



Bestandsaufnahme Lichtlenksysteme

**Materialien für die Weiterbildung
zum/zur Gebäudeenergieberater/-in (HWK)**

Bestandsaufnahme

Lichtlenksysteme

Handlungsfeld: Bestandsaufnahme

Lerneinheit: Lichtlenksysteme

Stand: 24.08.2016

ID (Abk.):BSA_LLS

Herausgeber: BTZ der Handwerkskammer Berlin und IZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung

Autor/-innen: Scharp, Michael; Kamburow, Christian

Offline nutzbar: ja

Online nutzbar: ja

Typ: Text und E-Book

Umfang (Dauer Min. /Seiten): 60 / 32

Technische Voraussetzungen: Computer und/oder Drucker, Tablet, Smartphone

In der Lerneinheit „Bestandsaufnahme / Lichtlenksysteme“ wird erläutert, welche Bedeutung Lichtlenksysteme zur Einsparung von Energie in Gebäudes haben. Es werden die am Markt verfügbaren Systeme zur Lichtlenkung vorgestellt.

Unterrichtsaktivitäten: Dieser Lernstoff ist kursbegleitend zur Präsenzveranstaltung. Der Dozent / die Dozentin wird den Lernstoff kurz wiederholen und Sie können Fragen stellen.

Nutzung zum Selbstlernen: Bitte lesen Sie sich das Material eigenständig durch. Notieren Sie sich Fragen zur Vorbereitung auf die Präsenzphase.

Inhalt

1. Lichtlenkung.....	4
2. Überblick über Lichtlenksysteme	6
3. Energieeffizienz von Lichtlenksystemen	7
4. Raffstores zur Lichtlenkung.....	8
5. Lichtlenkjalousien für den Innenbereich	10
6. Lichtlenkung innerhalb von Fenstern	12
7. Prismensysteme	15
8. Weitere Systeme zur Lichtlenkung	17
9. Lichtleitung durch Heliostaten.....	21
10. Lichtkamine	23
11. Lightpipes	25
12. Zusammenfassung	27
Quellenverzeichnis	28
Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	29
Glossar.....	31
Impressum	32

1. Lichtlenkung

Lernziel

Beschreiben der wesentlichen Gründe für den Einsatz von Lichtlenkung.

Schlagworte

Tageslicht, Lichtlenkung, Kunstlicht, Beleuchtungsstärke, Lichtqualität, Ausleuchtung

Inhalt

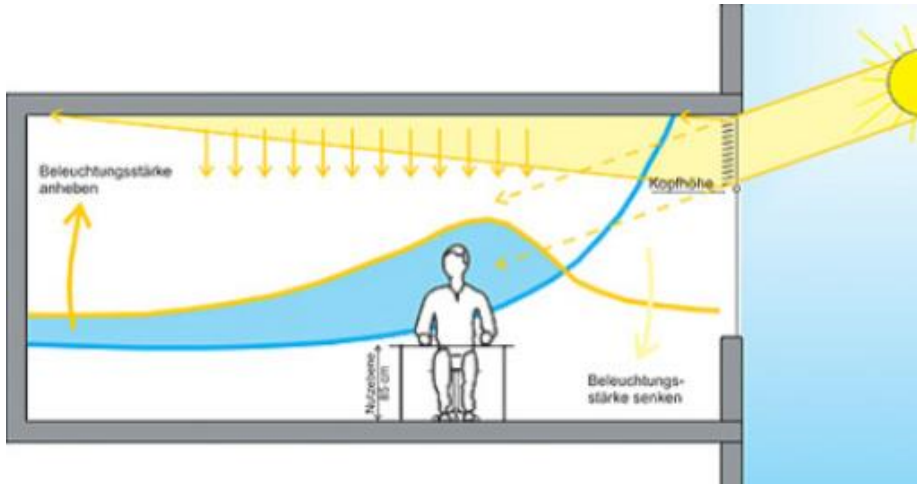
Lichtlenkung dient dazu, die Nutzung des Tageslichts zu erhöhen, indem das Tageslicht gezielt in den Innenraum gelenkt wird. Lichtlenktechnik wird üblicherweise überwiegend in Nichtwohngebäuden angewendet. Aufgrund der dort häufig vorkommenden Bildschirmarbeit sind besondere Anforderungen an die Lichtverhältnisse in Büroräumen zu stellen. Die Bildschirmarbeitsplatzverordnung und Arbeitsstättenverordnung regeln diese Anforderungen. So muss beispielsweise der direkte Tageslichteinfall auf den Bildschirm bei Bedarf reduzierbar sein. Lenksysteme eignen sich dafür in besonderem Maße, da sie einfallendes Tageslicht umlenken. Gleichzeitig bleibt die Raumatmosphäre durch natürliches Licht erhalten.

Im privaten Wohngebäudebereich ist das Entwicklungspotenzial von Lichtlenksystemen aufgrund des geringeren Beleuchtungsbedarfs geringer. Zudem ist die Lichtlenktechnik zum Teil mit hohen Investitionskosten verbunden. Die Verbreitung der Technik ist in hohem Maße auch davon abhängig, wie sich energieeffizientes Kunstlicht entwickelt. Bei kostengünstigen LED-Beleuchtungssystemen werden Endverbraucher/-innen kaum in teure Lichtlenksysteme investieren.

Der Tageslichteinfall in Räume erfolgt in den meisten Fällen seitlich durch die Fenster. Die durch das Tageslicht erzeugte Beleuchtungsstärke, die am Fenster 2.000 bis 5.000 lx in der Horizontalen betragen kann, nimmt mit zunehmender Entfernung vom Fenster erheblich ab. In den letzten Jahren sind aus diesen Gründen Techniken entwickelt worden, die das Tageslicht tiefer in den Innenraum lenken.

Diese Lichtlenksysteme bieten die Möglichkeit, tiefer liegende Gebäudebereiche natürlich zu beleuchten, indem sie die Beleuchtungsstärke in der Raumtiefe erhöhen und damit für eine gleichmäßigere Ausleuchtung der Räume sorgen. Dadurch kann einerseits der Energieverbrauch durch die künstliche Beleuchtung deutlich gesenkt werden und andererseits insbesondere eine bessere Lichtqualität in der Raumtiefe erzielt werden.

Abb.: Beispiel für ein Lichtlenksystem, hier Lichtlenkjalousie im Oberbereich des Fensters eines Büroraumes



Quelle: © Haas-Arndt, D./Ranft, F

2. Überblick über Lichtlenksysteme

Lernziel

Darlegen der wesentlichen Systeme zur Lichtlenkung.

Schlagworte

Lichtumlenkung, Oberlicht, Lichtleitung, Lightpipes, Lichtkamine

Inhalt

Lichtlenksysteme unterscheiden sich hinsichtlich folgender Eigenschaften:

- Einbauart (außen, im Scheibenzwischenraum von Fenstern oder innen)
- Anordnung der Lichtlenkung (Dach, Fassade)
- Art der Lichtumlenkung (Reflexion, Brechung, Beugung)
- Steuerbarkeit

Als bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen kommen insbesondere außenliegende tageslichtlenkende Raffstores und innenliegende tageslichtlenkende Lamellenjalousien zum Einsatz.

