

dossier.

Die LED ist angekommen

Neue Themen in der Lichtforschung | Für Beleuchtungszwecke ist die LED ausgereift – Lichtausbeute, Farbqualität, Lebensdauer und Preis entsprechen den Erwartungen. Nun werden andere Themen wie Integrative Lighting und Tageslicht erforscht.

La LED a atteint son objectif

Nouveaux thèmes de recherche | La LED est mûre pour l'éclairage: l'efficacité lumineuse, la qualité des couleurs, la durée de vie et le prix répondent aux attentes. D'autres sujets tels que l'éclairage intégratif et la lumière du jour sont désormais étudiés.

**LED-Beleuchtung**

Leuchtdesigner Lukas Niederberger mit einer homogen leuchtenden LED-Fläche.

Éclairage LED

Lukas Niederberger, concepteur de luminaires, avec une surface LED émettant une lumière homogène.



Projektspezifische Beleuchtung

Die durch Moos Licht realisierte LED-Beleuchtung auf der Klosterinsel Rheinau fügt sich harmonisch in den Raum.

Éclairage spécifique au projet

Réalisé par Moos Licht, l'éclairage LED de l'abbaye de Rheinau s'intègre de manière harmonieuse dans la pièce.

RADOMÍR NOVOTNÝ

Der Leuchtendesigner Lukas Niederberger hat bei den Luzerner Leuchtenherstellern Baltensweiler und Moos Licht langjährige Erfahrungen gesammelt. Baltensweiler stellt Leuchten im Premium-Segment für den privaten Bereich her, Moos ist auf hochwertige Gewerbe- und Industrieleuchten spezialisiert. Obwohl sich ihre Produkte deutlich unterscheiden, haben beide Firmen etwas gemeinsam: Die LED hat sich in ihren Bereichen etabliert. Niederberger betont: «Ausser in ganz bestimmten Nischen führt kein Weg mehr an der LED vorbei.» In gewissen Bereichen, beispielsweise in der Industrie, leiste die Fluoreszenzröhre zwar noch gute Dienste und hat einen ziemlich hohen Wirkungsgrad, aber ihren Einsatz in neuen Leuchten würde Niederberger heute nicht empfehlen, weil sie nicht zukunftssicher sind. Es sei nur eine Frage der Zeit, bis die Produktion der FL-Röhren aus wirtschaftlichen Gründen eingestellt wird, obwohl sie den Anforderungen eigentlich noch genügen.

Im Vergleich zum FL-Leuchtmittel hat die LED dank ihrer Richtwirkung Vorteile, beispielsweise im industriellen Sektor, wo das Licht nicht von einem Tisch kommt, sondern von Pendelleuchten. Dadurch erhöht sich der Wirkungsgrad der Leuchten.

Auch Forscher teilen diese positive Sicht der LED aus der Praxis. Tran Quoc Khanh, Professor für Lichttechnik an der TU Darmstadt, bestätigt: «Ich persönlich sehe die LEDs sowohl für die Aussenbeleuchtung als auch für die Innenraumbeleuchtung aller Art aus der Sicht von 2019 klar im Vorteil. Es wird für die Leuchtstofflampen schwer werden.»

Neue Lichttechnologien

Die Dominanz der LED lässt sich einerseits auf ihre besonderen Eigenschaften und ihre Marktreife zurückführen, andererseits ist zurzeit keine neue Alternative zur LED in Sicht. Als vielversprechende Technologie wurde vor Jahren die OLED gehandelt. Aber um sie ist es unterdessen ruhig geworden. Bei der Forschung ist nichts wirklich Bahnbrechendes herausgekommen, obwohl beispielsweise Osram viel Geld in diesen Bereich investiert hat, um die Lebensdauer zu verlängern und den Herstellungspreis zu senken. Die Lichtausbeute und die Lebensdauer sind mittelmässig. Um eine akzeptable Lichtmenge zu erzeugen, braucht man eine grössere Fläche, was die Leuchte um Faktoren teurer macht als die LED. Als Forschungsthema ist die OLED zwar interessant, aber kommerziell wird sie zu Beleuchtungszwecken kaum eingesetzt. Mit der LED erreicht man in vielen Fällen den gleichen Effekt, z. B. eine homogene Ausleuchtung, auf preisgünstigere Weise. Den Preis, den man dafür bezahlt, ist die leicht grössere Einbautiefe.

