

Licht für die Briefverteilzentren – Fokus Mensch

Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE Zentrum für Integrale
Gebäudetechnik

Reto Häfliger

Senior Wissenschaftlicher Mitarbeiter

T direkt +41 41 349 33 18
reto.haefliger@hslu.ch

Horw

16.11.2021

Standort: Briefverteilzentrum Härkingen
Auftraggeber: Post CH AG



B1 JAB
SB/Pal
aus Wareneingang

16.11.2021

Quelle: Licht@hslu

Inhalt

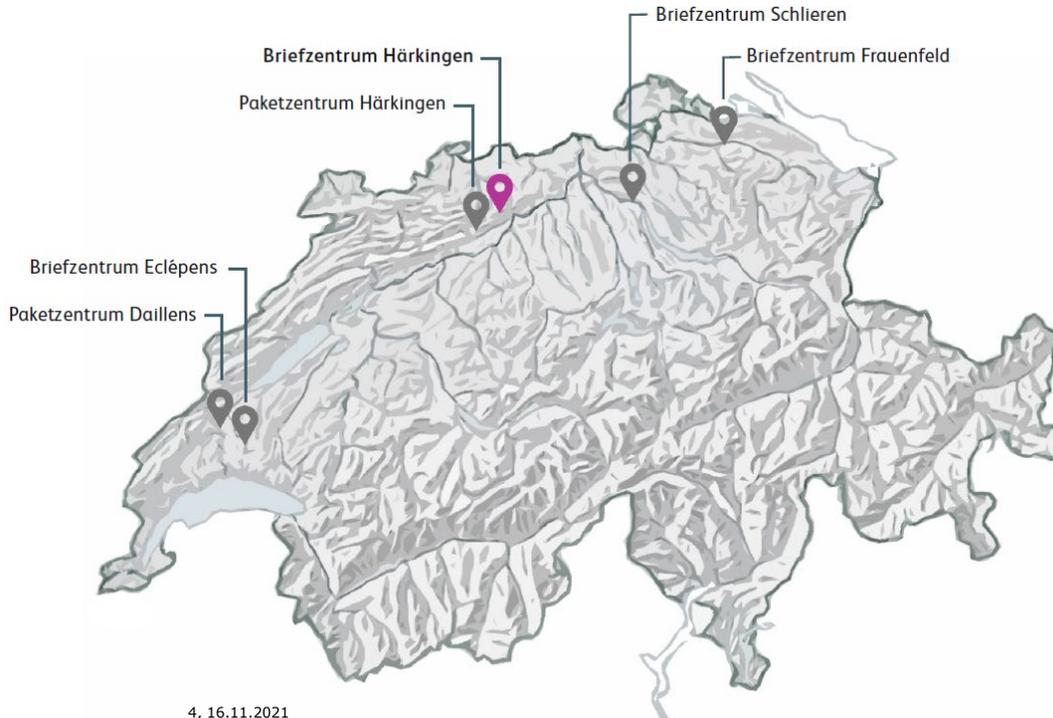
- **Projektübersicht**
- **Ausgangslage**
- **Projektziele**
- **Fragestellung**
- **Vorgehen und Methodik**
- **Messtechnik**
- **Ergebnisse**
- **Zusammenfassung**
- **Links**

Projektübersicht

Projekt: Wissenschaftliche Begleitung und Beratung Umrüstung der Beleuchtung

Projektpartner extern: Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO), KellerKom AG, Lichtfunken, Zumtobel AG

Projektdauer: 9.2016 - 01.2020



Daten Briefzentrum Härkingen

- Dreischicht-Betrieb
- Höchste Belegung in der Nacht
- Mitarbeitende in der Nachtschicht: ≈ 400



Ausgangslage

Beleuchtung alt/neu: Leuchtstofflampen 2/80W 4000K am Ende des Lebenszyklus / LED System-Leuchte

3-Schicht Betrieb: 21:00 – 05:00 / 05:00 – 13:00 / 13:00– 21:00

Pilot-Projekte: Erschaffung einer Planungsgrundlage für die Sanierung weiterer Zentren