Lichtlenkung kann auch über vorwiegend fest installierte Einrichtungen erfolgen, wie prismatische Systeme, holographisch-optische Systeme und Lichtschwerter.

Weiterhin kann Lichtlenkung auch innerhalb von „technisierten“ Glasscheiben erfolgen: Jalousien im Scheibenzwischenraum, Microsysteme basierend auf Raster- und Kapillarelementen sowie weitere technische Konzepte. Diese gibt es sowohl für vertikale Verglasungen wie Fenster, als auch für horizontale Verglasungen wie Oberlichter.

Lichtlenkungssysteme können weiterhin in direkte und indirekte Systeme unterschieden werden. Direkte Systeme lenken das Licht, indirekte Systeme leiten zusätzlich das Licht. Zu den letztgenannten gehören Heliostaten, Lightpipes und Lichtkamine.

Tab.: Überblick über Lichtlenksysteme

Direkte Lichtlenkungssysteme	Indirekte Lichtlenkungssysteme
Raffstores (Außenbereich)	Heliostaten
Jalousien (Innenbereich)	Lightpipes
Systeme im Zwischenfensterbereich	Lichtkamine
Prismensysteme	
Weitere Systeme mit geringer Verbreitung	

Quelle: Eigene Abbildung

3. Energieeffizienz von Lichtlenksystemen

Lernziel

Beschreiben der Einflüsse von Lichtlenksystemen auf die Energieeffizienz von Gebäuden.

Schlagworte

Lichtlenksystem, Tageslichtsteuerung, Energieeffizienz, Lichtquelle, Kunstlicht

Inhalt

Wesentliche Auswirkungen auf die Energieeffizienz von Gebäuden haben Lichtlenksysteme aufgrund der Einsparung von elektrischer Energie für die Beleuchtung mit Kunstlicht. Es kann durch die Einleitung von Tageslicht in das Gebäude die vorhandene künstliche Beleuchtung zum Teil ersetzen und dadurch elektrische Energie einsparen. Nebeneffekt dieser Einsparung ist die Verminderung von zusätzlichen Wärmeeinträgen durch die künstliche Beleuchtung.

Die möglichen Energieeinsparungen durch verminderten Kunstlichtbedarf lassen sich in der Praxis jedoch nur durch geregelte Kunstlichtbeleuchtung erreichen, das heißt wenn die entsprechenden Lichtquellen in Abhängigkeit vom eingeleiteten Tageslicht gesteuert werden.

Aufgrund der günstigen Kostenentwicklung von effizienten Beleuchtungstechnologien wie LEDs (Licht-emittierende Dioden), können mit Hilfe der Lichtlenktechnik und in Folge der verstärkten Tageslichtnutzung in Kombination mit der künstlichen LED-Beleuchtung hocheffiziente Beleuchtungssysteme für Gebäude realisiert werden.

Praxiserfahrungen zeigen auch, dass Energieeinspareffekte von Lichtlenksystemen von einer Vielzahl von Einflussfaktoren abhängig sind und daher einzeln zu untersuchen sind. Dazu sind in der Regel der Einsatz von Simulationsprogrammen bzw. dynamische Tageslichtberechnungsprogramme erforderlich.

4. Raffstores zur Lichtlenkung

Lernziel

Beschreiben der Funktion von Raffstores zur Lichtlenkung.

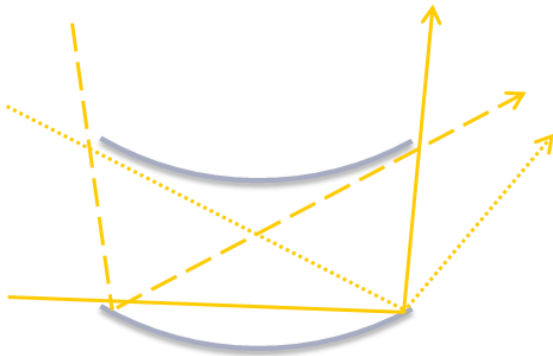
Schlagworte

Raffstore, Blendschutz, Oberlicht, Lamelle

Inhalt

Raffstores (Einzahl: Raffstore, der) sind Lamellensysteme für den Außenbereich der Fenster. Sie werden auch als Außenjalousien bezeichnet. Die Lamellen sind einfahrbar und somit auch beweglich. Soll neben dem Blendschutz auch eine Lichtlenkung ermöglicht werden, so werden gewölbte Raffstores im Fenster-Oberlicht eingesetzt. Zusätzlich dazu wird die restliche Fensterfläche mit individuell verstellbaren Raffstores als Blendschutz verschattet. Die Lichtlenkung erfolgt an der Raumdecke, von wo aus das direkte Sonnenlicht in den Raum gestreut wird. Das diffuse Tageslicht gelangt durch die Fensterfläche in den Raum.

Abb.: Funktionsprinzip einer Lichtlenklamelle in einem Raffstore



Quelle: Eigene Abbildung

Am Markt sind Raffstores-Systeme mit oder ohne automatische Steuerung erhältlich. Größter Vorteil gegenüber innenliegenden Systemen besteht in der Wärmereflektion, das heißt die Wärmestrahlung gelangt nicht durch die Umlenkung des direkten Lichts in den Raum. Durch die Außenmontage ist die Verschmutzung wiederum der Nachteil dieses Systems, eine regelmäßige Reinigung ist hier erforderlich. Weiterhin sind Raffstores ab einer bestimmten Gebäudehöhe aufgrund der höheren Windlasten nur noch eingeschränkt einsetzbar. Bei sehr hohen Gebäuden erfolgt der verstärkte Einsatz von innenliegenden oder Zwischenfenster-Lichtlenklamellen.

Tab.: Vor- und Nachteile von Raffstores

Vorteile	Nachteile
Kaum Wärmeeinleitung	Verschmutzungsneigung
Niedrige Kosten	Windanfälligkeit

Quelle: Eigene Abbildung

5. Lichtlenkjalousien für den Innenbereich

Lernziel

Beschreiben der Funktion von Lichtlenkjalousien für den Innenbereich zur Lichtlenkung.