Die LED wird optimiert

Gemäss Niederberger wird bei der LED noch ein wenig am Preis geschraubt, an der Lichtstärke, an der Homogenität, an der Voraussagbarkeit der produzierten Wellenlänge: «Grundsätzlich haben wir mit der LED das Ziel erreicht. Die weissen Low-Power oder Mid-Power-LEDs, die Moos einsetzt, haben bis zu 200 lm/W bei 4000 K.» Auch die

Le concepteur de luminaires Lukas Niederberger a acquis une grande expérience au cours des nombreuses années passées chez les fabricants de luminaires lucernois Baltensweiler et Moos Licht. Baltensweiler fabrique des luminaires haut de gamme pour le secteur privé, tandis que Moos est spécialisé dans les luminaires commerciaux et industriels de haute qualité. Bien que leurs produits diffèrent considérablement, les deux entreprises ont un point commun: les LED se sont établies dans leur domaine. Lukas Niederberger souligne: «Hormis dans des niches de marché très spécifiques, les LED sont incontournables.» Dans certains domaines tels que l'industrie, bien que le tube fluorescent soit encore performant et présente un rendement assez élevé, Lukas Niederberger ne recommanderait plus son utilisation dans de nouveaux luminaires, leur avenir étant incertain. Ce n'est en effet plus qu'une question de temps avant que la production des tubes fluorescents ne soit arrêtée pour des raisons économiques, même s'ils répondent encore aux exigences.

Grâce à leur directivité, les LED présentent des avantages par rapport aux lampes fluorescentes, par exemple dans le secteur industriel lorsque la lumière ne provient pas d'une table mais de luminaires suspendus. L'efficacité des luminaires en est augmentée.

Les chercheurs partagent aussi cette vision positive des LED dans la pratique. Tran Quoc Khanh, professeur en technologie d'éclairage à l'Université technique de Darmstadt, confirme: «Personnellement, je considère que les LED ont de nos jours un net avantage, tant pour l'éclairage extérieur que pour l'éclairage intérieur. Cela va devenir difficile pour les lampes fluorescentes.»

Nouvelles technologies d'éclairage

La prédominance des LED peut être attribuée, d'une part, à leurs propriétés particulières et à leur maturité sur le marché et, d'autre part, au fait qu'aucune nouvelle alternative ne se profile actuellement à l'horizon. L'OLED a bien été considérée comme une technologie prometteuse il y a des années, mais depuis, nous n'en entendons plus parler. La recherche n'a rien donné de vraiment révolutionnaire, bien qu'Osram, par exemple, ait investi beaucoup d'argent afin de prolonger leur durée de vie et réduire leur prix de production. Leur efficacité lumineuse et leur durée de vie laissent à désirer. Pour produire une quantité acceptable de lumière, une plus grande surface est nécessaire, ce qui rend le luminaire bien plus cher qu'avec la LED. Bien que l'OLED soit un sujet de recherche intéressant, elle n'est guère utilisée commercialement pour l'éclairage. Très souvent, les LED permettent d'atteindre le même effet, par exemple un éclairage homogène, et ce, à moindre coût. Le prix à payer se limite alors à une profondeur d'installation légèrement supérieure.

La LED est toujours optimisée

Selon Lukas Niederberger, le prix des LED est encore en train d'être légèrement optimisé, tout comme l'intensité lumineuse, l'homogénéité et la prévisibilité de la longueur

typische Lebensdauer liege im Bereich von 70 000 h, wenn man sich an die Spezifikationen der Hersteller hält.

Ein Thema, um das es auch ruhiger geworden ist, ist die Farbwiedergabe. Früher hat das bläuliche, kalte Licht der weissen LEDs gestört. Heute trifft man in der Praxis auf angenehmere Lichttemperaturen. Manchmal wird auch ein Colour Rendering Index (CRI) von 90 verlangt, aber bei einer besseren Farbwiedergabe ist gemäss Niederberger die Phosphorschicht weniger effizient. Man hat rund 13 % weniger Licht. Zudem begegnet man ab und zu der Erwartung, man müsse in allen Einsatzbereichen eine möglichst hohe Farbwiedergabe haben, was eigentlich gar nicht nötig sei. Natürlich sollte man in anspruchsvollen Beleuchtungssituationen von der Standard-Farbwiedergabe CRI 80 abweichen, beispielsweise in Läden oder Museen, aber in einem Büro reichen die 80 problemlos. Da bringt der leicht teurere CRI von 90 keinen spürbaren Vorteil.

Auch gemäss Tran Quoc Khanh hat die LED ein hohes Niveau erreicht. Gewisse Punkte können aber noch verbessert werden: «Die offenen Fragen sind, wie man die grünen halbleiterbasierten LEDs optimieren kann, wie man stabile Leuchtstoffe herstellt oder wie man das Packaging von Mid-power-LEDs weiter verbessern kann.» Man arbeite ausserdem an einer neuen Lebensdauer-Definition für neue Generationen von LEDs. Die bisherige Definition, die sich auf den Lichtstromverlust bezieht (L70, L80), ist laut Khanh weit überholt. Für die Innenraumbeleuchtung sei ein Lichtstromverlust nicht mehr das kritische alleinige Kriterium, sondern die Farbortverschiebung. Für HCL-Leuchten (Human Centric Lighting) ist es eher die Verschiebung der Spektren der LEDs. «Man kann aber wirklich sagen, dass die Frageebene derzeit von Komponenten-LEDs über die Modulebene nun zur Leuchtenebene hin geht.»

Die Elektronik nicht vernachlässigen

Bei den Leuchten arbeitet man heute gemäss Khanh daran, die Digitalelektronik möglichst zuverlässig zu machen, nicht nur bei hoher Temperatur, sondern auch in Kombination mit hoher Feuchtigkeit, damit sie in Gewächshäusern, in tropischen Ländern und in den Hallen der Lebensmittelindustrie zuverlässige Dienste leisten kann.

Ein weiteres Elektronik-Thema ist das Dimmen. In den Projekten von Moos Licht wird heute fast ausschliesslich lineares Dimmen eingesetzt, d. h. ein Dimmen, das durch eine Veränderung der Stromstärke erzeugt wird. Die Alternative PWM, Pulse Width Modulation, trifft man zwar auch relativ häufig an, aber sie ist weniger beliebt, weil sie zu unerwünschtem Flackern führen kann, wenn ihre Frequenz zu niedrig ist. Dies merkt man besonders bei Fotoaufnahmen oder Videos, auf denen Moiré-Muster auftreten. Aber auch das Wohlbefinden kann dadurch beeinflusst werden, sogar dann, wenn das Licht nicht sichtbar flackert. Es wird vermutet, dass bei langsamen Frequenzen, die zwar nicht bewusst wahrnehmbar sind, aber die das Gehirn als Schwarzbilder registriert, Auswirkungen wie Migräne oder Müdigkeit möglich sind. Teilweise lässt sich der durch PWM verursachte Stroboskopeffekt (bei unveränderter PWM-Frequenz, beispielsweise bei 200 Hz) reduzieren, indem man

d'onde produite: «D'une manière générale, nous avons atteint notre objectif avec les LED. Les LED blanches de faible ou moyenne puissance que Moos utilise atteignent jusqu'à 200 lm/W à 4000 K.» La durée de vie typique est également de l'ordre de 70 000 h, pour autant que les spécifications des fabricants soient respectées.

