

# TEC21



## 5777 Kelvin

Kultur und Architektur: Bauten im Licht

Biologie und Physiologie des Menschen:  
Im Licht der Wissenschaft

Wettbewerb

Neubau Volksschule und  
Umnutzung Wysslochgut, Bern

Baukultur

Pop-Art in der Unterwelt  
Ojalà – wenn plötzlich Gäste kommen

**sia**



Tageslicht als Gestaltungsmittel: 2018 erhielt der Japaner Hiroshi Sambuichi den Daylight Award in der Kategorie Architektur. Einer seiner bekannten Bauten ist das Inujima Seirenscho Art Museum, das 2008 feinfühlig in die Ruinen einer ehemaligen Kupferraffinerie eingefügt wurde (Kunst: Yukinori Yanagi; Betrieb: Fukutake Foundation). Auf der kleinen, vor der Küste der Präfektur Okayama gelegenen Insel Inujima wohnen weniger als 100 Menschen. Coverfoto von **Daiji Anō** / **Presse Daylight Award**

**Tag des  
Lichts**

16. Mai 2019

Dieses Heft erscheint zum Internationalen Tag des Lichts.

Er wird jährlich von der UNESCO ausgerufen und würdigt die Bedeutung des Lichts in Wissenschaft, Kunst und Kultur, Bildung und nachhaltiger Entwicklung sowie in so unterschiedlichen Bereichen wie Medizin, Energie und Kommunikation.

[www.lightday.org](http://www.lightday.org)

Sol lucet omnibus», schrieb der römische Dichter Petronius: Die Sonne scheint für alle. Ihr Licht ist der Ursprung allen Lebens auf der Erde, es steht allen reichlich zur Verfügung und kostet nichts. Und es trifft mit einer Farbtemperatur von 5777 Kelvin auf die Erdoberfläche auf. Daran hat sich seit Petrons Zeiten nichts geändert. Was sich dagegen gewandelt hat, ist unsere Lebensweise: Immer mehr Menschen verbringen immer mehr Zeit ihres Lebens in künstlich beleuchteten Innenräumen. Die moderne Arbeitswelt verlangt es, die moderne Technik macht es möglich. Doch unsere Gesundheit droht dabei auf der Strecke zu bleiben: Viele physiologische Prozesse des Menschen sind auf Sonnenlicht angewiesen – von der inneren Uhr, die die Ausschüttung diverser Hormone steuert, bis hin zur Vitamin-D-Synthese in der Haut. Unser Körper nutzt auf komplexe Weise Eigenschaften des Sonnenlichts, die selbst neueste Lampen kaum erzeugen können.

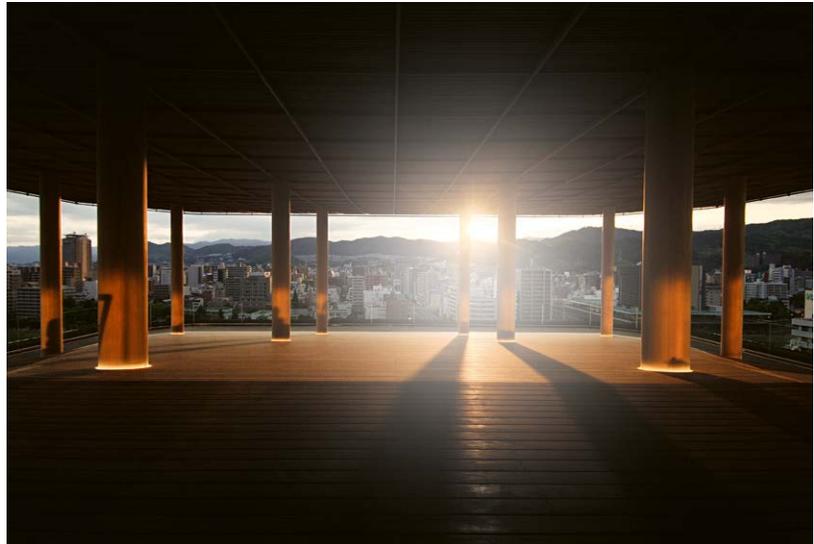
Eigentlich wäre es naheliegend, mehr nach draußen zu gehen. Aber nicht alle Menschen haben diese Möglichkeit. Zudem lässt sich damit – im Unterschied etwa zu technologisch hochgezüchteten Lampen – kein Geld verdienen, denn eben: Sol lucet omnibus. Die Tageslichtlobby ist daher recht überschaubar. Dabei kann sie sich auf eine eindruckliche Kompetenz berufen: Die von der Velux Stiftung gegründete Daylight Academy zum Beispiel versammelt Fachleute aus diversen Bereichen wie Medizin, Biologie oder Architektur, um Themen aus Forschung und Praxis interdisziplinär zu bearbeiten. Dieses Heft beruht auf einer Publikation der Akademie und wurde mit Unterstützung der Stiftung realisiert. Es präsentiert Wissenswertes für Planerinnen und Planer – für jene also, die unser künftiges gebautes Lebensumfeld entwerfen.

*Judit Solt,*  
Chefredaktorin

## RUBRIKEN

- 3 **Editorial**
- 7 **Wettbewerb**  
Ausschreibungen/Preis |  
Schule im Park
- 10 **Baukultur**  
Pop-Art in der Unterwelt
- 14 **Meinung**  
«Brutale Intervention»
- 15 **Planungs- und  
Bauprozesse**  
Ojalà – wenn plötzlich  
Gäste kommen
- 16 **espazium** ≡  
Aus unserem Verlag
- 18 **Vitrine**  
Licht und Raum |  
Euroluce 2019
- 18 **Weiterbildung**
- 20 **Agenda**
- 35 **Stellenmarkt**
- 37 **Impressum**
- 38 **Unvorhergesehenes**

## THEMA

22 **5777 Kelvin**

**Hiroshi Sambuichi, Orizuru-Turm in Hiroshima, 2016:** Der 50 m hohe Bau neben dem Friedensdenkmal (Atombomben-Dom) lenkt den Blick in die Zukunft. Die oberste Etage ist eine offene, von Licht und Luft durchflutete Aussichtsplattform.

22 **Bauten im Licht**

*Judit Solt, Colin Fournier et al.*  
Das Licht der Sonne ist seit jeher ein Gestaltungsmittel der Baukunst. Die Art und Weise, wie wir es konkret einsetzen, ist ein Teil unserer baukulturellen Identität.

29 **Im Licht der Wissenschaft**

*Mariëlle P. J. Aarts, Jérôme Kaempf et al.* Das Licht beeinflusst die menschliche Physiologie vom Sehen über die «innere Uhr» bis hin zur Photochemie der Haut. Doch wie viel Licht brauchen wir? Und welches?

Lucerne University of  
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE  
LUZERN**

Technik & Architektur

FH Zentralschweiz

## Erweitern Sie Ihre Fachkenntnisse – mit dem Fachkurs Tageslicht in der Architektur!

Dieser Fachkurs thematisiert den steigenden Stellenwert von natürlichem Licht im gebauten Raum. Eine gute Tageslichtversorgung kommt nicht nur der Energieeffizienz des Gebäudes zu Gute, sondern wirkt sich auch positiv auf Gesundheit und Zufriedenheit der Nutzer aus. Stärken Sie Ihr Bewusstsein und helfen Sie mit, das Tageslicht aus dem Schattendasein zu befreien – Neu mit ECTS-Credits!