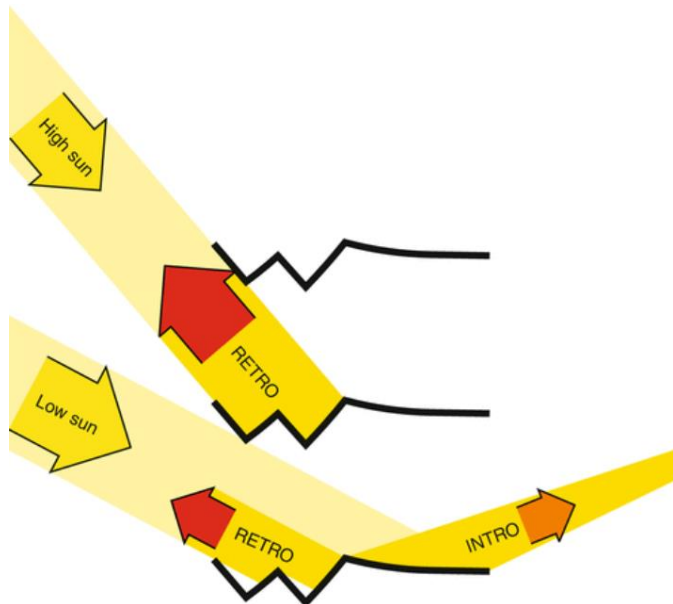
Schlagworte

Lichtlenkjalousien, Tageslicht, Sonnenlicht, Oberlicht, Lamellen, Jalousie, Tageslichtquotient

Inhalt

Lichtlenkjalousien im Innenbereich sind analog zu Raffstores mit Lichtlenkwirkung. Sie werden jedoch von innen an vorhandene Fensteroberlichter montiert. Die nach oben konkaven Lamellen werden zumeist aus Aluminium gefertigt und reflektieren das Licht an die Decken des Raumes.

Abb.: Funktionsprinzip einer Lichtlenkjalousie für den Innenbereich



Quelle: RETROSolar

Lichtlenkjalousien, die im unteren Bereich eines Fensters montiert werden, sind auch verfügbar, hier sind die Lamellen nicht gebogen und fast waagrecht angeordnet. Durch diese Anordnung kann diffuses Tageslicht ungehindert in die Räume gelangen, direkte Sonnenstrahlung, welche steil einfällt, wird nach außen reflektiert und flach einfallende Sonnenstrahlung an die Raumdecke. Durch diese Konstruktion kann wesentlich mehr Licht in die Räume geleitet und der Tageslichtquotient erhöht werden als durch Lamellensysteme im Oberlicht. Diese Lösungen werden bevorzugt dort eingesetzt, wo Raffstores im Außenbereich nicht möglich sind. Solche Systeme sind auch mit automatischer Steuerung erhältlich.

Tab.: Vor- und Nachteile von Lichtlenkjalousien für den Innenbereich

Vorteile	Nachteile
Kaum verschmutzungsanfällig	Erhöhte Wärmeeinleitung
Niedrige Kosten	
Ggf. über die ganze Fensterhöhe einsetzbar	

Quelle: Eigene Abbildung

6. Lichtlenkung innerhalb von Fenstern

Lernziel

Beschreiben der Funktion von Lichtlenksystemen innerhalb von Fenstern.

Schlagworte

Jalousie, Sonnenschutzraster, Kapillargläser, Isolierfenster, Isolierglasscheibe

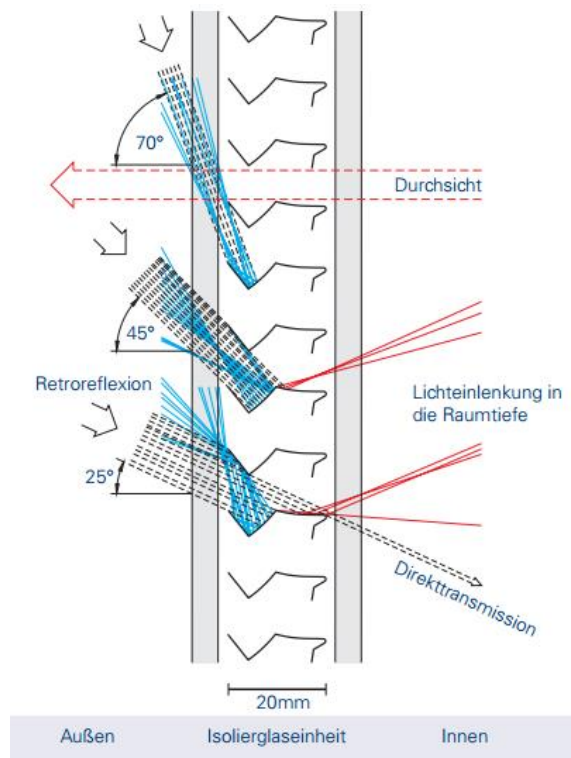
Inhalt

Lichtlenksysteme, die innerhalb von Isolierfenstern angebracht sind, haben verschiedene Vorteile. Diese Systeme sind konstruktionsbedingt vor Windlasten und vor Verschmutzung geschützt, direkte Sonnenstrahlung und Wärme gelangen nicht in die Räume. Zu den wesentlichen Nachteilen gegenüber außen- oder innenliegenden Systemen zählen die höheren Kosten sowie der hohe Aufwand bei Wartung und Reparatur, da zumeist das gesamte Fenster ausgetauscht werden muss. Gängige Systeme im Scheibenzwischenraum sind neben Jalousien auch Sonnenschutzraster und Kapillargläser.

Jalousien

Bewegliche – automatisch und manuell verstellbare - als auch starre Jalousiesysteme sind die am weitesten verbreiteten Systeme zur Lichtlenkung im Scheibenzwischenraum. Die Funktionsweise entspricht dabei innenliegenden Lichtlenklamellen. Jalousiesysteme können meistens nicht gerafft, also hoch- bzw. runtergefahren werden. So verringert sich bei diffusem Tageslicht der Lichteintrag in den Innenraum erheblich, was auch der wesentliche Nachteil dieser Systeme ist.

Abb.: Funktionsprinzip einer Lichtlenklamelle innerhalb von Isolierglasscheiben



Quelle: RETROSolar

Tab.: Vor- und Nachteile von Jalousien innerhalb von Isolierglasfenstern

Vorteile	Nachteile
Keine Verschmutzungsanfälligkeit	Hohe Kosten
Keine Wärmeeinleitung in den Innenraum	Höherer Reparaturaufwand
	Starre Systeme bei indirektem Licht wenig effektiv

Quelle: Eigene Abbildung

Micro-Sonnenschutzraster

Micro-Sonnenschutzraster haben die Eigenschaft, die Wärmestrahlung zusammen mit einem Großteil des direkten Sonnenlichts zu reflektieren, während diffuses Tageslicht und direktes Sonnenlicht nur aus bestimmten Richtungen durchgelassen und somit dessen Blendwirkung minimiert wird. Diese Eigenschaften werden durch die Formgebung und Ausrichtung des Sonnenschutzrasters realisiert.

Micro-Sonnenschutzraster werden zumeist spezifisch für bestimmte geografische Breiten / Lagen und bauliche Gegebenheiten gefertigt und hochverspiegelt. Durch die getrennt hergestellten Einzelkomponenten wie Fenstergläser und Rasterelemente (s.g. Inletts) ist die freie

Kombination dieser Komponenten unterschiedlicher Ausführungen möglich, so dass verschiedene Anforderungen erfüllt werden können.

Tab.: Vor- und Nachteile von Micro-Sonnenschutzraster innerhalb von Isolierglasfenstern

Vorteile	Nachteile
Keine Verschmutzungsanfälligkeit	Hohe Kosten
Keine Wärmestrahlung ins Rauminnere	Höherer Reparaturaufwand
	Keine Regulierbarkeit
	Keine Durchsichtigkeit

Quelle: Eigene Abbildung

Kapillargläser

Kapillargläser dienen der Lichtstreuung und nicht einer gezielten Lichtlenkung. Fenster mit Kapillargläsern sind nicht mehr durchsichtig. Für solche Systeme werden Kapillareinlagen zwischen die Glasscheiben eingebracht. Diese Einlagen sind zumeist Hohlkammerstrukturen aus besonders lichtdurchlässigem Kunststoff, wodurch eine Lichttransmission von ca. 80% erreicht wird. Häufig kommen solche Kapillargläser, kombiniert mit einer Sonnenschutzfunktion auf der Außenseite in Oberlichtern zum Einsatz.

Tab.: Vor- und Nachteile von Kapillargläsern innerhalb von Isolierglasfenstern

Vorteile	Nachteile
Keine Verschmutzungsanfälligkeit	Hohe Kosten
Seitliche Lichtlenkung	Höherer Reparaturaufwand
	Keine Regulierbarkeit
	Keine Durchsichtigkeit

Quelle: Eigene Abbildung

7. Prismensysteme

Lernziel

Beschreiben der Funktion von Prismensystemen zur Lichtlenkung.

Schlagworte

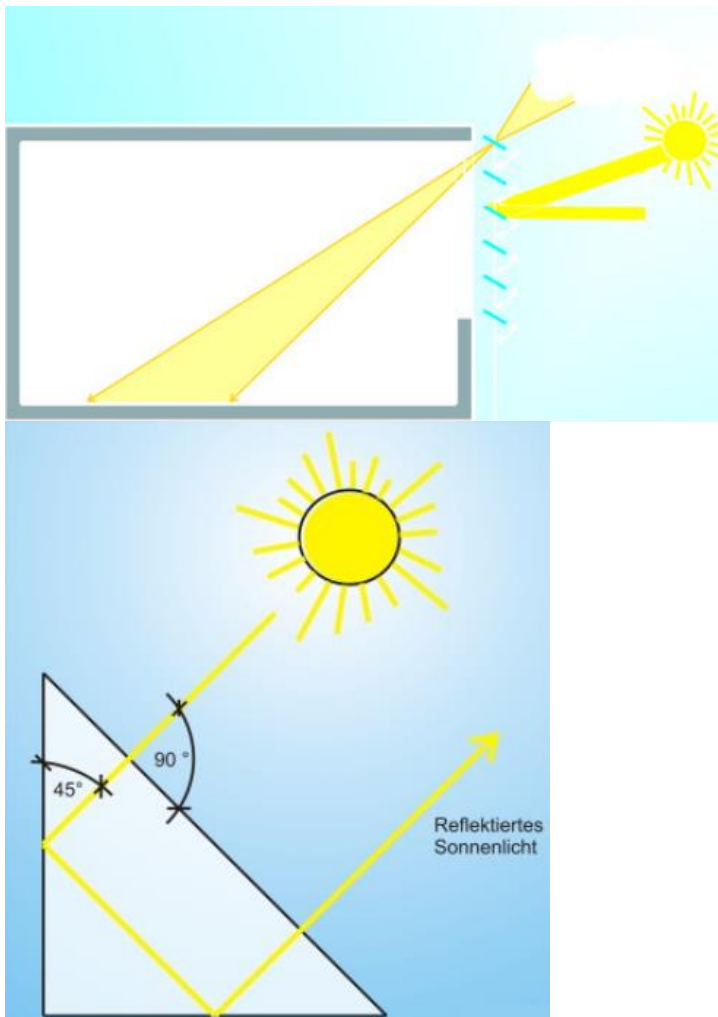
Prismensystem, Nachführung, Acrylglas, g-Wert, Energiedurchlassgrad

Inhalt

Prismensysteme reflektieren direktes Sonnenlicht und lassen nur diffuses Tageslicht bzw. durch die Prismen „gebrochenes“ Licht in den Innenraum. Die Elemente sind an der Außenseite glatt, während die innen liegende Seite prismatische Strukturen aufweist. Diese Systeme weisen vorteilhafte Energiedurchlassgrade (g-Wert) auf. Der g-Wert gibt an, wie viel Energie von der Sonnenstrahlung durch die Verglasung von außen in den Raum eindringt und dort zur Erwärmung des Raumes beiträgt.

Der Einsatz von Prismensystemen ist sehr flexibel. Sie können vor oder hinter Fassadenelementen der Verglasung angebracht werden oder auch geschützt und fast wartungsfrei im Scheibenzwischenraum. Es sind sowohl starre als auch bewegliche Elementkonstruktionen möglich, wobei bewegliche, automatisch dem Sonnenstand nachgeführte Systeme besonders wirksam sind. Um einfallendes direktes Sonnenlicht zu reflektieren, muss dieses senkrecht auf die Prismen fallen, was wiederum tages- und jahreszeitabhängig ist.

Abb.: Funktionsprinzip von Prismensystemen



Quelle: © Haas-Arndt, D./Ranft, F

Die optimale Funktion von Prismensystemen ist nur im Zusammenspiel mit automatischen Steuerungen und Verstellmechanismen erzielbar, daher sind Prismensysteme sehr kostenintensiv. Prismensysteme sind auch für Deckenglaskonstruktionen verfügbar. Bei den hier dargestellten Ansätzen wird überwiegend hochtransparentes Acrylglas eingesetzt.

Tab.: Vor- und Nachteile von Prismensystemen

Vorteile	Nachteile
Lassen nur diffuses Licht durch	Hohe Kosten
Variabel einsetzbar	Hohe Materialaufwendungen
	Ggf. Blendwirkung durch diffuses Licht

Quelle: Eigene Abbildung

8. Weitere Systeme zur Lichtlenkung

Lernziel

Aufzählen von weiteren Systemen zur Lichtlenkung.

Schlagworte

Polyvinylstränge, holographisch-optische Elemente, Lichtschwerter

Inhalt

Polyvinylstränge

Polyvinylstränge gehören zu den Systemen, die in Fensterscheiben (Verbundglas) verbaut sind. Diese Stränge werden dabei stapelförmig geschichtet und sind nicht transparent. Sie finden daher vorrangig Anwendung in Oberlichtern. Die Lichtlenkung erfolgt vertikal als auch horizontal und bietet als großen Vorteil die Einleitung von Sonnenlicht bei allen Sonnenständen, also unabhängig vom Einfallswinkel der Sonnenstrahlung, ohne dass ein Verstellen der Lichtlenkelemente erforderlich ist.

Tab.: Vor- und Nachteile von Polyvinylsträngen

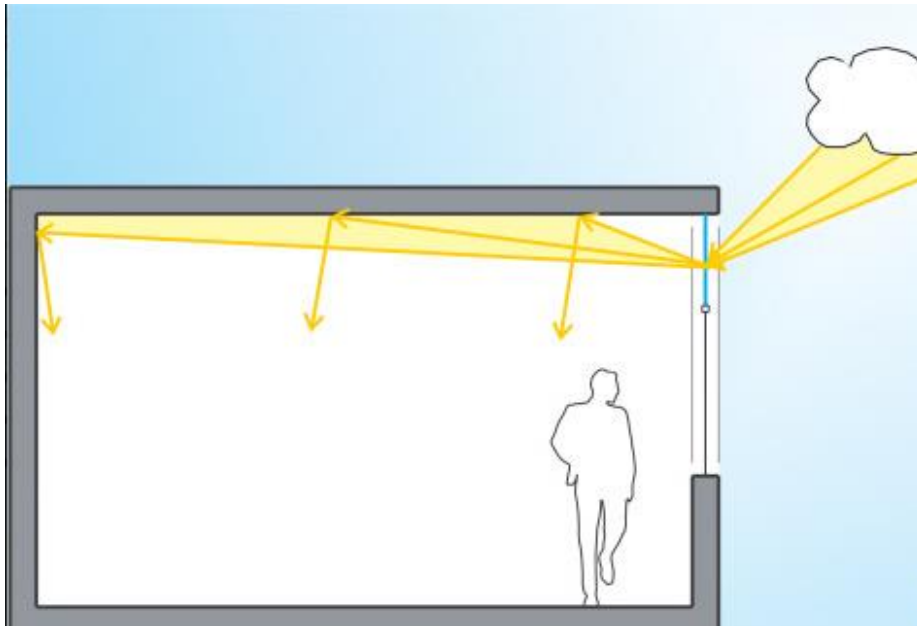
Vorteile	Nachteile
Keine Verschmutzungsanfälligkeit	Hohe Kosten
Seitliche Lichtlenkung	Höherer Reparaturaufwand
	Keine Regulierbarkeit
	Keine Durchsichtigkeit

Quelle: Eigene Abbildung

Holographisch-optische Elemente (HOE)

Ähnlich wie Polyvinylstränge sind die holographisch-optischen Elemente sehr dünne Folien, die auch in Verbundglas oder Glaslamellen verbaut und somit vor Witterungseinflüssen geschützt sind. Die Herstellung erfolgt mittels Laser-Belichtung eines sogenannten holographischen Films. HOEs funktionieren ähnlich wie Prismen oder Spiegel, jedoch auf einer mikroskopischen Skala. Dabei tritt der Effekt ein, dass durch die holographisch-optischen Strukturen nur bestimmte Wellenlängenbereiche des Lichts gebeugt werden, während Licht anderer Wellenlängen durchgelassen wird, wodurch eine sehr selektive Lichtbeugung möglich ist. Die Lichtlenkelemente erscheinen dadurch transparent.

Abb.: Holographisches Element im seitlichen Oberlicht einer Glasscheibe



Quelle: © Haas-Arndt, D./Ranft, F

Durch diese Selektivität wird auch die Umlenkung diffusen Tageslichts ermöglicht, was ein Alleinstellungsmerkmal dieser Systeme darstellt. Nachteilig wirkt sich aufgrund des gleichen Umstandes aus, dass durch die hohe Transparenz eine übermäßige Wärmeenergieeinleitung in den Raum möglich wird und es zu Blendungen kommen kann. Der Einsatz dieser Systeme erfolgt daher vorwiegend an Nordfassaden und in stark verbauten Lagen, ist aber auch aufgrund hoher Kosten im Einsatz limitiert.

Tab.: Vor- und Nachteile von Holographisch-optischen Elementen

Vorteile	Nachteile
Reflexion von direktem Sonnenlicht	Hohe Kosten
Hoher Durchlass von diffussem Licht	Ggf. hohe Wärmeeinleitung in Räume
	Keine Regulierbarkeit
	Ggf. Blendungen

Quelle: Eigene Abbildung

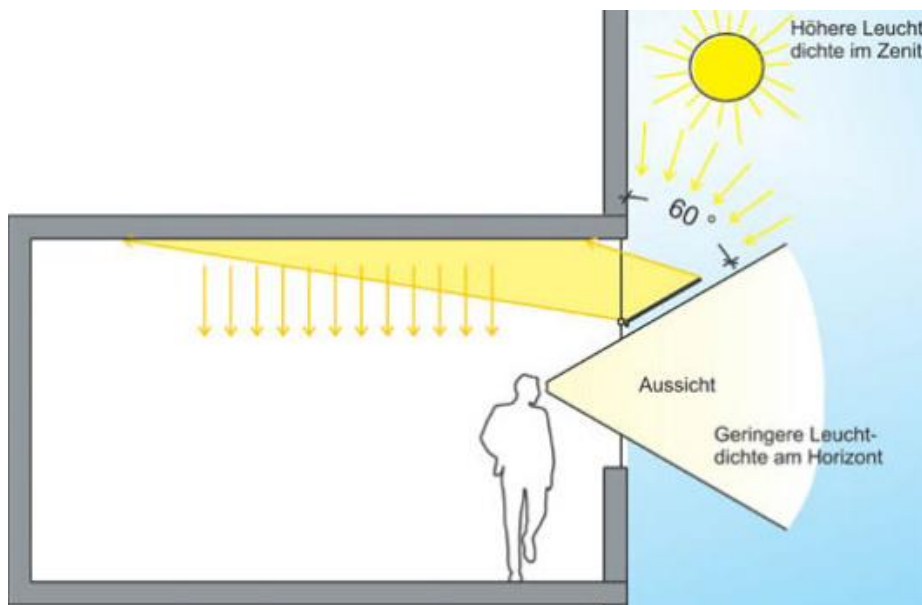
Lichtschwerter

Als Lichtschwerter (gebräuchlich ist auch die englische Bezeichnung „lightshelves“) werden Lamellen bezeichnet, welche als Elemente waagrecht oder schräg vor Fassaden angebracht sind. Die Montage der Lichtschwerter erfolgt am Oberlicht und reflektiert so das direkte Sonnenlicht an die Raumdecke. Die Ausrichtung der Elemente orientiert sich überwiegend am Sonnenhöchststand.

Die Vorteile von Lichtschwertern liegen in der höheren Windangriffsstabilität (z.B. verglichen mit Raffstores) und der Lenkung von sowohl diffusem als auch direktem Licht, was auch die Anbringung und damit die Ausleuchtung von Räumen mit ungünstiger Himmelsausrichtung ermöglicht. Nachteilig sind die nur sehr begrenzten Ausrichtungsmöglichkeiten in Abhängigkeit von Sonnenstand und Jahreszeit, so dass Blendung und übermäßige Wärmeentwicklung im Innenraum nicht immer verhindert werden können. Aufgrund der weitverbreiteten Metallbauweise kommt es zu Verschattungseffekten und somit zur Verminderung des Tageslichteinfalls in Innenräume. Außerdem müssen die Elemente regelmäßig gereinigt werden, um das Reflektionsvermögen zu erhalten.

Da der Schutz vor Blendung und direkter Sonnen- und somit Wärmestrahlung begrenzt ist, müssen kombinierte Lösungen mit zusätzlichen Systemen realisiert werden. Insgesamt ist die Marktdurchdringung sehr begrenzt, auch aufgrund der relativ hohen Herstellungskosten.