Manuelle Handsortierung

- Versandgut über Förderband
- Mitarbeitende sortieren nach Postleitzahl
- Manuell: $\approx 5'000'000$ pro Monat
- Anspruchsvolle Sehaufgabe



Projektziele

Energie: Verbrauch und Betriebskosten senken

Wirkung visuell: Sehaufgabe erleichtern, Ermüdung reduzieren

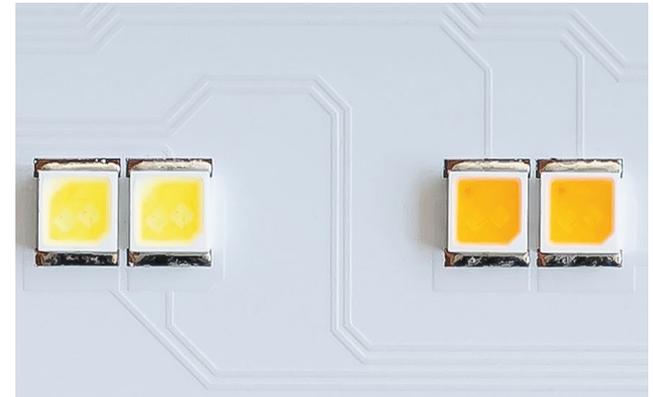
Wirkung nicht-visuell: Einfluss auf circadianen Rhythmus und Schlafqualität untersuchen

Erarbeitung Planungsempfehlung: Für „Tunable White“ Beleuchtungsanlagen



Vorteile der LED nutzen

- Reduktion des Energieverbrauchs
- Reduktion der Unterhaltskosten
- Individuelles Licht (Spektrum)
- Zeitliche Veränderung des Spektrums



Starke Dynamik und schnelle **Veränderung** in
Lichttechnologie

OLED gilt als das nächste grosse Ding

Siegeszug der LED (CH) aufgrund hoher
Energieeffizienz

«**nicht-visuelle**» Lichtwirkungen werden ein
Thema in der Lichtindustrie

2016

«**Tunable White**» noch kein Massenprodukt
sondern im Prototypen-Stadion

Grosse Unsicherheit im Umgang mit LEDs in
Umrüstungsprojekten

Digitalisierung, Dim-to-Warm und Casambi sind
Trends an der Light&Building

Wenig wissen über die Wirkungen von
Licht in der Nacht- 6'500K bei **Nachtarbeit** kommt vor

Fragestellung

Leuchtmittel: Hat die Veränderung des Spektrums einen Einfluss auf inneren Rhythmus/ Schlafqualität

Hintergrund: Spektrum der LED hat typischen Peak im Blaubereich (460 nm) und wirken somit auf die fotosensitiven Ganglienzellen, höchste Sensitivität ebenfalls im blauen Spektrum (480 nm)

Ziel: Negative Beeinflussung von Anfang an vermeiden – warmweisse Beleuchtung in der Nacht

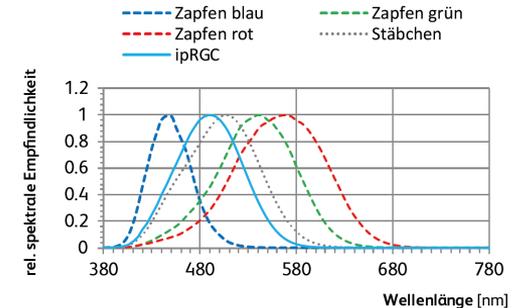
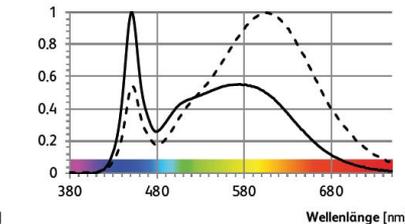
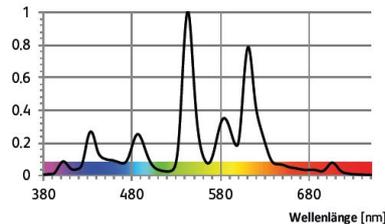
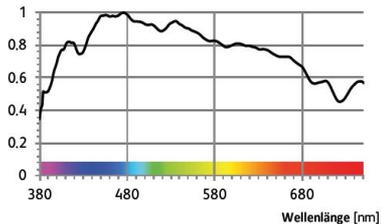
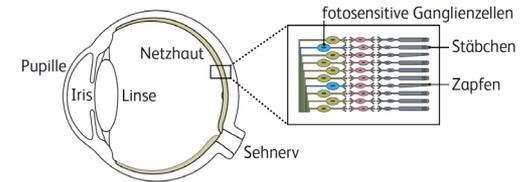
Sonne



Leuchtstofflampe (FL)



LED / dynamisch



Vorgehen und Methodik

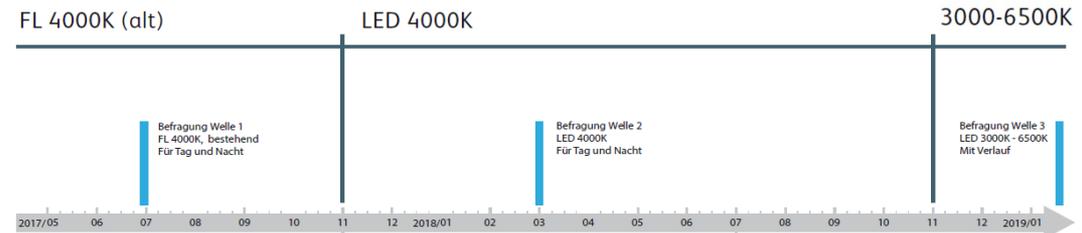
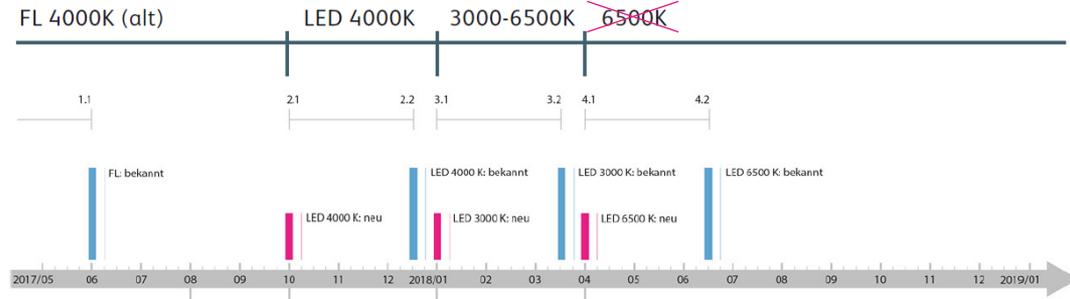
Testzone und Befragung: Miteinbezug der Mitarbeitenden in den Prozess

ANOVA: Repeated Measures mit drei Messzeitpunkten (drei Versand-Wellen), Fragebögen verknüpft

Papierfragebogen (Zugänglichkeit), anonymisiert

Versand durch die HSLU, 3 x 1200 Papierfragebögen, Einwurf in HSLU-Briefkasten, von HSLU abgeholt

Digitalisierung durch ESPAS (externer Partner mit QM)



Messtechnik

Hintergrund: Zusammenhang zwischen Lichtexposition und zirkadianer Regulierung

Ursprüngliches Ziel: Aufzeichnen der Lichthistorie der Mitarbeitenden für ein gesamtheitliches

Flaschenhals 2016: Keine Vereinbarung über die zu verwendenden Metriken und kein geeignetes Messgerät

Aktuell: CIE S 026/E:2018 und Lido Lichtdosimeter seit 2021



PRODUCT

The light dosimeter is a small, portable device, which records a person's individual light exposure over time, i.e. its amount and spectral composition. Attached to a spectacle frame it takes measurements in the near-vertical plane, which is viewed as the best available proxy to retinal irradiation by most researchers. The custom-made software ALDO (Aldo) converts the measurement into the metric standardized in CIE S 026:2018. Data can be analysed directly in Lido (Lido) or exported as a PDF report or a separate separated values (CSV) file for further in-depth time series analysis. The light dosimeters were tested by the Swiss Federal Institute of Technology (ETH Zurich).

