

## **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**

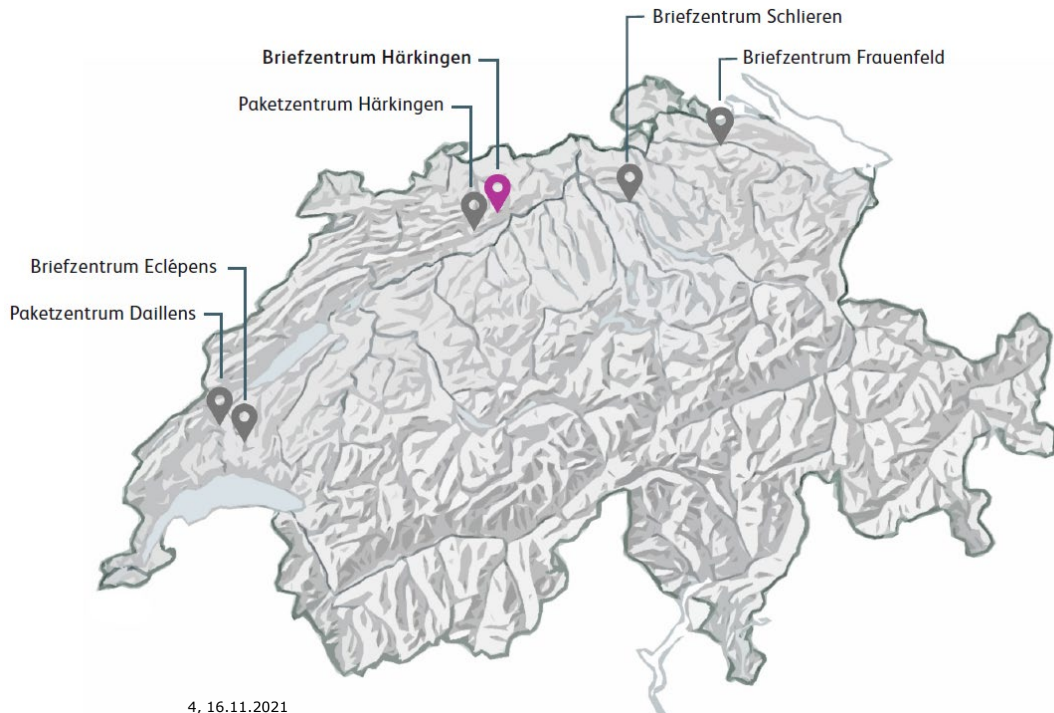


# Projektübersicht

**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:  $\approx 400$



# 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

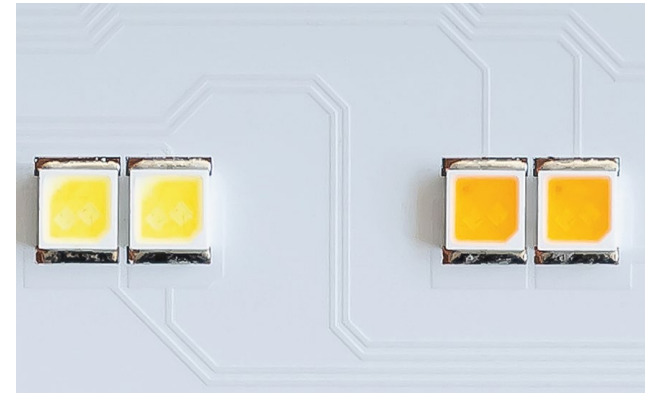
**Wirkung nicht-visuell:** Einfluss auf circadianen Rhythmus und Schlafqualität untersuchen

**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

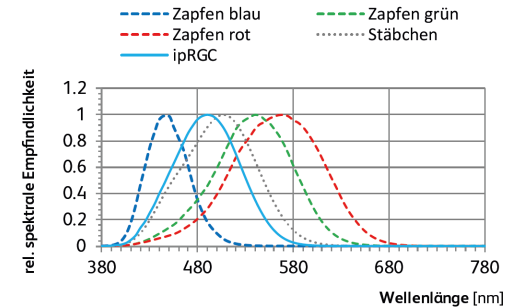
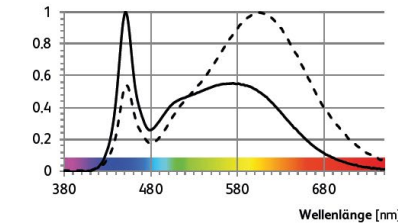
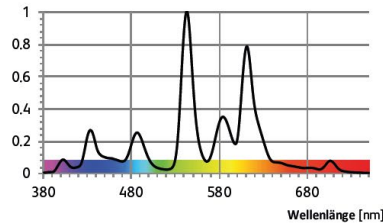
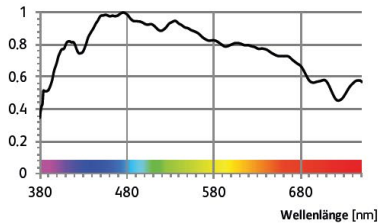
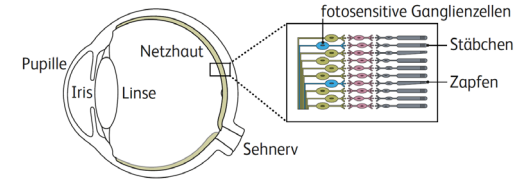
Sonne



Leuchtstofflampe (FL)



LED / dynamisch





# Vorgehen und Methodik

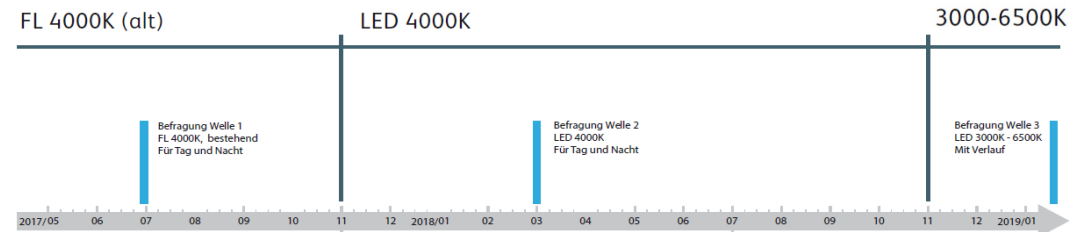
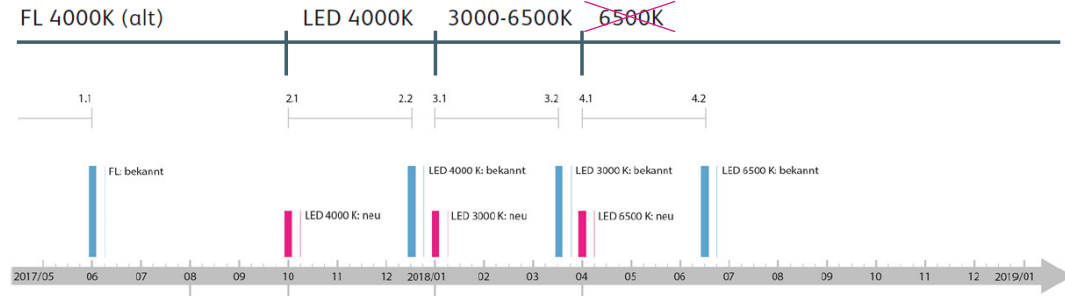
**Testzone und Befragung:** