

# RAUM FÜR TAGESLICHT

EIN LEITFADEN ZUR GESTALTUNG  
EINES GESUNDEN GEBÄUDES



EIN LEITFADEN ZUR GESTALTUNG EINES GESUNDEN GEBÄUDES

Veröffentlicht von VELUX A/S  
Layout und Produktion: VELUX A/S  
Fotograf: Adam Mørk, Jesper Jørgensen u. a.  
Ausgabe: 1. Ausgabe

Papier:  
Inhalt: Munken Lynx, 170 g/m<sup>2</sup>  
Einband: fester Leineneinband mit Prägung  
Drucklegung 2018

Alle Rechte vorbehalten. Ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Herausgebers darf kein Abschnitt dieses Buchs vervielfältigt, in einem Datenabrufsystem gespeichert oder in beliebiger Form bzw. durch beliebige Mittel weitergegeben werden.

VELUX A/S  
Ådalsvej 99  
DK-2970 Hørsholm  
HYPERLINK: „<http://www.velux.com>“ [www.velux.com](http://www.velux.com)

© 2018 VELUX GRUPPE  
© VELUX und das VELUX Logo sind eingetragene Marken, die von der VELUX Gruppe unter Lizenz verwendet werden.

# RAUM FÜR TAGESLICHT

EIN LEITFADEN ZUR GESTALTUNG  
EINES GESUNDEN GEBÄUDES



6	WOHNRAUMGESTALTUNG FÜR DIE INDOOR-GENERATION
8	DAS ACTIVE HOUSE-KONZEPT
10	GESUNDES ZUHAUSE
14	DIE GESUNDHEIT DES MENSCHEN
26	TAGESLICHT
50	LÜFTUNG
64	LEITPRINZIPIEN
108	GRUNDLAGEN DER GESTALTUNG EINES GESUNDEN GEBÄUDES
116	HINTERGRUND

# WOHNRAUM- GESTALTUNG FÜR DIE INDOOR- GENERATION



Gebäude üben einen starken Einfluss auf uns aus. Richtig geplant, können sie zur Aufhellung unserer Stimmung und zur Entspannung des Körpers beitragen. Angesichts eines hektischen Lebensstils finden wir in ihnen einen Ort der Erholung, an dem wir Kraft tanken und uns entspannen können. Das sind gute Nachrichten für eine Generation, deren Vertreter sich daran gewöhnt haben, über 90 % ihrer Zeit in Gebäuden zu verbringen.

Aber auch wenn das Streben nach gesundheitlicher Optimierung zu einem Hauptmerkmal unserer Zeit geworden ist, wird der Indoor-Generation gerade erst bewusst, wie das Zuhause zu einer Bereicherung des Lebens seiner Bewohner beitragen kann. Die Ergebnisse

wissenschaftlicher Studien lassen zunehmend erkennen, dass ein optimales Gebäudedesign weit mehr Vorteile hat als den reinen Umstand, den Bewohnern ein trockenes Dach über dem Kopf zu bieten. Es trägt auch dazu bei, dass wir besser schlafen und unsere geistige Leistungsfähigkeit steigern können. Sogar Kopfschmerzen und langfristige Gesundheitsprobleme wie Asthma und Allergien lassen sich so verhindern.

Zur Unterstützung dieser positiven Eigenschaften haben wir ein Handbuch erarbeitet, mit dem wir Ihnen Fakten über das Raumklima und verschiedene Gestaltungsempfehlungen an die Hand geben möchten, damit Sie Ihre architektonische Vision umsetzen können. Damit ausgerüstet können Sie die

positiven gesundheitlichen Auswirkungen von Wohnumgebungen viel besser wirksam werden lassen. Außerdem wird das Risiko nachweislicher Umweltbelastungen deutlich reduziert.

Der Inhalt dieses Handbuchs basiert auf den Active House-Prinzipien, dem Programm „Model Home 2020“ und zahlreichen wissenschaftlichen Studien, die von Expertenteams der VELUX Gruppe zusammengetragen wurden. Damit leisten wir unseren Beitrag zur Förderung eines gesunden Zuhauses. Wir möchten beschreiben, wie der Raumkomfort und die Gesundheit der Bewohner durch Tageslicht, thermische Behaglichkeit und die Raumluftqualität verbessert werden können.

Da wir uns den größten Teil unserer Zeit in Gebäuden aufhalten, ist es wichtig zu verstehen, was ein angenehmes und einladendes Raumklima ausmacht.

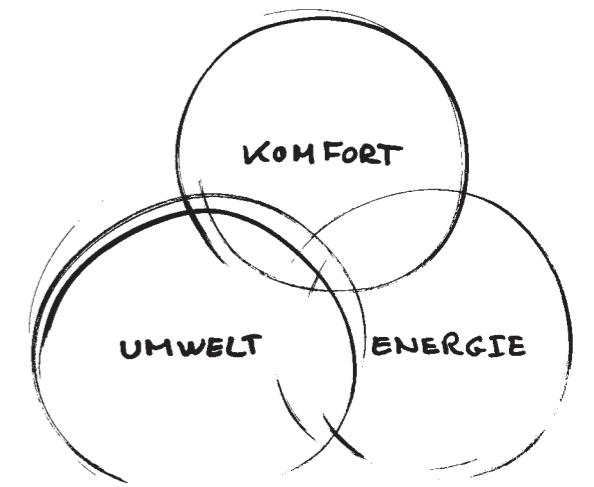


Home for Life, Dänemark. Foto: Adam Mark



Sunlighthouse, Österreich. Foto: Adam Mørk

# DAS ACTIVE HOUSE- KONZEPT



Basierend auf unserem Wissen aus dem Active House-Konzept haben wir unsere Definition eines gesunden Zuhauses abgeleitet. Das Konzept beschreibt die Vision, Gebäude zu schaffen, die mehr Wohnkomfort und gesündere Raumbedingungen bieten, ohne dass dabei negative Auswirkungen auf das Klima entstehen. Ein Active House wird auf der Basis des Zusammenwirkens von Energieverbrauch, Raumklimabedingungen und Umweltauswirkungen bewertet.

Anhand der Werte der jeweils berücksichtigten Parameter lässt sich ablesen, wie „aktiv“ das Gebäude hinsichtlich nachhaltiger Energien, der Komfortoptimierung und des Einsatzes umweltfreundlicher Lösungen einzustufen ist. Insgesamt neun Indikatoren – drei pro Parameter – ermöglichen eine fokussierte Bewertung und ein umfassendes Verständnis der Gesamtleistung.



# GESUNDES ZUHAUSE



# EIN GESUNDES ZUHAUSE IST WOHLTUEND FÜR DEN GANZEN KÖRPER



Ein gesundes Raumklima fühlt sich in vielerlei Hinsicht genauso an, wie einen milden Sommertag im Freien zu genießen. Moderate Temperaturen bilden zusammen mit jeder Menge frischer Luft und Tageslicht die Essenz von Komfort und Wohlbefinden. Indem wir eine Verbindung zu den uns umgebenden natürlichen Ressourcen aufbauen, werden wir uns des Zusammenhangs bewusst, der zwischen Komfort, Gesundheit und Nachhaltigkeit besteht.

## **Tageslicht und Frischluft bieten wichtige Vorteile**

In einem gesunden Zuhause sorgen Tageslicht und Frischluft für eine optimale natürliche Belichtung und angemessene Luftfeuchtigkeit; zudem werden die Mengen an CO<sub>2</sub>, Feinstaubpartikeln und Allergenen auf ein Minimum begrenzt. Bei dieser Konzeption werden angenehme Temperaturen und Lichtbedingungen über den Tag hinweg mithilfe einfacher und natürlicher

Maßnahmen aufrechterhalten. Dabei werden durchweg Baumaterialien mit einem geringen Gehalt an Giftstoffen eingesetzt.

Dank dieser Eigenschaften kann ein gesundes Zuhause zur Verbesserung der physischen und psychischen Gesundheit seiner Bewohner beitragen. Sie sind weniger anfällig für Atemwegserkrankungen und profitieren von einer besseren Schlafqualität sowie einer höheren Konzentrations-, Lern- und Leistungsfähigkeit.

Da zum Heizen und Kühlen natürliche Ressourcen eingesetzt werden, etwa die Erwärmung durch die Sonneneinstrahlung sowie eine natürliche Lüftung und dynamische Beschattung, zeichnet sich das Energieprofil eines gesunden Zuhauses zudem durch eine größere Nachhaltigkeit aus.





# DIE GESUNDHEIT DES MENSCHEN



# KOMFORT IM FOKUS DER WISSENSCHAFT

Während der letzten Jahrzehnte stieg die Zahl der Untersuchungen, die der Frage nachgingen, wie wichtig die Faktoren Tageslicht, Raumluftqualität und thermische Umgebung für Wohngebäude sind. Der Vergleich zwischen Wohngebäuden, die in verschiedenen Epochen erbaut wurden und sich durch diverse gesellschaftliche und kulturelle Profile auszeichnen, hat zu einer ganz neuen Sensibilisierung für den Einfluss des Raumklimas beigetragen.

Es liegt auf der Hand, dass wir alle Tageslicht, Frischluft und angenehme Temperaturen schät-

zen, weil sie dafür sorgen, dass wir uns wohlfühlen. Wissenschaftler hingegen forschen kontinuierlich nach den entsprechenden Auslösern. Wann bewirken diese Eigenschaften einen Unterschied? Wie beeinflussen sie unser Wohlbefinden vor dem Hintergrund unseres Strebens nach mehr Gesundheit, und wie können wir diese Faktoren nutzen, um bessere Wohnräume zu schaffen? In diesem Abschnitt werden einige der Antworten erläutert, die Wissenschaftler auf diese Fragen bislang gefunden haben.



Forscherin an der École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) in Lausanne.

"ES WURDE DEUTLICH, DASS LICHT NEBEN SECHS ANDEREN DESIGNPARAMETERN TATSÄCHLICH DER GRÖßTE DAS LERNEN BEEINFLUSSENDE EINZELFAKTOR IST UND FÜR 20% DER AUSWIRKUNGEN VERANTWORTLICH ZEICHNET."

Peter Barrett, emeritierter Professor der Universität Salford, Vereinigtes Königreich

# TAGESLICHT REGT DAS WACHSTUM AN

Die meisten Menschen wissen, dass Tageslicht eine wesentliche Rolle in ihrem Leben spielt. Doch welchen Beitrag leistet das Tageslicht ganz konkret zu unserer Gesundheit?

Werfen wir zunächst einen Blick auf die geistigen Fähigkeiten des Menschen. Laut einer Studie aus dem Jahr 2002 konnten Unternehmen eine Steigerung der Produktivität von 15 % feststellen, wenn die Mitarbeiter in Gebäude mit mehr Tageslicht umzogen (Edwards und Torcellini, 2002). Eine weitere Studie, ebenfalls aus dem Jahr 2002, ergab, dass Schüler in Klassenzimmern mit der größten Fensterfläche bzw. mit dem meisten Tageslichteinfall in standardisierten Tests um 7 bis 18 % besser abschnitten als Schüler in Klassenzimmern mit den kleinsten Fensterflächen bzw. mit dem geringsten Tageslichteinfall (Heschong, 2002).

## Die Biologie beeinflusst unsere Stimmung

Die beiden Studien drücken den gleichen Befund aus, der auch durch alle weiteren vergleichbaren Untersuchungen nahegelegt wird: Tageslicht bewirkt eine Steigerung unserer geistigen Fähigkeiten und führt sogar zu einer Stimmungsaufhellung. Experten schätzen, dass bis zu 30 % der Weltbevölkerung unterschiedlich stark an einer saisonal-affektiven Störung (Seasonal Affective Disorder, SAD) leiden, die auf einen Lichtmangel zurückzuführen ist. Mit Blick auf die Indoor-Generation könnte dieses landläufig als Winterdepression bezeichnete Leiden sehr wohl ein Symptom unserer Zeit sein. Andererseits ist allgemein bekannt, dass die Winterdepression mit einer Lichttherapie behandelbar ist, bei der Tageslichtlampen ab 1.000 Lux eingesetzt werden.

☹️ BIS ZU 30% LEIDEN AN WINTERDEPRESSION

😊 TAGESLICHT KANN DIE PRODUKTIVITÄT UM BIS ZU 15% STEIGERN

Wer die biologischen Auswirkungen von Tageslicht verstehen möchte, sollte sich vergegenwärtigen, dass das menschliche Auge als Sinnesorgan auch Reize aufnimmt, die nicht mit dem Sehen in Verbindung stehen. Dabei wird mithilfe von Tageslicht die Ausschüttung von Hormonen und Neurotransmittern im Gehirn reguliert. Bei diesem Vorgang werden auch die Spiegel des Stresshormons Cortisol und des Schlafhormons Melatonin reguliert. Beim Aufenthalt in schwach beleuchteten Umgebungen werden dieser Vorgang und die menschliche Denkkraft beeinträchtigt.



## Der D-Faktor

Für die Synthese von Vitamin D muss die Haut mit UV-Licht im Wellenlängenbereich von 300 nm bestrahlt werden. Ein niedrigerer Vitamin-D-Spiegel wird bei Erwachsenen mit einer gesteigerten Anfälligkeit für Entwicklungsstörungen und körperliche Erkrankungen in Verbindung gebracht.



## Die innere Uhr funktioniert mit Licht

Der menschliche Körper verfügt über eine „eingebaute“ biologische Uhr, die ganz stark von visuellen Stimuli abhängig ist, vorrangig vom Tageslicht. Nachts sorgt die innere Uhr dafür, dass der Körper in einen entspannten Zustand versetzt, der Stoffwechsel verlangsamt, die Produktion von Wachstumshormonen gesteigert und das Gehirn von Giftstoffen gereinigt wird. Damit die innere Uhr beständig funktioniert, muss das Raumklima in direkter Verbindung zum zirkadianen Rhythmus stehen, also auf die tagsüber und nachts natürlich vorhandene Lichtmenge abgestimmt sein.



## Die biologische Uhr ist genetisch determiniert

2017 wurde der Nobelpreis für Physiologie und Medizin einer Gruppe von Wissenschaftlern verliehen, die herausgefunden hatten, wie die biologische Uhr als selbsterhaltender Prozess auf zellulärer Ebene funktioniert. Laut den von ihnen dokumentierten Erkenntnissen sorgen bestimmte Gene dafür, dass die Ansammlung und der Abbau eines Proteins in Übereinstimmung mit dem zirkadianen Rhythmus erfolgen. Dieses Wissen bekräftigt, dass jeder lebende Organismus an einen Tag-Nacht-Rhythmus gebunden ist, der weder durch den eigenen Willen noch durch externe Faktoren veränderbar ist.

# FRISCHES DENKEN DANK SAUBERERER LUFT

90 % unserer Zeit verbringen wir in Gebäuden. Mit großer Sicherheit ist also davon auszugehen, dass wir mit der Luft, die wir täglich einatmen, große Mengen an CO<sub>2</sub>, Feuchtigkeit und Partikeln aufnehmen. In Gebäuden ist die Konzentration einiger Schadstoffe häufig 2,5- bis 5-mal höher als draußen, und angesichts einer Atemfrequenz von ca. 22.000 Atemzügen pro Tag können wir den in der Luft befindlichen Elementen, denen wir ausgesetzt sind, nur schwer aus dem Weg gehen.

## Unzureichendes Lüften schadet der Gesundheit

Und wir wissen: Das ist die Realität. Nach Angaben des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP leben 80 Millionen Europäer in feuchten und ungesunden Gebäuden. Zudem geht aus dem Healthy Homes Barometer 2016 hervor, dass fast jeder Zweite einer geringen Luftfeuchtigkeit keine Priorität beimisst und dass fast jeder Zehnte seine Wohnung

nicht ausreichend lüftet. Auf lange Sicht ist dies aus mehreren Gründen nicht vertretbar. Eine hohe CO<sub>2</sub>-Konzentration verursacht Schwindelgefühle und Kopfschmerzen. In feuchten und schimmlichen Wohnräumen kann das Risiko, an Asthma zu erkranken, um 40 % steigen, und die geistigen Fähigkeiten werden geschwächt. Eine hohe Luftfeuchtigkeit kann außerdem Atemwegserkrankungen und allergische Reaktionen auslösen. Mikroteilchen, chemische Partikel und vor Ort vorhandene Gase wie Radon können ernste gesundheitliche Probleme verursachen. Diese Probleme lassen sich einzig dadurch beheben, dass die verbrauchte Luft durch frische Luft ersetzt wird. Anders ausgedrückt: Der Raum muss gelüftet werden.



## Natürliche Lüftung ist mehr als heiße Luft

Bei der natürlichen Lüftung wird die Luft im Gebäude mithilfe von natürlichen Kräften wie Temperaturunterschieden ausgetauscht. Frische Luft wird durch offene Fenster, Türen, Frischluftgitter oder Lüftungsklappen zugeführt. Die verbrauchte Abluft wird entsprechend abgeleitet. Dabei steigt die warme Luft nach oben und wird durch hoch oben angeordnete Öffnungen oder – falls mehrere Öffnungen ganz bewusst miteinander verbunden sind – per Quer- oder Schachtlüftung (Kamineffekt) als Luftstrom abgeführt. Eine detaillierte Beschreibung der Lüftungsmethoden finden Sie im Kapitel „Lüftung“.



## Wir bemerken nicht, wenn etwas nicht stimmt

Manche Luftschadstoffe sind einfacher nachzuweisen als andere. Mit zunehmender CO<sub>2</sub>-Konzentration steigt auch die Emission von flüchtigen organischen Verbindungen (volatile organic compounds, VOC). Infolge des Geruchs – einer üblichen Begleiterscheinung der Emissionen – ist CO<sub>2</sub> oberhalb einer Konzentration von 1.500 ppm wahrnehmbar. Auch die Luftfeuchtigkeit wird spürbar, wenn sie einen Wert von 80 % über- oder 30 % unterschreitet. Die Erkennung bestimmter Schadstoffe wie Radon, Formaldehyd (Klebstoff), Staub und Partikeln von Elektrogeräten ist dagegen weit schwieriger. Folglich ist häufiges Lüften empfehlenswert, auch wenn die Umgebung trocken und geruchsfrei erscheint.



## Verlorene Jahre infolge schlechter Luftqualität

In den 26 teilnehmenden EU-Staaten kostet die Verunreinigung der Raumluft nach Schätzungen einer europäischen Expertengruppe\* jährlich zwei Millionen gesunde Lebensjahre. Der „Verlust von Gesundheitsjahren“ ist als die Anzahl der Jahre definiert, die eine Person infolge eines vorzeitigen Tods an Lebenszeit verliert bzw. in denen eine Person an ernstesten Erkrankungen leidet. Dies entspricht rund 3 % der auf Europa entfallenden Krankheitslast, die sich aus sämtlichen Erkrankungen des gesamten Spektrums der zugrunde liegenden Erkrankungsursachen ergibt.

\* Jantunen M., Oliveira Fernandes E., Carrer P., Kephelopoulou S. (2011). Promoting actions for healthy indoor air (IAIAQ). Europäische Kommission. Generaldirektion Gesundheit und Verbraucher. Luxemburg



### Besser schlafen bei niedrigeren Temperaturen

Die meisten Menschen stimmen darin überein, dass die Temperatur im Schlafzimmer für einen guten Nachtschlaf niedriger als in der übrigen Wohnung und sogar nur maximal 16 °C betragen sollte. Die in der Fachzeitschrift „Current Biology“ publizierten Forschungsergebnisse (Oktober 2015) legen nahe, dass eine kontinuierliche Absenkung der Temperatur während der Nacht eine weitere Voraussetzung für einen unterbrechungsfreien Schlaf darstellen könnte. Studien, die mit in der Kalahariwüste beheimateten Volksstämmen durchgeführt wurden, haben eine deutliche Korrelation zwischen fallenden Temperaturen und Schlafmustern der Stammesmitglieder erkennen lassen. Die Temperatur fiel weiter, während die Stammesmitglieder schliefen, aber zu dem Zeitpunkt, an dem die Temperatur am Morgen wieder zu steigen begann, wachten die Mitglieder des Stammes auf.



### Aktivierung der Konstitution durch Schwankungen

Zwar dürften die meisten Menschen eine gleichmäßige, angenehme und behagliche Raumtemperatur bevorzugen, aber Studien legen nahe, dass sich die Wärmeschwankungen, die auf den Wechsel der Jahreszeiten und die verschiedenen Innenbereiche zurückzuführen sind, vorteilhafter auf die Gesundheit auswirken könnten. Temperaturen, die knapp unterhalb der Wohlfühltemperatur liegen, führen zur Aktivierung der zitterfreien Thermogenese und damit zur Anregung des menschlichen Stoffwechsels (Van Marken, Lichtenbelt und Kingma, 2013). Folglich könnte der Körper des Bewohners zu moderater Bewegung angeregt werden, wenn die Temperaturen während des Winters knapp unter dem Durchschnitt bleiben. Ein ähnlicher Effekt lässt sich beobachten, wenn die Temperaturen im Sommer geringfügig höher gehalten werden.



# ANGENEHME TEMPERATUREN HALTEN UNS AM LAUFEN

Die meisten wissen, wie sich ein zu heißer bzw. zu kalter Raum anfühlt. Laut Healthy Homes Barometer 2016 haben 82 % der Bevölkerung Erfahrungen damit, in schlecht beheizten Wohnräumen zu leben. Dennoch ignorieren viele von ihnen dieses Ärgernis, ganz einfach weil sie bei den Energiekosten sparen wollen. Die Konsequenzen von Energiearmut sind zahlreich, die entsprechende Erfahrung ist unangenehm, und die Eigenschaften eines gesunden Zuhauses werden so keineswegs gefördert.

### Sparsames Lüften wegen Budgetsorgen

Wenn das Healthy Homes Barometer 2016 nahelegt, dass für 37 % der Befragten niedrige Energiekosten wichtiger sind als angenehme Temperaturen, dann wird auch klar, warum die Hälfte der Bevölkerung bei kalten Außentemperaturen darauf verzichtet, zum Lüften die Fenster zu öffnen.

Das Leben in einem schlecht gelüfteten Zuhause kann für die Bausubstanz des Hauses an sich schädlich sein, da hier eine geeignete Umgebung für Schimmel und Pilze geschaffen wird. Aber auch für Personen, die sich dauerhaft in einer eiskalten oder auch heißen Wohnumgebung aufhalten, kann dies zahlreiche Auswirkungen haben: von einer laufenden Nase und schlechtem Nachtschlaf bis hin zu ernststen Herz-Kreislauf-Erkrankungen.

Diesen Herausforderungen kann nur mit einem Wandel der tief verwurzelten menschlichen Verhaltensweisen begegnet werden, insbesondere beim Thema Energiesparen. Dazu müssen Lösungen verfügbar gemacht werden, die leicht zu bedienen sind und gleichzeitig die persönlichen Budgets der Hauseigentümer schonen.

Foto: Daniel Rumiancew

# 6 WICHTIGE FAKTEN ZUM THEMA MENSCHLICHE GESUNDHEIT UND KOMFORT



Maison Air et Lumière Foto: Merrild Photography

1. TAGESLICHT BEEINFLUSST DIE PRODUKTION VON HORMONEN, NEUROTRANSMITTERN UND VITAMINEN UND KANN UNSERE PHYSISCHE UND PSYCHISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT STEIGERN.
2. DAS ERLEBEN SICH VERÄNDERNDER HELTGKEITEN UND DER ZIRKADIANE RHYTHMUS SIND WICHTIG FÜR DIE PRODUKTION VON MELATONIN UND SOMIT AUCH FÜR UNSEREN SCHLAF.
3. DIE MEISTEN IN GEBÄUDEN VORHANDENEN LUFTSCHAOSTOFFE SIND ÜBER DAS MENSCHLICHE SINNESSYSTEM NICHT WAHRNEHMBAR.
4. DURCH KONTINUIERLICHE LUFTERNEUERUNG UND HÄUFIGES LÜFTEN LÄSST SICH DIE ENTSTEHUNG VON KOPFSCHMERZEN UND SCHWINDELGEFÜHLEN WIE AUCH VON ERNSTEREN PROBLEMEN WIE ALLERGIEN UND ATEMWEGSERKRANKUNGEN VERHINDERN.
5. OPTIMALE SCHLAFBEDINGUNGEN SETZEN VORAUS, DASS IM SCHLAFZIMMER ABSOLUTE DUNKELHEIT HERRSCHT UND DIE TEMPERATUR BEI ETWA 16°C LIEGT BZW. MÖGLICHERWEISE SOGAR IM NACHTVERLAUF KONTINUIERLICH ABSINKT.
6. SCHWANKENDE RAUMTEMPERATUREN KÖNNEN ZUR AKTIVIERUNG DES MENSCHLICHEN STOFFWECHSELS BEITRAGEN UND EINEN AKTIVEREN UND GESÜNDEREN LEBENSSTIL IN GEBÄUDEN BEGÜNSTIGEN.



# TAGESLICHT

# DYNAMIK DES TAGESLICHTS

Tageslicht bietet unterschiedliche Stimmungen durch seinen ständig wechselnden Charakter: als Morgenrot, als diffuses Licht bei bewölktem Himmel oder als das Licht einer im Dezember tief am Horizont stehenden Sonne. All diese Tageslichtstimmungen sorgen in unseren Gebäuden für verschiedene Lichtqualitäten. Entscheidend dabei ist die Anordnung und Verteilung der Tageslichtquellen.

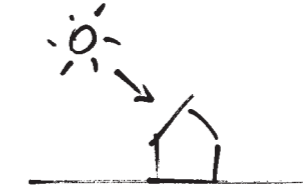
In diesem Abschnitt werden die Eigenschaften von Tageslicht erläutert, und es wird anhand architektonischer Archetypen gezeigt, wie sich die Wahrnehmung ändert, wenn sich das Gebäude nach außen öffnet.

„DIE BELICHTUNG VON INNENRÄUMEN WIRD HÄUFIG SO KONZIPIERT, DASS SICH EIN KONSTANTES UND SORGFÄLTIG GEREGLTES LICHTNIVEAU ERGIBT - MIT DEM ZIEL, EINE PERFEKTE ILLUSION HINSICHTLICH DER ASPEKTE AUFGABENERFÜLLUNG UND PRODUKTIVITÄT ZU ERZEUGEN. SOLCHE UMGEBUNGEN ENTFERNEN UNS ABER EHER VON DER NATÜRLICHEN WELT UND IHRER VERÄNDERLICHKEIT.“

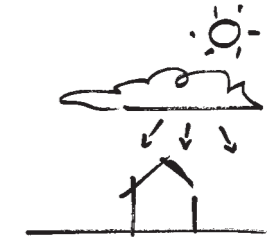
Laura Johnston, Residenzkünstlerin an der Universität Durham



Sonntag, Kopenhagen, 10:15 Uhr/Dezember (klarer Himmel)



Sonntag, Kopenhagen, 12:00 Uhr/Dezember (klarer Himmel)



Sonntag, Kopenhagen 15:30 Uhr/Dezember (bewölkt)

# AM WIRKUNGS- VOLLSTEN IST TAGESLICHT- EINFALL VON OBEN

Der Tageslichteinfall über den Zenit ist wesentlich effizienter als über den Horizont. Ein direkter Vergleich zeigt, dass die durch Dachfenster einfallende Tageslichtmenge doppelt so groß ist wie bei ähnlich dimensionierten Fassadenfenstern und dreimal so groß wie bei Gauben (Johnsen et al., 2006).



Fassadenöffnungen wirken sich nur bedingt auf die Lichtverteilung in Gebäuden aus, da mit zunehmendem Abstand zur Lichtquelle die Intensität des Lichteinfalls abnimmt und häufig von anderen Gebäuden, Vegetation usw. reflektiert wird.



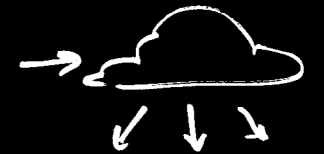
Öffnungen, die in Richtung des Himmels geneigt sind, gewährleisten einen ungehinderten Tageslichteinfall und eine wirkungsvollere Rückkopplung mit dem zirkadianen Rhythmus.



**Direktes und reflektiertes Tageslicht**  
Direktes Sonnenlicht kann eine Beleuchtungsstärke von 100.000 Lux überschreiten, wenn es die Erdoberfläche erreicht. Von der Wolkendecke gestreutes Sonnenlicht erreicht eine Stärke von 10 bis 30.000 Lux. Das vom Boden und von den Objekten in der Umgebung reflektierte Licht strahlt 15 % oder mehr Tageslicht an die Gebäudefassade ab.



100.000 lux



20.000 lux



15%



# TAGESLICHT FÜR DIE RICHTIGE BALANCE IM GEBÄUDE

Als nachhaltige Gebäude aufkamen, ging es energetisch primär darum, den U-Wert so weit wie möglich zu senken. Deshalb sahen die Entwürfe von Gebäuden nur sehr kleine Fensterflächen vor, wobei auf der Nordseite häufig ganz auf Fenster verzichtet wurde. Mittlerweile ist bekannt, dass Solarwärme mittels Speicherung der Infrarotstrahlung als leistungsfähige Energiequelle eingesetzt werden kann. Wenn die Erwärmung durch die Sonneneinstrahlung zum Heizen genutzt werden soll, stellen große Fensterflächen ein praktikables Instrument dar, mit dem helle, energetisch ausgewogene Räume realisiert werden können.



Eine Konzeption, die allein auf niedrige U-Werte ausgelegt ist, setzt auf eine Klimahülle mit wenigen Öffnungen.



Wenn der solare Wärmegewinn als Energiequelle hinzugezogen wird, kann die Gestaltung offener angelegt werden, sodass die Fenster als Instrument einer passiven Heizung fungieren.



## Energiebilanz

Die Energiebilanz bezeichnet die Balance zwischen dem solaren Wärmegewinn und dem Wärmeverlust. Die Energiebilanz errechnet sich als die Summe des nutzbaren solaren Wärmegewinns während der Heizperiode abzüglich aller Wärmeverluste. Mit der Energiebilanz lassen sich die energiebezogenen Merkmale eines Fensters präziser beschreiben als mit dem U-Wert alleine, da die Energiebilanz den Wärmeverlust und den solaren Wärmegewinn beinhaltet und somit ein vollständigeres Bild liefert.



## Energiebedarf

Das Energieprofil beschreibt den gesamten jährlichen Energiebedarf eines Gebäudes (ohne Haushaltsgeräte und sonstige elektrische Anlagen). Es wird häufig in kWh pro Jahr und m<sup>2</sup> der beheizten Fläche (kWh/m<sup>2</sup>) ausgedrückt. Je niedriger dieser Wert ausfällt, desto besser. Anhand dieses Kennwerts lässt sich der Unterschied zwischen zwei Szenarien ermitteln. So kann beispielsweise berechnet werden, wie sich die Anzahl von Fenstern auf den Energiebedarf auswirkt. Die entsprechenden Berechnungen können mit dynamischen Simulationstools durchgeführt werden, z. B. mit VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer.

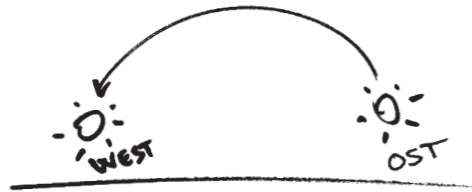


## Energie und Tageslicht

Da der Energieeintrag auf der Südseite besonders groß ist, wird bei den nach Süden ausgerichteten Fenstern der höchste solare Wärmegewinn erzielt. Damit in der Wohnumgebung die geeigneten Tageslichtbedingungen erreicht werden, müssen die Fensterflächen jedoch ausgewogen geplant und so angeordnet werden, dass auf der Ost-, West- und Nordseite jeweils eine signifikante Anzahl an Öffnungen vorhanden ist.

# PROJEKT | Home for Life, Einfamilienhaus, Aarhus, Dänemark

Architekt: aart



Eine große Öffnung in der Fassade ermöglicht den freien Blick in die Umgebung. Hoch positionierte Dachfenster sorgen für ausreichend Tageslicht bis in die zentralen Bereiche des Gebäudes.



Foto: Adam Merk



# TAGESLICHT- VERTEILUNG IM RAUM

Da bei seitlich einfallendem Tageslicht nur ein Bruchteil der verfügbaren Lichtmenge in den Raum gelangt, reicht der Tageslichteinfall häufig nicht bis in die tiefer gelegenen Bereiche. Daher sollte eine zusätzliche Beleuchtung über das Dach in Betracht gezogen werden.



Selbst relativ große Fassadenfenster lassen in der Regel nur eine begrenzte Lichtmenge in den Raum einfallen und führen zu ungleichmäßigen Tageslichtbedingungen.



Über eine horizontale Öffnung im Dach werden zentrale oder tiefe Raumbereiche intensiv mit Tageslicht versorgt.



Werden beide Arten von Öffnungen miteinander kombiniert, entstehen ausgeglichene Lichtverhältnisse mit variierender Intensität und führen zu einer optimalen Raumwahrnehmung.



## Drimal intensiveres Tageslicht

Im Vergleich zu Fassadenfenstern lassen Dachfenster – je nach Größe, Anzahl und Platzierung – zweimal so viel Tageslicht in die Räume und Oberlichter dreimal so viel Tageslicht in Häuser mit Flachdach einfallen.



## In Kontakt mit der Natur

Während Fassadenöffnungen eine Verbindung zur uns umgebenden Landschaft herstellen, bringen uns Dachfenster mit dem Himmel in Kontakt, dessen hohe Beleuchtungsstärken das menschliche Auge auch nonvisuell aufnimmt.

Der Kontakt mit der Lebensumgebung vor der Haustür stellt ungeachtet der konkret sichtbaren Szenerie einen wichtigen psychologischen Aspekt dar, der mit dem Tageslicht verbunden ist (Robbins, 1986). Durch Fenster erhalten wir Orientierungsinformationen, wir können Wetterveränderungen wahrnehmen und erhalten einen Eindruck davon, wie die Zeit im Tagesverlauf verstreicht.

Durch eine über dem Treppenaufgang angeordnete Öffnung kann natürliches Tageslicht über mehrere Geschosse verteilt werden; auch profitieren die Bewohner des Hauses von der gut belichteten Treppe.

# PROJEKT | Privates Einfamilienhaus, Silkeborg, Dänemark

"Tageslichtdurchflutete" Bereiche sorgen für ein ansprechenderes Wohnumfeld, das mehr Sicherheit und bessere Lichtverhältnisse bietet.



Foto: Christian Gelsnæs

# TAGESLICHT STIMULIERT UNSERE SINNE

Im Vergleich zu Kunstlicht stellt Tageslicht die größte Menge des biologisch wirksamen Lichts zur Verfügung (Hathaway et al., 1992). Das für unseren zirkadianen Rhythmus ( $C(\lambda)$ ) wichtige Licht unterscheidet sich von dem Licht, das wir zur visuellen Orientierung ( $V(\lambda)$ ) nutzen. Der Unterschied ergibt sich aus der spektralen Differenz der Lichtempfindlichkeit der einzelnen Fotorezeptoren (Spektrum).

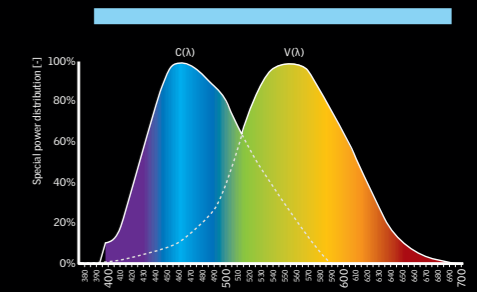
Keine der bislang hergestellten elektrischen Lichtquellen kann die Variationen des Lichtspektrums nachbilden, die beim Tageslicht auftreten (Boyce et al., 2003). Ein Raum sollte tagsüber rein durch die natürliche und kostenfreie Ressource Tageslicht belichtet sein.



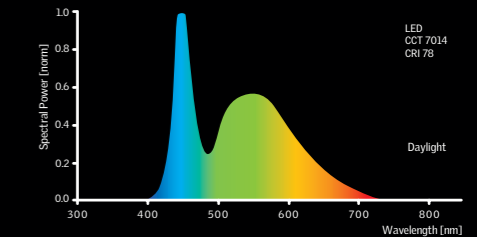
Manche elektrische Lichtquellen können einen begrenzten Bereich des Lichtspektrums nachbilden, aber mit keiner Art von Kunstlicht ist es möglich, das gesamte Spektrum abzudecken oder Schwankungen wie beim Tageslicht zu erzeugen.



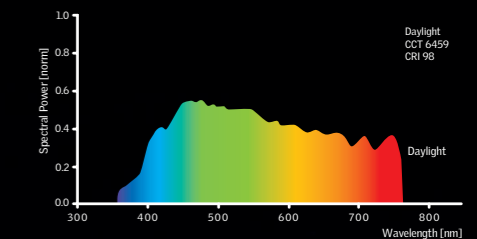
Das Lichtspektrum unterliegt Schwankungen im Tagesverlauf: Am Morgen weist das Tageslicht einen stärkeren Blauanteil auf, abends sind die wärmeren Gelb- und Rotanteile höher. Für den zirkadianen Rhythmus ist es unerlässlich, diese Schwankungen wahrzunehmen.



Durch Licht ausgelöste Reaktion des zirkadianen ( $C(\lambda)$ ) und des visuellen ( $V(\lambda)$ ) Systems (Pechacek et al., 2008)



Kurve einer elektrischen LED-Lichtquelle



Tageslichtkurve

Von oben nach unten: Die Abbildungen zeigen die durch Licht ausgelöste Reaktion des zirkadianen und des visuellen Systems und die spektralen Zusammensetzungen von LED-Lichtquellen und Tageslicht. Das zirkadiane System ( $C(\lambda)$ ) reagiert am stärksten auf den Wellenlängenbereich zwischen 446 und 488 nm; das visuelle System ( $V(\lambda)$ ) zeigt dagegen die stärkste Reaktion bei einer Wellenlänge im Bereich von 555 nm. Anhand der spektralen Zusammensetzung von Tageslicht ist erkennbar, dass es einen großen Anteil in den Bereichen der zirkadianen Reaktion aufweist und außerdem während der Tageszeiten hell ist, die für die betreffenden Prozesse am wichtigsten zu sein scheinen. Zudem liefert Tageslicht die benötigten Lichtmengen weit energieeffizienter als übliche elektrische Lichtquellen.

„GANZ OFFENSICHTLICH KANN EIN INNENRAUM MIT EINEM DURCHSCHNITTLICHEN TAGESLICHTQUOTIENTEN VON 3% (WIE IN DEN CARBONLIGHT HOMES) EINE UMGEBUNG SCHAFFEN, IN DER SICH DIE BEWOHNER POSITIVER GESTIMMT FÜHLEN UND IHR EMOTIONALES WOHLBEFINDEN NACHHALTIG AUFRECHTERHALTEN WIRD.“

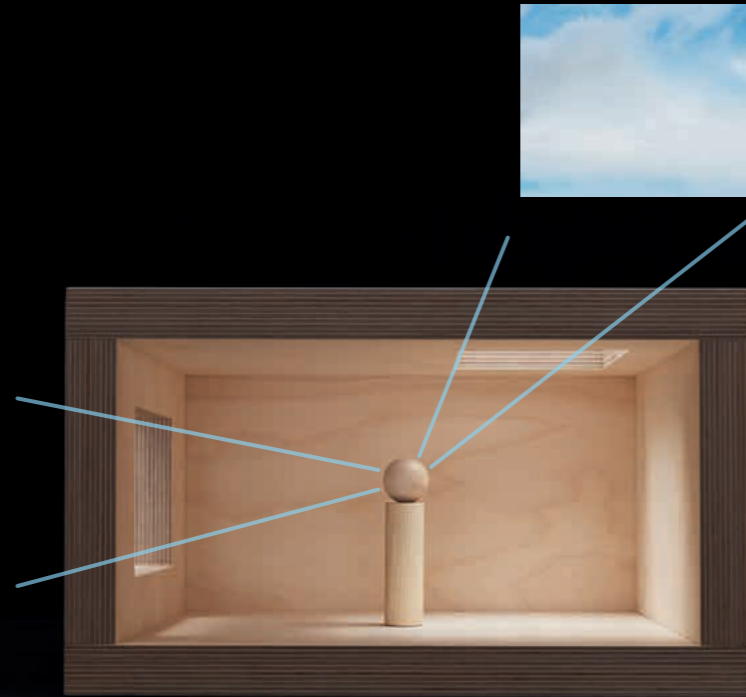
Benjamin Derbyshire, geschäftsführender Gesellschafter, HTA Design LLP

CarbonLight Homes. Photo: Adam Merk

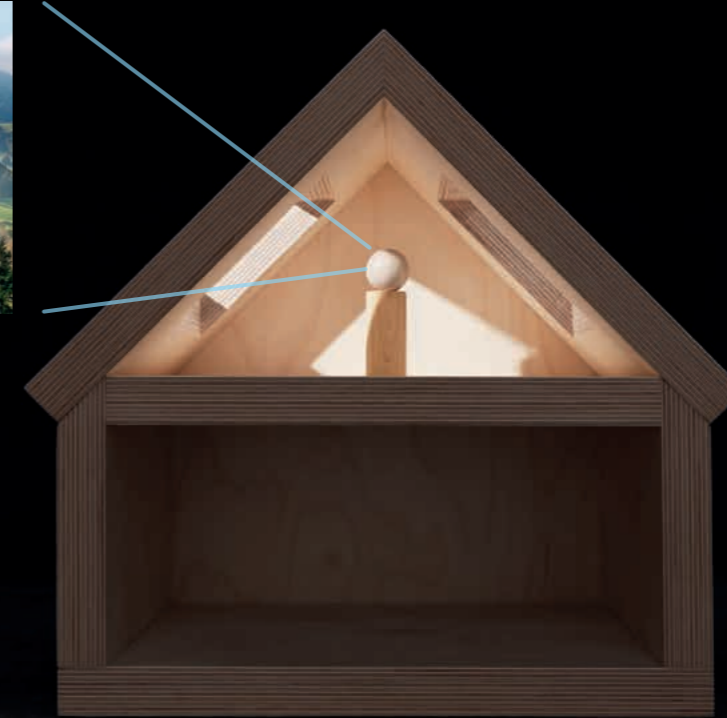
Ein zentraler Hausflur mit einem eleganten Treppenaufgang verläuft mitten durch das Gebäude, sodass das Tageslicht über drei Etagen verteilt wird. Das direkte Sonnenlicht wird als reflektiertes Tageslicht in diffuses Licht verwandelt. Diffuses Licht liefert eine weichere und funktionalere Raumbelichtung.

# DER BEZUG ZUR UMGEBUNG VERÄNDERT DEN INNENBEREICH

Wird der Innenbereich zum Himmel und zur umgebenden Landschaft hin geöffnet, so verändert sich auch dessen Wahrnehmung von Grund auf. Kleinere, beengte Räume dienen plötzlich als Tor zur Außenwelt - über die Informationen zu Licht- und Wetterverhältnissen und über die Natur geliefert werden.



Über Fassadenfenster wird die Umgebung wahrgenommen. Oberlichter öffnen den Blick zum Himmel, und es entsteht eine Rückkopplung mit dem zirkadianen Rhythmus.



Bei Dachfenstern werden die visuellen Eindrücke durch die Landschaft in der Umgebung des Gebäudes sowie durch Ausschnitte des Himmels bereichert, der im Tagesverlauf immer wieder anders aussieht.



## Gute Aussicht

In einer Vielzahl von Studien wird hervorgehoben, welche Wirkung eine visuelle Verbindung zur Außenwelt hat. Ein Ausblick auf Ausschnitte des Himmels, der Stadt oder der Landschaft und des Bodens kann der ermüdenden Monotonie entgegenwirken und dazu beitragen, Gefühle des Eingeschlossenseins zu durchbrechen (Boyce et al., 2003).

Ausblicke in die Natur haben positive Einflüsse auf unser Wohlbefinden (Kaplan, 2001). Eigene Gesundheitszustände können subjektiv besser eingeschätzt werden (Kaplan, 1993), Gemütszustände erhellt werden (Grinde und Grindal Patil, 2009), gesundheitliche Probleme gelindert werden (Heschong Mahone Group, 2003), Job-Zufriedenheit und Genesung von Patienten nach chirurgischen Eingriffen verbessert werden (Ulrich, 1984), Bewältigung belastender Erfahrungen erleichtert werden (Ulrich, 1991) und Präferenzen bei der Sitzplatzwahl positiv beeinflusst werden (Wang und Boubekri, 2010, 2011).

## Ein Gefühl räumlicher Weite

Die Decken von Flachdachgebäuden haben oft eine sehr große Fläche. Aufgrund des begrenzten Tageslichteinfalls entstehen in diesen „höhlenartigen“ Räumen vielfach große unbeleuchtete und düstere Bereiche. Durch intelligente Anordnung von Lichtquellen an der Decke können tiefer gelegene Bereiche von Räumen mit Tageslicht versorgt werden, und gleichzeitig entsteht eine gleichmäßige Lichtverteilung.



„DA SICH UNSERE SINNE ZU CA. 80 % AUF OPTISCHE INFORMATIONEN VERLASSEN, SIND DIE RÜCKBESINNUNG AUF OPTISCH POSITIVE REIZE UND DER FOKUS AUF EINZIGARTIGE ARCHITEKTONISCHE TAGESLICHTLÖSUNGEN IM JEWEILIGEN KONTEXT GEEIGNET, UNSEREM BAULICHEN UMFELD EINE BIOREGIONALE RICHTUNG ZU GEBEN.“

Werner Osterhaus, Architekt und Professor für Lighting Design  
Research an der Fakultät für Ingenieurwissenschaften der Universität  
Aarhus, Dänemark.



Foto: Jörg Seiler



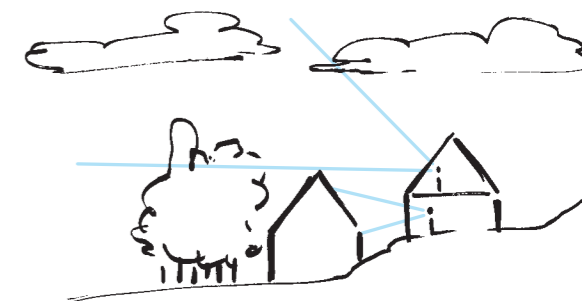


Das Haus am Venusgarten ist ein Einfamilienhaus in Willendorf in der Wachau. Die Aussicht durch die große Fensterfläche schafft eine Verbindung zwischen Innenbereich und Außenwelt; hier fällt das Auge des Betrachters auf die Donau und Felder mit Aprikosenbäumen. Dank der in alle Himmelsrichtungen angeordneten Fenster können die Bewohner dem zirkadianen Rhythmus folgen.

# PLANEN MIT DER UMGEBUNG

Reflexionen im Außenbereich und Barrieren durch Umgebungselemente am Standort eines Gebäudes (andere Häuser, Begrünung, Geländeprofil usw.) haben einen Einfluss darauf, wie viel Tageslicht in das Innere des Gebäudes gelangt.

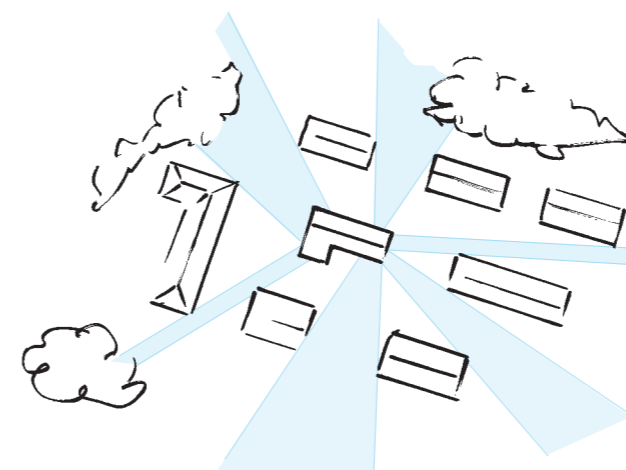
Eine Kombination von Fassaden- und Dachfenstern bietet gleichermaßen idealerweise uneingeschränkte Aussicht in die Umgebung als auch in den Himmel.



## Das periphere Sehen ist wichtig für das Raumerlebnis

Entwürfe sind häufig auf die Schaffung von Lichtverhältnissen ausgerichtet, die einfache visuelle Aufgaben unterstützen und dem individuellen Bedarf gerecht werden. Allerdings gilt es dabei sowohl das zentrale Sehfeld (Beleuchtung eines Objekts) als auch das periphere Sehfeld (Beleuchtung der Umgebung) zu berücksichtigen.

Über das periphere Sehen verschaffen wir uns einen Eindruck von der Umgebung: von den Abmessungen und der Form des Raums, von der Atmosphäre, den Materialien und der Lichtverteilung. Diese Aspekte lassen sich in die Planungsphasen einbeziehen, indem die Fenster so angeordnet und dimensioniert werden, dass eine intelligente Balance zwischen der Lichtintensität und den Raumpositionen und Ausrichtungen des Lichtangebots geschaffen wird.





LÜFTUNG

# LUFT BEWEGT



Wenn die Außenluft als Instrument der Belüftung genutzt wird, müssen bestimmte Regeln der Thermodynamik berücksichtigt werden, die dann auch für die Planung des betreffenden Gebäudes relevant sind. Die natürlichen Temperaturschwankungen bieten einen wirkungsvollen Ansatzpunkt, wenn Luft ausgetauscht oder die Temperatur angepasst werden soll.



In diesem Abschnitt wird analysiert, wie Luft mithilfe von Öffnungen in Gebäuden bewegt werden kann und wie sich dies auf die Luftqualität und die thermische Behaglichkeit auswirkt.



# EINE GUTE LÜFTUNG IST AUSGEWOGEN

Lüften ist wichtig, damit eine gute Raumluftqualität in Gebäuden erzielt werden kann, da dabei Verunreinigungen entfernt bzw. gemindert werden. Aufgrund der immer dichter werdenden Gebäudehülle rücken (natürliche oder mechanische) Lüftungssysteme, die eine gute Raumluftqualität gewährleisten sollen, zunehmend in den Fokus. Die Lüftung ist ein Kompromiss zwischen den damit verbundenen Wärmeverlusten und den gesundheitlichen Aspekten für den Menschen. Zu intensives Lüften treibt den Energieverbrauch bei kalten Klimaverhältnissen in die Höhe und führt zu geringer relativer Luftfeuchtigkeit. Wenn zu wenig gelüftet wird, führt dies zu einer schlechten Raumluftqualität und möglicherweise auch zu Gesundheitsproblemen.



In Wohngebäuden sammeln sich CO<sub>2</sub>, flüchtige organische Verbindungen (VOC), Feinstaub etc. an. Dies kann Kopfschmerzen, Irritationen im Augen-, Nasen- und Halsbereich, trockenen Husten, juckende Haut, Ermüdung und Konzentrationsschwierigkeiten verursachen.



Aufgrund der Eigenschaft warmer Luft, nach oben zu steigen, ist die natürliche Lüftung ein effizientes Mittel. Wenn der Wohnraum in verschiedenen Bereichen sowie auf verschiedenen Ebenen über die Fenster belüftet wird, kann die verbrauchte Luft automatisch nach außen abgeführt und gleichzeitig neue Frischluft in das Gebäudeinnere zugeführt werden.



## Luft anhalten

Studien zeigen, dass die Konzentration bestimmter Schadstoffe in Gebäuden auf das Fünffache der normalen Werte ansteigen kann, die in Außenbereichen gemessen werden.



## Milben mögen es feucht

Wissenschaftler sind sich noch nicht darüber einig, wie Feuchtigkeit unsere Gesundheit beeinträchtigen kann. Allerdings ist allgemein bekannt, dass in einem feuchten Raumklima gute Bedingungen für Hausstaubmilben herrschen, die Allergien auslösen können. Zur Senkung des Allergierisikos sollte die relative Luftfeuchtigkeit während mehrerer Monate des Jahres unterhalb von 45% bleiben (Sundell et al., 1995).



# PROJEKT | CarbonLight Homes, Zweifamilienhaus, Rothwell, Großbritannien Architekt: HTA Design LLP, Clancy Consulting, CHAPS

„WIR SIND ÜBERZEUGT, DASS UNSER ZUHAUSE SIGNIFIKANTE AUSWIRKUNGEN AUF UNSERE GESUNDHEIT UND UNSER WOHLGEFÜHL HAT. ES FÜHLT SICH GUT AN, HIER ZU LEBEN. SEIT WIR HIER WOHNEN, SCHLÄFT UNSERE KLEINE TOCHTER DURCH, WAS MEINER MEINUNG NACH AUF DAS GESUNDE RAUMKLIMA ZURÜCKZUFÜHREN IST.“



Shona Carse mit Familie, Bewohnerin eines der nach dem ActiveHouse-Konzept gebauten CarbonLight Homes

# LÜFTUNGSKÜHLUNG ZUR SICHERSTELLUNG DER SOMMERTAUG- LICHKEIT

Der Begriff „Lüftungskühlung“ bezieht sich auf eine natürliche Lüftung, mit der die Raumtemperatur durch den Austausch von warmer Raumluft mit kühlerer Außenluft und hoher Luftwechselrate abgesenkt wird. Der kühlende Effekt der natürlichen Lüftung hängt gänzlich vom Winddruck sowie den Temperaturunterschieden ab und wird ohne Energieeinsatz erreicht.



Hohe Raumtemperaturen treten für gewöhnlich in den Sommermonaten auf und lösen eine thermische Unbehaglichkeit aus. Hohe Temperaturen können sich negativ auf den Schlaf sowie auf die Arbeitsleistung auswirken.



Wird der Wohnraum an mindestens einer Stelle geöffnet, trägt dies dazu bei, dass sich die Raumtemperatur ohne technische Kühlung absenkt. Lüftungskühlung ist daher das gezielte Nutzen der Nachtkühlung im Sommer.



## Nachts am effizientesten

Lüftungskühlung empfiehlt sich insbesondere zum Absenken der Temperatur während der Nacht, da das Prinzip durch die dann gesunkene Außentemperatur besser funktioniert. Studien mit unter realistischen Bedingungen durchgeführten Experimenten zeigen, dass die Schlafzimmertemperatur durch nächtliches Fensteröffnen von 26 °C am Abend auf 21 °C am Morgen gesenkt werden kann.



## Klimaanlagen sind gar nicht cool

Nach Angaben des US-amerikanischen Energieministeriums sind Klimaanlagen für den Verbrauch von rund 5 % des in den USA insgesamt produzierten Stroms verantwortlich. Die jährlichen Energiekosten, die von den Verbrauchern in den USA zu tragen sind, belaufen sich auf über 11 Mrd. US-Dollar.



## 7 Parameter der thermischen Behaglichkeit

Vier der sechs wesentlichen Parameter für die thermische Behaglichkeit beziehen sich auf verschiedene Aspekte von Fenstern in Wohnhäusern. Die ersten beiden Parameter werden nach dem Aktivitätsniveau bemessen sowie nach der Anzahl der von den Bewohnern getragenen Kleidungsstücke. Mit den weiteren vier Parametern werden Luftströmungen, Luftfeuchtigkeit, Temperatur der Wärmestrahlung und Lufttemperatur erfasst. Der menschliche Geist stellt den siebten Parameter dar. Individuelle Erwartungen haben nachweislich einen Einfluss auf die Akzeptanz der thermischen Behaglichkeit.

Die Vorstellung des „adaptiven Komforts“ wird durch diese Beobachtungen untermauert, die nahelegen, dass die Raumtemperatur die Verhältnisse draußen widerspiegeln sollten.

# DIE NATÜRLICHE KRAFT DER LUFT

Für Lüftungssysteme können natürliche oder mechanische Verfahren oder Kombinationen beider Methoden – sogenannte Hybridsysteme – eingesetzt werden. Während die mechanische Lüftung zahlreiche Vorteile für Wärmerückgewinnung und Luftregelung bietet, bleibt die natürliche Lüftung per se ein attraktives und kostenfreies Verfahren, sofern die Gebäudekonstruktion so ausgelegt ist, dass diese Methode ordnungsgemäß funktioniert. Mit Blick auf die Leistungsfähigkeit der natürlichen Lüftung sind zwei bestimmte Konstruktionselemente besonders hervorzuheben: die Querlüftung und die Lüftung mithilfe des Kamineffekts.



Bei der Querlüftung wird der Raum durch mindestens zwei einander gegenüberliegende Fenster gelüftet. Dabei werden verschiedene Luftdruckzonen auf den beiden Seiten des Gebäudes ausgenutzt, durch die eine sich selbst erhaltende Luftströmung entsteht.



Bei einer natürlichen Belüftung mithilfe des Kamineffekts werden hoch oben platzierte Öffnungen zusammen mit weiter unten, z. B. im Erdgeschoss, angeordneten Öffnungen genutzt, damit der Auftrieb der warmen Luft gesteigert und der Raum binnen weniger Minuten von Luft durchströmt werden kann.



## Lüften mittels Querlüftung

Die Luft strömt von der windzugewandten Seite ein und tritt durch Öffnungen an der windabgewandten Seite aus. Da der Winddruck auf der windzugewandten Seite höher ist als auf der windabgewandten Seite, funktioniert das Gebäude wie ein Trichter, sodass die Luft beschleunigt wird, während sich der Luftstrom von einer Öffnung zur anderen bewegt. Die Form des Hauses sowie die Landschaft oder andere Gebäude im Umfeld des Hauses beeinflussen den Luftdurchsatz. Der optimale Luftdurchsatz ist davon abhängig, wo die Fenster positioniert sind und inwieweit die Bewohner die erforderliche Lüftungsintensität durch eine entsprechend häufige Anwendung des Verfahrens aufrechterhalten können. Typische Werte hierfür sind in entsprechenden Standards festgelegt (z. B. BS5925:1991, DIN 1946-6:2009).



## Lüften mittels Kamineffekt

Da warme Luft leichter ist als kalte, steigt sie in einem Gebäude nach oben und tritt an der Oberseite durch offene Fenster aus dem Gebäude aus. Die Luft wird durch kalte Luft ersetzt, die im Erdgeschoss in das Gebäude einströmt. Bei höheren Gebäuden ist der Kamineffekt stärker ausgeprägt. Damit der Kamineffekt effizient funktioniert, ist ein offenes Raumkonzept anzudenken. Dabei kann es sich um Öffnungen im Erdgeschoss und im Dach handeln, die über das Treppenhaus miteinander verbunden sind. Wenn der Kamineffekt ordnungsgemäß funktioniert, wird die verbrauchte Luft im Inneren binnen weniger Minuten durch frische und saubere Außenluft ausgetauscht.



Ein offen angelegter Treppenaufgang bietet einerseits die Möglichkeit, jede Menge Tageslicht über zentrale Bereiche des Wohnraums zu verteilen, und funktioniert andererseits praktisch wie ein Kamin, sodass die natürliche Lüftung mithilfe des Kamineffekts intensiviert wird.

Foto: Adam Merk

# PROJEKT | LichtAktiv Haus, Doppelhaushälfte, Hamburg Architekt: Katharina Fey/TU Darmstadt, Ostermann Architekten

Im Zuge der Sanierung wurde die Fensterfläche dieses Hauses von 18 m<sup>2</sup> auf 96 m<sup>2</sup> vergrößert. Neben einem neuen, offen angelegten Treppenaufgang, über den reichlich Tageslicht über das gesamte Gebäude verteilt wird und der als extrem effizientes Instrument für die natürliche Lüftung und Lüftungskühlung dient, wurde eine große Fensterfläche installiert.







LEIT-  
PRINZIPIEN

# VOM KNOW-HOW ZUM DESIGN

Da die Verfügbarkeit von Tageslicht und natürlicher Belüftung im Inneren des Wohnbereichs eng mit den Naturgesetzen der Physik, der Erdrotation und der jeweiligen Klimazone verknüpft ist, müssen bei der Gebäudekonzeption unbedingt bestimmte Prinzipien eingehalten werden, mit denen die maßgeblichen Bedingungen zum Vorteil des Gesamtkonzeptes ausgenutzt werden.

In diesem Abschnitt werden einige Leitprinzipien thematisiert, mit denen sich Qualität und Nutzung von Tageslicht und natürlicher Belüftung optimieren lassen. Jedes Prinzip wird im Rahmen eines konkreten Beispiels zusammen mit Lösungsansätzen vorgestellt, sodass Sie mühelos entsprechende Spezifikationen ableiten und die Lösung schnell in Ihr Projekt aufnehmen können.



- ☀️ WOHNKOMFORT DURCH INTELLIGENTE AUTOMATISIERUNG
- ☀️ TEMPERATURREGELUNG DURCH LÜFTEN
- ☀️ BELICHTUNG DURCH REFLEXION
- ☀️ FRISCHE LUFT KOMBINIERT MIT WÄRMERÜCKGEWINNUNG
- ☀️ TAGESLICHT VON OBEN DURCH OBERLICHTER
- ☀️ TEMPERATURREGELUNG UND SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ IM SCHLAFBEREICH
- ☀️ LICHTVERTEILUNG ÜBER TREPPENAUFGÄNGE
- ☀️ KOSTENLOSES HEIZEN DANK PASSIVEN SOLAREN ZUGEWINNEN
- ☀️ TAGESLICHT IN FENSTERLOSEN RÄUMEN PER LICHTLENKUNG
- ☀️ BESCHATTUNG
- ☀️ WOHNKOMFORT DURCH ORIENTIERUNG DER FENSTER
- ☀️ LUFTAUSTAUSCH DURCH NATÜRLICHE LÜFTUNG
- ☀️ LICHTREGULIERUNG
- ☀️ NATURNÄHE DURCH AUSBLICK
- ☀️ SICHERSTELLUNG DES SCHLAFKOMFORTS



# WOHNKOMFORT DURCH INTELLIGENTE AUTOMATISIERUNG

Optimierung von Belüftung und Temperaturregelung durch den sensorgestützten Betrieb auf Basis von Netzwerkdaten

## Automatisierung sorgt für konstanten Wohnkomfort

Die Schaffung und Aufrechterhaltung eines angenehmen und gesunden Raumklimas ist keine leichte Aufgabe. Es ist ziemlich aufwendig, eine dynamische Gebäudehülle zu schaffen, die sich kontinuierlich den Jahres- und Tageszeiten anpasst.

Aufgrund der Komplexität der Aufgabenstellung ist ein gewisses Maß an Automatisierung unerlässlich.

## VELUX ACTIVE

VELUX ACTIVE with NETATMO ist eines der intelligentesten derzeit verfügbaren Automatisierungssysteme und gewährleistet anhand der von Raumsensoren und externen Quellen übermittelten Daten den präzisen und proaktiven Betrieb der jeweiligen Produkte. Das System reagiert auf Raumluftfeuchtigkeit, Raumtemperatur, CO<sub>2</sub>-Gehalt der Raumluft und die

lokale Außentemperatur. Es reagiert sogar „vorausschauend“, da laufend Wetterdaten und Wetterprognosen berücksichtigt werden.

Über die VELUX ACTIVE Sensoren lassen sich die Parameter CO<sub>2</sub>-Konzentration, Luftfeuchtigkeit und Temperatur überwachen. Sobald einer dieser Parameter den für ein gesundes Raumklima geltenden Höchstwert überschreitet, löst das System die Bedienung der Fenster aus, damit die entsprechenden Werte angepasst werden.

- Mit VELUX ACTIVE wird überwacht, wann die Fenster zuletzt geöffnet wurden. Das System ist so eingestellt, dass nach 2 bis 6 Stunden – je nach aktueller und bevorstehender Wetterlage – versucht wird, einen Lüftungsvorgang durchzuführen.
- Wenn der Wetterdienst warme Temperaturen vorhersagt, besteht die Reaktion von VELUX ACTIVE darin, den außenliegenden Hitzeschutz automatisch zu betätigen und so der Aufheizung durch Sonneneinstrahlung entgegenzuwirken. Die Produkte werden nur dann angesteuert, wenn dadurch eine Verbesserung des Raumklimas erreicht werden kann. Die verfügbaren historischen Daten tragen zur Optimierung des Systemalgorithmus und der Fähigkeiten des Systems bei, die erforderlichen Abschattungszeitpunkte zu prognostizieren.

Produkttempfehlungen: VELUX ACTIVE with NETATMO Raumklima-Steuerung, VELUX INTEGRA® Dachfenster (3-Scheiben-Isolierverglasung nach Norden), außenliegender Hitzeschutz (nach Süden, Osten und Westen), VELUX Smart Ventilation, VELUX Rollläden, VELUX Rollos zur Wärmedämmung. Siehe S. 112.



# PROJEKT | Maison Air et Lumière, Einfamilienhaus, Paris, Frankreich Architekt: Nomade Architectes, Cardonelle Ingenierie, E.T.H.A.

„TROTZ EINES KALTEN WINTERS  
WAR ES IN UNSEREM HAUS  
IMMER WARM. SELBST WENN DIE  
AUßENTEMPERATUREN ZWISCHEN  
25 °C AN EINEM TAG UND 30 °C AM  
NÄCHSTEN SCHWANZEN, REAGIERT  
DAS HAUS AUGENBLICKLICH AUF DIE  
VERÄNDERUNGEN, SODASS WIR UNS  
TROTZDEM BEHAGLICH FÜHLEN.“



Samantha Pastour und Familie, Bewohner  
des Maison Air et Lumière, eines Active House  
in Frankreich.



Maison Air et Lumière Foto: Adam Mørk

Je nach Temperatur, CO<sub>2</sub>-Konzentration und Luftfeuchtigkeit werden die Fenster mithilfe einer solarbetriebenen Gebäudesteuerung automatisch betätigt, damit ein angenehmes und gesundes Raumklima gewährleistet ist. In verschiedenen Höhen eingesetzte Fenster bewirken einen Kamineffekt, bei dem warme, verbrauchte Luft durch die Dachfenster entweicht und Frischluft durch die Fassadenfenster weiter unten einströmt.



Foto: Merrild Photography

# PROJEKT | LichtAktiv Haus, Doppelhaushälfte, Hamburg Architekt: Katharina Fey/TU Darmstadt, Ostermann Architekten

Ein neuer Erweiterungsbau an dem umgestalteten Haus aus den 1950er-Jahren kombiniert eine große, offene Fassade mit strategisch angeordneten Dachfenstern. Durch die Dachfenster wird das Tageslicht bis in die letzten Winkel des Gebäudes reflektiert.





# BELICHTUNG DURCH REFLEXION

Reflektiertes Licht durch hoch angeordnete Fenster schafft eine angenehme Belichtung



Während die Sonne über den Himmel zieht, kann das Angebot an direktem Licht die jeweiligen Funktionsanforderungen übertreffen. Befinden sich die Dachfenster auf der gegenüberliegenden oder angrenzenden Seite von hellen Flächen, wird das direkte Licht in reflektiertes, indirektes Licht verwandelt, sodass weichere und angenehmere Lichtverhältnisse geschaffen werden. **Produktempfehlungen: VELUX INTEGRA® Dachfenster. Siehe S. 112.**

## Tageslicht und seine Herausforderungen

Zwar sorgt ein gutes Tageslichtdesign für mehr natürliche Beleuchtung, doch sollte die entsprechende Planung auch mit Bedacht vorgenommen werden. Im Alltag müssen wir verschiedenste visuelle Aufgaben erledigen, für die jeweils verschiedene Anforderungen an die Belichtung bestehen. Wechselnde Lichtverhältnisse können sich auf den visuellen Komfort und die visuelle Leistung auswirken. Daher sollte die Lichtverteilung im Raum möglichst gleichmäßig sein.

Angesichts der dynamischen Eigenschaften des einfallenden Tageslichts müssen mehrere Maßnahmen zur Steuerung bzw. Reduzierung der natürlichen Schwankungen im Tagesverlauf ergriffen werden. Der ständig wechselnde dynamische Charakter von Tageslicht wirkt sich grundsätzlich positiv auf das menschliche Verhalten aus. Bei gewissen Raumfunktionen wie z. B. Büroarbeitsplätzen oder auch in Labors sollte die Möglichkeit einer Lichtregulierung gegeben sein. Der Einfall von Tageslicht sollte im Einklang mit dem zirkadianen Rhythmus gestaltet werden, sodass die Bewohner im Tagesverlauf ihrer biologischen Uhr folgen können.



# TAGESLICHT VON OBEN DURCH OBERLICHTER

Solange noch Streulicht von einem bewölkten oder diffusen Himmel in den Wohnraum einfällt, ist noch keine künstliche Beleuchtung nötig



Fenster in Sattel- und Flachdächern fangen mehr Tageslicht ein als vertikale Fenster, selbst wenn die Sonne hinter den Wolken bzw. hinter dem Horizont verschwindet. Wenn vom Himmel reflektiertes Licht in den Wohnraum einfällt, ist morgens und abends keine künstliche Beleuchtung nötig. **Produktempfehlungen: VELUX INTEGRA® Dachfenster. Siehe S. 112.**

## Tageslichtverteilung

Wenn Fenster in mehreren Ausrichtungen angeordnet werden, wird das Licht besser verteilt. Die Fenster sollten auf mehrere Außenwände und über das Dach angeordnet werden.

Intelligente Tageslichtverteilung ist eine effiziente Maßnahme zur Reduktion von Kunstlicht.

## Licht von oben

Naturgemäß wird die größte Tageslichtmenge über den Zenit durch Streulicht vom Himmel eingestrahlt. Die Lichtmenge durch horizontale Verglasungen ist dreimal so groß wie über gleich große vertikale Lichtquellen (Leuchtdichteabfall).

# PROJEKT | Privathaus, Einfamilienhaus, Fredensborg, Dänemark

Vom Morgen- und Abendhimmel wird viel Licht abgestrahlt, das im Gebäudeinneren genutzt werden kann. Aufgrund der geneigten Erdachse und der Bewegung der Sonne verändert sich das Potenzial zur Nutzung dieses Lichtangebots mit zunehmender Distanz zum Äquator.



Reflexionen im Außenbereich und Barrieren durch Umgebungselemente wie Gebäude und die vorhandene Vegetation haben Einfluss darauf, wie viel Tageslicht in den Wohnraum einfällt. Bei Dach- und Flachdachfenstern wird der Lichteinfall in der Regel weniger stark durch Barrieren beeinträchtigt.



Foto: Martin Sølyst



# LICHTVERTEILUNG ÜBER TREPPENAUFGÄNGE

Gute Lichtverteilung über mehrere Geschosse



Natürliche Lichtquellen über Treppen sorgen für optimale Lichtverteilung. **Produktempfehlungen: eine Kombination von VELUX INTEGRA® Fenstern und einem festen Element. Siehe S. 112.**

## Tageslicht in allen Räumen und Etagen

Zentral gelegene Räume leiden oft unter Tageslichtmangel, insbesondere bei älteren Gebäuden mit einem Grundriss, bei dem die Funktionsbereiche in kleinere Einheiten unterteilt sind. Idealerweise sollten Erschließungsbereiche mit Tageslicht versorgt werden, um unangenehmen Kontrasten zwischen hellen Wohnräumen und dunklen Gängen entgegenzuwirken. Auch in Hinblick auf Sicherheit – zur Vermeidung von Unfällen durch Stürze – ist eine gute Belichtung solcher Räume unerlässlich.



# TAGESLICHT IN FENSTERLOSEN RÄUMEN PER LICHTLENKUNG

Über ein hochreflektierendes Rohr wird Tageslicht in fensterlose Räume gelenkt.



Räume und Korridore in zentralen Innenlagen oder bei komplizierten Dachkonstruktionen erfordern spezielle Produkte, damit die Vorteile von natürlichem Licht für sie nutzbar werden. **Produktempfehlungen: VELUX Tageslicht-Spot. Siehe S. 115.**



## Intensivierung der Lüftung

Ein offener Treppenaufgang eignet sich ideal zum Abführen großer Luftmengen. Durch die Bauweise des Treppenaufgangs entsteht ein Kamineffekt, über den sich die Raumluft nach außen abführen lässt, wenn die Fenster und Türen auf mehreren Etagen geöffnet werden.



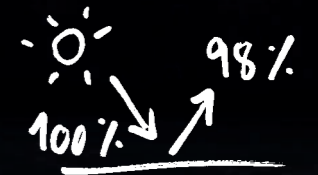
## Sicherheit geht vor

In Durchgangsbereichen kann die intensivere Beleuchtung vorteilhaft sein, die Tageslicht gegenüber künstlichem Licht bietet. Eine leistungsstarke Belichtung mit breitem Lichtspektrum sorgt für mehr Sicherheit, da Schatteneffekte und durch nicht sichtbare Hindernisse verursachte Stolpergefahren minimiert werden.



## Tageslicht-Spot

Der VELUX Tageslicht-Spot ist hochreflektierend konstruiert, sodass mindestens 98% des einfallenden Lichts reflektiert werden (DIN 5036-3 und ASTM E-1651). Der Prozentsatz bezieht sich auf die einzelnen Winkel, in denen das durch das Rohr einfallende Licht auf dem Weg nach unten reflektiert wird. Der endgültige Tageslichteinfall hängt von Länge und Konstruktion des Lichtrohrs ab.





Mit einem von Tageslicht erhellten Treppenaufgang wurde ein beengter Raum in einen hellen und geräumigen Wohnbereich verwandelt. Das einladende Designelement des offenen Treppenaufgangs ist so angelegt, dass alle drei Etagen mit Tageslicht versorgt werden und die Nutzungssicherheit gewährleistet ist.



Foto: Adam Mørk

## PROJEKT | RenovActive, Einfamilienhaus, Anderlecht, Belgien Architekt: ONO architectuur

Da das Tageslicht in jeden Winkel des Wohnbereichs gelenkt wird, lassen sich Bereiche, die normalerweise eng und düster wirken, besser in ansprechende und nutzbare Zonen der Wohnumgebung verwandeln.



Durch einen VELUX Tageslicht-Spot wird das Tageslicht im RenovActive Haus in die tiefsten Winkel des Badezimmers gelenkt.



# WOHNKOMFORT DURCH ORIENTIERUNG DER FENSTER

In verschiedene Himmelsrichtungen ausgerichtete Fenster bewirken unterschiedliche Lichtstimmungen im Raum.

## Tageslicht hängt gänzlich von Ort und Zeit ab

Der Breitengrad des Ortes und die Gebäude- und Fensterausrichtung bestimmen darüber, welchen Effekt das Tageslicht auf das Raumklima ausübt.

Der Breitengrad ist ausschlaggebend für die Höhe der Sonne; je weiter der Standort des Gebäudes vom Äquator entfernt ist, desto stärker wirkt sich dieser Faktor aus. Die Ausrichtung des Gebäudes und seiner Fenster entscheidet darüber, wie viel Tageslicht in den Räumen verfügbar ist und welche

Eigenschaften dieses aufweist. Auf der Nordhalbkugel besteht das aus nördlicher Richtung einfallende Licht hauptsächlich aus Streulicht vom Himmel; dieses sorgt in Gebäuden für eine funktionale und angenehme Lichtstimmung. Aus südlicher, östlicher und westlicher Richtung einfallendes Licht besteht an sonnigen Tagen in erster Linie aus direktem Sonnenlicht mit im Tagesverlauf stark variierender Helligkeit.

**Produktempfehlungen: VELUX INTEGRA® Dachfenster, außenliegender Hitzeschutz (Ausrichtung nach Süden, Osten und Westen). Siehe S. 112.**



**Intensiver und weicher**  
Licht von oben ist wesentlich intensiver als Licht von der Seite. Durch Dachfenster erhalten Wände eine höhere Leuchtdichte als durch Gauben- und Fassadenfenster. So wirkt das Licht weniger grell, da der Übergang zwischen Verglasung und Wand weicher ausfällt.



**Bei Blendung verschwinden Details durch scheinbare Dunkelheit**  
Ein Blendeffekt tritt auf, wenn der Unterschied zwischen minimaler und maximaler Leuchtdichte ein Verhältnis im Bereich von 20:1 bis 40:1 überschreitet (Rea, 2000). Das Auge passt sich an die große Helligkeit der blendenden Lichtquelle an, sodass die Wahrnehmung von Details im nun zu dunklen Raum erschwert wird.



Variabel und intensiv: Südfenster sorgen für variabelere und intensivere Lichtverhältnisse und tragen so dazu bei, dass die Bewohner Uhrzeit und Wetter direkter erleben. Dank der Ausrichtung nach Süden wird auch der solare Wärmegewinn optimiert.



Morgensonne: Nach Osten weisende Fenster fangen das morgendliche Sonnenlicht ein, in dem der kurzwellige Blauanteil des Lichtspektrums dominiert. Bläuliches Licht bewirkt, dass die Melatoninsekretion gestoppt wird, der Blutdruck steigt und die Wachheit der Bewohner zunimmt.



Weich und gleichmäßig: Nach Norden hin ausgerichtete Fenster lassen indirektes oder diffuses Tageslicht herein, das von einem klaren oder verschieden stark bewölkten Himmel abgestrahlt wird. Im Gegensatz zu direktem Sonnenlicht bietet das reflektierte bzw. diffuse Tageslicht eine weichere und gleichmäßigere Lichtqualität.



Abendlicht: Nach Westen ausgerichtete Fenster fangen das Sonnenlicht am späten Nachmittag bzw. Abend ein, in dem die Rotanteile des Spektrums dominieren. Durch den Übergang zu den längerwelligen Anteilen des Lichtspektrums wird die Melatoninsekretion wieder angekurbelt und entfaltet im Körper eine schlaffördernde Wirkung.

# PROJEKT | Sunlighthouse, Einfamilienhaus, Pressbaum, Österreich

Architekt: Juri Troy, Hein-Troy Architekten

Direktes Tageslicht aus südlicher Richtung bietet das ganze Spektrum von intensivem, direktem Licht bis zu weichem, indirektem Licht. Die Beleuchtungsstärke in den Wohnräumen spiegelt die vielen Variationen der Lichtstimmungen am südlichen Himmel exakt wider.



Das reflektierte Tageslicht, das durch die nach Norden ausgerichteten Fenster einfällt, sorgt für eine diffuse Beleuchtung, die auch an klaren Sommertagen angenehm und funktional bleibt.



Foto: Adam Mørk



# LICHTREGULIERUNG

Direktes Sonnenlicht wird durch innen liegende Sonnenschutz-Rollos gestreut, sodass eine angenehme, gleichmäßige Beleuchtung gewährleistet ist



Auch wenn die Beleuchtungsstärke in einem gesunden Raumklima über 1.000 Lux betragen sollte, wünschen die Bewohner gegebenenfalls eine dezenter Lichtstimmung. Innenliegende Rollos ermöglichen die Regulierung des einfallenden Tageslichts und sorgen mit gedämpftem bzw. weicherem Licht für eine angenehme Wohnumgebung. **Produktempfehlungen: VELUX Sonnenschutz-Rollo, VELUX Faltrollo. Siehe S. 113.**

## Die Wahl des idealen Lichts

Bei der Regulierung der sich wandelnden Tageslichtverhältnisse zwischen Morgen- und Abenddämmerung leisten lichtregulierende Produkte hervorragende Dienste. Welches Produkt das richtige ist, hängt davon ab, was Sie erreichen möchten.

Ganz allgemein betrachtet, zeichnen sich Sonnenschutzlösungen durch drei Merkmale aus: Manche Produkte bieten eine Kombination dieser Eigenschaften, sodass die jeweils ausgewählte Lösung in verschiedenen Szenarien eingesetzt werden kann. Rollos sind immer dann eine Option, wenn die Fenster auf öffentliche Bereiche ausgerichtet sind und somit naturgemäß ein Bedarf entsteht, den Privatbereich entsprechend abzuschirmen. Eigenschaften zur Begrenzung der Energieübertragung in Form von Wärme und Kälte, Eigenschaften zur Begrenzung bzw. Dämpfung des Tageslichts und Eigenschaften, mit denen funktionale Beleuchtungsbedingungen geschaffen werden.



# SICHERSTELLUNG DES SCHLAFKOMFORTS

Verdunklungsrollos verhindern den Lichteintrag von außen und gewährleisten so bessere Schlafbedingungen



Auf den Einbruch der Nacht folgt nicht immer auch die Dunkelheit. Zufällige Lichtquellen wie Straßenlaternen, Vollmond oder die hellen Sommernächte in Nordeuropa können nachts für große Helligkeit sorgen. Verdunklungsrollos gewährleisten, dass im Schlafzimmer absolute Dunkelheit herrscht. **Produktempfehlungen: VELUX Verdunklungsrollo oder VELUX Rollo zur Wärmedämmung. Siehe S. 113.**



## Reduzierung von Wärmeschwankungen

Rollos mit Beschichtungen können die hervorragenden thermischen Eigenschaften moderner Isoliergläser noch ein wenig optimieren. Besonders sinnvoll in kalten Winternächten.



## Gesunde Dunkelheit

„Gesunde Dunkelheit“ ist eine Voraussetzung für gesunden Schlaf, da das zirkadiane System des Menschen nachts weit empfindlicher auf Licht reagiert als tagsüber. Der Schlaf-Wach-Zyklus des Menschen kann nachts schon durch geringste Beleuchtungsstärken (die tagsüber keinerlei Auswirkungen hätten) gestört werden.



# TEMPERATUR- REGELUNG DURCH LÜFTEN

Eine verteilte Anordnung der Fenster ermöglicht eine nächtliche Abkühlung, sodass Kühlenergiebedarf gespart und das Schlafklima optimiert werden kann



Bei der nächtlichen Kühlung wird die thermische Masse eines Gebäudes mit kalter Außenluft abgekühlt (Lüftungskühlung). Dadurch wird eine technische Kühlung obsolet. **Produktempfehlungen: VELUX ACTIVE mit NETATMO, VELUX INTEGRA® Dachfenster mit Schallschutzverglasung, VELUX Rollläden. Siehe S. 112.**

## Gesunder Schlaf

Alle notwendigen Voraussetzungen für eine ideale Schlafumgebung während des ganzen Jahres in der Balance zu halten, ist eine komplexe Aufgabenstellung. Beleuchtung, Luftqualität und Energieverbrauch müssen geregelt werden, damit im Schlafzimmer die bestmöglichen Bedingungen gewährleistet sind. Nachstehend werden drei Methoden erläutert, wie Sie die verschiedenen Probleme hinsichtlich der Regelung der Schlafumgebung im Sommer wie auch im Winter bewältigen können.



# FRISCHE LUFT KOMBINIERT MIT WÄRME- RÜCKGEWINNUNG

Dezentrale Lüftungssysteme sichern die Raumhygiene bei minimalem Energieaufwand dank Wärmerückgewinnung.



Eine kontinuierliche Lüftung im Hintergrund ist im Winter wegen des Wärmeverlusts gegebenenfalls nicht durchführbar. Mit der VELUX Smart Ventilation Einheit werden mindestens 75% der Energie durch Wärmerückgewinnung aufgefangen. Die dezentrale Einheit kann z. B. ideal im Schlafzimmer eingesetzt werden. **Produktempfehlungen: VELUX Smart Ventilation, VELUX Rollläden. Siehe S. 112 und 115.**



## Natürlich ist gesünder

In gesundheitlicher Hinsicht ist eine natürliche Lüftung besser als Klimaanlage. Mehrere Studien kommen zu dem Ergebnis, dass Symptome des „Sick-Building-Syndroms“ (SBS) beim Aufenthalt in Räumen mit Klimaanlage durchschnittlich 30 bis 200% häufiger auftreten als in natürlich klimatisierten Räumen. Ein SBS tritt in Gebäuden auf, in denen die Bewohner ohne erkennbare Gründe über Unwohlsein klagen oder mit Krankheitssymptomen zu kämpfen haben (Seppänen et. al., 2002).



## Abkühlung im Schlaf

Die Körpertemperatur fällt im Schlaf ab, damit Energie für andere Aktivitäten gespart wird, etwa für die Hautreparatur. Das kontinuierliche Absinken der Temperatur endet gegen 4:30 Uhr; ab 5:00 Uhr steigt die Temperatur wieder an.

# ☀ TEMPERATURREGELUNG UND SOMMERLICHER WÄRME- SCHUTZ IM SCHLAFBEREICH

Rollos zur Wärmedämmung mit Verdunkelungseigenschaften sorgen für angenehme Schlafbedingungen

„DIE TAGESLICHTNUTZUNG IM INNEREN TRÄGT NICHT NUR ZUM WOHLBEFINDEN DER BEWOHNER BEI, SONDERN SENKT AUCH DEN ENERGIEVERBRAUCH EINES GEBÄUDES. SO KANN DER EINSATZ KÜNSTLICHER BELEUCHTUNG REDUZIERT WERDEN, UND DIE PASSIVEN SOLAREN GEWINNE REDUZIEREN DEN HEIZWÄRMEBEDARF.“

Johannes Schwörer, Geschäftsführer der Schwörer Gruppe



**Sicherung des solaren Wärmegewinns**  
Spezifisch konstruierte Rollos können zu einer Verbesserung des thermischen Komforts in Fensternähe beitragen.



Der Schutz vor dem Lichteintrag von außen ist unerlässlich, damit nachts ein optimales Schlafklima aufrechterhalten werden kann. Im Winter bietet ein Verdunklungsrollo mit Dämmeigenschaften zudem Schutz vor Wärmeverlusten. **Produktempfehlungen: VELUX Verdunklungsrollo zur Wärmedämmung. Siehe S. 113.**

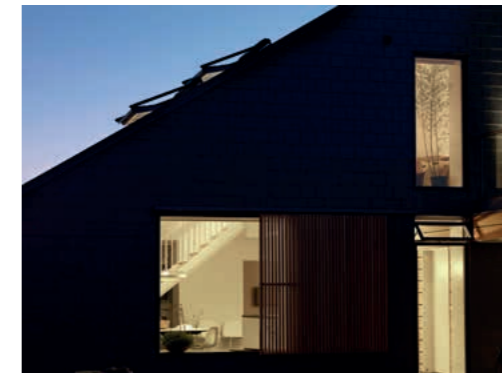
Foto: Jesper Jørgensen



Mithilfe der Nachtauskühlung kann Energie gespart und die thermische Behaglichkeit durch den kostenlosen Kühlungseffekt optimiert werden, der eintritt, wenn kühle Nachtluft die thermische Masse des Gebäudes abkühlt.

# PROJEKT | Home for Life, Einfamilienhaus, Aarhus, Dänemark, Architekt: aart

Öffnungen auf mehreren Geschossen intensivieren den Lüftungsvorgang. Wird die Querlüftung mit dem Kamineffekt kombiniert, kann ein 6,5-facher bis 20-facher Luftwechsel pro Stunde (air changes per hour, ACH) erreicht werden.





# KOSTENLOSES HEIZEN DANK PASSIVEN SOLAREN ZUGEWINNEN

Wenn das Wohngebäude an der Südseite mit vielen Fenstern ausgestattet ist, lässt sich eine positive Energiebilanz erzielen



Mit nach Süden ausgerichteten Fenstern profitieren Sie das ganze Jahr über von einer kostenlosen Heizung; Mit Dachfenstern lässt sich eine positive Energiebilanz (Transmissionswärmeverlust versus nutzbare solare Gewinne in der Heizperiode) erzielen. **Produktempfehlungen: VELUX ACTIVE with NETATMO, VELUX INTEGRA® Dachfenster. Siehe S. 112.**

**Wärmegehalt dank g-Wert**  
Sonnenstrahlen werden in Wärme umgewandelt, wenn sie durch die Fensterscheibe in das Gebäude gelangen. Der Effekt ist größer, wenn das Fenster von einem 90°-Winkel in einen größeren Winkel geneigt wird, der dem Einfallswinkel des Sonnenlichts entspricht. Passive solare Zugewinne sind über geneigte Glasflächen höher, sodass der g-Wert optimiert und eine insgesamt positive Energiebilanz erzielt wird.

Die kostenlose Heizung ist zu begrüßen, da sie das mechanische Heizsystem des Hauses ergänzt, muss jedoch entsprechend geregelt werden, damit keine unangenehmen Temperaturen entstehen.



# BESCHATTUNG

Außenliegender Hitzeschutz als effizienteste Maßnahme zur Sicherstellung des sommerlichen Wärmeschutzes



Die Erwärmung wird durch lichtdurchlässige Screens bis zu 73% und durch Rollläden um bis zu 90% reduziert. Nordfenster halten die optimale Tageslichtversorgung in Gebäuden aufrecht. Tageslicht sorgt – ungeachtet des Sonnenschutzes – dafür, dass weniger künstliche Beleuchtung erforderlich ist. **Produktempfehlungen: VELUX ACTIVE with NETATMO, außenliegender Hitzeschutz. Siehe S. 112.**







# PROJEKT | Sunlight House, Einfamilienhaus, Pressbaum, Österreich Architekt: Juri Troy, Hein-Troy Architekten

„WÄHREND DER HITZEWELLE IM SOMMER ERREICHTEN DIE AUßENTEMPERATUREN BIS ZU 32 °C, ABER DRINNEN HATTEN WIR DANK DER VERDUNKELUNGSROLLOS ERTRÄGLICHE 26 °C. NACHTS KÜHLTE DAS HAUS SEHR SCHNELL AB, WENN DIE ERDGESCHOSS- UND DACHFENSTER GEÖFFNET WAREN UND EIN STROM KÜHLER NACHTLUFT DURCH DAS HAUS ZIEHEN KONNTE.“



Familie Dorfsetzer, Bewohner des Sunlight-house, eines Active House in Österreich.

Am relevantesten ist der solare Wärme-  
gewinn in der kalten Jahreszeit, wenn  
sich die Sonne tief am Horizont auf ihrer  
Bahn bewegt. Werden die Dachfenster  
hoch oben platziert, lassen sich unange-  
nehme Blendeffekte vermeiden.

Foto: Martin Dyrlov



# PROJEKT | Home for Life, Einfamilienhaus, Aarhus, Dänemark Architekt: aart

Hitzeschutz im Außenbereich ist  
wichtig, um eine übermäßige Auf-  
heizung durch Sonneneinstrahlung  
zu verhindern. Die meisten Systeme  
sind transparent und bieten  
eine gewisse Durchlässigkeit für  
Tageslicht. Dynamische Fassaden:  
Durch intelligente Steuerung wird  
gewährleistet, dass die Beschat-  
tung auf direkten Lichteinfall  
reagiert.





# LUFTAUSTAUSCH DURCH NATÜRLICHE LÜFTUNG

Die Gesetze der Thermodynamik und der Luftdruck ermöglichen eine selbsttätige Lüftung

## Lüftungsstrategien

Statt einfach ein Fenster zu öffnen und das Beste zu hoffen, sollten Sie darüber Bescheid wissen, wie der sich wandelnde Luftaustauschbedarf mit verschiedenen Lüftungsstrategien erfüllt werden kann. Die nachstehend erläuterten vier Strategien beziehen sich auf mehrere Methoden für verschiedene Zwecke, von einer sanften Lüftung im Hintergrund bis hin zu einem intensiven Luftaustausch.

Produkttempfehlungen: VELUX ACTIVE mit NETATMO. Siehe S. 112.



## ACH-Wert

Nach den baurechtlichen Bestimmungen in Nordeuropa ist in der Regel eine normierte Luftwechselrate empfohlen. Die Gefahr feuchtigkeitsbedingter Krankheiten wie Asthma und Allergien nimmt rasch zu, wenn der ACH-Wert unter einen Mindestwert absinkt.



## Einfaches Lüften

Mit einem automatisierten System lassen sich mühelos je nach Jahres- und Tageszeit verschiedene Strategien miteinander kombinieren. Wohnräume sollten je nach Belegung, Nutzung und Luftvolumen adäquat gelüftet werden. Durch kurzes Intervalllüften werden unerwünschte Wärmeverluste während der kalten Jahreszeit verhindert (Stoßlüften). Längeres Lüften trägt in der warmen Jahreszeit zur Abkühlung der Gebäudemasse bei.



Hintergrundlüftung: Die Hintergrundlüftung mithilfe von Lüftungsventilen und -klappen gewährleistet einen kontinuierlichen Luftaustausch ohne wahrnehmbare Zugluft (ACH-Wert von ca. 0,5). Diese Methode empfiehlt sich nur im Sommer und in der Übergangszeit.



Kamineffekt: Der Kamineffekt beruht auf dem natürlichen Auftrieb warmer Luft. Dabei strömt weiter unten kühlere Frischluft ein, während die wärmere verbrauchte Luft durch offene Fenster im Dach abgeführt wird (ACH-Wert von ca. 4,5 bis 6,0).



Querlüftung: Die Querlüftung basiert darauf, dass auf jeder Seite des Dachs ein anderer Winddruck herrscht. Infolge dieser Differenz wird ein Luftstrom zwischen zwei Öffnungen im Gebäude erzeugt (ACH-Wert von ca. 2,5 bis 5,0).



Maximales Lüften: Die Kombination von Kamineffekt und Querlüftung stellt die effizienteste Lüftungsstrategie dar. Sie kann angewendet werden, um den Luftaustausch bei Bedarf zu beschleunigen, etwa nach gesellschaftlichen Zusammenkünften oder nach der Rückkehr aus einem langen Urlaub.

# PROJEKT | Sunlight House, Einfamilienhaus, Pressbaum, Österreich

Architekt: Juri Troy, Hein-Troy Architekten

Ausgiebiges Fensterlüften lässt sich im Winter häufig nicht mehr aufrechterhalten, wenn kalte Zugluft und Wärmeverluste drohen. Mit VELUX Smart Ventilation können die Bewohner weiterhin ausreichend lüften, da die einströmende Luft per Wärmerückgewinnung erwärmt wird. VELUX Smart Ventilation wird geräuscharm bei 24 dB betrieben und ist im Raum nicht sichtbar.



Foto: Adam Mörk



# NATURNÄHE DURCH AUSBLICK

Ausblicke ermöglichen einen perfekten Bezug zum Außenraum



Erweitern Sie den Wohnbereich nach außen, indem Sie einen Aussichts-bereich mit von unten bedienbaren Dachfenstern einrichten, sodass sich die Bewohner unter den geöffneten Fensterflügel stellen können. Ergänzen Sie die Konstruktion mit zusätzlichen vertikalen oder abgeschrägten Elementen und schaffen Sie so ein besonderes Erlebnis vom Bodenniveau bis zur Deckenhöhe. **Produktempfehlungen: VELUX Klapp-Schwing-Dachfenster (auch als Notausstieg verfügbar). VELUX Vertikal- und Dachschrägenelement. Siehe S. 115.**

## Grenzenlose Erweiterung Ihres Zuhauses

Heute zeichnen sich neue Bau- und Sanierungsprojekte vor allem dadurch aus, dass der Wohnbereich nach außen geöffnet wird. Der Effekt ist aus offensichtlichen Gründen wünschenswert, beruht aber auch auf nachgewiesenen psychologischen Neigungen. Wie bereits erwähnt, ist die Versorgung mit Tageslicht alleine noch kein ausreichender Grund, das Verlangen der Bewohner nach einer Aussicht zu erfüllen. Fenster sind eine Verbindung zur Außenwelt, durch die wir Orientierungsinformationen erhalten, Wetterveränderungen wahrneh-

men und einen Eindruck davon erhalten können, wie die Zeit im Tagesverlauf verstreicht.

Der visuelle Eindruck einer Aussicht ist bisweilen subtil, bleibt jedoch nie unbemerkt. Eine Aussicht erweitert den Raum und schafft ein Raumgefühl, eine Weiträumigkeit, die sich bis zum Horizont erstreckt. Durch eine eindrucksvolle Aussicht hält die Natur in den Wohnbereich Einzug und umgekehrt. So wird eine sehr greifbare und geistig ansprechende Verbindung zur Umwelt aufgebaut, die wir instinktiv als frischer und gesünder wahrnehmen.



Ein Außenbalkon kann ohne größere bauliche Veränderungen am Dach konstruiert werden. Der Dachaustritt VELUX CABRIO® schafft eine echte Verbindung zwischen dem Innen- und einem privaten Außenbereich und ist mit einem integrierten Glaselement und einem Metallgeländer versehen. **Produktempfehlung: VELUX CABRIO®. Siehe S. 115.**



**Die Anti-Stress-Gebäudekonzeption**  
Studien zu den Auswirkungen visueller Reize auf stressbedingte Symptome deuten darauf hin, dass der Anblick natürlicher Landschaften viel schneller zur Senkung des Blutdrucks, der Herzaktivität und der Muskelspannung beitragen kann als die Betrachtung urbaner Landschaften (Ulrich, 2008). Ähnliche Experimente haben gezeigt, dass bis zu einem Fünftel der Mitarbeiter in Bürogebäuden weniger SBS-Symptome (Sick-Building-Syndrom) berichten als ihre Kollegen, wenn ihr Arbeitsplatz in der Nähe von Fenstern mit Aussicht untergebracht ist (Fairly et. al., 2001).



## 1+1 = viel mehr

Wird ein einzelnes Dachfenster mit einem Dachfenster ähnlicher Größe kombiniert, nimmt die Helligkeit de facto um mehr als das Doppelte zu. Dieser Effekt beruht darauf, dass Kombinationen von Fenstern ein größeres Verhältnis zwischen Verglasung und Verkleidung aufweisen und der Tageslichteinfall folglich weniger versperrt wird.

Foto: Kaslov Studio

# PROJEKT | Sommerhaus, Dänemark

Wenn eine Aussicht geschaffen wird, bietet der Raum automatisch einen natürlichen Vorteil. In diesem Fall wird der Ausblick durch hoch oben angebrachte Dachfenster ergänzt, die für weiches Licht und eine optimale Lüftung sorgen.

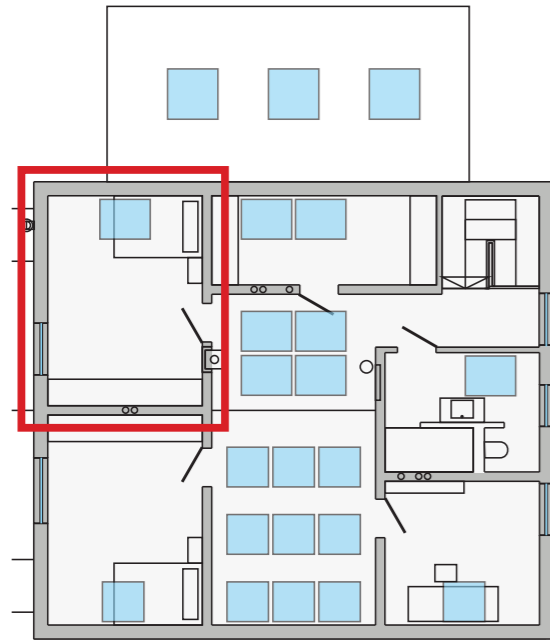


Ein Balkon scheint die Bewohner stets zu einem Gang nach draußen anzuregen, damit sie die Umgebung betrachten und das Wetter begutachten können. Vielleicht haben wir diese Veranlagung sogar von unseren Vorfahren aus grauer Vorzeit geerbt, als wir einen Beobachtungsposten beziehen mussten, um unser Heim zu schützen.

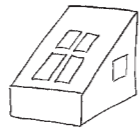
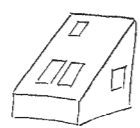
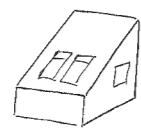
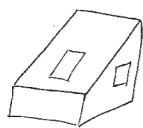


# GRUNDLAGEN DER GESTALTUNG EINES GESUNDEN GEBÄUDES

# ZIMMER MIT AUSSICHT



Der Planungsprozess beginnt oft mit einer Idee oder Präferenz, die zum bestimmenden Merkmal des betreffenden Raums werden soll. Wir haben drei der beliebtesten Eigenschaften identifiziert, die von Bauträgern und Baufachleuten gleichermaßen angestrebt werden. Damit wir relevante Produktkonfigurationen für die vorgesehenen Eigenschaften anbieten können, haben wir eine Studie durchgeführt, die den tatsächlichen Effekt der jeweiligen Konfiguration zeigt. Sämtliche Konfigurationen werden mit einem grundlegenden Referenzentwurf verglichen und in einem ähnlichen Raum mit den Tools VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer und VELUX Daylight Visualizer geprüft.



	Basis	Energie	Smart	Aussicht
Tageslicht	25 %	25 %	51 %	100 %
Raumluftqualität	25 %	90 %	100 %	86 %
Wärmeeinsparung	25 %	100 %	75 %	30 %
Kühlungseffekt	50 %	75 %	100 %	75 %

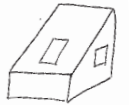
## Erzielte Leistung

Zum Abbilden der jeweils erzielten Leistung haben wir ein Diagramm mit vier trennscharfen Komfortindikatoren entwickelt. Etwaige Unterschiede zeigen, wo die jeweilige Lösung in Bezug auf die Faktoren Tageslicht, Luftqualität, Wärmeeinsparung und Kühlungseffekt einzustufen ist. Die Studie wurde mit 2-Scheiben-Isolierverglasung durchgeführt; es ist davon auszugehen, dass die Wärmeeinsparung bei einer 3-Scheiben-Isolierverglasung noch größer ausfallen würde.



## Basisdesign

Die Basiskonfiguration mit einem Fenster dient als Referenzentwurf für die drei anderen Konfigurationen. Die Werte der einzelnen Konfigurationen stehen im Verhältnis zu der für das Basisdesign erfassten Basisleistung.



**Konfiguration:**  
Dachfenster: 1 x MK08 (GPL)

## Energieeinsparung

Durch die Montage von zwei VELUX Dachfenstern wird der solare Wärmege-  
winn optimiert. Zudem wird eine positive Energiebilanz erreicht, insbesondere wenn die Fenster auf den südlichen Himmel ausgerichtet sind. In Kombination mit VELUX Smart Ventilation Einheiten ist die Gesamtlösung so konfiguriert, dass alle Vorteile der kostenlosen Heizung erzielt und die Gefahren eines Wärmeverlusts während der Lüftung minimiert werden.



**Konfiguration:**  
Dachfenster: 2 x PK10 (GPL)  
Wabenplissee zur Wärmedämmung: 2 x FHC  
VELUX INTEGRA® Solar-Hitzeschutz-Markisen: 2 x MSL  
VELUX Smart Ventilation: 2 x ZOV

## Smart-Betrieb

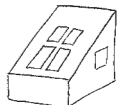
Montieren Sie zwei VELUX INTEGRA® Dachfenster in Kopfhöhe und ein weiteres mit ähnlichen Eigenschaften im Bereich des Dachfirsts. Nutzen Sie VELUX ACTIVE, damit das automatisierte System in Echtzeit auf Ereignisse reagieren kann. Während die Verteilung der Dachfenster eine optimale Lüftung mithilfe des Kamineffekts gewährleistet, ermöglicht das sensorgestützte System die Erkennung und Abführung verbrauchter Luft, noch bevor diese die Gesundheit der Bewohner und das Raumklima beeinträchtigen kann.



**Konfiguration:**  
VELUX INTEGRA® Elektro-Dachfenster: 2 x PK10 (GGL)  
VELUX INTEGRA® Elektro-Dachfenster: 1 x PK08 (GGL)  
VELUX INTEGRA® Elektro-Verdunkelungs-Rollo: 3 x DML  
VELUX INTEGRA® Elektro-Hitzeschutz-Markise: 3 x MML  
Automatisierung: VELUX ACTIVE mit NETATMO

## Tolle Aussicht

Montieren Sie eine Kombination aus vier VELUX Dachfenstern, um eine große Fensterfläche zu schaffen, die eine großartige Aussicht auf den Himmel und die Landschaft in der Umgebung bietet. Die unteren Dachfenster gewährleisten mit der Bedienung von unten, dass die Bewohner in die Fensternische treten und die Aussicht unterhalb eines schützenden Fensterbereichs genießen können. Große Fensterbereiche sorgen für herausragende Tageslichtbedingungen und dafür, dass die Bewohner mit dem zirkadianen Rhythmus im Einklang bleiben.



**Konfiguration:**  
Dachfenster: 2 x PK10 (GPL)  
VELUX INTEGRA® Elektro-Dachfenster: 2 x PK08 (GGL)  
Sichtschutz-Rollo manuell für unten: 2 x RFL VELUX INTEGRA® Sichtschutz-Rollo für oben: 2 x RML  
VELUX INTEGRA® Elektro-Markisen: 4 x MML





**Betrieb auf Basis von Raumluftqualität, Temperatur und Wetter**



**Maximaler Tageslichteinfall und solarer Wärmegewinn**



**Funktionales Tageslicht mit minimalem Wärmeverlust**



**Automatische Verhinderung übermäßiger Aufheizung durch Sonneneinstrahlung**



**Optimale Steuerung der Solarwärme und Verdunkelung**



**Umwandlung manueller Fenster in automatisierte Lösungen**



**Wärmeverlust-Minimierung und Verdunkelung**



**Verdunkelung**



**Tageslichtstreuung und Variabilität**



**Verhinderung übermäßiger Aufheizung durch Sonneneinstrahlung**



**VELUX ACTIVE WITH NETATMO**

Das sensor- und netzwerkgestützte Steuerungssystem ermöglicht den automatischen Betrieb von Fenstern und Rollos bei Veränderungen der CO<sub>2</sub>-Konzentration, Luftfeuchtigkeit und Raumtemperatur sowie entsprechend dem aktuellen und vorhergesagten Wetter. Kompatible Produkte sind als „VELUX ACTIVE READY“ gekennzeichnet (nur in diesem Abschnitt).



**VELUX INTEGRA® Elektro-Dachfenster (GGL/GGU)**

Nach Süden, Osten und Westen ausgerichtete Dachfenster mit 2-Scheiben-Isolierverglasung bieten einen maximalen Tageslichteinfall und kostenlose Solarwärme.



**VELUX INTEGRA® Elektro-Dachfenster (GGL/GGU)**

Nach Norden ausgerichtete Dachfenster mit 3-Scheiben-Isolierverglasung bieten weiches, funktionales Tageslicht mit optimalen Isolationseigenschaften.



**VELUX INTEGRA® Elektro-Hitzeschutz-Markise**

Die VELUX INTEGRA® Elektro-Hitzeschutz-Markise reduziert die Aufheizung durch Sonneneinstrahlung um bis zu 76 % und sollte bei nach Süden, Osten und Westen ausgerichteten Dachfenstern eingesetzt werden.



**VELUX INTEGRA® Elektro-Rollläden**

Der VELUX INTEGRA® Elektro-Rollläden reduziert die Aufheizung durch Sonneneinstrahlung um bis zu 94 % und ermöglicht eine vollständige Verdunkelung des Raums. Rollläden sind für alle Dachseiten empfehlenswert.



**VELUX Nachrüst-Set (KSX100/KSX100K)**

Mit dem VELUX Nachrüst-Set lassen sich manuell bedienbare VELUX Dachfenster in eine automatisierte Lösung mit elektrischen VELUX INTEGRA® Funktionen verwandeln. Das Set ist solarbetrieben und kabellos.



**VELUX INTEGRA® Elektro-Wabenplissee**

Das VELUX Wabenplissee ermöglicht die Verdunkelung von Räumen und bietet zusätzlichen Schutz vor Wärmeverlust bei kaltem Wetter sodass es an allen Fenstern angebracht werden sollte.



**VELUX INTEGRA® Verdunkelungs-Rollo**

Das VELUX Verdunkelungsrollo ermöglicht eine optimale Verdunkelung und ist für den Einsatz in Schlafzimmern, sowie Ruhe- und Entspannungsbereichen empfehlenswert.



**VELUX INTEGRA® Elektro-Sichtschutz-Rollo**

Mithilfe des Rollos wird einfallendes Tageslicht abgedämpft, sodass ein weiches Licht entsteht, ohne dass die natürlichen Lichtschwankungen im Tagesverlauf abgehalten werden.



**VELUX Hitzeschutz-Markise (manuell)**

Die VELUX Hitzeschutz-Markise reduziert die Aufheizung durch Sonneneinstrahlung um bis zu 76 % und empfiehlt sich für nach Süden, Osten und Westen ausgerichtete Dachfenster.

**Steuerung per App**

VELUX ACTIVE wird per Smartphone-App gesteuert. Eine Sprachsteuerung wird durch die Kompatibilität mit Apple HomeKit® unterstützt.

Das Verfügbarkeitsdatum erfahren Sie von Ihrem VELUX Partner in Ihrer Nähe.

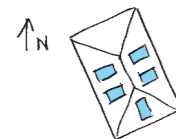
**VELUX ACTIVE**

Intelligente Sensorsteuerung für Ihre VELUX Dachfenster, Sonnenschutzprodukte und Rollläden.

with **NETATMO**

**NETATMO TECHNOLOGIE**

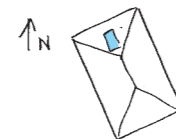
Bei VELUX ACTIVE werden NETATMO Sensortechnologien und Netzwerkdienste für Echtzeit-Überwachung und -Betrieb eingesetzt. VELUX INTEGRA® Produkte sind mit dem System VELUX ACTIVE kompatibel. Das VELUX ACTIVE Gateway ermöglicht den Zugriff auf alternative Servicesysteme wie Apple HomeKit®.



Alle elektrischen VELUX INTEGRA® Produkte unterstützen den Automatikbetrieb und bieten programmierbare Funktionen.

**Empfohlenes Zubehör**

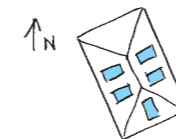
Kombinieren Sie das System mit Sonnenschutzprodukten, um eine übermäßige Aufheizung durch Sonneneinstrahlung zu verhindern, z. B. mit einer VELUX INTEGRA® Elektro-Hitzeschutz-Markise.



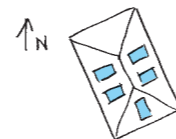
Alle elektrischen VELUX INTEGRA® Produkte unterstützen den Automatikbetrieb und bieten programmierbare Funktionen.

**Empfohlenes Zubehör**

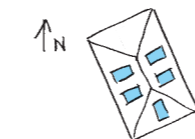
Kombinieren Sie das System mit stark dämmenden Sonnenschutzprodukten, um den Wärmeverlust durch die Verglasung zu minimieren, z. B. mit einem VELUX INTEGRA® Elektro-Wabenplissee zur Wärmedämmung.



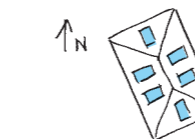
VELUX INTEGRA® Elektro-Hitzeschutz-Markisen können sensorgesteuert oder per Fernbedienung betrieben werden. Die Markisen sind mit einem lichtdurchlässigen Gewebe verfügbar. Dadurch wird auch im ausgefahrenen Zustand weiterhin eine Sicht nach draußen ermöglicht.



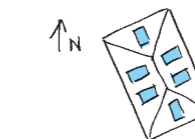
Rollläden optimieren die Dämmeigenschaften von Fenstern und reduzieren Außengeräusche. VELUX Rollläden sind in elektrischer und solarbetriebener Ausführung erhältlich.



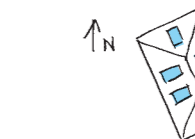
Das Nachrüst-Set beinhaltet alle notwendigen Bauteile, u. a. Regensensor und Fernbedienung. Mit dem Set KSX100K werden die bis 2014 hergestellten VELUX Dachfenster nachgerüstet. Für später produzierte Modelle ist das Set KSX100 erhältlich. Weitere Informationen hierzu finden Sie auf Ihrer lokalen VELUX Website.



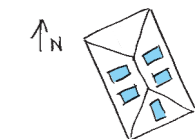
Dank der innenliegenden Aluminiumbeschichtung der Waben wird der Wärmeverlust um bis zu 25 % reduziert. Das Wabenplissee kann per Knopfdruck automatisch an jede beliebige Position fahren.



Der rückseitig alubeschichtete Stoff sorgt für eine optimale Verdunkelung und lässt sich stufenlos bedienen.



Rollo ist stufenlos bedienbar und sorgt bei Bedarf auch für die nötige Privatsphäre.



Die manuell bedienbare VELUX Hitzeschutz-Markise ist eine kostengünstige und ästhetisch ansprechende Lösung. Dank des lichtdurchlässigen Gewebes wird auch in ausgefahrenem Zustand weiterhin eine Sicht nach draußen ermöglicht.

**VELUX ACTIVE READY**

Alle VELUX INTEGRA® Produkte sind mit VELUX ACTIVE kompatibel.



**VELUX ACTIVE READY**

Alle VELUX INTEGRA® Produkte sind mit VELUX ACTIVE kompatibel.



**VELUX ACTIVE READY**

Alle VELUX INTEGRA® Produkte sind mit VELUX ACTIVE kompatibel.



**VELUX ACTIVE READY**

Alle VELUX INTEGRA® Produkte sind mit VELUX ACTIVE kompatibel.



**VELUX ACTIVE READY**

Alle VELUX INTEGRA® Produkte sind mit VELUX ACTIVE kompatibel.



**VELUX ACTIVE READY**

Alle VELUX INTEGRA® Produkte sind mit VELUX ACTIVE kompatibel.



**VELUX ACTIVE READY**

Alle VELUX INTEGRA® Produkte sind mit VELUX ACTIVE kompatibel.



**VELUX ACTIVE READY**

Alle VELUX INTEGRA® Produkte sind mit VELUX ACTIVE kompatibel.



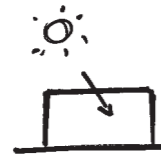
io-homecontrol® bietet eine fortschrittliche und sichere Radio-Funktechnologie, die einfach zu installieren ist. io-homecontrol® gekennzeichnete Produkte kommunizieren miteinander und verbessern somit Komfort, Sicherheit und Energieeinsparung.  
www.io-homecontrol.com



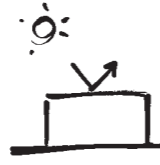
**Optimale Lüftungsbedingungen**



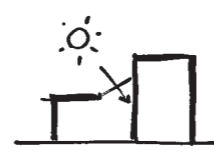
**Freier Blick nach draußen**



**Mehr Tageslicht und frische Luft unter flachen Dächern**



**Geringerer Wärmeeintrag bei Flachdächern**



**Mehr Tageslicht dank Oberlicht**



**Drinne einen Aussichtspunkt schaffen**



**Privater Balkon für bessere Aussicht**



**Zurück zur Natur mit einem Dachbalkon**



**Dauerhaft gute Lüftung mit weniger Wärmeverlust**



**Natürliche Beleuchtung in kleinen und abgelegenen Bereichen**

Empfohlener Mindestabstand: 2 m



**VELUX INTEGRA® Elektro-Dachfenster, Anordnung gegenüberliegend/übereinander (GGL/GGU)**

Platzieren Sie ein zu öffnendes Dachfenster weiter unten und eines im Bereich des Dachfirsts, um eine schnelle Lüftung mithilfe des Kamineffekts zu erreichen. Zur Unterstützung der Querlüftung ordnen Sie die zu öffnenden Fenster auf gegenüberliegenden Seiten an. Der Effekt entsteht auch bei kleineren Abständen, ist aber bei einem Mindestabstand von zwei Metern am größten.

Bei übereinander angeordneten Fenstern wird die thermodynamische Bewegung warmer Luft ausgenutzt, sodass die verbrauchte Luft durch das offene Fenster am First entweicht. Bei einander gegenüberliegenden Fenstern wird die Luftdruckdifferenz zwischen beiden Seiten genutzt, durch die Luft von einem Fenster zum anderen gedrückt wird.



**VELUX INTEGRA® Elektro-Dachfenster (GGL/GGU) und VELUX Fassadenelemente (VFE/VIU laut Abb. oder GIL/GIU)**

Eine Kombinationslösung sorgt für mehr Tageslicht in den Räumen und schafft ideale Bedingungen für einen enormen solaren Wärmegewinn.

**Empfohlenes Zubehör**

Kombinieren Sie das System mit Sonnenschutz zur Verhinderung einer übermäßigen Aufheizung durch Sonneneinstrahlung, z. B. mit VELUX INTEGRA® Elektro-Hitzeschutz-Markisen.



**VELUX INTEGRA® Flachdach-Fenster KONVEX-GLAS (CVP)**

Ein zentral angeordnetes Flachdach-Fenster lässt Tageslicht in Bereiche einfallen, die über Fassadenfenster nicht mit Licht versorgt werden können.

Das Flachdach-Fenster KONVEX-GLAS stellt ein stilvolles Konstruktionselement dar und ist empfehlenswert, wenn die Dachlandschaft von außen zu sehen ist, etwa von angrenzenden Gebäuden aus. In der VELUX INTEGRA® Version lässt sich KONVEX-GLAS bequem öffnen und schließen.

**Empfohlenes Zubehör**

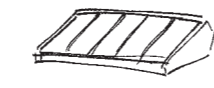
Innenliegender VELUX INTEGRA® Sonnenschutz sorgt für weiches Tageslicht oder einen Verdunkelungseffekt und schützt vor blendendem Sonnenlicht bzw. nächtlichem Lichteintrag. VELUX INTEGRA® Solar-Hitzeschutz-Markisen schützen vor Aufheizung durch Sonneneinstrahlung.



**VELUX INTEGRA® Solar-Hitzeschutz-Markise (MSG) für Flachdach-Fenster**

Die Markise führt zu einer Reduzierung der Aufheizung durch Sonneneinstrahlung um bis zu 78%. Trotz der Hitzereduktion lässt der transparente Netzstoff noch ausreichend Tageslicht hindurch.

Die Hitzeschutz-Markise ist kompatibel mit den Varianten KONVEX-GLAS und KUPPEL. Montiert wird sie zwischen dem Oben- und Basiselement, dank des Solarmotors einfach und ohne zusätzlich notwendige Verkabelung.



**VELUX Modular Skylights, Lichtband für Flachdächer (HFC/HVC)**

Mit der Lichtband-Lösung entsteht eine große, atriumartige Raumgestaltung, in der viel freier Himmel zu sehen ist. VELUX Modular Skylights sind aus einzelnen Modulen mit Flügelrahmen mit besonders schmalen Profilen aufgebaut. So entsteht eine diskrete und minimalistische Optik.

VELUX Modular Skylights sind als feststehende Module und zu öffnende Einheiten mit elektrischen VELUX INTEGRA® Funktionen erhältlich.

**Empfohlenes Zubehör**

Mit innen liegenden Sonnenschutz-Rollos für VELUX Modular Skylights können Sie den Lichteinfall regeln und die Aufheizung durch Sonneneinstrahlung reduzieren.



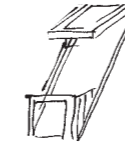
**VELUX Klapp-Schwing-Dachfenster (GPL/GPU)**

Ein Klapp-Schwing-Dachfenster lädt die Bewohner dazu ein, die Fensternische zu betreten und die Panorama-Aussicht auf die Landschaft zu genießen. Über einen Griff am unteren Rand wird das Fenster entriegelt, sodass der Flügel des Fensters geöffnet werden kann.

Klapp-Schwing-Fenster sind geeignet, wenn man frei an das Fenster herantreten kann.

**Empfohlenes Zubehör**

Kombinieren Sie das System mit passenden, per Fernbedienung steuerbaren Sonnenschutzprodukten, um eine Aufheizung durch die Sonne sowie Wärmeverluste zu verhindern.



**VELUX CABRIO®**

Mit einem VELUX CABRIO® Fenster können die Bewohner einen privaten Balkon entstehen lassen und so ungenutzte Flächen im Bereich der Innenwand nutzbar machen. Mit dem VELUX CABRIO® Fenster wird eine normale Dachfenster-Doppelkonstruktion in einen überdachten Außenbereich mit 180-Grad-Aussicht verwandelt.

Die Lösung besteht aus einer Klapp-Schwing-Einheit an der Oberseite und einem unteren Element. Stabile Geländer an beiden Seiten des unteren Elements klappen nach oben heraus, wenn das untere Element nach vorne gedrückt wird.

**Empfohlenes Zubehör**

Kombinieren Sie das System mit passenden manuell oder per Fernbedienung steuerbaren Sonnenschutzprodukten, um eine Aufheizung durch Sonneneinstrahlung sowie Wärmeverluste zu verhindern.



**VELUX Dachbalkon**

Mit dem VELUX Dachbalkon erhalten die Bewohner über eine große Dachfensterkonstruktion Zugang zu ansonsten ungenutzten Außenbereichen. Die große Öffnung und die angrenzende Dachbalkonfläche erweitern den Wohnbereich nach draußen und lassen viel Tageslicht und Frischluft nach innen einströmen.

Mithilfe des Balkons werden zusätzliche Flächen erschlossen, die häufig etwa wegen eines höheren Kniestocks nicht nutzbar sind. Die Fensterlösung ist mit dem unteren Bereich des Dachs verbunden.

**Empfohlenes Zubehör**

Kombinieren Sie das System mit passenden manuell oder per Fernbedienung steuerbaren Sonnenschutzprodukten, um eine Aufheizung durch Sonneneinstrahlung sowie Wärmeverluste zu verhindern.



**VELUX Smart Ventilation**

Mit der VELUX Smart Ventilation Einheit werden mindestens 75% der Wärme aus der verbrauchten Luft zurückgewonnen, die dann wiederum zur Erwärmung der einströmenden Frischluft verwendet werden. Die Einheit gewährleistet eine gute Luftqualität ohne das Risiko von Zugluft und Wärmeverlusten.

Der Wärmetauscher wird außen auf der Lüftungsklappe des VELUX Dachfensters angebracht und ist von innen nicht sichtbar.



**VELUX Tageslicht-Spot**

Der VELUX Tageslicht-Spot bringt natürliches Licht in Flure, Treppenhäuser, Badezimmer und Abstellräume, in denen keine andere Tageslicht-Lösung umgesetzt werden kann. Der Tageslicht-Spot besteht aus einem feststehenden Modul an der Oberseite, einem starren Rohr mit stark reflektierender Beschichtung und einer innen angebrachten Streuscheibe.

Je nach Position, Spezifikation und geografischem Standort können mit dem VELUX Tageslicht-Spot größere Mengen an Tageslicht verfügbar gemacht werden als mit künstlicher Beleuchtung. Der Tageslicht-Spot ist für Flach- und Satteldächer verfügbar.

**VELUX ACTIVE READY**

Alle VELUX INTEGRA® Produkte sind mit VELUX ACTIVE kompatibel.



**VELUX ACTIVE READY**

Alle VELUX INTEGRA® Produkte sind mit VELUX ACTIVE kompatibel.



**VELUX ACTIVE READY**

Alle VELUX INTEGRA® Produkte sind mit VELUX ACTIVE kompatibel.



**VELUX ACTIVE READY**

Alle VELUX INTEGRA® Produkte sind mit VELUX ACTIVE kompatibel.



**VELUX ACTIVE READY**

Alle VELUX INTEGRA® Produkte sind mit VELUX ACTIVE kompatibel.



# HINTERGRUND

# HINTERGRUND UND DOKUMENTATION

Die Informationen aus diesem Handbuch basieren auf zahlreichen Experimenten und wissenschaftlichen Studien, die von renommierten Wissenschaftlern und Branchenexperten durchgeführt wurden. Die Liste in diesem Abschnitt enthält ein paar der wichtigsten Projekte, Studien und Analysen, in deren Rahmen untersucht werden sollte, wie sich Tageslicht, Lüftung und Temperaturschwankungen auf Wohnumgebungen auswirken. Zudem werden Instrumente mit Fokus auf Tageslichteinfall und Energieübertragung beschrieben, die dafür konzipiert sind, Architekten und Baufachleute bei der Planung und Bewertung bestimmter Baukonstruktionen zu unterstützen.

## **Das Active House-Konzept**

Das Active House-Konzept basiert auf der Vorstellung, dass Gebäude „mehr geben als nehmen“ sollten. Das Konzept wird von mehreren europäischen Unternehmen – Partnern und Mitgliedern der Active House Alliance – unterstützt und bietet ein Sammelbecken für Ideen und Lösungen, die den Bewohnern der entsprechenden Gebäude ein gesünderes

und komfortableres Leben ermöglichen sollen, ohne Beeinträchtigung des Klimas. Dies ist ein Schritt auf dem Weg in eine sauberere, gesündere und sicherere Welt. Die bei zahlreichen Active House-Projekten gesammelten Daten tragen zum Aufbau einer Wissensbibliothek bei, die sämtlichen Baufachleuten und anderen Interessensvertretern aus der Wirtschaft zur Verfügung steht. Weitere Informationen über

das Konzept und die Projekte finden Sie unter [www.activehouse.info](http://www.activehouse.info).

## **Das Active House-Label**

Das Active House-Label ist ein weltweites Qualitätssiegel für nachhaltige Gebäude mit Wohnkomfort. Mit dem Label werden Informationen über Aspekte verfügbar gemacht, die für das Leben der Menschen und die Nutzung von Wohnumgebungen wichtig sind. Das Active House-Label kann Gebäuden verliehen werden, die mit Blick auf Raumklima, Energieeffizienz und Umwelt die Mindestanforderungen gemäß dem Active House-Pflichtenheft erfüllen. Weitere Informationen über das Label erhalten Sie unter [www.activehouse.info/submit-your-project/apply-for-a-label](http://www.activehouse.info/submit-your-project/apply-for-a-label).

## **Healthy Homes Barometer 2015–17, VELUX Gruppe**

Der jährlich erscheinende Bericht geht der Frage nach, wie Europäer ihre Wohnumgebungen hinsichtlich der Aspekte Wohngesundheit und -komfort wahrnehmen und ob sich der Gebäudebestand in Europa positiv oder negativ auf die Lebensbedingungen auswirkt. Weitere Informationen über das Healthy Homes Barometer erhalten Sie unter [www.velux.com/health](http://www.velux.com/health)

## **Daylight, Energy and Indoor Climate Basic Book, VELUX Gruppe**

Das „DEIC Basic Book“ wurde im Jahr 2012 zum ersten Mal als zuverlässiges Referenzhandbuch veröffentlicht. Darin werden die wesentlichen Einflüsse erläutert, die Tageslicht und Lüften auf Wohngebäude ausüben. In dem Buch wird anhand zahlreicher wissenschaftlicher Studien beschrieben, wie sich die Art, wie wir Gebäude planen und wie wir uns im Alltag verhalten, auf Faktoren wie natürliches

Licht, Luftströme, Temperaturschwankungen, Akustik, Energiequellen und Umweltaspekte auswirkt. Die neueste Ausgabe finden Sie unter [www.velux.com/article/2016/introduction-to-deic-basic-book](http://www.velux.com/article/2016/introduction-to-deic-basic-book).

## **Model Home 2020, VELUX Gruppe**

Im Zentrum des Projekts Model Home 2020 standen sechs Einfamilienhäuser. Mit ihrem Bau sollte untersucht werden, wie sich mit verschiedenen Gebäudeentwürfen die wohltuenden Eigenschaften der freien Natur nachbilden lassen, ohne die grundlegenden Anforderungen an Wärme und Schutz zu vernachlässigen. Familien zogen ein, um kontinuierlich Rückmeldungen über das jeweilige Abschneiden der Häuser zu geben und darüber zu berichten, wie sich die spezifischen Gebäudekonzeptionen und -funktionen auf das Verhalten der Bewohner auswirkten. Die Ergebnisse wurden in 24 von Fachkollegen geprüften Artikeln und mehreren Broschüren veröffentlicht. Weitere Informationen hierzu finden Sie unter [www.velux.com/innovation/research-and-knowledge](http://www.velux.com/innovation/research-and-knowledge).

## **Circadian House: Prinzipien und Faktoren aus fünf Experten-Workshops**

2012 und 2013 unterstützte die VELUX Gruppe die Ausrichtung fünf internationaler Workshops, bei denen Branchenexperten und Wissenschaftler erörterten, welche Implikationen sich durch den zirkadianen Rhythmus und den Schlaf-Wach-Zyklus für Wohngebäude ergeben. Von ihren Ergebnissen und Empfehlungen wurden einige zentrale Prinzipien und Faktoren abgeleitet, die am Ende zu einem Konzept führen sollten, für das sie den Begriff „das zirkadiane Haus“ prägten: ein Gebäude, das zu einer deutlichen Verbesserung der physischen Gesundheit, des Wohnkomforts und des

Wohlbefindens der Bewohner beiträgt. Weitere Informationen hierzu finden Sie unter [www.thedaylightsite.com/circadian-house-principles-and-guidelines-for-healthy-homes](http://www.thedaylightsite.com/circadian-house-principles-and-guidelines-for-healthy-homes).

## **Fraunhofer-Studien**

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt 69 Institute und Forschungseinrichtungen in ganz Deutschland und zählt zu den weltweit führenden Forschungspartnern, die untersuchen, wie sich Gebäudetechnik auf den menschlichen Körper auswirkt. Im Rahmen ihrer zahlreichen Studien hat die Fraunhofer-Gesellschaft die Formulierung von Erkenntnissen unterstützt, die zeigen, wie sich das Lüften auf die Lernfähigkeit von Kindern auswirkt, wie unser Schlaf durch verschiedene Temperaturen und Luftqualitäten beeinflusst wird und dass Feuchtigkeit in europäischen Gebäuden einer der Hauptgründe für die Entstehung von Asthma ist. Forschungsergebnisse der Fraunhofer-Gesellschaft finden Sie unter <https://www.fraunhofer.de/de/forschung.html>.

## **D/A-Magazin, VELUX Gruppe**

Seit 2005 trägt das Architekturmagazin „Daylight & Architecture“ dazu bei, die besonderen Eigenschaften von Tageslicht und Frischluft aus Sicht der Architektur zu beschreiben. Ausgabe 13 zum Thema „Raumklima“ (2010) und Ausgabe 22 zum Thema „Schlaf, Arbeit, Leben“ (2014) sind besonders relevant für das Thema dieses Handbuchs. Alle Ausgaben können unter [www.da.velux.com](http://www.da.velux.com) heruntergeladen werden.

## **Befragungen: Is it a bird**

„Is it a bird“ ist eine Agentur, die mithilfe von Zielgruppenbefragungen Verbrauchertrends abbildet. Die Agentur hat die VELUX Gruppe dabei unterstützt, das Verbraucherverhalten

bei den Themen „Lüften in Wohngebäuden“ und „Einsatz von Sonnenschutz“ zu verstehen.

## **VELUX Daylight Symposien**

Seit 2005 hat die VELUX Gruppe sieben Daylight Symposien in ganz Europa veranstaltet, auf denen Forscher, Architekten und Ingenieure sowie Gesetzgeber und Lichtdesigner zusammenkamen, um sich über aktuelle Entwicklungen im Bereich Tageslichtdesign auszutauschen. Die Treffen bieten den Teilnehmern die Chance, aktuelle Trends zu besprechen und wegberreitende neue Konzepte zu entwickeln. Die Live-Präsentationen sind unter [www.thedaylightsite.com/symposium/about/](http://www.thedaylightsite.com/symposium/about/) verfügbar.

## **Tool: VELUX Daylight Visualizer**

VELUX Daylight Visualizer ist ein professionelles Tageslicht-Simulationsprogramm für die Analyse von Tageslichtbedingungen in Gebäuden. Das Tool soll die Nutzung von Tageslicht fördern und Fachleute dabei unterstützen, Tageslichtintensitäten und das Aussehen von Räumlichkeiten vor der Umsetzung der Gebäudekonzeption zu prognostizieren und entsprechend zu dokumentieren. Der Daylight Visualizer kann unter [www.velux.com/article/2016/daylight-visualizer](http://www.velux.com/article/2016/daylight-visualizer) kostenlos heruntergeladen werden.

## **Tool: VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer**

Der VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer ist ein professionelles Tool, mit dem das Leistungsverhalten von Einfamilienhäusern in Bezug auf Energie, Lüftung und Raumklima bewertet werden kann. Energy and Indoor Climate Visualizer kann unter [www.velux.com/article/2016/velux-energy-and-indoor-climate-visualizer](http://www.velux.com/article/2016/velux-energy-and-indoor-climate-visualizer) kostenlos heruntergeladen werden.

# VON DATEN ZU WISSEN

Zur Klärung der Frage, wie die Bewohner das Leben in einem Haus mit viel Tageslicht und Frischluft erleben, wurden im VELUX Building Monitoring Bericht (1. Quartal 2015) die mit acht VELUX Musterhäusern gewonnenen Erkenntnisse in Bezug auf Tageslicht, thermische Behaglichkeit, Raumluftqualität und Lüftung zusammengestellt.

Der Bericht ist auf 10 Kernpunkte konzentriert, die als Wegmarken herangezogen werden können, während Sie Ihrer endgültigen Vision näherkommen.

## Kernpunkt 1

### **Viele große Fenster führen nicht zwangsläufig zu Überhitzung**

Wenn ein großes Tageslichtangebot erreicht werden soll, erfordert dies in der Regel Lösungen mit großen Fenstern und einer großen Fensterfläche. Deshalb statteten wir unsere sechs Model Home 2020 Gebäude mit großzügigen Fensterflächen aus, sodass ein hoher Tageslichtquotient erzielt wurde. Große Fenster können jedoch auch eine übermäßige Aufheizung durch Sonneneinstrahlung bewirken. Dies ist insbesondere in Niedrigenergiehäusern während des Sommers problematisch.

Die Testfamilien freuten sich über die große Tageslichtmenge und betrachteten sie als großen Gewinn. Noch bemerkenswerter ist jedoch die Tatsache, dass fünf der sechs Gebäude beim Parameter thermische Behaglichkeit die höchstmögliche Bewertung erzielten. Die Aufheizung durch Sonneneinstrahlung konnte demnach so eingedämmt werden, dass sie nur noch ein minimales Problem darstellte.

## Kernpunkt 2

### **Viel Tageslicht gewährleistet, dass tagsüber keine künstliche Beleuchtung erforderlich ist.**

Wenn wir morgens aufwachen oder abends von der Arbeit zurückkehren, schalten die meisten von uns das elektrische Licht ein. Wir erleben unser Zuhause nicht als funktional und empfinden auch keinen Wohnkomfort, da es zu dunkel ist.

Bei den meisten Model Home 2020 Gebäuden wird dieses Problem durch großzügige Fensterflächen gelöst, mit denen die Tageslichtverfügbarkeit tagsüber maximiert werden soll. So entsteht „Tageslichtautonomie“. Das heißt, dass die meisten Familien ihre Lichtnutzungsgewohnheiten verändert und von Sonnenauf- bis Sonnenuntergang gänzlich auf künstliche Beleuchtung verzichtet haben, selbst in den Wintermonaten.

## Kernpunkt 3

### **Gemäßigte Schlafzimmertemperaturen sorgen für erholsamen Nachtschlaf**

Nach dem Einschlafen sinkt die Körpertemperatur natürlicherweise, damit Energie gespart wird. In einem warmen Schlafzimmer fühlen wir uns unwohl und schlafen schlecht.

In allen Model Home 2020 Gebäuden erreicht die Temperatur nachmittags ihren Spitzenwert. Nach dem Sonnenuntergang sinkt die Temperatur jedoch auf ein gemäßigtes Niveau, sodass eine angenehm temperierte Schlafumgebung gewährleistet ist, auch in dem wichtigen Zeitraum zwischen 22:00 Uhr und 0:00 Uhr.

## Kernpunkt 4

### **Eine gute Lüftung sorgt nachts für niedrigere Temperaturen**

In allen Gebäuden werden Verfahren zur Lüftungskühlung mit dem Ziel eingesetzt, die Aufheizung durch Sonneneinstrahlung zu regeln und die Temperaturen nachts abzusenken. Bei der Lüftungskühlung werden zur Senkung der Temperatur im Gebäude große Mengen an Frischluft von außen genutzt.

Durch Überwachung der tatsächlichen Position der Fenster konnten wir den Fensterbetrieb mit der jeweiligen Temperaturhöhe vergleichen. Unsere Daten zeigen eine eindeutige Korrelation zwischen Wohlfühltemperaturen und offenen Fenstern. Wenn die Fenster nachts offen bleiben, kann die Temperatur um bis zu 6 °C gesenkt werden, sodass am Morgen ein angenehmes Niveau von rund 20 °C erreicht ist.

#### Kernpunkt 5

##### **Sonnenschutz verhindert eine Überhitzung des Wohngebäudes**

Alle Musterhäuser wurden mit Hitzeschutz-Markisen ausgestattet, sodass die einfallende Sonnenenergie geregelt und eine gute thermische Behaglichkeit aufrechterhalten werden kann. Ganz ähnlich wie der Betrieb der Fenster wurden auch die Positionen der Markisen im Tagesverlauf erfasst. So ließ sich die Korrelation zwischen verträglichen Temperaturen und der jeweiligen Position der Hitzeschutz-Markise überwachen.

Mit unseren Daten konnten wir eindeutig nachweisen, dass beide Faktoren zusammenhängen und dass Sonnenschutzlösungen im Außenbereich wichtig sind, wenn Sie eine gute thermische Behaglichkeit in Ihrem Zuhause erreichen möchten.

#### Kernpunkt 6

##### **Der vollständige Effekt lässt sich nur mit intelligenter Automatisierung realisieren**

Hinsichtlich des technischen Leistungsvermögens sind manuelle Produkte und ferngesteuerte Lösungen gleichwertig. Die praktische Anwendbarkeit der Produkte bleibt allerdings ein Nutzungshemmnis. Als Eigenheimbesitzer haben Sie einfach nicht die Zeit oder Ausdauer, jedes Mal, wenn es nötig wäre, die Fenster und Sonnenschutz-Rollos zu bedienen.

In den untersuchten Gebäuden werden automatisch betriebene Fenster und Sonnenschutz-Rollos sowie eine mechanische Lüftung eingesetzt. Den betreffenden Familien wurde eine intuitiv erfassbare Steuereinheit mit einem breiten Spektrum an vorgeplanten Programmen an die Hand gegeben. Damit konnten sie das System automatisieren und tagsüber wie auch nachts kontinuierlich für eine gute Luftqualität und thermische Behaglichkeit sorgen. Die erfassten Gebäudeprotokolle zeigen, dass die Familien diese Chance bereitwillig ergriffen und die entsprechenden Wirkungen schätzten.

#### Kernpunkt 7

##### **Eine natürliche Lüftung sorgt während der meisten Zeit im Jahr für eine gute Raumluftqualität**

Ein gesundes Raumklima hängt von einer kontinuierlichen Lüftung ab, bei der feuchte und mit CO<sub>2</sub> angereicherte Luft durch saubere Frischluft von außen ersetzt wird. Die Messwerte zeigen, dass die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in den Musterhäusern im Frühling, Sommer und Herbst gering blieben, da die natürliche Lüftung während dieser Zeit intensiv genutzt wurde. Auch kleine Temperaturunterschiede waren ausreichend, um einen Kamineffekt von unten nach oben zu erzeugen.

#### Kernpunkt 8

##### **Die mechanische Lüftung erfüllt die Normen hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Konzentration, jedoch nicht hinsichtlich des gesteigerten Bedarfs an Frischluft im Schlafzimmer**

Bei immer mehr Gebäuden in Europa wird im Winter aus Energiespargründen eine mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung eingesetzt. Mit all diesen Systemen lassen sich die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen gemäß den geltenden Bauvorschriften senken. Leider weisen nicht alle Systeme die erforderlichen Eigenschaften auf, damit eine gute Schlafqualität im Schlafzimmer gewährleistet ist, da die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen häufig einen Wert von 1.150 ppm überschreiten.

Die in den untersuchten Musterhäusern erzielten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen fallen niedriger aus als bei den meisten typischen Gebäuden und sind deshalb als äußerst zufriedenstellend zu bezeichnen.

#### Kernpunkt 9

##### **Für eine gute Luftqualität im Schlafzimmer sind ggf. gezielte Maßnahmen erforderlich**

In einem bestimmten Musterhaus in Deutschland wurde im Schlafzimmer kein ausreichend starker Kamineffekt für die Lüftung erreicht. Da die Familie anfangs die automatisierten Dachfenster nachts aus Gründen der Privatsphäre geschlossen hielt, blieb die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Schlafzimmer höher als im übrigen Haus.

Erst nachdem die Dachfenster vorab so programmiert wurden, dass das Schlafzimmer vor dem Zubettgehen automatisch gelüftet und die Fenster schon bei einer niedrigeren CO<sub>2</sub>-Konzentration geöffnet wurden, waren im Schlafzimmer zufriedenstellende Werte zu verzeichnen, die den Active House-Standards für eine gute Raumluftqualität entsprachen.

#### Kernpunkt 10

##### **Kindergärten und Schulen profitieren von einer zeitlich geplanten natürlichen Lüftung**

Die Daten vom Kindergarten Solhuset und von der Endrup-Schule dokumentieren ganz klar, welche Vorteile eine Kombination von großen Fensterflächen und einer automatisierten Fernsteuerung für anspruchsvolle Lernumgebungen bietet. Der neu errichtete Kindergarten Solhuset macht 3,5-mal mehr Tageslicht verfügbar, als die aktuellen Baugesetze vorschreiben. Zwar wird dieses Tageslicht größtenteils in Solarwärme für die Heizung umgewandelt, aber im Sommer wird die Erwärmung durch ein automatisiertes System geregelt, über das die Fenster geöffnet und Sonnenschutzvorrichtungen im Außenbereich aktiviert werden. Ebenso werden die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in den Aufenthaltsräumen unter 900 ppm gehalten, damit eine angenehme Umgebung zum Spielen und Entspannen gesichert ist.

Die neue Dachfensterkonstruktion an der Endrup-Schule ist Teil eines Sanierungsprojekts zur Optimierung der Lernumgebung für Grundschul Kinder. Das Projekt liefert dieselben positiven Ergebnisse bei der Verhinderung einer Überhitzung, erreicht aber nicht die Leistungen seines Gegenstücks, wenn es gilt, im Winter niedrige CO<sub>2</sub>-Konzentrationen zu gewährleisten. Die schlechteren Leistungsergebnisse sind mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit auf Luftbewegungen zurückzuführen, die in der kalten Jahreszeit als unangenehme Zugluft wahrgenommen werden können.

# LITERATURHINWEISE:

BOYCE, P., Hunter, C. and Howlett, O. (2003) The Benefits of Daylight through Windows, Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute.

BRAGER, Gail; de Dear, Richard (2001) Climate, Comfort & Natural Ventilation: A new adaptive comfort standard for ASHRAE Standard 55.

EDWARDS, L., Torcellini, P. (2002) A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants, National Renewable Energy Laboratory, U.S. Department of Energy.

FARLEY, Kelly M. J.; Veitch, Jennifer Ann (2001) A Room with a View: A Review of the Effects of Windows on Work and Well-Being. National Research Council of Canada, Ottawa.

GRINDE, B., and Grindal Patil, G. (2009) Biophilia: Does Visual Contact with Nature Impact on Health and Well-Being? International Journal of Environmental Research and Public Health. September; 6(9): 2332–2343.

HATHAWAY, W. E., Hargreaves, J. A., Thomson G. W., Novitsky, D. (1992) A study into the effects of light on children of elementary school age – a case of daylight robbery, Alberta Department of Education.

HESCHONG, L. (2002) Daylighting and Human Performance, ASHRAE Journal, vol. 44, no. 6, pp. 65-67.

HESCHONG MAHONE GROUP. (2003) Windows and Offices: A Study of Office Worker Performance and the Indoor Environment

(No. P500-03-082-A-9) Sacramento, CA: California Energy Commission.

JANTUNEN M., Oliveira Fernandes E., Carrer P., Kephelopoulos S. (2011). Promoting actions for healthy indoor air (IAIAQ). Europäische Kommission. Generaldirektion Gesundheit und Verbraucher. Luxemburg.

JOHNSEN K., Dubois M., Grau K. (2006) Assessment of daylight quality in simple rooms, Danish Building Research Institute.

KAPLAN, R. (1993) The role of nature in the context of the workplace. Landscape and Urban Planning Volume 26, Issues 1-4, October, 193-201.

KAPLAN, R. (2001) The nature of the view from home: Psychological benefits. Environment and Behavior, 33(4), 507-542.

NEWSHAM, G. R., Brand, J., Donnelly, C. L., Veitch, J. A., Aries, M. B. C., Charles, K. E. (2009) Linking indoor environment conditions to job satisfaction: a field study. Building Research and Information, 37(2), 129-147.

PANATINESCU, Tudor Mihai (2013) Indoor climate – the adaptive approach to thermal comfort. BSc dissertation at VIA University College, Aarhus.

PECHACEK, C. S., Andersen, M., Lockley, S. W. (2008) Preliminary method for prospective analysis of the circadian efficacy of (day)light with applications to healthcare architecture. Leukos, 5(1), 1-26).

ROBBINS, C. L. (1986) Daylighting Design and Analysis, New York: Van Nostrand Reinhold Company.

SEPPÄNEN, Olli; FISK, William J. (2002) Relationship of SBS symptoms and ventilation system type in office buildings.

SUNDELL, J., Wickman, M., Pershagen, G., Nordvall, S. L. (1995) Ventilation in homes infested by house-dust mites, Allergy, vol. 50, no. 2, pp. 106-112.

ULRICH, Roger S.: Biophilic Theory and Research for Healthcare Design (2008) In: Stephen Kellert/ Judith Heerwagen (eds.): Biophilic Design, p. 87 ff.

VAN MARKEN LICHTENBELT, W. D., Vanhommerig, J. W., Smulders, N. M., Drossaerts, J. M. a F. L., Kemerink, G. J., Bouvy, N. D., Teule, G. J. J. (2009) Cold-activated brown adipose tissue in healthy men. The New England Journal of Medicine, 360(15), 1500–8.

ULRICH, R. S., Simons, R. F., Losito, B. D., Fiorito, E., Miles, M. A., Zelson, M. (1991) Stress recovery during exposure to natural and urban environments. Journal of Environmental Psychology, 11(3), 201-230.

ULRICH, R. S. (1984) View through a window may influence recovery from surgery. Science, 224(4647), 420-421.

WANG, N., Boubekri, M. (2010), Investigation of declared seating preference and measured cognitive performance in a sunlit room, Journal of Environmental Psychology, vol. 30, no. 2, pp. 226-238.

WANG, N., Boubekri, M. (2011) Design recommendations based on cognitive, mood and preference assessments in a sunlit workplace, Lighting Research and Technology, vol 43, no. 1, pp. 55-77.

FOLDBJERG, P., Arnold Andersen, P., Roy, N., & Christoffersen, J. (2017). Circadian House: a vision for homes designed to be healthy and human-centric. In AIVC 2017.

FOLDBJERG, P., Asmussen, T. F., Feifer, L., & Christoffersen, J. (2016). Interaction between high daylight levels and thermal comfort in five single-family houses after a full year of measurements – 9 key point summary of VELUX Building Monitoring. In Clima2016.

FOLDBJERG, P., Pauquay, S., & Geuens, J. (2016). Renovation of a single family house in a social housing garden city in Brussels as private-public collaboration: Ambitious targets for energy, indoor climate and post-occupancy monitoring. In Clima2016.

CHRISTOFFERSEN, J., & Foldbjerg, P. (2015). Results from post-occupancy evaluation in four single-family houses. In Healthy Buildings 2015.

HOLZER, P., & Foldbjerg, P. (2014). Control of Indoor Climate Systems in Active Houses. In World Sustainable Buildings Barcelona.

Bringt Licht ins Leben



**VELUX®**