The key specifications are the following:

- Spectral range: 380 nm - 780 nm
- Intensity range: from 5 lx - 5000+ lx
- Measurement interval: 15 sec
- Battery life: 7 days
- Interface: Micro-USB
- Metrics used according to CIE S 026:2018
- 70 measurements
- Event marker
- IP65

PROJECT

VELUX STIFTUNG

After the *Velux Stiftung* approached the funding for the project eight research institutions, light assessment for the long-term recording and documentation of biologically effective radiation and its effect on humans (Project No. 11346), an interdisciplinary team from the Lucerne School of Engineering and Architecture, combining knowledge in light and lighting, electronics, product design, information technology and project management, started with the development of the light dosimeter in early 2018. In addition, the project was supported by three external partners:

- Prof. Dr. Christian Cajochen, Head of Centre for Chronobiology, University Psychiatric Clinic Basel, Switzerland
- Dr. Peter Boller, Head of Optics Laboratory, Federal Institute of Technology (ETHZ), Switzerland
- Prof. Dr. Ines Herber-Pfeiffer, Light and Health, Institute of Applied Sciences Munich, Germany
- Prof. Rigmor Schwan, Institute of Building Technology and Energy (IBTE)
- Prof. Christian Schödl, Institute of Electrical Engineering (ET)
- Dr. Giselher Wehmann, Institute of Electrical Engineering (ET)
- Prof. Erik Vogler, Institute of Electrical Engineering (ET)
- Christian Di Barone, Institute of Electrical Engineering (ET)
- Janis Staudt, Institute of Building Technology and Energy (IBTE)
- Arno Hutterli, Institute of Building Technology and Energy (IBTE)
- Christoph Gumbel, Institute of Electrical Engineering (ET)
- Marco Fritsch, Institute of Electrical Engineering (ET)
- Jari Aho, Institute of Building Technology and Energy (IBTE)
- Stefan Ineichen, Institute of Building Technology and Energy (IBTE)
- Erich Boller, Institute of Innovation and Technology Management (ET)
- Steve Emmenegger, Institute of Electrical Engineering (ET)
- Christian Jost, Institute of Electrical Engineering (ET)
- Stefan Luthenberger, Mechanical Engineering and Energy Technology (IBTE)
- David Haugler, Institute of Electrical Engineering (ET)
- Erny Niederberger, Institute of Electrical Engineering (ET)
- Jean-René Kuhn, Institute of Electrical Engineering (ET)

UPK Universität Luzern
Hochschule Luzern
Licht@hslu

Ergebnisse

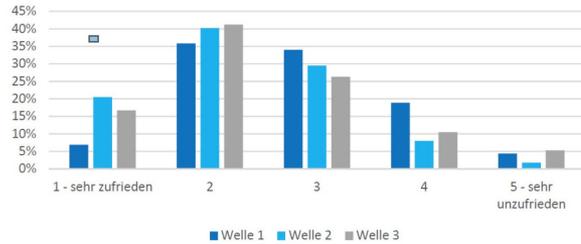
Arbeitsplätze: Lichtbedingungen an den Arbeitsplätzen konnten messbar verbessert werden

Tunable White: Effekt durch dynamische Beleuchtung konnte nicht nachgewiesen werden

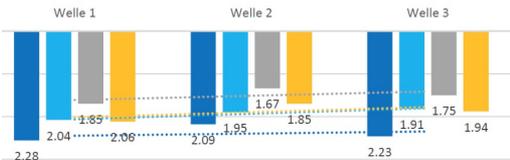
Schlafqualität: Keine negativen Effekte messbar

Publikation: Informationsblatt für Planer in Zusammenarbeit mit Post CH

Wie zufrieden sind Sie mit dem Licht an Ihrem Arbeitsplatz? - sehr zufrieden/sehr unzufrieden



Haben Sie die folgenden Symptome in den letzten 3 Tagen gestört? Mittelwerte



■ Durchschlafen ■ Einschlafen ■ Schlaflosigkeit ■ Symptome gestört?