Abb.: Prinzipskizze eines Lichtschwerter



Quelle: © Haas-Arndt, D./Ranft, F

Tab.: Vor- und Nachteile von Lichtschwertern

Vorteile	Nachteile
Gute Lenkung auch von diffusem Licht	Hohe Kosten
	Ggf. hohe Wärmeeinleitung in Räume
	Keine Regulierbarkeit
	Hohe Materialaufwendungen
	Verschmutzungsanfällig

Quelle: Eigene Abbildung

9. Lichtleitung durch Heliostaten

Lernziel

Beschreiben der Funktion von Heliostaten zur Lichtlenkung.

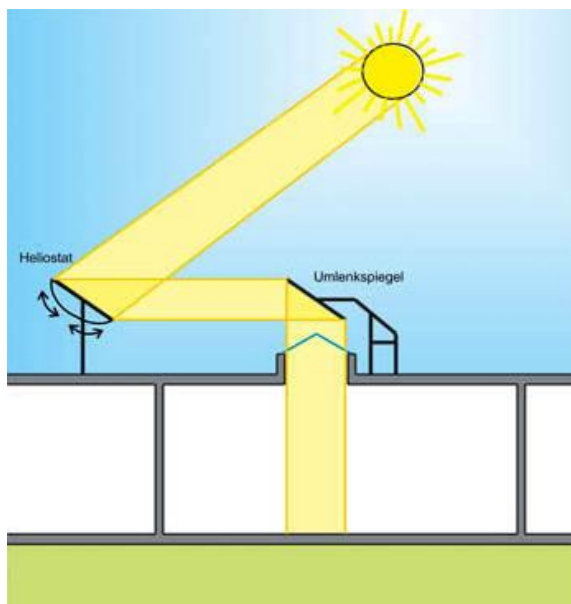
Schlagworte

Lichtleitung, Heliostat, Spiegel, Primärspiegel, Empfangsspiegel, Nachführung

Inhalt

Heliostaten lenken das Sonnenlicht zum Teil mehrfach mittels verschiedener Spiegel um und leiten das Licht so in Bereiche in die auf natürlichem Weg kein oder kaum Tageslicht einfällt, zum Beispiel fensterlose Räume. Am effektivsten funktionieren Heliostaten mit direktem Sonnenlicht. Diffuses Tageslicht wird kaum in nennenswertem Umfang um- bzw. eingeleitet. Die Primär- bzw. Empfangsspiegel, welche als erste das Sonnenlicht umlenken, werden dem Sonnenstand fast ausnahmslos nachgeführt. Die ggf. nachfolgenden Spiegel lenken das einfallende Licht annähernd verlustfrei weiter.

Abb.: Funktionsprinzip einer Heliostatenanlage



Quelle: © Haas-Arndt, D./Ranft, F

Der Wartungsaufwand für Heliostatenanlagen ist verhältnismäßig hoch, was die Spiegelreinigung und der Nachführvorrichtung geschuldet ist – insbesondere der Empfangsspiegel benötigt eine präzise Nachführung. Hauptanwendungsumgebungen bilden Bürogebäude und öffentliche Gebäude. Für private Anwendungen und kleinere Gebäude sind sogenannte Lichtkamine passender, aufgrund von deutlich geringeren Kosten und einfacherer technischer Umsetzung.

Tab.: Vor- und Nachteile von Heliostaten

Vorteile	Nachteile
Gute Lenkung von Sonnenlicht	Hohe Kosten
Regulierbarkeit/ Steuerbarkeit	Kaum Leitung von diffusem Licht
	Verschmutzungsanfällig
	Präzise Nachführung nötig
	Komplexe Steuerung

Quelle: Eigene Abbildung

10. Lichtkamine

Lernziel

Beschreiben der Funktion von Lichtkaminen zur Lichtlenkung.

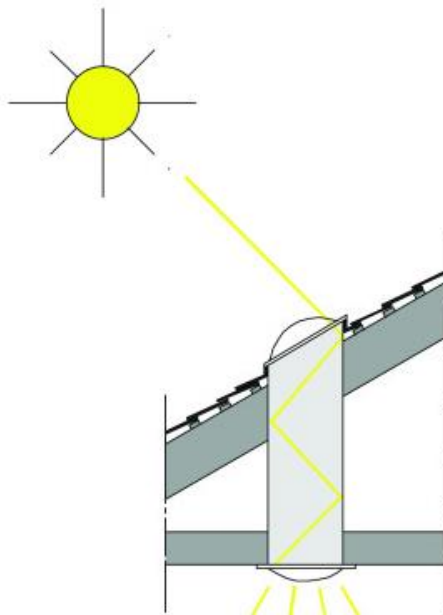
Schlagworte

Lichtleitung, Lichtkamin, Hohllichtleiter, Lichtbündelung, Lichtsammler, Lichtauslass

Inhalt

Lichtkamine basieren auf der Einkopplung von zuvor gebündeltem Tageslicht in weiterleitende Hohllichtleiter. Auch sie dienen der Lichtleitung/ -lenkung in fensterlose Räumen. Lichtkamine bestehen, im Wesentlichen aus vier Komponenten. Zum Lichtbündeln kommen Linsen zum Einsatz und bilden zusammen mit (Acryl-)Glaskuppeln den Lichtsammler. Die Hohllichtleiter als starre oder auch begrenzt flexible Rohre basieren auf der Reflektion des eingeleiteten Lichts an den hochreflektierenden Hohllichtleiterwänden. Das Licht wird dann an lichtstreuenden Lichtauslässen in den Innenräumen wieder ausgeleitet.

Abb.: Funktionsprinzip eines Lichtkamins



Quelle: © Haas-Arndt, D./Ranft, F

Bei der Verwendung von flexiblen/biegsamen Lichtleitrohren müssen etwas verminderte Reflexionsgrade toleriert werden. Weitere mindernde Faktoren der Lichtleitung bilden die Reflexionsfähigkeit der inneren Rohrbeschichtung und die Länge des lichtleitenden Systems. Grundsätzlich gilt, je weiter die leitende Strecke ist, desto größer muss der Durchmesser des Lichtkamins ausfallen. Weiterleitungen von ca. 5 m sind bei Durchmessern bis ca. 40 cm mit geringem Verlust möglich. Aber auch Reichweiten von bis zu 20 m sind mit entsprechend größeren Durchmessern realisierbar.

Lichtkamine können auch mit Heliostaten kombiniert werden, welche direktes Sonnenlicht in die Lichtkamine umlenken, oder auch – während der Nacht – mit künstlicher Beleuchtung betrieben werden.

Tab.: Vor- und Nachteile von Lichtkaminen

Vorteile	Nachteile
Kombinierbar mit künstlichem Licht	Kosten
Ohne aktive Elemente	Kaum Leitung von diffusem Licht

Quelle: Eigene Abbildung

11. Lightpipes

Lernziel

Beschreiben der Funktion von Lightpipes zur Lichtlenkung.