Nous n'entendons plus parler non plus du rendu des couleurs. Autrefois, la lumière bleuâtre et froide des LED blanches était dérangeante. On trouve désormais dans la pratique des températures de couleur plus agréables. Parfois, un indice de rendu des couleurs (IRC) de 90 est requis, mais selon Lukas Niederberger, la couche de phosphore est alors moins efficace et l'on perd environ 13 % de la lumière. Certains s'attendent à ce que le rendu des couleurs soit le plus élevé possible dans tous les domaines d'application. Or, ce n'est vraiment pas nécessaire. Bien entendu, pour les situations d'éclairage exigeantes, par exemple dans les magasins ou les musées, on ne peut se contenter de l'IRC standard de 80, mais dans un bureau, il suffit sans aucun problème. Un IRC de 90, légèrement plus cher, n'apporte aucun avantage notable.

Selon Tran Quoc Khanh, la LED a aussi atteint un niveau élevé. Certains points peuvent toutefois encore être améliorés: «Il reste à trouver comment optimiser les LED vertes à base de semi-conducteurs, produire des phosphores stables ou améliorer encore le conditionnement des LED de moyenne puissance.» Une nouvelle définition de la durée de vie pour les dernières générations de LED est également en cours de développement. Selon Tran Quoc Khanh, la définition précédente se référant à la perte de flux lumineux (L70, L80) est largement dépassée. Pour l'éclairage intérieur, le paramètre critique n'est plus la seule perte de flux lumineux, mais la dérive chromatique. Pour les luminaires HCL (Human Centric Lighting), il s'agit plutôt du décalage de spectre des LED. «On peut néanmoins dire que les préoccupations ont passé du niveau des LED en tant que composants, aux modules, pour atteindre désormais celui des luminaires.

Ne pas négliger l'électronique

Au niveau des luminaires, les efforts se concentrent aujourd'hui, selon Tran Quoc Khanh, sur l'électronique numérique pour la rendre aussi fiable que possible non seulement à température élevée, mais aussi en combinaison avec un haut degré d'humidité, afin que les luminaires puissent fournir des services fiables dans les serres, les pays tropicaux et les halles de l'industrie alimentaire.

Un autre sujet relatif à l'électronique est la gradation. Dans les projets de Moos Licht, on utilise aujourd'hui presque exclusivement la gradation linéaire, c'est-à-dire la gradation réalisée en variant l'intensité du courant. L'alternative, la modulation de la largeur d'impulsion (ou PWM, Pulse Width Modulation), est également relativement courante, quoique moins appréciée car elle peut provoquer des scintillements indésirables lorsque sa fréquence est trop basse. Ce phénomène est surtout visible sur les photos ou vidéos, avec l'apparition de motifs moirés. Mais cela peut aussi affecter le bien-être, même si le

einzelne LED-Leuchten zeitlich verschoben ansteuert. Bei Frequenzen über 1 kHz tritt dieses Problem nicht auf.

Die PWM-Dimmung hat aber nicht nur Nachteile: Dadurch, dass man die LED in einem identischen, möglichst optimalen Arbeitspunkt betreibt, hat man eine konstante Lichtqualität, bei ähnlicher Effizienz wie beim linearen Dimmen. Bei Letzterem machen sich hingegen vor allem im unteren Bereich die Toleranzen der LEDs stark bemerkbar: Farbe und Intensität schwanken manchmal beträchtlich. Beim Betreiben mehrerer LEDs mit dem gleichen Strom kommt man bei gewissen LEDs beim Absenken des Stroms schneller in den Bereich, in dem sie ausschalten. Andere LEDs leuchten da noch. Diese Inhomogenität stört besonders bei hochwertigen Leuchten.

Forschungsbedarf beim Human Centric Lighting

Für den Leuchtendesigner Niederberger macht sich der Trend zu Tunable White bemerkbar. Circadianische, auf den menschlichen Rhythmus angepasste Lichtlösungen, werden nachgefragt. Obwohl das Interesse gross ist, gibt es noch wenige Lösungen auf dem Markt. Weil Human Centric Lighting, HCL, a priori teurer ist als konventionelle Beleuchtungssysteme und weil Unklarheit über die positiven Effekte von HCL herrscht, bleibt es oft bei der Anfrage. Wenn sich die gesteigerte Arbeitseffizienz und das Komfortgefühl der Personen quantifizieren liessen, würde sich eher jemand für den Kauf von HCL entscheiden. Dann liessen sich die zusätzlichen Investitionen rechtfertigen.

Björn Schrader, Dozent an der Hochschule Luzern und Leiter der Themenplattform Licht@hslu, präzisiert das Verständnis von HCL: «Meist wird mit HCL nur die nichtvisuelle Wirkung von Licht auf den Menschen gemeint. Die visuelle Wirkung sowie die psychologischen, emotionellen Aspekte sind auch zu berücksichtigen. Alle drei Komponenten sind miteinander verbunden. Man sollte deshalb HCL vielmehr als integrativen Ansatz verstehen.» Deshalb zieht man an der Hochschule Luzern den Begriff «Integrative Lighting» vor, der auch von der Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) verwendet wird.

Schrader plädiert für Geduld: «Die Forschung im Bereich der nichtvisuellen Wirkung von Licht braucht Zeit und geht daher nur langsam voran.» Das Bewusstsein für dieses wichtige Thema sei bei vielen Entscheidungsträgern noch zu gering bzw. man schenkt den Marketingabteilungen der Lichtindustrie zu schnell Glauben. So werden hohe Erwartungen beim Nutzer geweckt und Halbwissen verbreitet. Schliesslich können diese Erwartungen jedoch nicht erfüllt werden, was der Lichtbranche schadet.

Auch Khanh ist vorsichtig optimistisch: «Die Änderung der Farbtemperaturen zur richtigen Zeit verbunden mit einer Änderung der Beleuchtungsniveaus über den Tag bringen nach bisherigen Untersuchungen in Pflegeheimen, Kliniken und Schulen schon eindeutig positive Resultate. Die Müdigkeit sinkt, die Konzentration am Tag erhöht sich, die Leistung auch. Das sind Untersuchungen der quasi-akuten Wirkungen von wenigen Stunden, wenigen Tagen oder ein bis zwei Wochen. Langfristige Wirkungen müssen noch genauer und umfassender untersucht werden.»

scintillement de la lumière n'est pas visible. On soupçonne que les basses fréquences, qui ne sont certes pas perceptibles de manière consciente mais que le cerveau interprète comme des images noires, peuvent provoquer des migraines ou de la fatigue. L'effet stroboscopique généré par la PWM peut être partiellement réduit (avec une fréquence PWM inchangée, par exemple 200 Hz) en décalant dans le temps la commande de certains luminaires LED. Ce problème est inexistant pour les fréquences supérieures à 1 kHz.

Mais la gradation PWM n'a pas que des inconvénients: étant donné que la LED est alors exploitée à un point de fonctionnement identique et aussi optimal que possible, on obtient une qualité de lumière constante et une efficacité similaire à celle de la gradation linéaire. Avec cette dernière cependant, et particulièrement à bas niveau, le degré de tolérance des LED est bien visible: la couleur et l'intensité varient parfois considérablement. Lorsque plusieurs LED fonctionnent avec le même courant, certaines arrivent plus rapidement à leur seuil d'extinction lorsque le courant est réduit, alors que d'autres sont encore allumées. Cette inhomogénéité est particulièrement gênante pour les luminaires de haute qualité.

Le Human Centric Lighting et la recherche

Pour le concepteur de luminaires Niederberger, le Tunable White, ou blanc ajustable, est clairement une tendance. Il existe une demande pour des solutions d'éclairage circadien adaptées au rythme biologique de l'homme. Malgré ce fait, il n'existe encore que peu de solutions sur le marché. L'éclairage centré sur l'homme, ou HCL, étant a priori plus cher que les systèmes d'éclairage conventionnels et ses effets positifs n'étant pas encore clairs, la demande reste souvent en suspens. Si l'augmentation de l'efficacité et du confort des employés pouvait être quantifiée, cela favoriserait l'achat de solutions HCL et justifierait l'investissement supplémentaire.