Luzerne University of Applied Sciences and Arts
HOCHSCHULE LUZERN
Technik & Architektur
für Gesundheitswesen

Licht@hslu
Wellness - Energie - Produktivität
Interdisziplinäre Zusammenarbeit von Licht

Informationsblatt für Planer – «Tunable White» Beleuchtungen

Das folgende Informationsblatt für Planer basiert auf den Erkenntnissen aus dem Projekt Lichte für die Arbeitsplätze der Biofarmakonzern- und gibt Planungsempfehlungen. Es erklärt, welche Punkte für einen erfolgreichen Betrieb zu berücksichtigen sind und wo es in Bezug auf Schicht- und Nachtschicht-Versuche gehen ist.

Hinweis: Der Inhalt dieses Dokuments basiert auf dem Wissensstand der Forschung über die nicht-visuelle Wirkung von Licht zum Zeitpunkt von dessen Erstellung.

Planungsempfehlungen

Es wird empfohlen frühzeitig zu klären, welche Absichten ein «Tunable White» Projekt zu bestimmen, können zwei Faktoren betrachtet werden: Verfügbarkeit von Tageslicht und Schichtarbeit (Abbildung 1). Die einfachere Situation sind Projekte für Räume mit Tageslicht, ohne Schicht- und Nachtarbeit (z.B. Bürogebäude). Die komplexeste Ausgangslage existiert bei Projekten für Räume, die 24 Stunden am Tag in Betrieb sind und kein Tageslicht haben (z.B. Kontrollräume). Darüber hinaus haben Räume, die von mehreren Nutzergruppen mit sehr unterschiedlichen Anforderungen gemeinsam genutzt werden (z.B. Betreiber und Patienten in einem Krankenhaus) zusätzliche Komplexität.

Wichtig bei Projekten mit Schichtarbeit und Projekten ohne Tageslicht ist insgesamt ein Arbeitsumfeld oder Chronobiologie betreiben.

Schichtarbeit	Tageslichtverfügbarkeit	
	hoch	niedrig
hoch	relativ einfach zu realisieren	relativ komplex zu realisieren
niedrig	relativ einfach zu realisieren	relativ komplex zu realisieren

Abbildung 1: Empfehlungsmatrix, Tageslichtverfügbarkeit (Quelle: Licht@hslu)

	Sinnvoll	Problematisch
Wo sind die Absichten / Ziele des Projekts?	Die MitarbeiterInnen müssen eine angenehme Umgebung schaffen, etc.	Gesundheitserhaltung, Produktivitätserhöhung, Bekämpfung von Medikamentenresistenzen, etc.
Welche Normen / Leitfäden werden verwendet?	<ul style="list-style-type: none"> • DIN EN 12463-1 • DIN EN 12467 • CEI 5:20/E:2018 	<ul style="list-style-type: none"> • keine Normen/Leitfäden • DIN SPEC 13800:2016-04 • DIN SPEC 13800:198:2015 (siehe Absichtserklärung)

Quelle: 1. Übersicht zur Einschätzung der Umgebungen

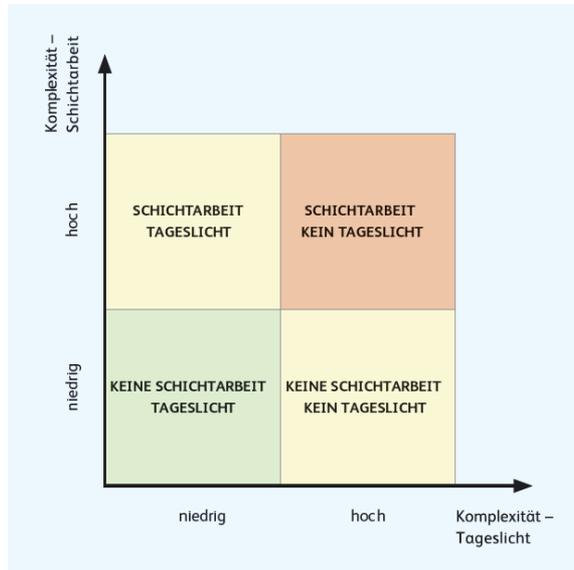
Zusammenfassung

Komplexität: „Tunable White“ führt zu erhöhter Komplexität

Technologie: Wichtig aber nur Teil der Lösung

Absichten klären: Wenn es darum geht biologisch zu beeinflussen Fachexperten beiziehen