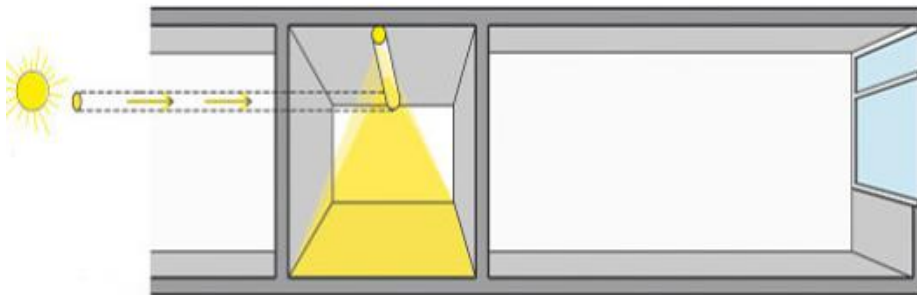
Schlagworte

Lichtleitung, Lightpipes, Fresnel-Linse, Prismenfolie, Lichtverteilung

Inhalt

Lightpipes sind verglichen mit Lichtkaminen auch für die Weiterleitung von Tageslicht über größere Entfernungen geeignet. Dabei sind sie als längere Röhrenleuchten konzipiert, das heißt die Ausleitung im Innenraum erfolgt im Gegensatz zu Lichtkaminen nicht räumlich begrenzt sondern über einen größeren Raumumfang. Die Befestigung in Innenräumen erfolgt zu meist an der Raumdecke.

Abb.: Schematische Darstellung der Lichteinlenkung mittels Lightpipes in einen fensterlosen Raum



Quelle: © Haas-Arndt, D./Ranft, F

Die Lichteinleitung auf der Außenseite erfolgt über sogenannte Fresnel-Linsen und die Umleitung ähnlich wie bei Lichtkaminen über Lichtröhren, welche auch hochreflektiv, aber zugleich transparent sind. Verwendung finden für diese kombinierte Funktion Prismenfolien, welche Lichttransport und -verteilung zugleich übernehmen. Lightpipes funktionieren allerdings effektiv nur bei direktem Sonnenlicht. In den meisten Fällen werden künstliche Lichtquellen eingebunden, welche eine ausreichende Beleuchtungsstärke bei wechselnden Bedingungen gewährleisten. Die bauliche Umsetzung ist noch begrenzt.

Tab.: Vor- und Nachteile von Lightpipes

Vorteile	Nachteile
Ohne aktive Elemente	Kosten
Lichttransport und - verteilung zugleich	Effektiv nur bei direktem Sonnenlicht
	Kaum Umsetzungen in der Praxis
	Künstliches Licht muss meistens eingebunden werden

Quelle: Eigene Abbildung

12. Zusammenfassung

Lichtlenkung dient dazu, die Nutzung des Tageslichts zu erweitern, indem das Licht gezielt in den Innenraum weitergeleitet wird. Die Systeme ermöglichen es, tiefer liegende Gebäudebereiche natürlich zu beleuchten, indem sie die Beleuchtungsstärke in der Raumtiefe erhöhen und damit für eine gleichmäßigere Ausleuchtung der Räume sorgen.

Lichtlenkungssysteme unterscheiden sich hinsichtlich Einbauart, Anordnung, Art der Lichtumlenkung und der Steuerbarkeit.

Tageslicht-Lenksysteme beeinflussen die Gebäude-Energieeffizienz durch eine Einsparung von elektrischem Strom für die Beleuchtung mit Kunstlicht. Jedoch kommt es bei einigen Systeme auch zu einer Wärmeeinleitung, die kompensiert werden muss.

Raffstores sind außenliegende Lammellensysteme, die Blendschutz und Lichtlenkung ermöglichen.

Lichtlenkjalousien im Innenbereich sind Lammellensysteme für die Innenmontage; sie können direktes Licht reflektieren und umlenken und diffuses Licht durchlassen.

Lenksysteme innerhalb von Isolierglasfenstern sind geschützt vor Verschmutzung und Windlasten, sind aber aufwändig in der Wartung und Reparatur. Gebräuchlich sind Jalousien, Micro-Sonnenschutzraster und Kapillargläser.

Prismensysteme können im Außen-, Innen- und Zwischenfensterscheibenbereich eingesetzt werden und reflektieren direktes Licht, während sie diffuses Tageslicht durchlassen. Optimale Wirkung erzielen sie mit automatischer Nachführung.

Weitere Systeme mit geringer Marktverbreitung umfassen Polyvinylstränge, Holographisch-optische Elemente (HOE) und Lichtschwerter.

Heliostaten gehören zu den Lichtleitsystemen und lenken mittels Spiegel Licht in Innenräume ohne Tageslichtversorgung. Es erfolgt eine automatische Steuerung der Spiegel in Abhängigkeit vom Sonnenstand.

Lichtkamine bündeln mittels s.g. Lichtsammler Tageslicht und leiten dieses durch Hohllichtleiter in Innenräume.

Lightpipes leiten Tageslicht über größere Strecken in Innenräume und leiten dieses weiträumiger in den Räumen aus.

Quellenverzeichnis

- BAUA 2015: Tageslichtnutzung und Sonnenschutzmaßnahmen an Büroarbeitsplätzen.
Erarbeitung eines Informationsmaterials
http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/F2122.pdf;jsessionid=D3CC11F83BB142147A87B5D5E242E707.1_cid343?__blob=publicationFile&v=6; Zugriff 12. Februar 2016
- BauNetz Wissen o.J.: Lichtlenk/ -leitsysteme. Online:
http://www.baunetzwissen.de/index/Tageslicht-Lichtlenk-_Lichtleitsysteme_37346.html .
Zugriff 12. März 2016.
- BBR.BUND: 2007. Gesundes Wohnen Online:
http://www.bbr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/KostenguenstigQualitaetsbewusstBauen/Downloads/GesundesWohnen.pdf?__blob=publicationFile&v=2. Zugriff 15. Februar 2016
- BMJV:2015. Bildschirmarbeitsverordnung. Online: <https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bildscharbv/gesamt.pdf>. Zugriff 16. Februar 2015
- DGUV: 2006. Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten. Teil 1. Online:
http://officeabc.de/wp-content/2010/06/bgr-131-1-beleuchtung_von_arbeitsstatten.pdf.
Zugriff 27. Januar 2016
- Dial 2016: Tageslicht – künstlich genauso gut wie natürlich?
<http://www.dial.de/DIAL/de/seminare/blog/licht/tageslicht-kuenstlich-genauso-gut-wie-natuerlich.html>; Zugriff 01. März 2016
- Öko-Institut 2012: Dehoust, Günter; Gebhardt, Peter: PROSA Tageslichtlenksystem – Entwicklung der Vergabekriterien für ein klimaschutzbezogenes Umweltzeichen. Berlin November 2012. Online: <http://www.oeko.de/oekodoc/1602/2012-457-de.pdf>. Zugriff: 09.06.16
- Schwarzer 2009: Schwarzer, Klemens ; Götsche, Joachim ; Jellinghaus, Sabine.
Farblichtstudie : Beleuchtung mit gesteuertem Farblicht - Untersuchung und Optimierung von Systemen zur Farblichtsteuerung. Jülich 2006. Online: <http://www.bocom-farblicht.de/catalog/downloads/Farblichtstudie.pdf>

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

- Kapitel 1: Abb.: Lichtlenksystem als Lichtlenkjalousie im Oberbereich eines Bürofensters: Haas-Arndt, D./Ranft, F. (2006): Tageslichttechnik in Gebäuden. Verlag C.F. Müller, Heidelberg. Hrsg.: Energieagentur NRW
- Kapitel 4: Abb.: Funktionsprinzip einer Lichtlenklamelle in einem Raffstore zur Tageslichtlenkung: Eigene Darstellung
- Kapitel 5: Abb.: Funktionsprinzip einer Lichtlenkjalousie für den Innenbereich, die auch in unteren Fensterbereichen eingesetzt werden kann: © RETROSolar Gesellschaft für Tageslichtsysteme mbH. Patentinhaber Dr.-Ing. Helmut Köster, Köster Lichtplanung, Frankfurt am Main
- Kapitel 6: Abb.: Funktionsprinzip einer Lichtlenklamelle innerhalb von Isolierglasfenstern: © RETROSolar Gesellschaft für Tageslichtsysteme mbH. Patentinhaber Dr.-Ing. Helmut Köster, Köster Lichtplanung, Frankfurt am Main
- Kapitel 7: Abb.: Funktionsprinzip von Prismensystemen: Haas-Arndt, D./Ranft, F. (2006): Tageslichttechnik in Gebäuden. Verlag C.F. Müller, Heidelberg. Hrsg.: Energieagentur NRW
- Kapitel 8: Abb.: Holographisches Element im seitlichen Oberlicht einer Glasscheibe: Haas-Arndt, D./Ranft, F. (2006): Tageslichttechnik in Gebäuden. Verlag C.F. Müller, Heidelberg. Hrsg.: Energieagentur NRW
- Kapitel 8: Abb.: Prinzipskizze eines Lichtschwerts: Haas-Arndt, D./Ranft, F. (2006): Tageslichttechnik in Gebäuden. Verlag C.F. Müller, Heidelberg. Hrsg.: Energieagentur NRW
- Kapitel 9: Abb.: Funktionsprinzip einer Heliostatenanlage: Haas-Arndt, D./Ranft, F. (2006): Tageslichttechnik in Gebäuden. Verlag C.F. Müller, Heidelberg. Hrsg.: Energieagentur NRW
- Kapitel 10: Abb.: Funktionsprinzip eines Lichtkamins: Haas-Arndt, D./Ranft, F. (2006): Tageslichttechnik in Gebäuden. Verlag C.F. Müller, Heidelberg. Hrsg.: Energieagentur NRW
- Kapitel 11: Abb.: Schematische Darstellung der Lichteinlenkung mittels Lightpipes in einen fensterlosen Raum: Haas-Arndt, D./Ranft, F. (2006): Tageslichttechnik in Gebäuden. Verlag C.F. Müller, Heidelberg. Hrsg.: Energieagentur NRW
- Kapitel 2: Tab.: Überblick über Lichtlenksysteme: Eigene Darstellung
- Kapitel 4: Tab.: Vor- und Nachteile von Raffstores: Eigene Darstellung
- Kapitel 5: Tab.: Vor- und Nachteile von Lichtlenkjalousien für den Innenbereich: Eigene Darstellung
- Kapitel 6: Tab.: Vor- und Nachteile von Jalousien innerhalb von Isolierglasfenstern Eigene Darstellung
- Kapitel 6: Tab.: Vor- und Nachteile von Micro-Sonnenschutzraster innerhalb von Isolierglasfenstern Eigene Darstellung
- Kapitel 6: Tab.: Vor- und Nachteile von Kapillargläsern innerhalb von Isolierglasfenstern Eigene Darstellung

Kapitel 7: Tab.: Vor- und Nachteile von Prismensystemen: Eigene Darstellung

Kapitel 8: Tab.: Vor- und Nachteile von Polyvinylsträngen: Eigene Darstellung

Kapitel 8: Tab.: Vor- und Nachteile von Holographisch-optischen Elementen: Eigene Darstellung

Kapitel 8: Tab.: Vor- und Nachteile von Lichtschwertern: Eigene Darstellung

Kapitel 9: Tab.: Vor- und Nachteile von Heliostaten: Eigene Darstellung

Kapitel 10: Tab.: Vor- und Nachteile von Lichtkaminen: Eigene Darstellung

Kapitel 11: Tab.: Vor- und Nachteile von Lightpipes: Eigene Darstellung

Glossar

Durchlassungsgrad: Der Gesamtenergie-Durchlassungsgrad gibt an, wie viel Strahlung durch die Verglasung von außen in den Raum eindringt und diesen aufheizt.

Natürliches Tageslicht: ist das diffuse Himmelslicht oder das direkte Sonnenlicht.

Tageslichtquotient [D] ist das Verhältnis der Beleuchtungsstärke in einem Punkt einer gegebenen Ebene, die durch direkt und/oder indirekt einfallendes Himmelslicht bei angenommener oder bekannter Leuchtdichtevertelung des Himmels erzeugt wird, zur gleichzeitig vorhandenen Horizontalbeleuchtungsstärke im Freien bei unverbauteer Himmelshalbkugel. Die durch direktes Sonnenlicht bewirkten Anteile beider Beleuchtungsstärken bleiben unberücksichtigt. Der Tageslichtquotient ist eine Verhältniszahl, ausgedrückt in Prozent.

Impressum



Partner des Verbundprojekts:

Smart Learning – Medieneinsatz in der handwerklichen Weiterbildung

- Bildungs- und Technologiezentrum (BTZ) der Handwerkskammer Berlin
- Fraunhofer-Institut für offene Kommunikationssysteme (FOKUS), Berlin
- Beuth-Hochschule für Technik, Berlin
- IZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH, Berlin

Das diesem Material zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01PD14002A-D gefördert.

Diese Lerneinheit darf weder ganz noch teilweise ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form reproduziert oder sonst veröffentlicht werden.

Diese Lerneinheit wurde mit äußerster Sorgfalt bearbeitet, Herausgeber und Autor/-innen können für den Inhalt jedoch keine Gewähr übernehmen.

Herausgeber

Bildungs- und Technologiezentrum (BTZ) der Handwerkskammer Berlin, Mehringdamm 14, 10961 Berlin

IZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Schopenhauerstraße 26, 14129 Berlin

Autor/-innen

Lerneinheit:

IZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Schopenhauerstraße 26, 14129 Berlin; Michael Scharp und Christian Kamburow; Tel.: +49 (0)30/803088-14, E-Mail: m.scharp@izt.de

E-Book und Screencast:

IZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH, Michael Scharp und Katrin Ludwig, Schopenhauerstraße 26, 14129 Berlin, Tel.: +49 (0)30-803088-14, E-Mail: m.scharp@izt.de