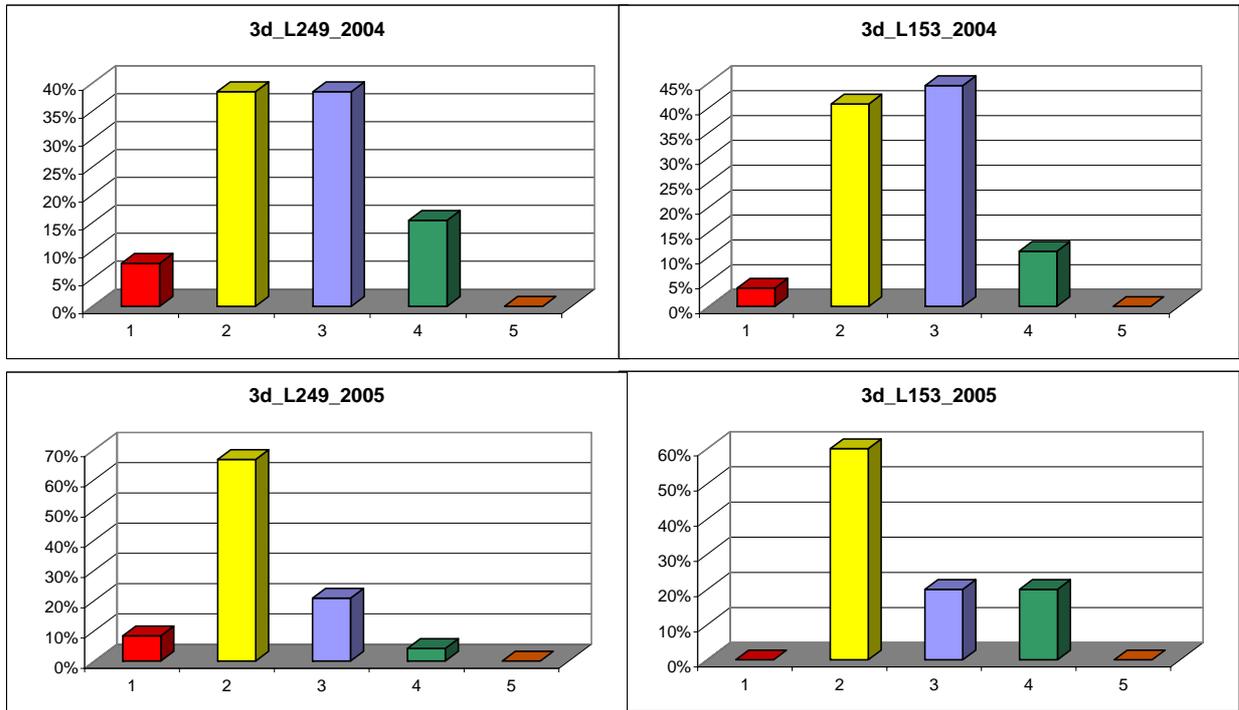
Abbildung 31: Wie zufrieden sind Sie mit der Beleuchtung in diesem Raum? 1 = sehr zufrieden, 2 = zufrieden, 3 = wenig zufrieden, 4 = unzufrieden, 5 = unwichtig



Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut

Die Zufriedenheit mit der Temperatur steigt im Raum von rund 40 % auf über 65 %; der Anteil der mit der Temperatur „Unzufriedenen“ sinkt von rund 15 % auf knapp über 4 % der Befragten. Auch im Raum 153 steigt die Anzahl der mit der Temperatur Zufriedenen von 40 % auf 60 %. Die folgende Graphik zeigt die Antworten der Befragten im Überblick.

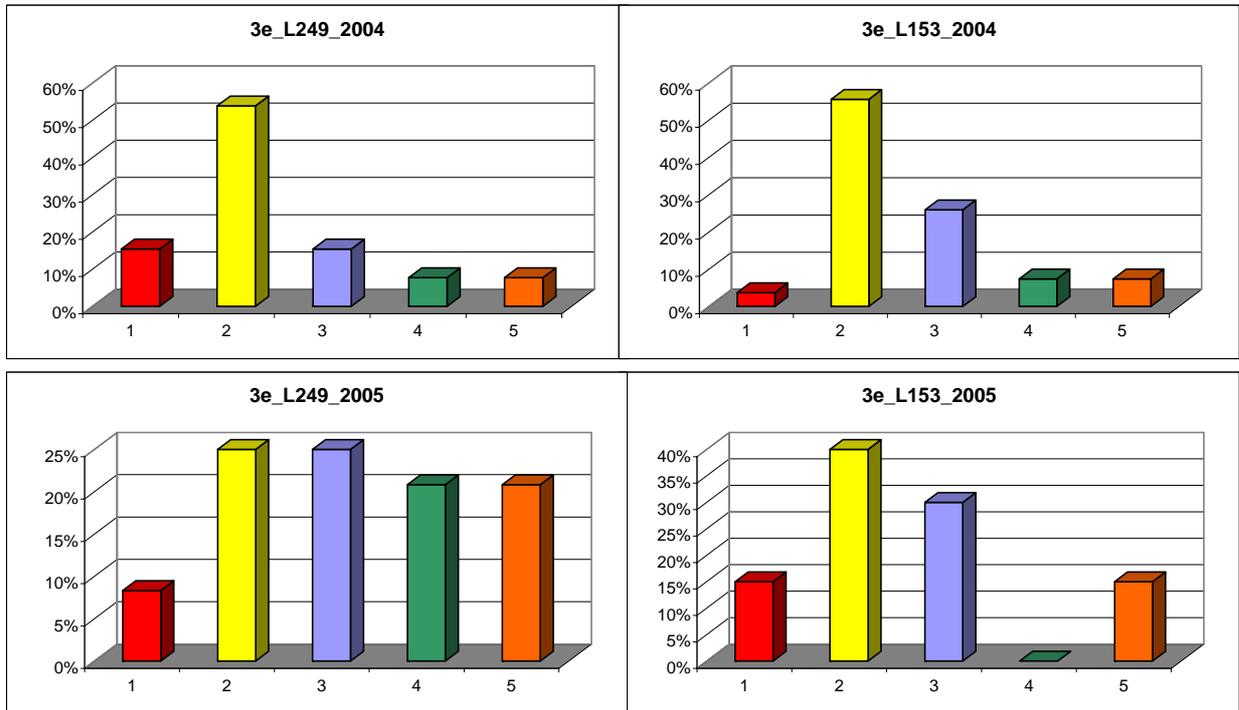
Abbildung 32: Wie zufrieden sind Sie mit der Temperatur in diesem Raum? 1 = sehr zufrieden, 2 = zufrieden, 3 = wenig zufrieden, 4 = unzufrieden, 5 = unwichtig



Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut

Hinsichtlich der Aussicht zeigt sich bei beiden Räumen eine Verschlechterung der Zufriedenheit: während vor Einbau der Lichtlenkjalousien im Raum L 249 über 50 % der Befragten mit der Aussicht zufrieden waren, sind es nach dem Einbau nur noch unter 25 %. Die Unzufriedenheit mit der Aussicht steigt von unter 10 % auf 20 % an. Im Raum L 153 sinkt der Anteil der mit der Aussicht Zufriedenen, allerdings steigt hier der Anteil der „sehr Zufriedenen“ von unter 5 % auf nahezu 15 %. Die folgende Graphik zeigt die Antworten im Überblick.

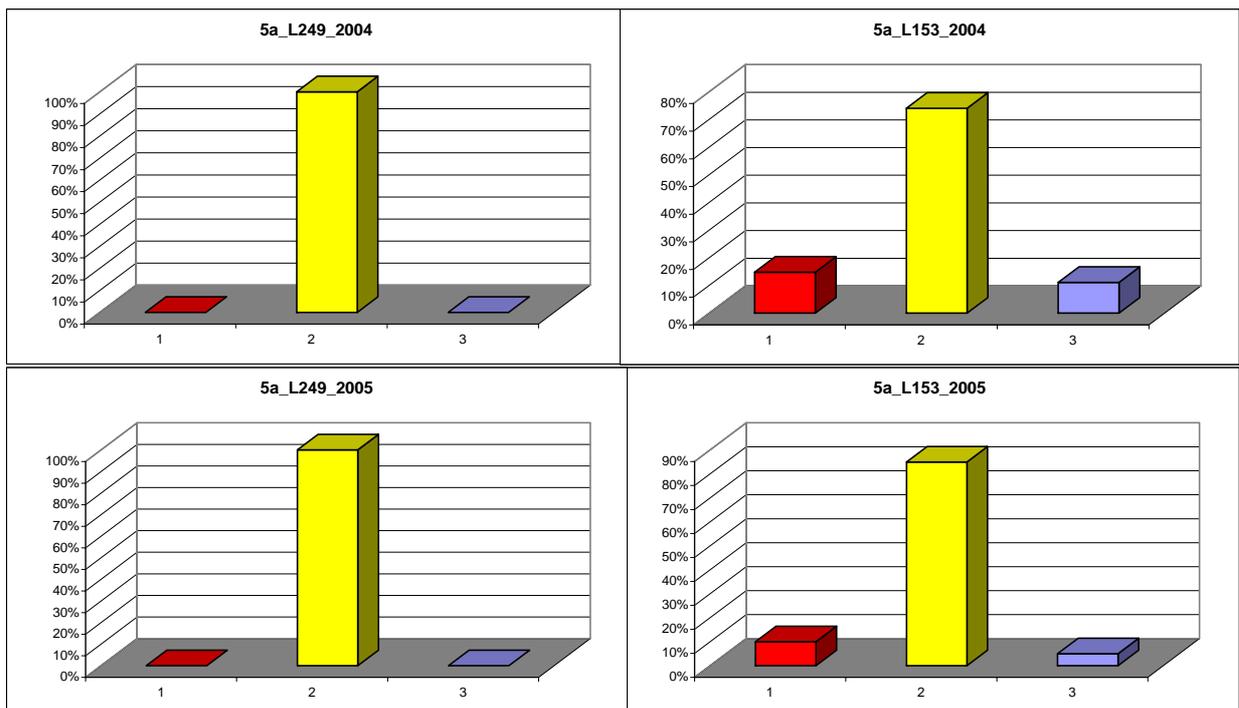
Abbildung 33: Wie zufrieden sind Sie mit der Aussicht in diesem Raum? 1 = sehr zufrieden, 2 = zufrieden, 3 = wenig zufrieden, 4 = unzufrieden, 5 = unwichtig



Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut

Die Situation der Beleuchtung im Raum wird in beiden Räumen sowohl vor als auch nach der Installation der Lichtlenkjalousien als ausreichend empfunden. Die folgende Graphik zeigt die Ergebnisse im Überblick.

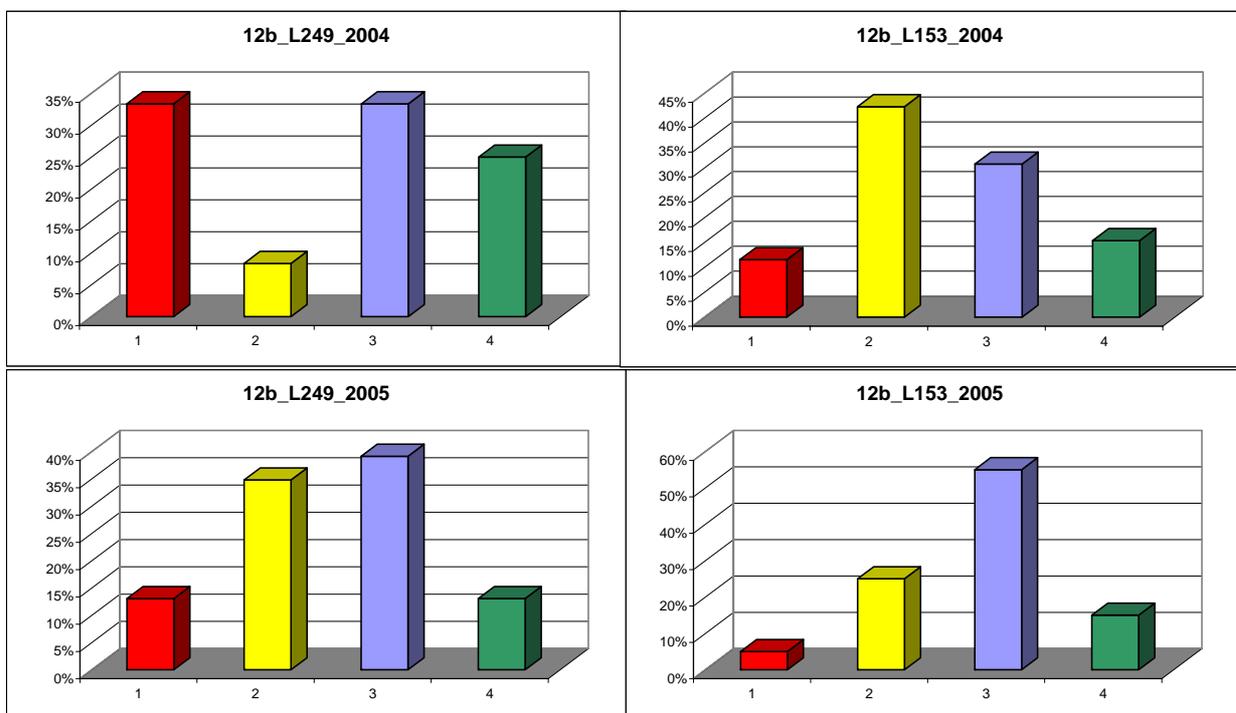
Abbildung 34: Wie beurteilen Sie die Situation der Beleuchtung in diesem Raum? (1 zu wenig Licht, 2 ausreichend Licht, 3 zuviel Licht)



Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut für angewandte Umweltforschung

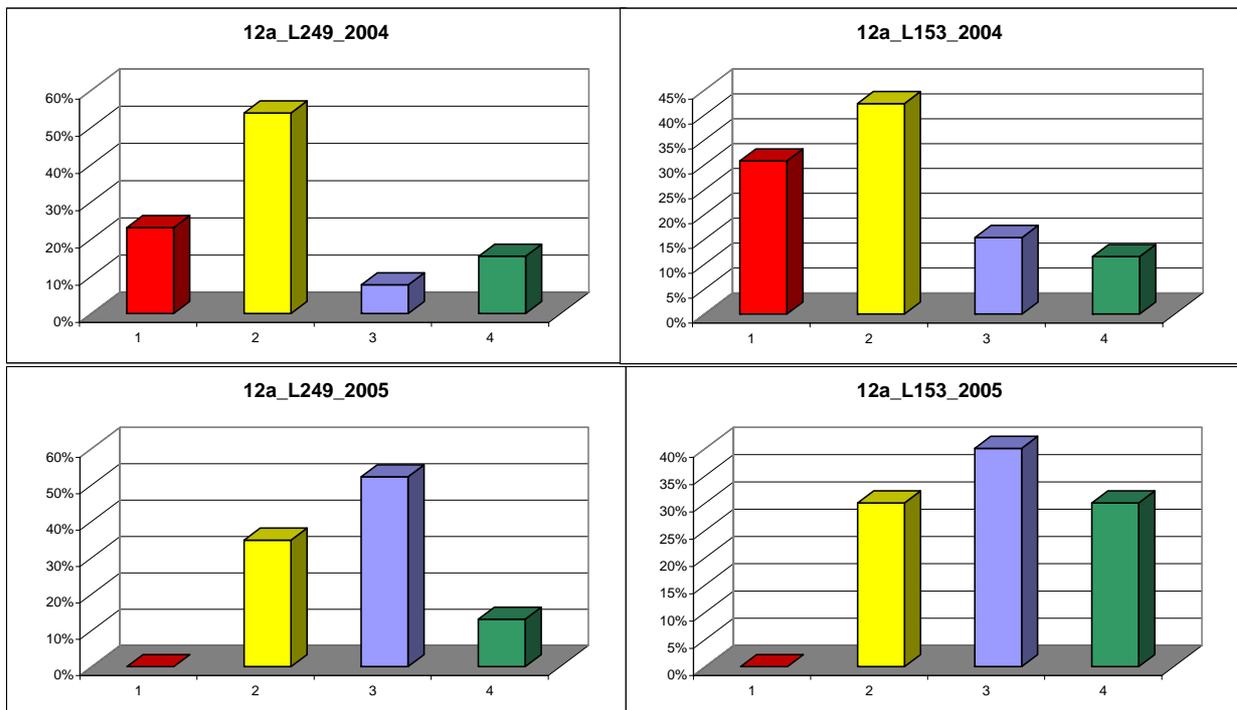
Hinsichtlich der Blendung muss Blendung am Arbeitsplatz und an der Tafel unterschieden werden. Während im Raum L 249 vor dem Einbau der Lichtlenkjalousien mehr als 30 % der Befragten an der Tafel oft geblendet werden, sind dies nach dem Einbau nur noch knapp über 10 %. Allerdings steigt der Anteil der „gelegentliche Geblendeten“ um fast 30 % und der Anteil der „nie Geblendeten“ sinkt um knapp 10 %. Am Arbeitsplatz hingegen sind nach Einbau der Jalousien keine Befragten oft geblendet. Selten geblendet werden im Raum L 249 nach Einbau der Lichtlenkjalousien rund 50 % der Befragten statt weniger als 10 % vor dem Einbau. Im Raum L 153 steigt der Anteil der „selten Geblendeten“ von knapp 15 % auf knapp 40 %. Die folgenden Graphiken zeigen die Auswertungen hinsichtlich der Blendung im Überblick.

Abbildung 35: Kommt es vor, dass durch das Tageslicht Blendung an der Tafel entsteht? (1= oft, 2 = gelegentlich, 3 = nur selten, 4 = nie)



Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut für angewandte Umweltforschung

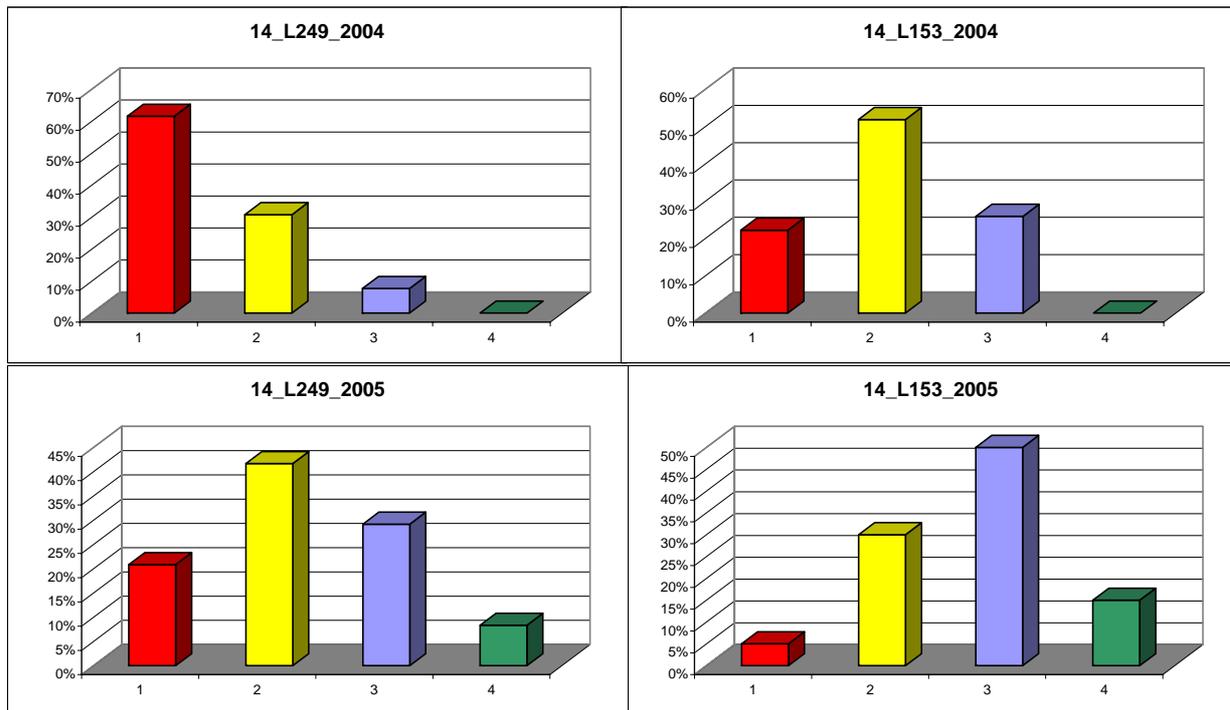
Abbildung 36: Kommt es vor, dass durch das Tageslicht Blendung am Arbeitsplatz entsteht? (1= oft, 2 = gelegentlich, 3 = nur selten, 4 = nie)



Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut für angewandte Umweltforschung

In Bezug auf die Überhitzung des Klassenraumes ist festzustellen, dass in beiden Räumen durch den Einbau der Lichtlenkjalousien der Anteil der nie und selten durch Überhitzung beeinträchtigten Befragten etwas steigt. Der Anteil der nur gelegentlich durch Überhitzung beeinträchtigten Befragten steigt wesentlich von z. B. knapp unter 25 % auf über 45 % im Raum L 153 und der Anteil der oft durch Überhitzung Beeinträchtigten sinkt z. B. im Raum L 249 von knapp unter 60 % auf knapp unter 20 %. Die folgende Graphik zeigt die Auswertung in Bezug auf Überhitzung im Überblick.

Abbildung 37: Wird es zu heiß, weil die Sonne durch das Fenster scheint? (1= oft, 2 = gelegentlich, 3 = nur selten, 4 = nie)



Quelle: Österreichisches Ökologie-Institut für angewandte Umweltforschung

Beschwerden seitens der Schüler gibt es sowohl aufgrund der Lärmentwicklung der innenliegenden Jalousien beim Hoch- und Tieffahren als auch aufgrund der zu schnell reagierenden Steuerung: die Jalousien schließen derzeit noch zu schnell bei Sonneneinfall, was aber durch eine Nachjustierung der Steuerung nach den Sommermonaten behoben wird. Die Rückmeldung zweier Professoren am TGM, die häufig in den Räumen L 153 und L 249 unterrichten, ist durchwegs positiv, insbesondere in Bezug auf das Wohlbefinden, den indirekten Lichteintrag und die vermiedene Blendung im Klassenraum. Kritisch angemerkt wurde auch seitens der Lehrer, dass es oft zu dunkel im Raum ist und manuell die Jalousien wieder geöffnet werden müssen, was durch ein Nachjustieren der Steuerung behoben werden wird.

5.3 Umsetzbarkeit eines Tageslichtlenksystems in der Eingangshalle des TGM

Neben der Installation von Lichtlenkjalousien in Klassenräumen war die Umsetzbarkeit eines Tageslichtlenksystems in der Eingangshalle des TGM Thema des Projekts. Die Eingangshalle ist dunkel, obwohl sie während des Schulbetriebs permanent beleuchtet wird. Die Umgestaltung der Eingangshalle ist daher sowohl aus psychologischen wie auch energetischen Gründen interessant.

Nach einem Besuch bei Bartenbach Lichtlabor, bei dem neben der Konkretisierung der Zusammenarbeit im Projekt auch die Möglichkeiten für den Einsatz eines Tageslichtlenksystems in der Eingangshalle des TGM besprochen wurden, bauten die StudentInnen des Kollegs Erneuerbare Energie vorerst ein 1:50 Modell der Eingangshalle aus Holz und Plexiglas. Die Pläne für diese Arbeiten wurden von der BIG freigegeben.

Das Modell beinhaltet den Windfang, die Eingangshalle und den Aufenthaltsraum im ersten Stock über der Eingangshalle. Diese Räume sind für die Lichtsituation in der Eingangshalle verantwortlich. Durch die Veränderbarkeit der Fußbodenfarbe in den Räumen des Modells sollte gezeigt werden, dass auch durch die innenarchitektonische Farbauswahl die Lichtsituation bzw. das Erscheinungsbild verbessert werden kann.

Nach mehreren Besichtigungen lag die Schlussfolgerung nahe, dass für die Umgestaltung der Eingangshalle des TGM zwei verschiedene Maßnahmen gesetzt werden müssten:

- Lichteinlenkung in die Eingangshalle: beim Eingang entweder Lichtkuppeln oder Einlenkung durch die Decke über die Fenster im ersten Stock; eventuell mit Spiegeln von der Seite.
- Einlenkung in den Liftbereich (hinterer Bereich der Eingangshalle): durch Ausbau eines Liftes und Nutzung des Schachtes für den Lichttransport; Einlenkung durch einen Heliostaten, der am Dach aufgestellt wird.

Es erfolgte eine grobe Prüfung der Möglichkeiten der Tageslichtversorgung der Eingangshalle des TGM anhand der Planunterlagen (Lift ausbauen im hinteren Bereich; Lichtkuppeln im vorderen Bereich bzw. die kompliziertere Version mit der Einlenkung über die Fenster im ersten Stock durch die Decke). Die nach diesem Arbeitsschritt vorliegenden Skizzen sollten in das schon gebaute 1: 50 Modell des Eingangsbereichs und ein zusätzliches Modell des Hochhaustraktes umgesetzt und bei Bartenbach Lichtlabor unter der künstlichen Sonne gemessen werden. Nach Beratungen mit Bartenbach Lichtlabor wurde entschieden, ein Gesamtmodell des Gebäudes im Maßstab 1:30 neu zu bauen, da ein größerer Maßstab zu besseren Messergebnissen führt.

Abbildung 38: Modell Eingangsbereich TGM zur Simulation von Tageslichtlenkssystemen



Quelle: Pliwa Manuela, Diplomarbeit am TGM, 2004

Die in diesem Modell umgesetzten Maßnahmen zur Tageslichtnutzung sind:

- Lichteinlenkung über ein Heliostatensystem im Liftvorbereich des Hochhauses. Ein der Sonne nachgeführter Heliostat lenkt das Licht über einen Umlenkspiegel in einen umfunktionierten Liftschacht. Über weitere Spiegelflächen wird das Tageslicht an die Raumdecke des Liftbereiches gelenkt., wo eine diffuse Lichtquelle entsteht. Licht aus künstlichen Lichtquellen wird nach demselben Prinzip an die Raumdecke projiziert. Dieses Konzept bewirkt als Zusatznutzen eine optische Hebung der Raumdecke.

Für die Simulation im Modell sind rechteckige Spiegel verwendet worden. Die Spiegel wurden mit doppelseitigem Klebeband an Blechstreifen befestigt und diese wiederum ebenfalls mit doppelseitigem Klebeband am Modell. Dadurch konnte man die Einstellung beliebig verändern und die Entfernung zu den Schächten variieren.

- Tageslichtnutzung durch den Einbau von Lichtrohren im Foyer des TGM

Die Lichtrohre wurden durch gebogene spiegelnde Bleche nachgestellt, wobei sich die spiegelnde Fläche innen befindet. Die tatsächlichen Lichtrohre unterscheiden sich nur durch ein Kreuz in der Mitte das ebenfalls spiegelt und somit das Licht besser auf die Seiten verteilt.

Als Ersatz für die Linse, die das Licht am unteren Ende der Rohre verteilt, wurde im Modell eine Lee-Folie verwendet. Diese zerstreut die ankommenden Sonnenstrahlen und sorgt damit für eine gleichmäßige Beleuchtung im Raum.

Abbildung 39: Lichtrohre im Eingangsbereich des TGM



Quelle: Pliwa Manuela, Diplomarbeit am TGM, 2004

Der Modellbau erfolgte wiederum durch eine Studentin des Kollegs für Erneuerbare Energien am TGM in Rücksprache mit Bartenbach Lichtlabor, die lichteinlenkenden Maßnahmen wurden kurz vor der Messung in der Modellbauwerkstätte von Bartenbach Lichtlabor angefertigt und eingefügt.

5.3.1 Messung unter dem künstlichen Himmel bei Bartenbach Lichtlabor

Das Modell von Eingangsbereich und Liftvorbereich des TGM im Maßstab 1:30 wurde in Elemente zerlegt transportiert, vor Ort montiert und durch die vorgesehenen Tageslichtlenkmaßnahmen ergänzt. Die Aufstellung erfolgte erhöht, um die notwendige Höhe am Horizont zu simulieren. Die Aufstellungsrichtung entsprach der realen geographischen Ausrichtung des Gebäudes.

Der künstliche Himmel:

Die Messung eines Gebäudemodells unter dem künstlichen Himmel ist ein sinnvolles Instrument, um eine Entscheidungsgrundlage für die Beleuchtungssituation des realen Projektes zu erhalten. Je größer der Maßstab eines Modells gewählt wird, desto besser können auch Lichtstimmungen sowie Materialien beurteilt werden. Bauherrn und Architekten können sich frühzeitig von der Wirkung ihres Bauvorhabens überzeugen. Unliebsame Überraschungen bei der Ausführung des realen Projektes werden somit weitestgehend vermieden.

Einzelne Leuchten in einer halbkugelförmigen Anordnung bilden das Himmelsgewölbe des künstlichen Himmels. Insgesamt sind 393 Einzelleuchten in 12 Höhenkreisen angeordnet. Jede dieser Leuchten ist mit einer opalisierten Hochvolt-Halogenglühlampe bestückt und mit einem parabolischen Aluminium-Reflektor ausgestattet. Zur Anpassung der Farbtemperatur an das Tageslicht sind vor jedem Lichtaustritt spezielle Farbfilter angeordnet. Durch die zusätzliche Anordnung einer künstlichen Sonne kann für nahezu jede natürliche Himmelssituation die Lichtwirkung im Modell simuliert werden. Alle Himmelszustände sind mit einer intelligenten Steuerung einzeln oder in Gruppen schalt- und regelbar, um jeden geografischen Ort einstellen zu können. Die gesamte elektrische Anschlussleistung beträgt bei Vollaussteuerung etwa 50 Kilowatt.

Im künstlichen Himmel werden die horizontalen und vertikalen Verläufe der Beleuchtungsstärke in mehreren Ebenen gemessen. Damit werden zum einen die maximal erreichbare Beleuchtungsstärke in der Anlage und zum anderen das Verhältnis zwischen Horizontal- und Vertikal-Beleuchtungsstärke bestimmt. Diese Werte werden in Folge zur Definition des optimalen Raummilieus genutzt.

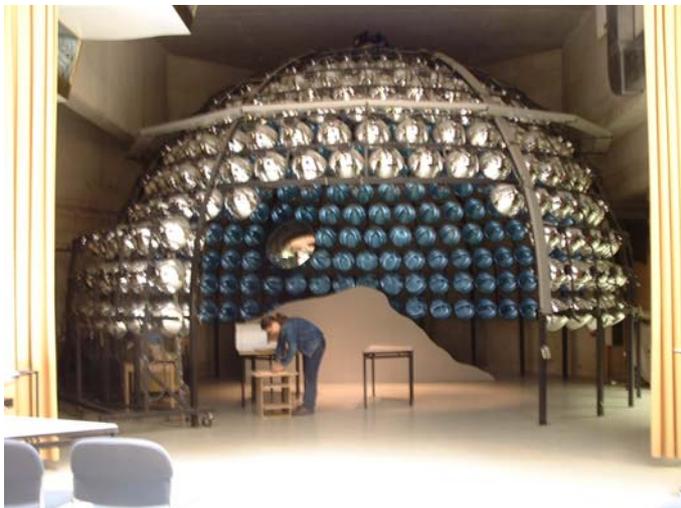
Zusätzlich zum künstlichen Himmel wurde als Beleuchtungsquelle eine künstliche Sonne verwendet, welche die direkte Sonneneinstrahlung aus Süden im Sommer simuliert.

Durchführung der Messung:

Mit einem Luxmeter wurden Mittelwerte der Beleuchtungsstärke bei verschiedenen Kombinationen von Himmel und Sonne im Liftvorbereich und im Foyerbereich des Modells gemessen.

In jedem der beiden Bereiche wurde drei mal gemessen und anschließend der Mittelwert der Beleuchtungsstärke berechnet. Dies ist notwendig, da die Leuchtmittel des künstlichen Himmels einer Einbrennzeit unterliegen, in der die Beleuchtungsstärke nicht konstant ist.

Abbildung 40: Messung unter künstlichem Himmel



Quelle: Pliwa Manuela, Diplomarbeit am TGM, 2004

Die Ergebnisse der Messung wurden als Bereiche angegeben, in denen sich die tatsächlichen Werte, abhängig von äußerem Licht und Güte des Systems bewegen können.

Abbildung 41: Ergebnisse der Messung:

	bedeckter Himmel *	direktes Sonnenlicht **	Gesamt ***
Mittlere Beleuchtungsstärke [lx]			
Liftvorbereich	50-70	375-400	450-500
Foyerbereich	350-400	450-500	700-800

* *bedeckter Himmel: keine direkte Sonneneinstrahlung, entspricht dem Strahlungsanteil des Himmelsgewölbes, Messung unter dem künstlichen Himmel*

** *direktes Sonnenlicht: nur direkte Sonneneinstrahlung ohne Strahlungsanteil des Himmelsgewölbes, Messung unter künstlicher Sonne*

*** *Gesamt: Summe der direkten Sonneneinstrahlung und des Strahlungsanteils des Himmelsgewölbes, Messung unter künstlichem Himmel bei Zuschaltung der künstlichen Sonne*

Interpretation der Messergebnisse:

Die Ergebnisse der Messung zeigen, dass in beiden Bereichen, in denen lichtlenkende Maßnahmen geplant wurden, der notwendige Schwellenwert von 500 Lux und somit eine ausreichende Versorgung mit Tageslicht bei voller Einstrahlung im Sommer erreicht werden kann.

Im Liftvorbereich ist ein deutlicher Unterschied zwischen der Beleuchtungsstärke bei direkter Sonneneinstrahlung und bedecktem Himmel zu erkennen. Das Heliostatensystem kann direktes Sonnenlicht über weite Strecken mit hohem Wirkungsgrad transportieren. Bei bedecktem Himmel ist die erreichbare Beleuchtungsstärke allerdings deutlich geringer.

Im Foyerbereich (Einbau von Lichtkuppeln) zeigt sich, dass sowohl bei direkter Sonneneinstrahlung als auch bei bedecktem Himmel das Tageslicht optimal genutzt werden kann. Dies erklärt sich durch die Wirkungsweise der Lichtkuppeln, die neben dem direkten Sonnenlicht auch diffuses Licht mit hohem Wirkungsgrad in das Gebäude transportieren.

6. Fotografische Dokumentation und Posterproduktion

Fotografische Dokumentation

Die fotografische Dokumentation umfasst die Installation der Tageslichtlenkjalousien in zwei Klassenräumen des TGM und die Installation der Messgeräte, sowie die Messung von Modellen des Eingangsbereichs des TGM unter dem künstlichen Himmel bei Bartenbach Lichtlabor. Die Dokumentation der Montage, der Messgeräte sowie der Datenaufzeichnung und Auswertung ist ein wichtiger Input in die Gestaltung von Plakaten. Die Plakate sollen im TGM auf die mit Tageslichtlenkjalousie ausgestatteten Klassenräume aufmerksam machen und auch anderen Schulen bzw. für den Unterricht zur Verfügung gestellt werden.

Die Poster wurden in A1 Format gedruckt und gerahmt, die verkleinerten Poster auf A4-Format finden sich im Anhang zu diesem Bericht.

Poster kommen noch

7. Ergebnisse des Projektes und Schlussfolgerungen

Die Literatur- und Internetrecherche zeigte, dass es eine große Bandbreite an Tageslichtsystemen und Kunden orientiert aufbereitete Beschreibungen von unterschiedlichen Systemen gibt. Kosten-Nutzen-Analysen dieser Systeme fehlen jedoch vielfach da:

- Tageslichtlenksysteme immer maßgeschneiderte Lösungen und auf die jeweilige Licht-, Bau- und Nutzungssituation zugeschnitten sind, die Kosten daher sehr stark variieren und Durchschnittskosten nicht aussagekräftig sind.
- die lichttechnischen Zusammenhänge sehr komplex sind und nicht in einem Kosten-Nutzen-Saldo abgebildet werden können
- viele Nutzen der Tageslichtsysteme kaum monetarisiert werden können wie z. B. die Steigerung des Wohlbefindens der Mitarbeiter durch eine gleichmäßigere Ausleuchtung des Arbeitsraumes²

Durch die enge Zusammenarbeit der Teammitglieder ist es gelungen, einen Ansatz für das Bewertungssystem zu entwickeln, das die komplexen Zusammenhänge von Einflussparametern auf Kosten und Nutzen abstrahiert und Größenordnungen veranschaulicht. Das Modell ermöglicht erste Abschätzungen, die aufzeigen sollen, dass sich genauere Analysen durch Tageslichtplaner und Simulationsprogramme lohnen. Das Bewertungssystem ist in Excel realisiert, einfach bedienbar und kann (nach Freigabe durch den Auftraggeber) unter <http://www.ecology.at/projekt/detail/lichtblicke/> heruntergeladen werden.

Die Produktrecherche zeigt, dass es eine Vielzahl von Tageslichtprodukten und Herstellern gibt. In die Datenbank konnten rund 35 Hersteller bzw. Händler mit insgesamt rund 95 Produkten aufgenommen werden. Die Datenbank wird (nach Freigabe durch den Auftraggeber) unter <http://www.ecology.at/projekt/detail/lichtblicke/> nutzbar sein.

Die Ergebnisse der Messung am Modell, das Lichtlenkmaßnahmen (Heliostat und Lichtrohre) im Liftvorbereich und Foyer des TGM simuliert, zeigen, dass in beiden Bereichen, in denen lichtlenkende Maßnahmen geplant wurden, der notwendige Schwellenwert von 500 Lux und somit eine ausreichende Versorgung mit Tageslicht bei voller Einstrahlung im Sommer erreicht werden kann.

Im Liftvorbereich ist ein deutlicher Unterschied zwischen der Beleuchtungsstärke bei direkter Sonneneinstrahlung und bedecktem Himmel zu erkennen. Das Heliostatensystem kann direktes Sonnenlicht über weite Strecken mit hohem Wirkungsgrad transportieren. Bei bedecktem Himmel ist die erreichbare Beleuchtungsstärke allerdings deutlich geringer.

Im Foyerbereich (Einbau von Lichtrohren) zeigt sich, dass sowohl bei direkter Sonneneinstrahlung als auch bei bedecktem Himmel das Tageslicht optimal genutzt werden kann. Dies erklärt sich durch die Wirkungsweise der Lichtrohre, die neben dem direkten Sonnenlicht auch diffuses Licht mit hohem Wirkungsgrad in das Gebäude transportieren.

² [Es gibt zwar Abschätzungen die auf eine gesteigerte Arbeitsleistung gemessen in z.B. Tastaturanschlagshäufigkeit und verringerten Fehlerraten hinweisen, eine Monetarisierung dieser Nutzen ist jedoch sehr wesentlich von der Wertschöpfung der Arbeit, die in den mit Tageslichtsysteme ausgestatteten Räumen verrichtet wird, abhängig und kann daher nur im konkreten Anwendungsfall monetarisiert werden.](#)

Die Installation von Lichtlenkjalousien in zwei Testräumen im TGM zeigten dass:

- Lichtlenkjalousien in Klassenräumen bei aktivem Sonnenschutz Licht im Ausmaß von ca. 65 bis 100 Lux in den Innenraum leiten.
- durch die Installation von Lichtlenkjalousien Raumtemperaturreduktionen im Ausmaß von rund 20 °C erreicht werden können. Im Zeitraum der Messungen wurden Raumtemperaturen am Fensterarbeitsplatz von 24 °C nicht überschritten.
- aufwendigere Ausführungen von Tageslichtlenk-Jalousien (zweimotorig mit hochreflektierender Beschichtung) vor allem am Fensterarbeitsplatz eine bessere Lichtversorgung als einfachere Varianten (einmotorig, weiße Beschichtung) ermöglichen. Bei Arbeitsplätzen, die vom Fenster relativ weit weg liegen, ist der Unterschied zwischen den unterschiedlichen Ausführungen kaum noch erkennbar.

Die Ergebnisse der Bewertung von Tageslichtlenkjalousien und einem 2-geteilten Rollscreen im Vergleich zu konventionellen außenliegenden Jalousien, basierend auf dem hier entwickelten Bewertungssystem, zeigen, dass der 2-geteilte Rollscreen die geringsten Kosten pro Serviceeinheit m² heller Raum, über eine Lebensdauer von 20 Jahren gerechnet, mit sich bringt. Gefolgt wird er von der innenliegenden Lichtlenkjalousie, der im Isolierglas zwischenliegenden Lichtlenkjalousie und der konventionellen außenliegenden Jalousie. Der Investitionsbedarf ist beim 2-geteilten Rollscreen am geringsten; bei der im Isolierglas liegenden Lichtlenkjalousie am höchsten. Obwohl der Investitionsbedarf der konventionellen außenliegenden Jalousie im Vergleich zu den beiden Lichtlenkjalousien geringer ist, schneidet diese bei einer Betrachtung der Lebensdauerkosten über 20 Jahre schlechter ab als die Lichtlenkjalousien. Dies begründet sich durch folgende Punkte:

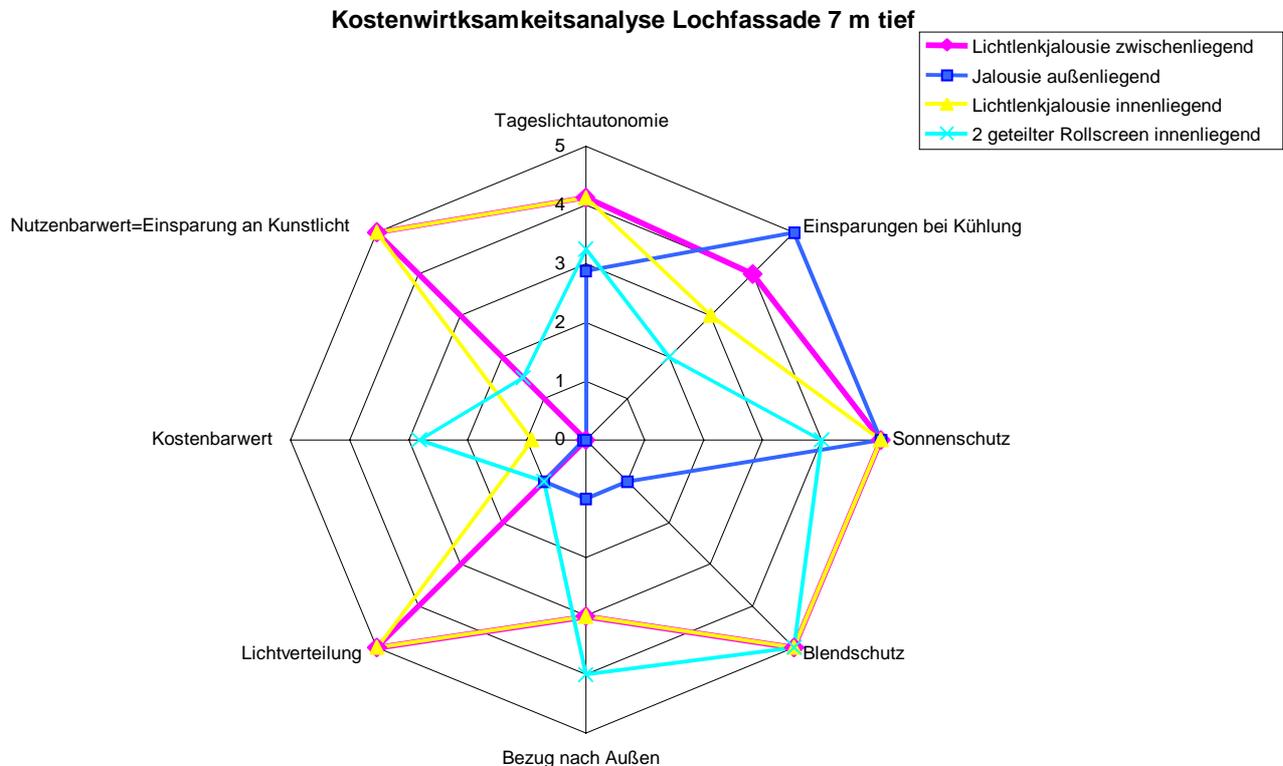
- Die Lebensdauer der außenliegenden Jalousie ist geringer als die einer innenliegenden – nach ca. 10 Jahren muss ein außenliegende Jalousie re-investiert werden.
- Die Betriebskosten der außenliegenden Jalousie sind durch den witterungsbedingten größeren Reinigungs- und Wartungsaufwand höher.
- Bei der konventionellen Lichtlenkjalousie sind keine Einsparungen an Strom für Kunstlicht und verlängerter Lebensdauer der Leuchtmittel zu erwarten.

Der 2-geteilte Rollscreen schneidet auch hinsichtlich der Kosten-Effektivität (Nutzwert je ausgegebenen Euro für den Sonnenschutz) am besten ab. Betrachtet man die einzelnen monetären und nicht monetären Nutzen der untersuchten Sonnenschutzeinrichtungen im Rahmen einer Kostenwirksamkeitsanalyse, zeigen sich die Stärken und Schwächen der Sonnenschutzeinrichtungen:

- Während die konventionelle außenliegende Jalousie nur in Bezug auf Energieeinsparung bei Kühlung dominiert, ist die innenliegende Lichtlenkjalousie in vielen Punkten positiv bewertet, dominiert aber in keiner Wirkung die anderen Systeme.
- Der 2-geteilte Rollscreen dominiert beim Kostenbarwert und beim Bezug nach außen, liegt aber bei den anderen Wirkungen unter oder gleich mit den Lichtlenkjalousien, insbesondere bei der Tageslichtautonomie und bei der Lichtverteilung.

Die folgende Graphik zeigt die Nutzen/Wirkungen für einen 7 m tiefen Raum mit Lochfassade im Überblick.

Abbildung 42: Kostenwirksamkeit unterschiedlicher Varianten im Raum mit Lochfassade, 7 m tief



Quelle: Eigene Berechnungen Österreichisches Ökologie-Institut

Die NutzerInnenbefragung in den Räumen des TGM, die im Rahmen des Projekts mit Lichtlenkjalousien ausgestattet wurden, zeigt, dass es sowohl in Bezug auf Blendung im Arbeitsraum, auf die Beleuchtungssituation insgesamt und auf die Überhitzung positive Veränderungen des Nutzerempfindens gab. Beschwerden seitens der Schüler gibt es sowohl aufgrund der Lärmentwicklung der innenliegenden Jalousien beim Hoch- und Tieffahren als auch aufgrund der zu schnell reagierenden Steuerung: die Jalousien schließen derzeit noch zu schnell bei Sonnenlichteinfall, was aber durch eine Nachjustierung der Steuerung nach den Sommermonaten behoben wird.

Empfehlung für den Einbau von Lichtlenkjalousien in Schulen

Aufgrund der relativ tief im Klassenraum angeordneten Arbeitsplätze kann bei den hier getesteten Jalousien im Rauminneren bei aktivem Sonnenschutz (Jalousien heruntergefahren) nicht auf Kunstlicht verzichtet werden. Da an den Fensterarbeitsplätzen bei zweimotorigen Jalousien mit hochreflektierender Aluminiumbeschichtung großteils auf Kunstlicht verzichtet werden kann, sollte eine Tageslichtlenk-Jalousie immer mit getrennt steuerbaren Kunstlichtsystemen ausgestattet sein.

Der Betrieb der innenliegenden Jalousien in den Testräumen ist mit einer nicht zu unterschätzenden Lärmentwicklung verbunden, die insbesondere beim Schulbetrieb störend ist. Daher wurde die Jalousiesteuerung in den Testräumen so eingestellt, dass nach dem Herunterfahren der Jalousien bei geringem Tageslichtangebot diese nicht mehr hinauffahren,

sondern lediglich die Lamellen voll öffnen. Wenn möglich, sollte bei der Planung von Tageslichtlenk-Systemen im Schulbereich zur Lärmverminderung der Einbau der Jalousien im Scheibenzwischenraum in Erwägung gezogen werden.

Die Sensoren zur Lichtmessung für die beiden Testräume wurden an der Außenseite der Fassade angebracht. Die Jalousien schließen daher bereits, wenn die Sonne zum ersten Mal auf den außenliegenden Sensor fällt. In den Klassenräumen ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht der Bedarf nach Sonnen/Blendschutz gegeben. Die Sensoren sollten daher bei Einzelraumsteuerung möglichst im Innenraum angebracht werden.

Aufgrund der unterschiedlichen Nutzungsanforderungen der Klassenräume (Beamer, Video/Diavorführungen etc.) sollte jedenfalls eine manuelle Ansteuerung der Jalousien möglich sein. Wichtig ist auch, dass die Fenster in Tafelnähe gesondert angesteuert werden können, um Blendung an der Tafel bei gleichzeitiger voller Tageslichtnutzung für die restlichen Arbeitsplätze im Klassenraum zu ermöglichen.

8. Ausblick/Empfehlungen

Im Zuge des Forschungsprojektes zeigt sich, dass hinsichtlich der Technologieentwicklung rege Forschungsaktivitäten bei den Herstellern von Tageslichtsystemen bestehen. Der Einsatz von Tageslichtsystem bei Bauherren bzw. Nutzern ist vielfach nicht motiviert durch die resultierende Energiekosteneinsparung sondern durch die Steigerung des Wohlbefindens der Mitarbeiter und des Prestigeeffekts moderner Architektur. Die Energiekosteneinsparung durch Reduktion des Kunstlichtbedarfes aufgrund der Tageslichtlenksysteme ist im Vergleich zum Investitionsaufwand derzeit relativ unbedeutend. Die Energiekosteneinsparung aufgrund der Reduktion von Kühllasten und auch Einsparungen bei den Investitionskosten für Kühlanlagen könnten aber einen wesentlichen Beitrag zur Kostenreduktion leisten, allerdings sind die mit Tageslichtsystemen verbundenen Einsparungen an Kühllast derzeit noch unzureichend erforscht. Der aus den Erkenntnissen des Projekts folgende Forschungsbedarf besteht in erster Linie in der Vermessung von Gebäuden mit eingebauten Tageslichtsystemen, hinsichtlich der erzielbaren Einsparungen an Energie für Beleuchtung und vor allem Kühl- und Heizlasten .

Der Einsatz von Lichtlenkjalousien in zwei Räumen des TGM Wien zeigt, dass diese Tageslichtlenksysteme einfach im Schulbereich eingesetzt werden können, auch der Einsatz von Prismengläsern oder schaltbaren Gläsern sollte im Bereich der Schulen getestet werden.

9. Literaturverzeichnis

- Aydili S.; Kaase H. (1993): Lichttechnische und ergonomische Bewertung von Anlagen zur Abschirmung von Tageslicht im Büro; Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz; Dortmund
- BGI 827 (2002): Sonnenschutz im Büro; Hilfe für die Auswahl von geeigneten Wärmeschutzvorrichtungen an Bildschirm- und Büroarbeitsplätzen. Herausgegeben von der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft, Deutschland
- Ehling, K. (2000): Tageslichtsysteme: Lichttechnische Bewertung und Wirtschaftlichkeit. Fortschritt-Berichte VDI Nr. 165, Reihe 4 Bauingenieurwesen; Düsseldorf
- EN 12464-1 (2003-04-01): Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen
- Fontoynt, M. (editor); Daylight performance of buildings; London 1999
- Golay, Y. (1994): Lumière naturelle et énergétique du bâtiment, Études typologiques Programme interdisciplinaire LUMEN; Lausanne
- International Energy Agency (1999): Report of IEA SHC Task 21/ECBCS Annex 29 December 1999, "Sourcebook Daylight in Buildings"
- Jödicke, B. (1998): Gemeinsame Nutzung von Tageslicht- und Kunstlicht; Fachhochschule Konstanz
- Köster, H. (1999): Bauphysikalische Grundlagen der Tageslichttechnik (Teil I). In: DAB 7/99, S.952-956
- Müller, S. (2000): Entwicklung am Lampensektor: LED. LTG Fachtagung, 30.-31. Mai 2000
- ÖISS – Österreichisches Institut für Schul- und Sportstättenbau (2001): Richtlinien für den Schulbau, Kapitel: Elektroinstallationen, Abschnitt: Beleuchtung; Wien
- Ruck N. with Aschehough O., Aydinli S., Christoffersen J., Courrent G., Kischkoweit-Lopin M. (2000): Daylight in Buildings; A Source Book on Daylighting Systems and Components; Published by the Lawrence Berkley National Laboratory, Report Number LBNL-47493; Berkeley
- Schaltbare und regelbare Verglasungen. BINE Informationsdienst, Themeninfo I/02. Fachinformationszentrum Karlsruhe, Bonn
- Scheiblauer, F. (2000): Der neue industrielle Standard: DALI für Lichtmanagementsysteme. LTG Fachtagung, 30.-31. Mai 2000
- Schweizerische Licht Gesellschaft (Hrsg.): Handbuch für Beleuchtung, 5. Auflage, Landsberg 1992
- Seibert, P. (2000): Entwicklungstrends – Lichtquellen. LTG Fachtagung, 30.-31. Mai 2000
- Tageslichtnutzung in Gebäuden. BINE Informationsdienst, Profiinfo I/00. Fachinformationszentrum Karlsruhe, Bonn
- Tagungsband: Achtes Symposium Innovative Lichttechnik in Gebäuden. 24. und 25. Januar 2002. OTTI Energie Kolleg, Kloster Banz
- Tagungsband: Neuntes Symposium Innovative Lichttechnik in Gebäuden. 23. und 24. Januar 2003. OTTI Energie Kolleg, Kloster Banz
- Tagungsband: Sechstes Symposium Innovative Lichttechnik in Gebäuden. 27. und 28. Januar 2000. OTTI Energie Kolleg, Kloster Banz
- Köster, Helmut, Tageslichtdynamische Architektur, Grundlagen, Systeme, Projekte, 2004, Birkhäuser Verlag für Architektur
- Institut für Licht- und Bautechnik, FH Köln Systematik zu Tageslichtlenksystemen, überarbeitet durch Informationsdienst BINE, Oktober 2000
- Handbuch Tageslichttechnik, Warema, November 2001
- W. Pohl, Ch. Scheiring, Bartenbach LichtLabor, Sonnenschutzsysteme im Vergleich

Telefonisches Interview mit Herrn Gerstmann, Fa. Geniolux am 4.11.2004

E-Mail-Nachricht von Herrn Gerstmann, Fa. Geniolux am 4.11.2004

Telefonisches Interview mit Herrn Söllinger, Fa. Eckelt am 5.11.2004

Telefonisches Interview mit Herrn Googler, Fa. Ergolight am 5.11.2004

http://www.egis.org/Helio_de.html

<http://www.okalux.de>

<http://www.baunetz.de>

http://www.baunetz.de/infoline/fenster/detail-fs.php?template_id=5281&_navi=r01_03.htm

<http://www.solarserver.de/solarmagazin/anlagemaerz2003.html>

<http://www.bine.info/pdf/publikation/pro0102.pdf>

<http://www.gesimat.de>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Screenshot der Einstiegsseite in die Datenbank.....	17
Abbildung 2: Zuordnung der Tageslichtsysteme zu Nutzerbedürfnissen und baulichen Gegebenheiten.....	19
Abbildung 3: Screenshot der Datenbank: Liste der Tageslichtsysteme	20
Abbildung 4: Screenshot einer beispielhaften Beschreibung eines Tageslichtsystems in der Datenbank.....	22
Abbildung 5: Screenshot Liste der Hersteller/Lieferanten	23
Abbildung 6: Screenshot des Datenblattes zu den Herstellern/Lieferanten	24
Abbildung 7: Screenshot einer beispielhaften Produktbeschreibung	25
Abbildung 8: Daten für die Nutzwertanalyse	32
Abbildung 9: Getroffene Annahmen zur Kunstlichtversorgung in den Beispierräumen	32
Abbildung 10: Annahmen für die Tageslicht/Kunstlichtverteilung während der Jahresnutzungszeit des Raumes	32
Abbildung 11: angenommene Preise bezüglich der Investitions-, Reinigungs- und Wartungskosten Preise pro m ² Sonnenschutzeinrichtung	33
Abbildung 12: Kapitalwerte unterschiedlicher Varianten im Raum mit Lochfassade, 7 m tief	33
Abbildung 13: Kapitalwerte unterschiedlicher Varianten im Raum mit Lochfassade, 7 m tief	34
Abbildung 14: Kostenwirksamkeit unterschiedlicher Varianten im Raum mit Lochfassade, 7 m tief	35
Abbildung 15: Nutzwert und Kosten-Effektivität unterschiedlicher Varianten im Raum mit Lochfassade, 7 m tief	36
Abbildung 16: Lichtlenkung	38
Abbildung 17: Lichtlenkung Detail	38
Abbildung 18: Logger HOBO [®] H8.....	39
Abbildung 19: Messergebnisse Raum 250, Referenzraum ohne Sonnen/Blendschutz, Sensor am Arbeitsplatz, der nahe beim Fenster liegt.....	40
Abbildung 20: Messergebnisse Raum 250, Referenzraum ohne Sonnen/Blendschutz, Sensor am Arbeitsplatz, der am weitesten vom Fenster entfernt ist.	41
Abbildung 21: Messergebnisse Raum 249, Testraum mit einmotoriger Jalousie, weiß beschichtet, Sensor am Arbeitsplatz, der nahe beim Fenster liegt.	42
Abbildung 22: Messergebnisse Raum 249, Testraum mit einmotoriger Jalousie, weiß beschichtet, Sensor am Arbeitsplatz, der am weitesten vom Fenster entfernt ist.....	42
Abbildung 23: Messergebnisse Raum 153, Testraum mit zweimotoriger Jalousie, hochreflektierend Aluminium beschichtet, Sensor am Arbeitsplatz, der nahe beim Fenster liegt.....	43
Abbildung 24: Messergebnisse Raum 153, Testraum mit zweimotoriger Jalousie, hochreflektierend Aluminium beschichtet, Sensor am Arbeitsplatz, der am weitesten vom Fenster entfernt ist.	44
Abbildung 25: Messergebnisse Raum 250, Referenzraum ohne Sonnen/Blendschutz, Sensor am Arbeitsplatz, der nahe beim Fenster liegt.....	45
Abbildung 26: Messergebnisse Raum 250, Referenzraum ohne Sonnen/Blendschutz, Sensor am Arbeitsplatz, der am weitesten vom Fenster entfernt ist.	45
Abbildung 27: Messergebnisse Raum 249, Testraum mit einmotoriger Jalousie, weiß beschichtet, Sensor am Arbeitsplatz, der nahe beim Fenster liegt.	46
Abbildung 28: Messergebnisse Raum 249, Testraum mit einmotoriger Jalousie, weiß beschichtet, Sensor am Arbeitsplatz, der am weitesten vom Fenster entfernt ist.....	46
Abbildung 29: Messergebnisse Raum 153, Testraum mit zweimotoriger Jalousie, hochreflektierend Aluminium beschichtet, Sensor am Arbeitsplatz, der nahe beim Fenster liegt.....	47

Abbildung 30: Messergebnisse Raum 153, Testraum mit zweimotoriger Jalousie, hochreflektierend Aluminium beschichtet, Sensor am Arbeitsplatz, der am weitesten vom Fenster entfernt ist.	47
Abbildung 31: Wie zufrieden sind Sie mit der Beleuchtung in diesem Raum? 1 = sehr zufrieden, 2 = zufrieden, 3 = wenig zufrieden, 4 = unzufrieden, 5 = unwichtig	49
Abbildung 32: Wie zufrieden sind Sie mit der Temperatur in diesem Raum? 1 = sehr zufrieden, 2 = zufrieden, 3 = wenig zufrieden, 4 = unzufrieden, 5 = unwichtig	50
Abbildung 33: Wie zufrieden sind Sie mit der Aussicht in diesem Raum? 1 = sehr zufrieden, 2 = zufrieden, 3 = wenig zufrieden, 4 = unzufrieden, 5 = unwichtig	51
Abbildung 34: Wie beurteilen Sie die Situation der Beleuchtung in diesem Raum? (1 zu wenig Licht, 2 ausreichend Licht, 3 zuviel Licht)	51
Abbildung 35: Kommt es vor, dass durch das Tageslicht Blendung an der Tafel entsteht? (1= oft, 2 = gelegentlich, 3 = nur selten, 4 = nie)	52
Abbildung 36: Kommt es vor, dass durch das Tageslicht Blendung am Arbeitsplatz entsteht? (1= oft, 2 = gelegentlich, 3 = nur selten, 4 = nie).....	53
Abbildung 37: Wird es zu heiß, weil die Sonne durch das Fenster scheint? (1= oft, 2 = gelegentlich, 3 = nur selten, 4 = nie)	54
Abbildung 38: Modell Eingangsbereich TGM zur Simulation von Tageslichtlenkssystemen ...	55
Abbildung 39: Lichtrohre im Eingangsbereich des TGM	56
Abbildung 40: Messung unter künstlichem Himmel	57
Abbildung 41: Ergebnisse der Messung:.....	58
Abbildung 42: Kostenwirksamkeit unterschiedlicher Varianten im Raum mit Lochfassade, 7 m tief	62

10. Anhang (Materialliste, Erhebungsbögen etc.)

11.1 Fragebögen Interviews

Fragenkatalog Nutzer
<u>Allgemeine Fragen zum System:</u>
Welches System haben Sie gewählt?
Wie haben Sie von diesem System erfahren?
Kennen Sie noch andere Systeme?
Warum haben Sie dieses System gewählt?
<u>Rahmenfragen:</u>
Von welcher Firma haben Sie das System?
Was wissen Sie von der Firma?-???-
Welche Firmen waren beim Einbau, Transport, Programmierung etc. noch beteiligt?
Haben Ihnen diese Firmen Garantien versprochen und wie lange dauern diese an?
<u>Fragen zum Gebäude:</u>
Wie alt ist das Gebäude?
Welche Aufgabe erfüllt das Gebäude?
Wie groß ist das Gebäude?
Wie viele Quadratmeter sollen davon mit Tageslicht zusätzlich beleuchtet werden?
Welche Bestimmung hat der Raum, der mit dem Tageslichtsystem beleuchtet werden soll?
<u>Produkt abh. Fragen:</u>
Welche Anforderungen stellte das System an die Fassade, den Dachwinkel, das Fenster bzw. an das Dachmaterial?
Welche baulichen Veränderungen waren dazu notwendig?
In welcher Orientierung wurde das System installiert?
Welcher Abstand ist zwischen den Heliostaten- Spiegeln?
Welche ursprünglichen Systeme sind durch das neue System ersetzt worden?
<u>Transport:</u>
Von wem wurde das System geliefert?
War der Transport im Preis inkludiert (Prozente oder Porto) oder wurde dieser extra verrechnet?
Womit wurde das System geliefert oder haben Sie es selbst geholt?
Wie hoch war hierbei der Treibstoffverbrauch bzw. wie viele Kilometer mussten Sie fahren??

Von wo wurde das System abgeholt, bestellt, hierher transportiert?
Einbau:
Wann wurde das System eingebaut?
Wie lange hat der Einbau gedauert?
Wie hoch waren die Montagekosten?
Wie viel hat Ihnen eine Arbeitsstunde gekostet?
Welche Firma war für den Einbau verantwortlich?
Anschaffungskosten und Finanzierung:
Wie hoch waren die Planungskosten und wie lange hat diese gedauert?
Wer war für die Planung verantwortlich?
Wie hoch ist der Einkaufspreis gewesen (ohne Versand, Planer, . . .)
Welche Optimierungsmöglichkeiten haben Sie zusätzlich gewählt?
Wie viel kosten die einzelnen Optimierungen?
Würden Sie mir verraten, wie Sie das System finanziert haben?
Wurden Ihnen irgendwelche Förderungen genehmigt?
Bekamen Sie bei den einzelnen beteiligten Firmen irgendwelche Rabatte und wie viel in Prozent?
Betriebskosten:
Wie viel Energie verbraucht das System bzw. die Bedienung?
Wie wird das System bedient?
Wie viel Zeitaufwand erfordert die Bedienung?
Brauchen Sie dazu zusätzliches Personal?
Wie viel kostet Ihnen eine Arbeitsstunde?
Entsorgung:
Fällt bei der Anlage irgendwelcher Abfall an und wann?
Aus welchen Materialien besteht dieser Abfall?
Wie werden die verschiedenen Materialien entsorgt bzw. verwertet und von wem?
Was kostet Ihnen die Entsorgung?
Wartung:
Wie oft muss die Anlage gewartet werden?
Von wem wird sie gewartet?
Wie lange dauert die Wartung?
Wie problematisch ist die Wartung?
Was kostet die Wartung?
Reinigung:
Muss die Anlage gereinigt werden?
Von wem wird sie gereinigt?
Wie lange dauert die Reinigung?