### Weitere Infos unter:

hslu.ch/wtag  
T +41 41 349 34 80  
wb.technik-architektur@hslu.ch

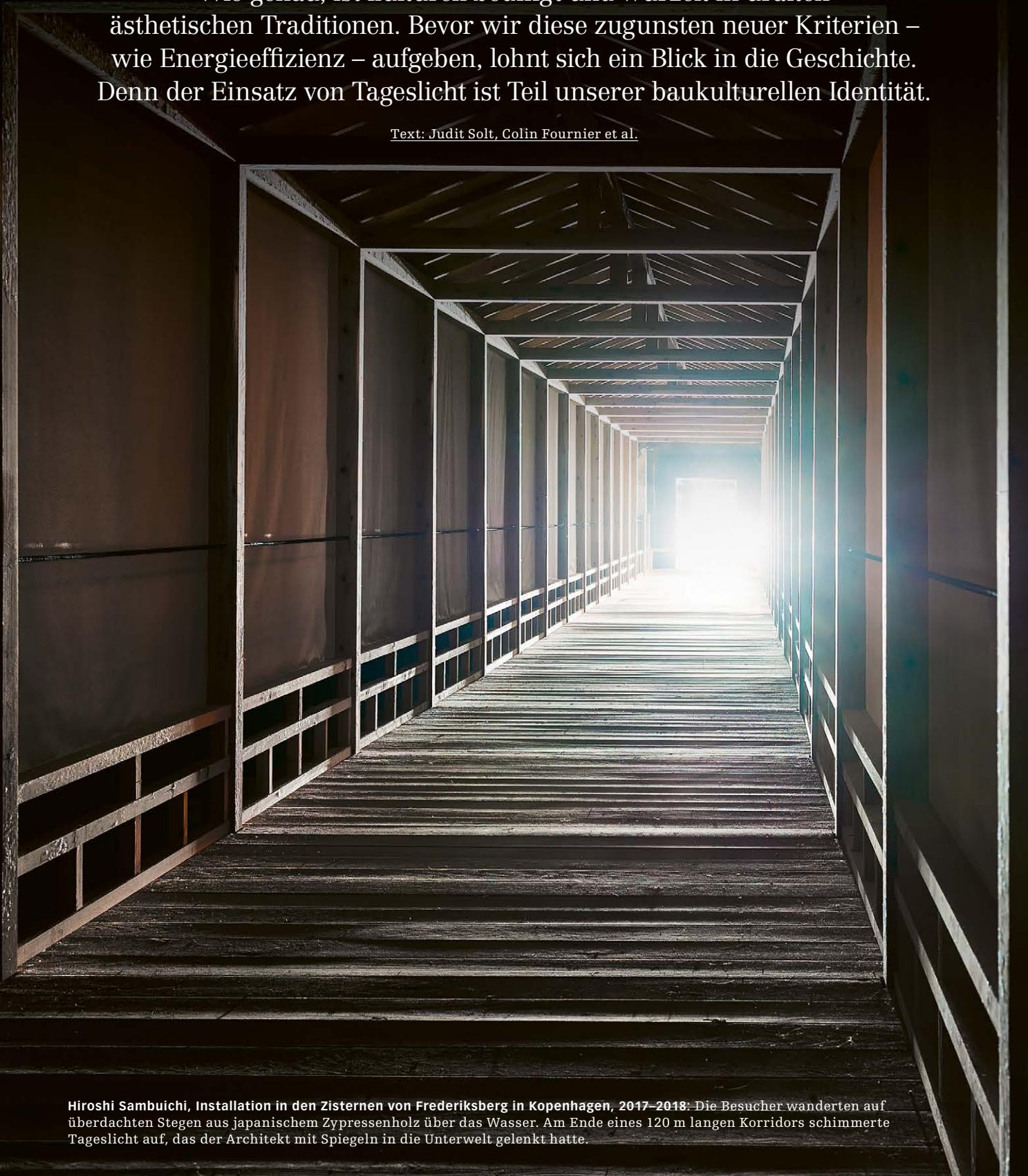
**Besuchen Sie unsere  
Info-Veranstaltung am  
13. Juni 2019**

KULTUR UND ARCHITEKTUR

# Bauten im Licht

Das Licht der Sonne wird in der Baukunst seit jeher gestalterisch genutzt. Wie genau, ist kulturell bedingt und wurzelt in uralten ästhetischen Traditionen. Bevor wir diese zugunsten neuer Kriterien – wie Energieeffizienz – aufgeben, lohnt sich ein Blick in die Geschichte. Denn der Einsatz von Tageslicht ist Teil unserer baukulturellen Identität.

Text: Judit Solt, Colin Fournier et al.



**Hiroshi Sambuichi, Installation in den Zisternen von Frederiksberg in Kopenhagen, 2017–2018:** Die Besucher wanderten auf überdachten Stegen aus japanischem Zypressenholz über das Wasser. Am Ende eines 120 m langen Korridors schimmerte Tageslicht auf, das der Architekt mit Spiegeln in die Unterwelt gelenkt hatte.

Menschen auf allen Kontinenten, die in dichten Städten wohnen und arbeiten, verbringen heute im Durchschnitt 90% ihrer Zeit in Innenräumen. Historisch betrachtet ist das ein relativ junges Phänomen: Während den ersten Jahrmillionen seiner Evolution lebte der Mensch draussen. Sein Rückzug in anfangs rudimentäre, dann immer elaboriertere Bauten begann vor rund 50000 Jahren; doch erst in den letzten Jahrhunderten, im Zuge von technischem Fortschritt und Industrialisierung, verlagerte sich der Arbeits- und Lebensmittelpunkt ins Innere von Gebäuden. In Zukunft dürfte sich diese Tendenz verstärken. Prognosen zeigen, dass 2050 zwei Drittel der Weltbevölkerung in Städten leben werden.

## Vom Tageslicht entfremdet

Eine Konsequenz dieser Entwicklung ist, dass die Menschen sich immer weniger direktem Sonnenlicht aussetzen. In traditionellen Architekturen spielte die Sonne immer eine zentrale Rolle. Gebäude und Siedlungen

wurden dem Klima entsprechend orientiert, dimensioniert, aufgeteilt, geöffnet oder verschattet; die Notwendigkeit, Innenräume möglichst natürlich zu belichten, setzte der Gebäudetiefe Grenzen. Im Gegensatz dazu erlauben es moderne Bauweisen und eine avancierte Haustechnik, weitgehend unabhängig von Lage, Klima und Orientierung zu bauen. Um die Funktionalität, Wirtschaftlichkeit oder Energieeffizienz von Gebäuden zu verbessern, wird ihr Fussabdruck vergrössert. Damit reduziert sich die Nutzfläche, die direkt über die Fassade belichtet und belüftet wird. Bei vielen energetisch optimierten Fassaden verringern tiefe Laibungen und Dreifachverglasungen den Lichteinfall zusätzlich. Grosse Öffnungen sind bei bestimmten Nutzungen – etwa im Bürobau – ohnehin problematisch: Zu viel Licht wirkt an Computerarbeitsplätzen störend, und die Sonneneinstrahlung kann in gut gedämmten Gebäuden rasch zu einer Überhitzung führen. Daher wird die Fensterfläche verringert, oder es kommen Gläser zum Einsatz, die das eintreffende Sonnenlicht nur sehr selektiv ins Gebäude lassen. Die Innenräume, in denen sich die Menschen aufhalten, sind deshalb auch tagsüber

## Daylight Academy

Was geschieht, wenn der Mensch sich fast ausschliesslich in einer gebauten Umwelt aufhält, in der er kaum direktem Sonnenlicht ausgesetzt ist und den Tag-Nacht-Zyklus nur noch indirekt wahrnimmt? Wie viel Licht braucht er, um gesund zu sein – und welches Licht? Wie können Baufachleute dazu beitragen, ihn damit zu versorgen?

Diese Fragen sind nur mit einer interdisziplinären Betrachtung zu beantworten. Eine solche hat sich die von der **Velux Stiftung** ins Leben gerufene, 2016 gegründete **Daylight Academy** zum Ziel gesetzt: Sie fungiert als internationale, interdisziplinäre Plattform für Fachleute aus unterschiedlichen Bereichen wie Medizin, Biologie, Umweltwissenschaften, Architektur und Städtebau, die sich wissenschaftlich mit Tageslicht beschäftigen oder in ihrer Berufspraxis mit entsprechenden Themen konfrontiert sind.

Ein erstes Ergebnis dieser Zusammenarbeit ist die Publikation **Changing perspectives on Daylight: Science, technology, and culture**. Das im November 2017 erschienene Sonderheft zum Science Magazine bündelt Beiträge mit Fokus auf den physikalischen Eigenschaften von Sonnen- und Kunstlicht, den physiologischen Bedürfnissen des Menschen und der kulturellen Bedeutung von Licht. Dabei zeichnen sich Erkenntnisse, aber auch weiterer Forschungsbedarf ab. Eine Herausforderung stellt die Planung in komplexen urbanen Situationen dar, wo teils widersprüchliche Anforderungen – etwa Verdichtung versus Freiraum, Energiekonsum versus Öffnung, Begrünung versus unterirdische Infrastruktur etc. – zu vereinbaren sind.



**Changing perspectives on daylight: Science, technology, and culture.**  
A sponsored Supplement to Science.

© 2017 The American Association for the Advancement of Science AAAS, 3. November 2017

kostenloser Download  
[https://daylight.academy/wp-content/uploads/2017/11/Daylight-Booklet\\_3-Nov-2017\\_med\\_single-pages.pdf](https://daylight.academy/wp-content/uploads/2017/11/Daylight-Booklet_3-Nov-2017_med_single-pages.pdf)



[www.veluxstiftung.ch](http://www.veluxstiftung.ch)  
[www.daylight.academy](http://www.daylight.academy)  
[www.thedaylightaward.com](http://www.thedaylightaward.com)  
[www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org)

## Daylight Award

Die Fotos in diesem und im nächsten Artikel zeigen ein Werk des japanischen Architekten Hiroshi Sambuichi, der 2018 mit dem internationalen **Daylight Award** ausgezeichnet wurde. Seine Installation 2017–2018 in den Zisternen von Frederiksberg in Kopenhagen brachte Stein und Wasser mit zwei weiteren archaischen Elementen zusammen, die lang aus dem unterirdischen Raum ausgeschlossen waren: Tageslicht und Luft.

Der Award prämiert seit 2016 alle zwei Jahre herausragende Leistungen zum Thema Tageslicht in den Kategorien Wissenschaft und Architektur. Der Preis wird von der Velux Stiftung und ihren dänischen Schwesterstiftungen verliehen. Die drei Institutionen vergeben seit 1980 Auszeichnungen im Bereich Tageslicht. Frühere Preisträger waren etwa Jørn Utzon, Henning Larsen, Peter Zumthor, SANAA, Richard Perez, James Carpenter, Lacaton & Vassal, Gigon/Guyer, Bob Gysin, Marilyne Andersen und Steven Holl.

Neben **Hiroshi Sambuichi** erhielt 2018 der US-Amerikaner **Greg Ward**, Software-Entwickler und Senior Member von Dolby Laboratories, Inc., den Daylight Award in der Kategorie Wissenschaft (vgl. TEC21 40–41/2018). •



Interview mit Hiroshi Sambuichi:  
[espazium.ch/de/aktuelles/licht-und-zeit](http://espazium.ch/de/aktuelles/licht-und-zeit)

Mehr zum Daylight Award 2018:  
[espazium.ch/daylight-award-2018-die-gewinner](http://espazium.ch/daylight-award-2018-die-gewinner)

zunehmend künstlich ausgeleuchtet. Wie genau dies zu geschehen habe, war bisher nur punktuell geregelt. Erst im Juni dieses Jahres tritt die neue europäische Norm EN 17037 «Tageslicht in Gebäuden» in Kraft, die europaweit anwendbare Empfehlungen für die Tageslichtversorgung und die Tageslichtqualität innerhalb von Gebäuden gibt (vgl. «Tageslicht planen?», S. 26).

Hinzu kommt, dass mangels attraktiver Aussenräume in vielen Städten kaum Anreiz besteht, im Alltag viel Zeit draussen zu verbringen. Die weltweit steigende Urbanisierungsrate und das exponentielle globale Bevölkerungswachstum führen nicht nur zu einer Flächenexpansion bestehender Siedlungen, sondern auch zu deren Verdichtung; Freiflächen werden überbaut, mit Verkehr belastet oder durch Nachbarbauten verschattet.

Diese Entfremdung vom Tageslicht wirft Fragen auf. Die Evolution des Menschen spielte sich in einer von der Sonne beleuchteten und vom natürlichen Tag-Nacht-Zyklus rhythmisierten Umgebung ab. Seine ganze Entwicklungsgeschichte ist davon geprägt. Zum einen körperlich: Licht tangiert praktisch jeden Aspekt seiner Physiologie, es beeinflusst das Zusammenwirken vieler physikalischer, chemischer und biochemischer Vorgänge im ganzen Körper (vgl. «Im Licht der Wissenschaft», S. 29). Zum anderen intellektuell und emotional: Die Auseinandersetzung mit den gestalterischen, symbolischen und technischen Aspekten des wechselnden Tageslichts prägt die gesamte Kulturgeschichte – und damit auch das Bauen.

## Spirituelle Konnotationen

Der natürliche Tag-Nacht-Zyklus gehört zu den Faktoren, die es uns Menschen ermöglichen, die zu werden, die wir sind. Die scheinbare Bewegung der Sonne am Himmel war der entscheidende Reiz für den Menschen, Zeit und Raum bewusst wahrzunehmen und schliesslich mit rationalen Mitteln zu erfassen. Dazu betrieb er auch beträchtlichen baulichen Aufwand. So diente die zwischen 2500 und 2000 vor Christus errichtete Megalithstruktur von Stonehenge unter anderem dazu, die für die steinzeitliche Zivilisation wichtigen Jahreszeitenwenden vorherzusagen: Die gigantischen Steine sind so ausgerichtet, dass am Mittsommertag, wenn die Sonne im Jahresverlauf am nördlichsten steht, die Sonne direkt über dem Fersenstein aufgeht und ihre Strahlen ins Innere des hufeisenförmigen Bauwerks dringen.

In der abendländischen Kultur, und besonders im Christentum, ist das Licht der Sonne stark mit dem Begriff des einzig Göttlichen verbunden. Die Sonnenverehrung gilt als möglicher Ursprung des Monotheismus. Der Gott Aton, den der Pharao Echnaton im 14. Jahrhundert vor Christus zum Gott über alle Götter Ägyptens erhob, wurde in der Gestalt einer Sonnenscheibe angebetet. Im 3. nachchristlichen Jahrhundert förderten römische Kaiser, darunter auch Konstantin vor seiner Konversion, den Kult des Sonnengottes Sol Invictus. Das Christentum integrierte viele Elemente dieses Kults: So wurde der 25. Dezember, der Geburts-

tag des Sonnengotts, zum Weihnachtstermin umgedeutet; der arbeitsfreie Sonntag (dies solis) mutierte vom Tag der Sonne zum Tag des Herrn. Nicht zuletzt übernahm das Christentum die Licht- und Finsternismetaphorik des Sonnenkults, die unsere Kultur – auch unsere Baukultur – bis heute in vielfältiger Weise prägt.

Diese uralte gedankliche Verbindung zwischen Licht und Göttlichkeit ist in vielen europäischen Sprachen erkennbar. Besonders deutlich wird sie in Begriffen, die Erkenntnis, Verständnis, Wissen und Intelligenz beschreiben – und zwar unabhängig davon, ob diese Begriffe im religiösen Sinn gebraucht werden («Erleuchtung», «göttliches Licht», «himmlisch») oder ob sie im Gegenteil dazu dienen, rationales Denken in einem weltlichen Kontext zu beschreiben («Aufklärung», «Leuchte», «heller Kopf»). Die positive Symbolkraft des Lichts ist offenbar stark genug, um selbst heftigste gesellschaftliche und politische Umwälzungen wie die Französische Revolution, den Siegeszug der Naturwissenschaften und die Industrialisierung zu überstehen.

## Natürliches Licht als Kunstprodukt

Auch in Bezug auf die Produktion und die Rezeption von Kunst sind moderne Gesellschaften von ihren religiösen Ursprüngen geprägt. Heutige Kunstformen wie Malerei, Skulptur, Literatur, Musik und Baukunst wurzeln in einer jahrtausendelangen Geschichte, in der das Kunstschaffen fast ausschliesslich religiösen Themen gewidmet war. Viele dieser historisch gewachsenen Motive, Traditionen und Konventionen haben die Zeit überdauert. Bis heute bilden sie den kulturellen Hintergrund, vor dem sich das Kunstschaffen abhebt. Sie sind der wichtigste Referenzpunkt sowohl für die Kunstschaffenden, die Artefakte produzieren, als auch für das Publikum, das sie rezipiert.

Zu diesen Artefakten gehören – und zwar unabhängig von ihrer künstlerischen Qualität – auch städtebauliche und architektonische Werke. Dabei hat die Baukunst, im Gegensatz zu anderen Kunstgattungen, eine dominante Präsenz im Alltag: Alle sind ihr zwingend ausgesetzt, im Gegensatz etwa zur Poesie, mit der man sich aus freien Stücken beschäftigt. Und weil wir den grössten Teil unseres Lebens in einer gebauten Umgebung verbringen, ist auch die Menge und die Art des Tageslichts, das wir erhalten, fast vollständig von Bauwerken bestimmt. Insofern ist unser Licht, selbst wenn es natürliches Tageslicht ist, ebenso ein Kunstprodukt wie unsere Städte und Gebäude – und damit auch ein Ausdruck unseres kulturellen Erbes. Daher müssen wir unser Verhältnis zum Tageslicht nicht nur biologisch, sondern auch in einer kulturellen Perspektive betrachten.

## Kulturelle Deutungen in Ost und West

In der westlichen Architektur hat das Licht aufgrund seiner symbolischen Verbindung zum Göttlichen eine stark positive Konnotation. Gotische Kathedralen streckten sich zum Himmel, um das göttliche Licht einzufan-



**Hiroshi Sambuichi, Installation in den Zisternen von Frederiksberg in Kopenhagen, 2017-2018:**  
Unter der Vegetation des Sondermarken-Parks öffnet sich eine unterirdische, dunkle, kühle Welt aus Stein und Wasser.

## Tageslicht planen?

**Die europäische Tageslichtnorm DIN EN 17037** «Tageslicht in Gebäuden» erscheint im Juni 2019. Sie enthält einerseits Informationen zur Nutzung des Tageslichts in Innenräumen und zur Beschränkung von Blendung, andererseits Messgrößen für die Bewertung der Tageslicht-Beleuchtungsbedingungen und Grundsätze für die Berechnung und Verifizierung. Das ermöglicht es, die Variabilität des Tageslichts zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten zu berücksichtigen.  
Bezugsquelle: <https://dx.doi.org/10.31030/2838747>

Programme wie **Relux**, **Dialux** oder **Radiance** dienen der quantitativen und qualitativen Optimierung von Tageslicht (vgl. «Tageslicht simulieren?», S. 33). Für die rein quantitative Planung existiert ein **Excel-Tageslichtnachweis-Tool**, das gleichzeitig den Nachweis für die Zertifizierung nach Minergie-Eco generiert; es basiert auf SIA 380/4 und berechnet die Stunden, die ein Raum in Abhängigkeit der Nutzung ohne Kunstlicht betrieben werden kann. Das Tool steht gratis unter [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) zur Verfügung und ist auch in der Version EnergyCH des Lichtplanungstools Relux und im Energiebilanzierungsprogramm **Lesosai** enthalten (diese beiden Anwendungen sind kostenpflichtig). Ebenfalls kostenlos ist das Programm **Daylight Visualizer** unter [www.velux.ch](http://www.velux.ch) für die Animation und Analyse von Tageslichtsituationen in Gebäuden. • (js)

gen und seine magischen Farben durch Buntglasfenster zu offenbaren. Eine säkularisierte Version dieses Strebens nach Höherem schwingt in der Formulierung nach, mit der Le Corbusier 1923 in «Vers une architecture» die Baukunst definierte: «L'architecture est le jeu savant, correct et magnifique des volumes assemblés sous la lumière.» Für die frühe architektonische Moderne waren Licht und Luft mehr als hygienische Notwendigkeiten: Sie galten geradezu als Symbole eines neuen, besseren Zeitalters. Auf dem Buchdeckel von Sigfried Giedions eindringlichem Manifest «Befreites Wohnen» von 1929 zum Beispiel scheinen die Worte «Licht», «Luft» und «Oeffnung» wie gute Geister durch die raumhohe Balkontüre ins Zimmer zu schweben.

Um eine Atmosphäre von Erhabenheit zu erzeugen, bedient sich die zeitgenössische Architektur der gleichen Lichteffekte wie vor Jahrhunderten. Die geradezu mystische Stimmung beispielsweise, die in Peter Zumthors Therme in Vals herrscht, hat viel mit dem Einsatz von Licht als Gestaltungsmittel zu tun. Das von oben einfallende, in präzisen Strahlen ins Halbdunkel gelenkte Licht verwandelt das Baden in eine fast heilige Zeremonie. Der Zauber dieser Architektur, dem Experten und die breite Öffentlichkeit gleichermaßen verfallen, beruht nicht nur auf der hohen ästhetischen Qualität des Gebäudes, sondern auch auf den Assoziationen, die es aufgrund seiner Ähnlichkeit mit einem sakralen Raum weckt. Die vom Architekten verwendeten Codes – Licht vom Himmel und Licht, das durch farbiges Glas scheint – lösen in unserem kulturellen Kontext bestimmte Emotionen aus; und zwar unabhängig davon, ob der Betrachter diesen Mechanismus bewusst identifiziert oder nicht.

Wie sehr solche Reaktionen kulturell bedingt sind, zeigt ein Vergleich. Die traditionelle japanische Architektur zum Beispiel behandelt das Tageslicht mit mehr Zurückhaltung. Die religiöse Welt Japans – Shintō und Buddhismus – ist nicht auf eine einzige Gottheit fokussiert. Die Sonne ist nur eine der vielen natürlichen Kräfte, die das Schicksal beeinflussen: Die Menschen fürchten und respektieren sie ähnlich wie Erdbeben, Vulkanausbrüche oder das Meer. In der traditionellen japanischen Architektur gelangt das Licht denn auch in gemilderter Form ins Gebäude, subtil gefiltert durch verschiedene Schichten von transparenten und semi-transparenten Oberflächen. Jun'ichiro Tanizakis 1933 veröffentlichter Essay «Lob des Schattens – Entwurf einer japanischen Ästhetik» ist auch als Protest gegen den Einfluss des Westens auf Japan zu verstehen.

Der Bedarf des Menschen nach Licht wird also nicht nur durch biologische Faktoren bestimmt (die im Übrigen je nach Individuum stark variieren können, vgl. «Im Licht der Wissenschaft», S. 29). Auch der kulturelle Hintergrund ist entscheidend, wenn es darum geht, Gebäude zu erstellen, in denen sich die Nutzerinnen und Nutzer wohlfühlen. Letztlich ist das auch ein Gebot der Nachhaltigkeit, ebenso wie die Bestrebungen nach Energieeffizienz, haushälterischem Umgang mit dem Boden, Verdichtung und Funktionsoptimierung: Denn die Lebensdauer eines Gebäudes hängt entscheidend davon ab, ob es auf Akzeptanz oder Ablehnung stösst. Das erweist sich als neue Herausforderung für die Baukunst. In einer von Mobilität und Migration geprägten Welt lässt sich nicht automatisch vom geografischen Standort auf den Hintergrund der Menschen schliessen; in multikulturellen Gesellschaften gilt es, vielfältige und teilweise widersprüchliche Bedürfnisse zu befriedigen. Das macht die Auseinandersetzung mit dem baukulturellen Aspekt des Lichts als Gestaltungsmittel nicht einfacher – aber ganz bestimmt vielschichtiger und spannender. •

Übersetzung und redaktionelle Bearbeitung: *Judit Solt*

Dieser Artikel ist eine teilweise aktualisierte Zusammenfassung von Auszügen aus: Judit Solt, Colin Fournier, Mariëlle P. Aarts, Marilyne Andersen, Siegrun Appelt, Magali Bodart, Jérôme Kempf, Bruno Bueno, Tilmann E. Kuhn, Silvia Coccolo, Jean-Louis Scartezzini, Andreas Schüler, Barbara Szybinska Matusiak, Carlo Volf, Jan Wienold, Anna-Wirz-Justice: «**Daylight in the built environment**», in: *Changing perspectives on daylight: Science, technology, and culture. A sponsored Supplement to Science*. © 2017 The American Association for the Advancement of Science AAAS, 3. November 2017, S. 24–32.



Kostenloser Download der ganzen Publikation unter [daylight.academy/wp-content/uploads/2017/11/Daylight-Booklet\\_3-Nov-2017\\_med\\_single-pages.pdf](http://daylight.academy/wp-content/uploads/2017/11/Daylight-Booklet_3-Nov-2017_med_single-pages.pdf)

Vgl. auch Kasten S. 23.



Hiroshi Sambuichi, Installation in den Zisternen von Frederiksberg in Kopenhagen, 2017-2018: mystisch anmutendes, mit natürlichem Licht und Spiegeln inszeniertes Vexierspiel.



Hiroshi Sambuichi, Installation in den Zisternen von Frederiksberg in Kopenhagen, 2017-2018. Organisches überlagert Mineralisches: Stege aus japanischem Zypressenholz schlängeln sich durch den gerasterten, gemauerten Raum.

# Im Licht der Wissenschaft

Das Licht beeinflusst diverse Aspekte der menschlichen Physiologie, vom Sehen über die «innere Uhr» bis hin zur Photochemie der Haut. Doch wie viel Licht braucht der Mensch? Und vor allem: welches? Ist es möglich, Tageslicht durch künstliches Licht zu ersetzen? Die Antwort fällt differenziert aus. Was müssen Baufachleute wissen?

Text: Mariëlle P. J. Aarts, Jérôme Kaempff et al.

Die Sonne ist der Ursprung allen Lebens auf der Erde. Auch der Mensch lebte während fast seiner ganzen Evolution im Freien, in einer Umgebung also, in der die Sonne die vorherrschende Lichtquelle ist. Nicht nur unsere Sehfähigkeit – das photopische und skotopische Sehen, d. h. das Tag- bzw. Nachtsehen – ist auf Sonnenlicht ausgelegt; auch unsere Physiologie ist grundlegend davon geprägt. Seit der Industrialisierung hat sich die Lebensweise der meisten Menschen gewandelt. Je nach geografischer Lage, Breitengrad, Jahreszeit, Gesundheitszustand und Lebensweise ist eine genügende Versorgung mit natürlichem Tageslicht nicht mehr gegeben. Besonders stark betroffen sind Schichtarbeiter oder in ihrer Mobilität eingeschränkte Personen, etwa in Pflegeheimen und Spitälern. Dank künstlicher Beleuchtung bleibt die Sehfähigkeit zwar gewährleistet; dies darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass in anderen Bereichen Mängel mit schädlichen Folgen entstehen.

Daher sind Forschung und Industrie bestrebt, Beleuchtungssysteme zu entwickeln, die Tageslicht simulieren. Bis heute gelingt das nur teilweise, selbst mit den technologisch fortschrittlichsten Lichtquellen. Um zu verstehen, woran das liegt, muss man zum einen die Eigenschaften von natürlichem Licht versus künstlichem Licht kennen (vgl. Kasten «Tageslicht imitieren?», S. 30). Zum anderen gilt es zu untersuchen, wie sich natürliches Licht auf den Menschen auswirkt. Gemäss heutigem Stand der Forschung beeinflusst es das menschliche Wohlbefinden in vier Bereichen: Sehfähigkeit und -komfort, Chronobiologie, psychologische Effekte und Photochemie der Haut.

## Sehfähigkeit

Die primäre Verwendung von Licht für den Menschen ist das Sehen, d. h. die räumliche und zeitliche Wahrnehmung von Objekten und das Erfassen von Farbe,

Bewegung und Helligkeit. Wenn das von Objekten reflektierte Licht auf die Netzhaut des Auges trifft, können wir Informationen aus der Umgebung auswerten. Licht bewirkt in der Netzhaut die Freisetzung des Neurotransmitters Dopamin, das die Lichtenpassung reguliert. Für qualitativ hochwertige Bilder auf der Netzhaut ist eine hohe Lichtintensität erforderlich. Diese ist auch wichtig für eine normale Entwicklung des Auges im Kindesalter, bei der die axiale Länge und die refraktiven Medien so aufeinander abgestimmt werden, dass ein genau auf die Netzhaut fokussiertes Bild entsteht (Emmetropisierung). Ein Mangel an Tageslicht im Kindesalter kann zu Missbildungen führen (vgl. Kasten «Tageslicht und Medizin», S. 34). Das Spektrum von Tageslicht wiederum deckt den gesamten sichtbaren Bereich ab, mit ähnlicher Stärke in allen Wellenlängen, was der Farbumterscheidung förderlich ist. Aus diesen Gründen ist der Umgang mit Sehbehinderungen bei Tageslicht in der Regel einfacher als bei elektrischer Beleuchtung.

## Chronobiologie

Licht beeinflusst die Physiologie, das Verhalten und das Wohlbefinden des Menschen auch über nicht visuelle Reize. Es löst Reaktionen im Auge aus, die sich auf die zirkadiane Uhr im Gehirn und auf andere neuronale Wege auswirken. Der Begriff zirkadianisch kommt von Circa-Diem, d. h. fast ein Tag: Die «innere Uhr» des Menschen, die seinen Schlaf-Wach-Rhythmus steuert, muss immer wieder mit dem natürlichen Tag-Nacht-Zyklus abgeglichen werden. Das zirkadianische System umfasst unter anderem die Ausschüttung des Zirbeldrüsenhormons Melatonin in der Nacht und die Freisetzung des Nebennierenrindenhormons Cortisol am Tag. Zudem trägt Licht dazu bei, die Stimmung durch die Freisetzung der Neurotransmitter Dopamin und Serotonin zu modulieren. Bemerkenswert ist, dass die zirkadiane Uhr die Komplexität des Tageslichts in Bezug auf Dynamik, Intensität und spektrale

## Tageslicht imitieren?

Die Intensität, das Spektrum und die Dynamik von Sonnenlicht und elektrischem Licht sind unterschiedlich. Dennoch ist es möglich, zumindest einige dieser Unterschiede mit technischen Mitteln zu überwinden und künstliches Licht zu erzeugen, dessen Eigenschaften jenen Sonnenlicht stark ähneln.

**Intensität:** An einem sonnigen Tag beträgt die horizontale Beleuchtungsstärke im Freien mehr als 100000 Lux. Die Beleuchtungsstärke von elektrischem Licht dagegen erreicht in Büros normalerweise ca. 500 Lux (am Schreibtisch), in Wohnungen abends ca. 5–50 Lux. Mit elektrischen Lichtquellen eine Beleuchtungsstärke zu erzeugen, die dem Tageslicht gleicht, ist anspruchsvoll: Bei LED-Lichtquellen mit einer Lichtausbeute von 200 lm/W wären theoretisch ca. 10000 W erforderlich, um ein 20 m<sup>2</sup> grosses Büro auszuleuchten und 100000 Lux auf Bodenhöhe zu erreichen.

**Spektrum:** Die Sonne ist ein Schwarzkörperstrahler, d.h., ihre absolute Temperatur bestimmt die Farbe des emittierten Lichtstroms. Solche Lichtquellen emittieren ein kontinuierliches Lichtspektrum, das alle Wellenlängen enthält und eine gute Farbensicht ermöglicht. Thermische Strahler wie Glühlampen erzeugen ebenfalls ein kontinuierliches Lichtspektrum. Leuchtdioden (LED) oder Leuchtstoffröhren dagegen nicht: Ihre spektrale Verteilung weist deutliche Spitzen auf (vgl. Bild unten). Diese Diskontinuität kann die Ursache für Veränderungen in der Farbwahrnehmung sein: Wir nehmen das Licht zwar als weiss wahr, haben aber Mühe, Farben zu unterscheiden – zum Beispiel erscheint uns ein blaues Objekt unter einer roten Lichtquelle grau. Zudem gibt es Hinweise darauf, dass weisse und blaue LEDs (Wellenlängen 400–500 nm) auch bei geringen

Lichtintensitäten eine stressbedingte photochemische Schädigung der Netzhaut und der Photorezeptoren hervorrufen.

**Parallele Strahlen:** Wegen der grossen Distanz zwischen Sonne und Erde scheinen die Sonnenstrahlen parallel zu verlaufen, während die Lichtstrahlen von elektrischen Quellen divergieren. Mit optischen Mitteln ist es aber möglich, einen divergierenden Lichtstrahl in einen parallelen umzuwandeln.

**Polarisation:** Tageslicht ist polarisiert, wobei sich die Polarisation in Abhängigkeit vom Sonnenstand im Tages- und Jahresverlauf ändert. Elektrische Lichtquellen erzeugen in der Regel kein polarisiertes Licht – ausser Flüssigkristallanzeigen (LCDs), die Licht mit einer starken und konstanten Polarisation ausstrahlen.

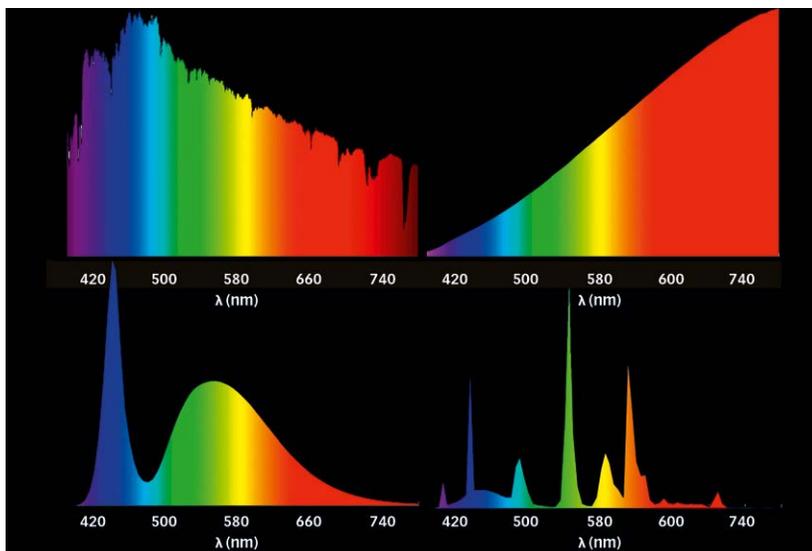
**Flimmern:** Über kurze Zeiträume (unter einer Sekunde) erscheint die Tageslichtintensität stabil. Elektrisches Licht dagegen weist Intensitäts- und Spektrumsschwankungen auf, hervorgerufen durch die Verteilungsfrequenz des elektrischen Stromnetzes. Dieses Flimmern ist schwer zu eliminieren. Es belastet das Nervensystem und führt zu Müdigkeit, Kopfschmerzen und in seltenen Fällen zu epileptischen Anfällen (lichtempfindliche Epilepsie). Im Gegensatz dazu ist das Flimmern, das durch die Steuerungssysteme von elektrischen Lichtquellen wie Leuchtstoffröhren ausgelöst wird, kaum wahrnehmbar. Flimmerfrequenzen jenseits der visuellen Wahrnehmung (d.h. grösser als 60 Hz) können messbare physiologische Reaktionen hervorrufen. Unklar ist, ob eine chronische Exposition gegenüber diesen Frequenzen schädlich ist.

**Dynamik:** Über längere Zeiträume (Sekunden bis Jahre) weist das Tageslicht grosse Unterschiede in Intensität, Farbe und Ausrichtung auf, in Abhängigkeit

von Betrachtungsort, Wetter, Jahres- und Tageszeit. Dank der Entwicklung sehr kleiner dimmbarer Lichtquellen mit variabler korrelierter Farbtemperatur (T<sub>cp</sub>) sowie von programmierbaren Steuerungssystemen, die ein schnelles Dimmen ermöglichen, ist die Nachahmung einer beliebigen Tageslichtdynamik in Reichweite. Dies eröffnet auch den Weg für den Bau von künstlichen Fenstern, die die Tageslichtdynamik exakt nachahmen. Heutige Systeme, um die Dynamik von Tageslicht nachzuahmen, operieren mit einer stärkeren Beleuchtung und mehr kurzwelligem (d.h. blauem) Licht am Morgen und frühen Nachmittag sowie mit einer geringeren Beleuchtung und weniger kurzwelligem Licht am späten Nachmittag und Abend. Zudem gibt es handelsübliche Steuerungen für eine Kombination von natürlichem und künstlichem Licht, die sich bei bedecktem Himmel automatisch einschalten. Allen diesen Systemen fehlen jedoch ausreichende wissenschaftliche Erkenntnisse in Bezug auf physiologische und psychologische Funktionen sowie interindividuelle Unterschiede (vgl. auch TEC21 35/2016 «Dynamisches Licht»).

**UV und IR:** Sonnenlicht hat ein breites Spektrum, das Ultraviolett (UV) und Infrarot (IR) umfasst. Die meisten elektrischen Lichtquellen maximieren die sichtbare Strahlung (380 nm–780 nm) und weisen daher keine UV- und IR-Strahlung auf. Thermische Strahler produzieren jedoch sowohl IR als auch sichtbares Licht; es ist also denkbar, elektrischen Lichtquellen UV und IR hinzuzufügen. So kann die UV-Strahlung mittels Niederdruck-Quecksilberentladungslampen (sogenannten «Schwarzlichtern») erzeugt und in Röhren mit Leuchtstoffpulvern in Licht umgewandelt werden. Ähnliche Verfahren gibt es auch für LED-Glühlampen.

**Kosten:** Tageslicht ist gratis, elektrisches Licht bisher nicht.



**Spektrale Verteilung handelsüblicher Lampen:** Normlichtart D65 (Strahlungsverteilung mit einer Farbtemperatur von 6504 Kelvin, entspricht etwa einem grau verhangenen Himmel), Halogenlampe, Leuchtstoffröhre, kühl-weisse LED.