Gutes Licht: Klassische Gütemerkmale nicht vergessen



Technologie

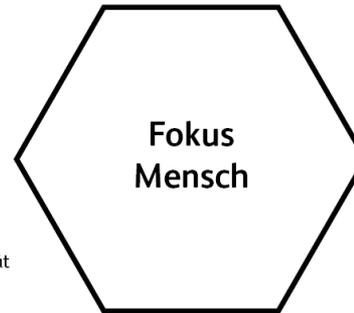
- Tunable White
- Betriebsgeräte
- Gebäudetechnik
- Programmierung
- Steuerkurven

Kommunikation

- Einbezug der Mitarbeitenden
- Information
- Ansprechpartner

Biologie

- Absichten klären
- Einbezug Fachexperten
- Chronobiologie/ Medizin
- Rhythmus und Schlafqualität
- Langzeitfolgen



Physiologie

- Leuchtdichteverteilung
- Beleuchtungsstärken
- Flicker
- Blendung und Reflexbildung
- Farbwiedergabe
- Verschattung

Atmosphäre

- Gute Gestaltung
- Lebenswerte Räume

Verantwortlichkeit

- Dokumentation mit Unterschrift
- Vorgehen bei Defekten
- Wartung und Nachjustierung

Links

Publikationen: Infoblatt für Planer/ Licht in den Briefzentren/ Praxistipps dynamische Beleuchtungen
Blog: <https://blog.hslu.ch/lichtathslu>

Lucerne University of Applied Sciences and Arts
HOCHSCHULE LUZERN
Technik & Architektur
FH Zentralschweiz

Licht@hslu
Wohlung · Energie · Umwelt
Interdisziplinäre Betrachtung von Licht

Informationsblatt für Planer – «Tunable White» Beleuchtungen

Das folgende Informationsblatt für Planer basiert auf den Erkenntnissen aus dem Projekt «Licht für die Arbeitsplätze der Briefverteilzentren» und gibt Praxisempfehlungen. Es erklärt, welche Punkte für einen erfolgreichen Betrieb zu berücksichtigen sind und wo sie in Bezug auf Schutz- und Nichtschutz Vorzicht geboten ist.

Planungsempfehlungen

Es wird empfohlen Führungszüge zu klären, welche Abstrahlen ein «Tunable White» Projekt verfolgt, welche Normen und Richtlinien zur Orientierung sinnvoll sind und wo Vorsicht geboten ist (Tabelle 1).

Um eine erste Vorstellung über den Komplexitätsgrad eines «Tunable White» Projekts zu bekommen, können zwei Faktoren betrachtet werden: Verfügbarkeit von Tageslicht und Schichtarbeit (Abbildung 1). Die einfachere Situation sind Projekte für Räume mit Tageslicht, ohne Schicht- und Nachtarbeit (z.B. Bürogebäude). Die komplexeste Ausgangslage existiert bei Projekten für Räume, die 24 Stunden am Tag in Betrieb sind und kein Tageslicht haben (z.B. Kontrollräume). Darüber hinaus haben Räume, die von mehreren Nutzergruppen mit sehr unterschiedlichen Anforderungen gemeinsam genutzt werden (z.B. Betreiber und Patienten in einem Krankenhaus) zusätzliche Komplexität.

Wichtig: Bei Projekten mit Schichtarbeit und Projekten ohne Tageslicht ist zuzunehmend ein Arbeitsmediziner oder Chronobiologe hinzuzuziehen.

Schicht

Die Wachphasen steigen, eine organisierte Akkommodation schaffen, etc.

Problematik

Gesundheitserfordernis, Produktivitätsergang, Behinderung der Medikamenteneinnahme, etc.

Was sind die Absichten / Ziele des Projekts?	Welche Normen / Leitfäden werden erwähnt?
<ul style="list-style-type: none"> • DIN EN 12464-1 • DIN EN 17027 • CIE S 026:2018 	<ul style="list-style-type: none"> • keine Norm erwähnt • DIN SPEC 9100:2013/04 • DIN SPEC 9091-1:00-2015 (VDE Smart-Planting)

Tabelle 1: Bestehende Empfehlung-Guidelines



Abb. 1: Planungszug der Briefverteilzentren mit unterschiedlichen Arbeitsplatztypen. Foto: Licht@hslu, Robi Heller

LICHT IN BRIEFVERTEILZENTREN INFORMATIONSBLETT FÜR PLANER UND «TUNABLE WHITE CONTROL SCHEDULE»

Das richtige Licht ist entscheidend zur guten Aus-führung anstehender Arbeiten. Dies weiß man auch bei der Schweizerischen Post und untersucht zusammen mit der Hochschule Luzern, wie die alten Beleuchtungs-anlagen erfolgreich erneuert werden können. Aus den Erkenntnissen des Projekts wurde ein Informations-bblatt für Planer entwickelt, welches bald in drei Lan-gensprachen erhältlich ist.

Das Projekt «Licht für die Arbeitsplätze der Briefverteilzentren» wurde 2016 in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Post, dem Staatsbe-zugsamt für Wirtschaft, SI/CO und der Schweizerischen Unfallver-sicherungsgesellschaft Swiss Accident and Fund im Frühjahr 2017 einen erfolgreichen Abschluss. Ausgangspunkt war dabei die anstehende Umriszung der in die Jahre gekommenen Beleuchtungsanlagen mit Leuchtstofflampen im Briefzentrum in Ittigen, welche durch LED-System-Leuchten ersetzt werden sollte (Abb. 1). Ziel dieses Pilot-Projekts war die Erprobung einer Planungsgrundlage für die Sanierung von Beleuchtungsanlagen weiterer Zentren.

Das Briefzentrum Ittigen ist eines von insgesamt acht Brief- und Paketzentren in der Schweiz. Rund 400 Mitarbeitende arbeiten in einem 3>-Schichtbetrieb und sortieren unterschiedliches Versandgut wie Briefe, Zeitschriften und Zeitungen. Mit einem Systemwechsel von

Leuchtstofflampen auf LEDs sollen speziell ergonomische Einparungen als auch bessere Lichtbedingungen für die Mitarbeitenden erzielt werden. Während der gut drei Jahre des Projekts wurden Leuchten, Arbeitsplätze und Arbeitsabläufe untersucht und technische Mes-sungen durchgeführt. Licht für die Arbeit in der Nacht war ein wichtiger Aspekt der Untersuchung, denn in den Briefzentren wird 24h/7Tage Ue-stattungen während der Nacht teilweise manuell sortiert, damit sie in der Frühen Morgenstunden für die lokalen Postämter bereitgestellt. Bei der Evaluation der neuen Beleuchtungsanlage war dies ein entscheidender Faktor. 2018 war nach weg über den Einsatz von LED-Beleuchtung während der Nachtarbeit bekannt. Als Teil des Projekts soll nun durch die Mitarbeitenden des Briefverteilzentrums während mehrerer Monate unter verschiedenen Lichtqualitäten (alte Beleuchtung mit Leuchtstofflampen, neue LEDs und neue Tunable White-LEDs) arbeiten und Beobachtungen geben. Mit diesem Vorgehen wurde sichergestellt, dass allfällige Effekte des Systemwechsels erfasst wurden und Optimierungen vorgenommen werden können. Die rund 400 Mitarbeitenden erhalten ab dem Ende der Zeit rund 3000 Fragebogen von der Hochschule Luzern zugestellt, deren Analyse wichtige Erkenntnisse liefert.

INFORMATIONSBLETT FÜR PLANER

Aus den Erkenntnissen des Projekts wurde ein Informationsblatt für Planer mit Praxisempfehlungen für Tunable White-Beleuchtungsanlagen entwickelt. Darin wird erklärt, welche Punkte für einen erfolgreichen Betrieb zu berücksichtigen sind und wo in Bezug auf Schutz- und

LICHT 3 | 2020

Lucerne University of Applied Sciences and Arts
HOCHSCHULE LUZERN
Technik & Architektur

Licht und Kommunikation in der Pflege: Planung und Betrieb dynamischer Lichtdecken



Hochschule Luzern, Technik & Architektur
Erfahrungsbericht, 2017/2019



FH Zentralschweiz