Björn Schrader, chargé de cours à la Haute école spécialisée de Lucerne et responsable de la plateforme thématique Licht@hslu, précise la manière dont le HCL doit être compris: «Habituellement, le HCL se réfère uniquement aux effets non visuels de la lumière sur l'homme. Or, l'effet visuel ainsi que les aspects psychologiques et émotionnels doivent également être pris en compte. Les trois composants sont interconnectés. Le HCL doit donc être compris comme une approche intégrative.» C'est pourquoi la Haute école spécialisée de Lucerne préfère le terme «Integrative Lighting» ou éclairage intégratif, également utilisé par la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE).

Björn Schrader plaide pour la patience: «La recherche dans le domaine des effets non visuels de la lumière prend du temps et n'avance donc que lentement.» Beaucoup de décideurs sont encore trop peu sensibilisés à cet important sujet ou l'on croit trop vite les services marketing de l'industrie de l'éclairage. Cela suscite des attentes élevées chez les utilisateurs et répand des connaissances superficielles. Au final, ces attentes ne peuvent cependant pas être satisfaites, ce qui nuit à l'industrie de l'éclairage.



1 Ein Profil für eine LED-Leuchte, die direktes Licht bietet und gleichzeitig den Raum aufhellt.

Un profil pour un luminaire LED qui fournit une lumière directe tout en éclairant la pièce.

2 Lichtexperte Tran Quoc Khanh, TU Darmstadt, greift in seiner Forschung aktuelle Lichtthemen auf.

Tran Quoc Khanh, expert de la lumière à l'Université technique de Darmstadt, consacre ses recherches aux thèmes actuels de l'éclairage.

3 Lichtcontainer an der Hochschule Luzern, in dem Experimente mit elektrochromen Gläsern durchgeführt werden.

Container dédié à l'étude de la lumière à la Haute école spécialisée de Lucerne, dans lequel sont réalisées des expériences avec des verres électrochromes.

An der Hochschule Luzern wurden in den letzten Jahren mehrere Projekte mit Tunable-White-Anlagen begleitet. In diesen mehrjährigen Projekten ging es primär um Aspekte der nichtvisuellen Wirkung von Licht auf Menschen. Diese Projekte sind nun in der Abschlussphase. Die gewonnenen Erkenntnisse werden am 30. Januar 2020 am Swiss Lighting-Forum vorgestellt.

Die aktuellen Herausforderungen liegen laut Schrader nicht in der LED-Technik, sondern in der Schnittstelle zwischen Nutzer, Technik und einer Gestaltungsidee. Deshalb braucht es interdisziplinäre Ansätze. Um die Lichtforschung im nicht-visuellen Bereich konsistenter und aussagekräftiger zu machen, wurde an der Hochschule Luzern ein Licht-Dosimeter der neuesten Generation entwickelt, mit dem sich die Licht-History von Probanden aufzeichnen lässt. Damit lässt sich die Frage klären, welches Licht die Körperprozesse zu welcher Zeit beeinflusst hat. Dabei wurde auch die Norm CIE S 026/E:2018, «CIE-System für die Metrologie optischer Strahlung für ipRGC-beeinflusste Antworten auf Licht», die im Dezember 2018 veröffentlicht wurde, im Projekt berücksichtigt.

Tageslicht besser einsetzen

Eine weitere aktuelle Entwicklung in der Beleuchtungsbranche ist die bewusstere Nutzung von Tageslicht, weil es die Energieeffizienz steigern kann und am ehesten den menschlichen Lichtbedürfnissen entspricht. Björn Schrader betont: «Die hohe gesundheitliche Bedeutung des Tageslichts ist unbestritten, denn es wirkt auch als ein wichtiger Taktgeber auf unseren Körper. Es muss in Zukunft verstärkt berücksichtigt werden.» An der Hochschule Luzern wird im Lichtmesscontainer auf dem Campus in Horw untersucht, wie man elektrochrome Gläser der neuesten Generation einsetzen kann, um Tageslicht möglichst optimal zu nutzen.

Als Ausdruck dieses Trends ist im Juni 2019 die Tageslichtnorm SN EN 17037 in Kraft getreten, die Bewertungsverfahren, Kriterien und Hinweise für die Tageslichtbeleuchtung liefert. Die Umsetzung dieser Norm stellt eine interdisziplinäre Herausforderung dar, denn bereits im architektonischen Entwurf sollte sie berücksichtigt werden. Eine gute Sache, denn sie leistet einen wichtigen Beitrag zur Nachhaltigkeit, zur Energieeffizienz und nicht zuletzt zu den eigentlich zentralen Aspekten des Lichts für den Menschen: zu Wohlbefinden und Gesundheit.



Autor | Auteur

Radomir Novotný ist Chefredaktor Electrosuisse.
Radomir Novotný est rédacteur en chef Electrosuisse.
→ Electrosuisse, 8320 Fehraltorf
→ radomir.novotny@electrosuisse.ch

Tran Quoc Khanh est également d'un optimisme prudent: «Selon les études menées jusqu'à présent, le changement de la température de couleur au bon moment combiné à une adaptation du niveau d'éclairage tout au long de la journée a déjà produit des résultats clairement positifs dans les maisons de repos, les cliniques et les écoles. La fatigue diminue, tandis que la concentration et les performances augmentent. Il s'agit là d'études des effets à court terme, sur quelques heures, quelques jours ou une à deux semaines. Les effets à long terme doivent encore être étudiés de manière plus précise et complète.»

Ces dernières années, la Haute école spécialisée de Lucerne a soutenu plusieurs projets avec des systèmes d'ajustement du blanc. Ces projets, d'une durée de plusieurs années, étudiaient principalement les aspects de l'effet non visuel de la lumière sur les gens. Ils sont entrés dans la phase finale, et les résultats seront présentés à Bâle, au Swiss Lighting Forum, le 30 janvier 2020.

Selon Björn Schrader, les défis actuels ne résident pas dans la technologie LED, mais dans l'interface entre l'utilisateur, la technologie et une idée de design. C'est pourquoi des approches interdisciplinaires sont nécessaires. Afin de rendre la recherche dans le domaine non visuel plus cohérente et significative, la Haute école spécialisée de Lucerne a développé un dosimètre de rayonnement lumineux de dernière génération permettant d'enregistrer l'historique de l'exposition à la lumière des participants à l'étude. Cela permet de déterminer plus clairement quelle lumière a influencé les processus corporels à quel moment. La norme CIE S 026/E:2018, «CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light», publiée en décembre 2018, a également été prise en compte dans ce projet.

Mieux utiliser la lumière du jour

L'utilisation plus consciente de la lumière du jour constitue un autre développement actuel dans le domaine de l'éclairage, car elle peut augmenter l'efficacité énergétique et correspond au mieux aux besoins de l'être humain en matière d'éclairage. Björn Schrader souligne: «L'importance de la lumière du jour pour la santé est incontestable, car elle sert aussi à régler notre horloge interne. Il faudra en tenir compte encore davantage à l'avenir.» À la Haute école spécialisée de Lucerne, le container dédié à la mesure de la lumière situé sur le campus de Horw est utilisé pour étudier comment la dernière génération de verres électrochromes peut être utilisée pour exploiter au mieux la lumière du jour.

Cette tendance s'exprime par l'entrée en vigueur, en juin 2019, de la norme relative à l'éclairage naturel SN EN 17037. Celle-ci fournit des procédures d'évaluation, des critères et des indications pour l'éclairage naturel. La mise en œuvre de cette norme représente un défi interdisciplinaire, car elle doit être prise en compte dès la conception architecturale. Il s'agit d'une bonne chose, puisqu'elle contribue de manière importante à la durabilité, à l'efficacité énergétique et, surtout, aux aspects centraux de la lumière pour l'être humain: au bien-être et à la santé.