Hiroshi Sambuichi, Installation in den Zisternen von Frederiksberg in Kopenhagen, 2017–2018: Durch einen verspiegelten Schacht fällt Licht von oben auf die massive Steinwand.



Hiroshi Sambuichi, Installation in den Zisternen von Frederiksberg in Kopenhagen, 2017–2018: Unterirdische Gewölbekögen spiegeln sich rhythmisch im Wasser.

Zusammensetzung nutzt: So verwendet sie einen speziellen, nicht visuellen Photorezeptor (Melanopsin), um besser auf das blaue Licht in der Morgen- und Abenddämmerung zu reagieren, und sie verfolgt saisonale Veränderungen durch Netzwerke von Neuronen in bestimmten Gehirnregionen. Ein Mehr an Tageslicht erhöht also die Aufmerksamkeit, das Wohlbefinden, die Stimmung, die Schlafqualität und die kognitive Leistungsfähigkeit des Menschen.

Umgekehrt beeinflusst das Licht auch den Schlaf. Eine ausreichende Lichtversorgung tagsüber erhöht die Dauer und Qualität des Schlafs in der folgenden Nacht. Wichtig ist auch, dass die Nacht tatsächlich dunkel ist – was heute vielerorts nicht mehr der Fall ist. Auch Morgen- und Abenddämmerung, die die Übergänge zwischen Tag und Nacht signalisieren, sind wichtige Signale für den zirkadianischen Rhythmus; doch insbesondere die Abenddämmerung wird oft gestört durch Kunstlicht mit hohem Blauanteil sowie durch elektronische Geräte wie Fernseher und Computerbildschirme, die kurzweiliges blaues Licht emittieren. Dies verzögert den folgenden Schlaf nicht nur, sondern beeinträchtigt ihn auch. Daher sollte man helles Licht und Licht mit einem hohen Anteil an kurzen Wellenlängen (kaltweiss) abends und nachts vermeiden, ausser bei bestimmten Arten von Nachtschichtarbeit.

Wie viel Tageslicht der Mensch im Minimum für seine Gesundheit und sein Wohlbefinden braucht, ist nicht abschliessend geklärt. Die notwendige Dosis hängt von mindestens drei Faktoren ab: erstens den Eigenschaften des Lichts (z. B. Radianz, Spektrum, Dynamik und Verteilung) in Abhängigkeit von der geografischen Lage und dem Klima sowie, in Innenräumen, von der Gebäudeausrichtung, der Distanz zu den Fenstern und deren Beschaffenheit; zweitens dem Zeitpunkt und der Dauer der Lichtexposition; und drittens individuellen Eigenschaften des Menschen wie Alter, geistige und körperliche Verfassung oder kultureller Hintergrund. Gesichert ist, dass eine geringe Lichtintensität am Tag die Lichtempfindlichkeit bei Nacht erhöht. Solche Sensibilisierungseffekte haben zur Folge, dass Personen, die tagsüber nur schwachem Licht ausgesetzt sind, anfälliger sind für die negativen Auswirkungen von künstlichem Licht bei Nacht.

## Psychologische Auswirkungen

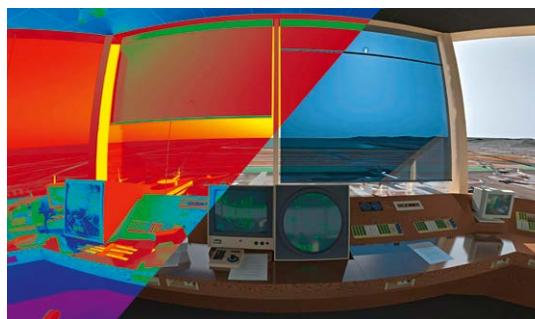
In der gebauten Umwelt ist Tageslicht meist gleichbedeutend mit einem Blick ins Freie. Der Betrachter erhält Informationen über Tageszeit und Wetter; sieht er dabei auch natürliche Vegetation, kommt eine messbare positive psychologische Wirkung hinzu. Die Wirkung von Licht auf den psychischen Zustand des Betrachters variiert je nach Breitengrad, Tages- und Jahreszeit. Auf der Nordhalbkugel beispielsweise herrscht im Winter Lichtmangel und im Sommer Überfluss; dies ist eine mögliche Erklärung für ein höheres Aufkommen von saisonal affektiven Störungen (SAD, «Winterdepression») in nördlichen Ländern.

## Tageslicht simulieren?

Dank hohen Rechenleistungen und schnellen Rendering-Techniken sind Lichtsimulationen allgegenwärtig: in 3-D-Filmen, in Augmented-Reality-Spielen auf unseren Smartphones und, etwas konventioneller, in Renderings von Bauprojekten. Bei Letzteren umfassen die Anwendungsbereiche den architektonischen Entwurf (Visualisierung mit Echtzeit-Interaktionen), Darstellungen (Ansichten für Präsentationen) und Simulationen (basierend auf physikalischen Gesetzen). Neben Renderings kann man aus Simulationen auch dynamische Kennzahlen für Licht, Sehkomfort und Energieeffizienz ableiten. Deren Interpretation kann die Eigenschaften verschiedener Lichtlösungen zeigen oder die Einhaltung von Grenzwerten belegen.

Das meistverbreitete Simulationstool zur Bewertung von Tageslicht ist die Software Radiance, die auch von anderen Simulationssoftwares als Rendering-Engine eingesetzt wird (vgl. Kasten «Tageslicht planen?», S. 26). Sie berechnet Werte für rotes, grünes und blaues (RGB-)Licht. Das ist ein Vorteil, weil Computerbildschirme auch mit RGB-Licht-Darstellungen arbeiten; daher können sie die Radianz (Strahlungsdichte) und Luminanz (Leuchtdichte) der Simulation so wiedergeben, wie sie das menschliche Auge am Bildschirm wahrnimmt. Probleme gibt es allerdings in Bezug auf die spektrale Zusammensetzung. Bei Tageslichtsimulationen ist die Strahlungsquelle wichtig, da sie die Ausbreitung des Lichts mitbestimmt; daher müssen sowohl Intensität als auch spektrale Zusammensetzung in RGB-Strahlungswerte umgerechnet werden. (Bei den meisten Himmelsmodellen, etwa beim Perez-All-Wetter-Modell, ist die spektrale Zusammensetzung nicht berücksichtigt.) Schwierigkeiten bereitet auch die Kombination von Tageslicht und elektrischem Licht, weil diese je nach Farbe der Lichtquellen unterschiedliche Renderings erfordern. Und schliesslich können die nicht bilderzeugenden (non-image-forming, NIF) Effekte des Lichts zwar relativ gut mit RGB-Werten evaluiert werden, aber farbgetreue Himmelsmodelle sind derzeit nicht verfügbar.

Daher arbeiten diverse Forschungsinstitute an einem solchen Modell. Neben der Farbe der Lichtquelle werden auch die farblichen Transmissionseigenschaften der Fenster (z. B. getöntes Glas oder farbige Jalousien) bewertet. Weil sich die spektrale Zusammensetzung des Lichts beim Durchdringen der Fenster ändert, sind auch die im Raum wahrgenommene Farbe und die NIF-Effekte anders. Das Ziel sind Tools zur Bewertung von Beleuchtungslösungen, die mit NIF-optimiertem Tageslicht und elektrischem Licht operieren. Diese könnten dazu beitragen, das Wohlbefinden der Menschen und die Energieeffizienz von Gebäuden zu verbessern, indem Licht und Energie nur in den erforderlichen Spektralbereichen ins Gebäude eindringen.