Wie problematisch ist die Reinigung?
Wie viel kostet die Reinigung?
Welche Reinigungsmittel werden dazu eingesetzt?
Wie viel kostet das Reinigungsmittel?
Ersatzteile:
Welche Lebensdauern sind vom Hersteller für die einzelnen Bestandteile bzw. für das komplette System angegeben?
Wie viel hat Ihnen die Arbeitsstunde für den Tausch der einzelnen Teile bzw. des kompletten Systems gekostet?
Wie viel haben Sie für die einzelnen getauschten Teile bezahlt?
Wie werden die ausgetauschten Teile entsorgt?
Störungen:
Sind bei Ihrem System schon irgendwelche Störfälle aufgetreten, wann und wie oft?
Was waren die Ursachen dieser Störfälle?
Was musste dabei ersetzt bzw. repariert werden?
Wie viel haben die Behebungen dieser Störfälle gekostet?
Wurden irgendwelche Störfälle nach Ablauf der Garantie auf Firmenkosten behoben und aus welchem Grund?
Zusatzsysteme und Erwartungen:
Welche Zusatzsysteme brauchen Sie trotz oder wegen der Installation des Systems (Kunstlichtsysteme, Kühlsysteme, Blend- und Sonnenschutz)?
Nutzen:
Welche Systeme wurden durch diese ersetzt oder eingespart?
Wie viel hätte Ihnen herkömmliche Systeme gekostet? (Anschaffung und Betrieb aufgeschlüsselt nach Kostenarten wie Reinigung, Betrieb, . . .)
Welche Energieeinsparungen haben sich daraus ergeben (Beleuchtung, Kühlung, Heizung)?
Welche Veränderungen haben Sie hinsichtlich Raumklima und Beleuchtung festgestellt?
Konnten Sie feststellen, ob sich die Menschen, die sich in den betreffenden Räumen aufhalten, wohler fühlen, weniger gereizt sind, weniger zu Krankheiten neigen, . . .?
Hat sich eine Veränderung hinsichtlich der Arbeitsqualität in diesen Räumen eingestellt?
Kann durch dieses System zusätzliche Energie (kWh/a und m ²) gewonnen werden, wie viel und zu welchem Einspeisetarif können Sie an wen diese verkaufen?
Kann durch die Nutzung von Tageslicht der Raum besser genutzt werden?
Welche Zusatznutzen bringt Ihnen die Anlage?
Fazit:
Welche Vor- und Nachteile sehen Sie im System?
Was stört Sie besonders an dem System?
Was gefällt Ihnen am besten an dem System?

Hat die Anlage Ihre Erwartungen und Anforderungen erfüllt (auch hinsichtlich Beleuchtungsstärke)?

Fragebogen Hersteller/Lieferanten

Wie lange gibt es die Firma schon?
Seit wann beschäftigt sich die Firma mit Tageslichtsystemen?
Welche Tageslichtproduktgruppen führt die Firma bzw. auf welche ist sie spezialisiert?
Welche Tageslichtsysteme beinhalten diese Gruppen?
Wie und wo wird das System montiert?

<u>Produkt allgemein:</u>

Woraus besteht das System?
Aus welchem Material ist das Tageslichtelement?
Welche Vorteile sehen Sie in dieser Gruppe?
Welche Vorteile sehen Sie in diesem System?
Welche Vorteile sehen Sie in Kombination mit anderen Systemen?
Welche Nachteile sehen Sie in dieser Gruppe?
Welche Nachteile sehen Sie in diesem System?
Welche Aufgabe hat das System?
Wie sieht es mit Kontakt zur Außenwelt aus?
Wie sieht es mit Hitze- bzw. Wärmeschutz aus?
Wie sieht es mit dem Blendschutz aus?
Wie sieht es mit Sichtschutz aus?

<u>Kennwerte:</u>

Hat das System hinsichtlich der Hauptausstrahlrichtung des transmittierten Lichtes Anforderungen?
Wie hoch ist die zu erwartende Beleuchtungsstärke pro Quadratmeter und bei welcher Raumtiefe bzw. -höhe?
Wie hoch ist der diffuse Transmissionsgrad ?
Wie groß ist der Gesamtenergiedurchlassgrad g ?
Könnte ich Informationsmaterial über die Firma bzw. über die Systeme haben?
Zusätzliche Aufgabenbereiche der Firma und deren Finanzierung:
Stellt die Firma das Produkt selbst her, oder wird es zugekauft?
Wie viel kostet die Herstellung bzw. der Zukauf eines durchschnittlichen Systems?
Fungiert die Firma auch als Planer und übernimmt sie daher die Planungskosten?
Kommt die Firma für den Transport auf oder wird dieser extra berechnet?

Baut die Firma die Systeme selber ein bzw. installiert sie das System selber oder muss eine zusätzliche Firma beauftragt werden?
Ist der Einbau im Preis inkludiert (Prozentsatz?) oder wird dieser extra berechnet?
<u>Gebäude, Räume und Kunden:</u>
Für welche Art von Gebäude ist das Produkt geeignet? (Altbau, Neubau, Sanierung, Umbau)
Für welche wird es am häufigsten gebraucht?
Für welche Räumlichkeiten ist das System ua. geeignet?
Welche Anforderungen hat das System hinsichtlich des Raumes?
Können Sie mir eventuell sagen, welche Altersgruppen das Produkt kaufen? (Statistik)
Gibt es einen möglichen Zugriffsschutz?
Produkt abh. Fragen hinsichtlich des Gebäudes:
Welche Ansprüche hat das Produkt hinsichtlich des Daches? (Dicke, Dachform, -neigung, Material, . . .)
Welche Ansprüche hat das Produkt hinsichtlich der Fassade?
Welche Ansprüche hat das Produkt hinsichtlich des Sonnenstandes?
Wie groß muss die Fensterfläche/Fläche sein bzw. ab welcher Fensterfläche/Fläche zahlt sich der Einbau des Produktes aus?
<u>Kosten:</u>
Planung, Transport und Installation:
Wie hoch sind die von der Firma berechneten Planungskosten?
Wie hoch sind die von der Firma berechneten Transportkosten?
Wie hoch sind die Installationskosten?
Werden Planungs- und Installationskosten nach Arbeitszeit berechnet?
Wie lange dauert der Einbau?
Wie viel kostet eine Arbeitsstunde?
Anschaffungskosten und Finanzierung:
Sind irgendwelche baulichen Maßnahmen erforderlich?
Wie hoch ist der Einkaufspreis?
Welche Optimierungsinvestitionen sind möglich?
Wie hoch sind die einzelnen möglichen Optimierungskosten?
Können Sie mir eventuell sagen, wie Ihre Kunden das Produkt normalerweise finanzieren?
Können Sie mir sagen, ob Ihnen Förderungen bekannt sind?
Welche Prozente bzw. Rabatte gibt die Firma und in welchen Fällen?
<u>Betriebskosten:</u>
Welche Betriebskosten fallen an?
Wie viel Energie verbraucht das System im Betrieb?
Welche Betriebsmöglichkeiten hat das System?

Können Sie mir eventuell sagen, wie viel Energie die Betriebssysteme brauchen?
Wie viel Zeitaufwand ist zur Erlernung des Bedienens bzw. zur Bedienung selbst notwendig?
Wie einfach ist das System zu bedienen?
Muss dafür extra Personal angefordert werden?
Wie viel kostet die Arbeitsstunde so eines Fachpersonals?
Verschleißteile:
Welche Teile der Anlage sind Verschleißteile?
Wie hoch ist die Lebensdauer der einzelnen Verschleißteile?
Von wem und wie werden die einzelnen Teile entsorgt?
Wie viel kostet die Entsorgung?
Von wem werden diese Kosten übernommen?
Wie lange gilt die Garantie der Firma?
Unter welche Voraussetzungen gilt die Garantie?
Werden in dieser Zeit Verschleißteile von der Firma finanziert?
Welche Kosten werden und welche Kosten werden nicht in der Garantiezeit von der Firma übernommen?
<u>Instandhaltung:</u>
Wie hoch ist die Lebensdauer der einzelnen Bestandteile?
Wie viel kosten diese Bestandteile?
Wie viel kostet der Tausch dieser Bestandteile ohne Materialkosten?
Muss das gesamte System erneuert werden und wann?
Wie viel kostet das Erneuern des gesamten Systems?
Wie viel kosten die einzelnen Verschleißteile?
Wird der Tausch von der Firma vorgenommen?
Wird die Arbeitszeit vom Tausch von der Firma dem Kunden verrechnet?
Wie viel verlangt die Firma für diese Arbeitsstunden?
<u>Wartung:</u>
Wie oft muss die Anlage gewartet werden?
Übernimmt die Firma die Wartung oder muss eine weitere Firma hinzugezogen werden?
Wird die Wartung dem Kunden verrechnet?
Wie viel kostet die Wartung?
Reinigung:
Muss die Anlage gereinigt werden?
Wie oft muss die Anlage gereinigt werden?
Von wem und wie wird die Anlage gereinigt?
Wie hoch sind die Reinigungskosten und welche Reinigungsmittel werden hierzu verwendet?

<u>Störungen:</u>
Welche Störungsursachen sind möglich?
Was muss dabei repariert oder erneuert werden?
Wie hoch sind die Kosten der einzelnen zu erneuernden Teile?
Wie viel kostet die Reparatur der einzelnen Störfälle?
Wie viel kostet dabei die Arbeitsstunde und wie viele sind zu erwarten?
Wie oft treten diese Störfälle auf?
Gibt es Störfälle, für die die Firma auch nach Ablauf der Garantiezeit aufkommt und wenn ja, welche?
Wie robust ist das System hinsichtlich des Bedieners bzw. der Menschen, die mit dem System in Kontakt kommen?
<u>Zusatzsysteme:</u>
Müssen zusätzliche Kühlsysteme bzw. Sonnenschutzvorrichtungen eingesetzt werden und welche sind die Ihnen bekanntesten, die in Kombination mit Ihrem System angewendet werden?
Welche zusätzlichen Kunstlichtsysteme werden normalerweise eingesetzt?
Welche Nutzen bringen Ihr System?
Können die Räume durch Tageslichtnutzung besser genutzt werden?
Welche Veränderungen zeigen sich hinsichtlich Beleuchtung?
Welche Veränderungen zeigen sich hinsichtlich Raumklima?
Sind Ihnen hinsichtlich der Ergonomie irgendwelche Veränderungen bei Menschen, die nun mit den eingebauten Systemen in Berührung kommen bekannt?
Sind Ihnen hierzu Verbesserungen der Qualität der Arbeit bekannt?
Können alternative Beschattungs- und Blendschutzeinrichtungen eingespart werden und wenn welche?
Welche Zusatznutzen sehen Sie in dem System?
Welche Energieeinsparungen wurden hinsichtlich Beleuchtung, Kühlung und Heizung festgestellt?
Kann das System irgendwie zur Energiegewinnung genutzt werden, und wie viel kWh/m ² sind zu erwarten?
<u>Sonstiges:</u>
Mit welchen Firmen arbeiten Sie häufig hinsichtlich dieses Systems zusammen?
Welche Firmen kennen Sie, die mit Tageslichtlenksystemen zu tun haben, noch?
Könnten Sie, natürlich mit Rückfrage bei den Kunden, Kunden nennen, bei denen wir uns das System in Betrieb ansehen können?

Raum: _____

Datum: _____

Identifikation: _____

11.2 Fragebogen Nutzerbefragung

1. Wie viele Personen befinden sich durchschnittlich gleichzeitig mit Ihnen in diesem Raum? (Zutreffendes ankreuzen)

- bis 5
- 5-10
- 10-15
- mehr

2. Welche der folgenden Aspekte würden Sie als wichtig für Ihren Arbeitsplatz bewerten?

Kreuzen Sie die drei wichtigsten Aspekte an. Reihen Sie diese, indem sie die **Ziffern 1-3 (1=am wichtigsten) neben den jeweiligen Aspekt** schreiben.

- angenehme Temperatur
- gute Lichtverhältnisse
- gute Luftqualität
- Aussicht nach draußen
- Fenster
- Arbeitsumgebung allgemein

3. Wie zufrieden sind Sie mit den folgenden Aspekten in diesem Raum? (Zutreffendes ankreuzen)

	sehr zufrieden	zufrieden zufrieden	weniger zufrieden	un- wichtig	nicht
Beleuchtung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Geruchsbelästigung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lüftung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Temperatur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aussicht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Bevorzugen Sie für Ihre Arbeit Tageslicht, künstliches Licht oder eine Kombination von beiden? (Zutreffendes ankreuzen)

- Tageslicht
- Kunstlicht
- Kombination aus beidem

5. Wie beurteilen Sie die Situation der Beleuchtung in diesem Raum, Tageslicht und Kunstlicht zusammengenommen? (Zutreffendes ankreuzen)

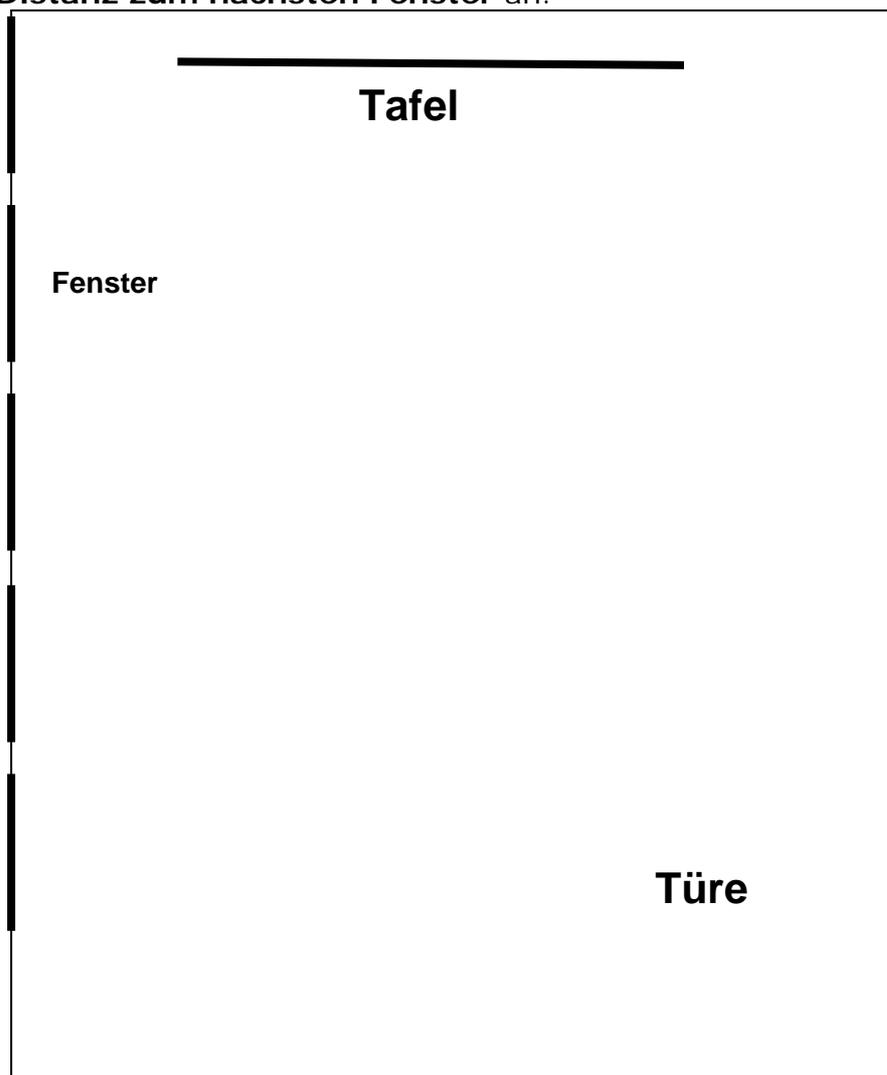
	zu wenig Licht	ausreichend	zu viel Licht
an meinem Platz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
an der Tafel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
im Raum generell	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Welchen Eindruck haben Sie allgemein von diesem Raum? (Zutreffendes ankreuzen)

- hell
- dunkel
- ungleichmäßig ausgeleuchtet

7. Wie ist Ihr Sitzplatz/Arbeitsplatz zu den Fenstern orientiert?

Bitte zeichnen Sie Ihren Sitzplatz auf der Skizze ein. Geben Sie auch die ungefähre Distanz zum nächsten Fenster an.



- Mein Sitzplatz ändert sich häufig (Zutreffendes ankreuzen)

8. Sehen Sie von Ihrem Sitzplatz nach draußen? (Zutreffendes ankreuzen)

- ja
- nein

9. Wie würden Sie den Ausblick von Ihrem Sitzplatz beschreiben?

(Zutreffendes ankreuzen)
(Mehrfachnennungen möglich)

- | | |
|-----------------------------------------|------------------------------------|
| <input type="radio"/> zufriedenstellend | <input type="radio"/> offen |
| <input type="radio"/> begrenzt | <input type="radio"/> unangenehm |
| <input type="radio"/> einfach | <input type="radio"/> weitreichend |
| <input type="radio"/> angenehm | <input type="radio"/> frustrierend |
| <input type="radio"/> eingeschränkt | <input type="radio"/> hell |
| <input type="radio"/> düster | <input type="radio"/> langweilig |
| <input type="radio"/> stimulierend | <input type="radio"/> vielfältig |

Bitte begründen Sie kurz Ihren Eindruck:

.....
.....

10. Gibt es Zeiten, zu denen kein künstliches Licht eingeschaltet ist?

(Zutreffendes ankreuzen)

- oft
- gelegentlich
- nur selten
- nie

Wenn ja, wann kommt dies vor?

:

Blendung

Blendung entsteht, wenn durch direkte Einstrahlung oder Reflexion von Licht an glänzenden Oberflächen das Sehen beeinträchtigt wird. Quelle für Blendung kann direkte Sonneneinstrahlung durch ein Fenster oder auch eine künstliche Lichtquelle im Raum sein.

11. Kommt es vor, dass durch das Kunstlicht Blendung entsteht?

(Zutreffendes ankreuzen)

- | | oft | gelegentlich | nur selten | nie |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| an meinem Platz | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| an der Tafel | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

12. Kommt es vor, dass durch das Tageslicht Blendung entsteht?

(Zutreffendes ankreuzen)

	oft	gelegentlich	nur selten	nie
an meinem Platz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
an der Tafel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. Was tun Sie, wenn Sie durch Tageslicht geblendet werden?

(Zutreffendes ankreuzen)

(Mehrfachnennungen möglich)

- Vorhänge vorziehen
- Jalousien/Rollos herunterlassen
- nichts
- Es gibt keine Probleme mit Blendung.

Anderes:

.....

Überhitzung

Bei starker Sonneneinstrahlung und großen Fensterflächen kann es zu einer Überhitzung von Räumen kommen.

14. Wird es zu heiß, weil die Sonne durch das Fenster scheint?

(Zutreffendes ankreuzen)

- oft
- gelegentlich
- nur selten
- nie

Wenn ja, wann kommt dies

vor?:

15. Was tun Sie, wenn es im Raum zu heiß wird?

(Zutreffendes ankreuzen)

(Mehrfachnennungen möglich)

- Fenster öffnen
- Vorhänge vorziehen
- Jalousien/Rollos herunterlassen
- Nichts
- Es ist nie zu heiß im Raum
- Anderes:

16. Aus welchen Gründen werden die Fenster in diesem Raum am häufigsten geöffnet?

Bitte kreuzen Sie die drei häufigsten Gründe an. Reihen Sie diese von **1-3 (1=am wichtigsten)**, indem Sie die zutreffende **Ziffer neben den jeweiligen Grund** schreiben.

- Luft ist stickig
- zu warm im Raum
- unangenehme Gerüche
- das Fenster wird nie geöffnet

Anderes:

.....

17. Unten sind einige Vorteile von Fenstern aufgelistet.

Markieren Sie jene drei, die für Sie an Ihrem Arbeitsplatz am wichtigsten sind. Reihen Sie diese von **1-3 (1=am wichtigsten)**, indem Sie die zutreffende **Ziffer neben den jeweiligen Vorteil** schreiben.

- lässt Tageszeit erkennen
- lässt Sonne in den Raum
- lässt die Wettersituation erkennen
- lässt Wärme in den Raum
- lässt erkennen, was draußen geschieht
- lässt frische Luft in den Raum
- Ausblick
- lässt den Raum größer aussehen

Andere:

.....

18. Unten sind einige Nachteile von Fenstern aufgelistet.

Markieren Sie jene drei, die Sie als größte Nachteile an Ihrem Arbeitsplatz empfinden. Reihen Sie diese von **1-3 (1=am größten)**, indem Sie die zutreffende **Ziffer neben den jeweiligen Nachteil** schreiben.

- lässt im Sommer zu viel Hitze in den Raum
- verursacht Blendung
- lässt im Winter zu viel Kälte in den Raum
- lässt Lärm in den Raum
- lässt zu viel Sonnenlicht in den Raum

Andere:

19. Unten sind einige Vorteile von Sonnen- und Blendschutzmaßnahmen aufgelistet.

Markieren Sie jene drei, die Sie als größte Vorteile an Ihrem Arbeitsplatz empfinden. Reihen Sie diese von **1-3 (1=am größten)**, indem Sie die zutreffende **Ziffer neben den jeweiligen Vorteil** schreiben.

- lässt im Sommer weniger Hitze in den Raum
- verhindert Blendung
- verhindert Beobachtung von draußen
- ist einfach regelbar
- lässt weniger Lärm in den Raum

- Andere:

20. Unten sind einige Nachteile von Sonnen- und Blendschutzmaßnahmen aufgelistet.

Markieren Sie jene drei, die Sie als größte Nachteile an Ihrem Arbeitsplatz empfinden. Reihen Sie diese von **1-3 (1=am größten)**, indem Sie die zutreffende **Ziffer neben den jeweiligen Nachteil** schreiben.

- der Blick nach draußen wird behindert
- lässt zu wenig Sonnenlicht in den Raum
- lässt sich nicht manuell regeln
- künstliches Licht muss eingeschaltet werden
- lässt zu wenig Frischluft in den Raum
- lässt die Tageszeit nicht erkennen

- Andere:

21. Wie viel Zeit verbringen Sie wöchentlich in diesem Raum?
(Zutreffendes ankreuzen)

- 30-40 Stunden
- 10-30 Stunden
- unter 10 Stunden

22. Was tun Sie normalerweise an diesem Arbeitsplatz?
(Zutreffendes ankreuzen)
(Mehrfachnennungen möglich)

- lesen
- schreiben
- arbeiten am PC
- zeichnen
- arbeiten im Laborbetrieb

O Anderes:

.....

23. Weitere Anmerkungen zu diesem Raum:

.....

.....

.....

Danke für das Ausfüllen des Fragebogens!

11.3 Beispielräume für das Bewertungssystem

Beispiele finden Sie im pdf mit dem Namen:

Pdf machen mit beipsierlräume das pdf bwei Beispielräume für das Bewertungssystem

Skizzen unter [\Bartenbach\pläne](#)

11.4 Skizzen zu den Lichtlenkmaßnahmen im Eingangsbereich des TGM

pdf

Lichtblicke ordner unter [\Bartenbach\Entwürfe TGM](#)