**Tageslichtsimulation am Arbeitsplatz eines Fluglotsen:** Für seine Forschung zu Simulationstools erhielt Greg Ward, Software-Entwickler und Senior Member von Dolby Laboratories, Inc., den Daylight Award 2018 in der Kategorie Wissenschaft (vgl. Kasten S. 23).

## Tageslicht und Medizin

Die wissenschaftliche Erforschung von Tageslicht hat verschiedene Ursprünge. Johannes Kepler publizierte 1604 eine Arbeit zur Mechanik des menschlichen Auges, 1672 folgte Sir Isaac Newtons Untersuchung über die Brechung von Licht durch ein Prisma. Im 19. Jahrhundert begannen auch Ärzte und Biologen, sich systematisch mit dem Tageslicht zu beschäftigen.

1883 bewies der Breslauer Augenarzt Hermann Cohn erstmals den Zusammenhang zwischen mangelnder Tageslichtbeleuchtung und Kurzsichtigkeit bei Kindern. 1877 zeigten die englischen Forscher Arthur Downes und Thomas P. Blunt, dass Tageslicht Bakterien durch Glas hindurch abtöten kann. Der deutsche Mediziner, Mikrobiologe und Hygieniker Robert Koch berichtete 1890, dass das Sonnenlicht für den Tuberkelbazillus tödlich sei. 1903 erhielt der färöisch-dänische Arzt und Dermatologe Niels Ryberg Finsen den Nobelpreis für Medizin für die erfolgreiche Behandlung des durch das Tuberkulosebakterium verursachten Lupus vulgaris mit Sonnenlicht.

Anfang des 20. Jahrhunderts über setzte die moderne Architektur die medizinisch-hygienischen Erkenntnisse in helle, gut besonnte und belüftete Bauten, unter anderem in Wohnzeilen

und Spitäler des Pavillontyps. Die heutige klinische Forschung hat bestätigt, dass Spitalpatienten auf Stationen mit Tageslicht schneller gesund werden als in künstlich belichteten Räumen. Trotz dieser Erkenntnisse sind in neuester Zeit auch Rückschritte in Bezug auf die gesunde Versorgung mit Tageslicht zu vermelden.

### Rachitis und Kurzsichtigkeit

Die Rachitis – eine Erkrankung des wachsenden Knochens, die zu Deformationen bei Kindern führt – erlebt 80 Jahre nach ihrer vermeintlichen Auslöschung einen neuen Aufschwung, weil wieder mehr Menschen unter Vitamin-D-Mangel leiden; die Gründe sind falsche Ernährung und zu wenig Sonneneinstrahlung.

Auch die Kurzsichtigkeit hat in den letzten 30 Jahren in vielen Ländern ein epidemisches Ausmass erreicht. In dichten städtischen Umgebungen in Taiwan, Singapur, Hongkong und anderen Teilen Ostasiens beispielsweise leiden bis zu 20% aller Schulkinder auf Sekundarstufe unter starker Kurzsichtigkeit (–6.00 dpt oder mehr), weil ihre Augen sich mangels Tageslicht nicht richtig entwickeln können.

### Desynchronisation: gravierende Folgen

Weit verbreitet sind auch Störungen des zirkadianischen Systems im Zusammenhang mit unserem modernen Lebensstil, bei dem wir weitgehend vom natürlichen Tag-Nacht-Rhythmus entkoppelt

und statt dessen sowohl am Tag als auch in der Nacht künstlichen Lichtreizen ausgesetzt sind. Zirkadiane Fehlrichtungen entstehen, wenn die «innere Uhr» nicht schnell genug nachgestellt werden kann. Ein bekanntes Syndrom ist die kurzfristige Desynchronisation durch Transmeridianreisen – der sogenannte Jetlag, der durch eine gezielte Lichtexposition gemildert werden kann.

Besonders bedrohlich sind die physiologischen Folgen dieser Desynchronisation bei Nachtschichtarbeitern, deren Schlaf-Wach-Zyklen – bzw. deren Licht-Dunkel-Exposition – dem Rhythmus der Schichtarbeit folgen. 2007 stufte die Weltgesundheitsorganisation Nachtarbeit als wahrscheinliches Karzinogen ein: Es gibt Hinweise darauf, dass die chronische Melatoninunterdrückung in der Nacht, kombiniert mit Schlafmangel und zirkadianer Fehlrichtung, zur Entstehung und zum Wachstum von Brust-, Prostata- und Eierstockkrebs beitragen kann. Zu den weiteren Nebenwirkungen der zirkadianen Desynchronisation gehören Magen-Darm- und Herz-Kreislauf-Probleme, Fettleibigkeit, Bluthochdruck, Fettstoffwechselstörungen sowie Schlaf- und Stimmungstörungen. Fehlgeschaltete Stoffwechselprozesse führen zudem dazu, dass Insulin und Cortisol nicht zur richtigen Zeit für die Mahlzeiten ausgeschüttet werden, was die Wahrscheinlichkeit für Insulininsensitivität und Diabetes Typ 2 erhöht. •

## Photochemie in der Haut

Sonnenlicht löst thermische und photochemische Reaktionen in der Haut aus, und zwar sowohl im ultravioletten als auch im sichtbaren und infraroten Bereich. Hohe Dosierungen sind schädlich. Tiefe dagegen verursachen wenig zelluläre Schäden und haben positive Effekte: Die Exposition gegenüber UVB-Strahlung löst die Produktion von Vitamin D aus, während die UVA-Exposition epidermale Stickoxide (Nitrosothiole, Nitrite und Nitrate) in Lachgas (NO) umwandelt, was eine arterielle Gefässerweiterung bewirkt und damit den Blutdruck senkt. Tageslicht enthält sowohl UVA- als auch UVB-Strahlung, sodass eine regelmässige, kurze Exposition für die Vitamin D- und NO-Produktion ausreicht. Elektrische Lampen dagegen geben wenig oder gar kein UV-Licht ab. Auch die meisten Fenstergläser (ausser eisenarmes Glas) sind nicht UVB-transparent und reduzieren die UVA-Transmission deutlich. Um die Vitamin-D-Synthese zu stimulieren, reicht eine normale Innenbeleuchtung also nicht aus; ob eine Umwandlung von epidermalen Stickoxiden in NO erfolgt, ist fraglich. •

Übersetzung und redaktionelle Bearbeitung: *Judit Solt*

Dieser Artikel ist eine selektive Zusammenfassung von drei Kapiteln der Publikation **Changing perspectives on daylight: Science, technology, and culture**. A sponsored Supplement to Science. © 2017 The American Association for the Advancement of Science AAAS, 3. November 2017.

Die Inhalte stammen aus den Kapiteln:

Brian Norton, Arthur Braun, Michael Balick, Richard Hobday, Colin Fournier, Jean-Louis Scartezzini, Judit Solt: «Daylight: Contexts and concepts», S. 4–8.

Mirjam Münch, Anna Wirz-Justice, Adam E. Brøndsted, Steven A. Brown, Albert Gjedde, Thomas Kantermann, Klaus Martigny, Danielle Mersch, Debra J. Skene: «The effect of light on humans», S. 16–23.

Mariëlle P. Aarts, Jérôme Kempf, Steven A. Brown, Bruno Bueno, Albert Gjedde, Danielle Mersch, Mirjam Münch, Jean-Louis Scartezzini, Carlo Volf, Jan Wienold, Anna-Wirz-Justice, Magali Bodart: «Reinventing daylight», S. 33–37.



Kostenloser Download der ganzen Publikation unter: [daylight.academy/wp-content/uploads/2017/11/Daylight-Booklet\\_3-Nov-2017\\_med\\_single-pages.pdf](http://daylight.academy/wp-content/uploads/2017/11/Daylight-Booklet_3-Nov-2017_med_single-pages.pdf)

Vgl. auch Kasten S. 23.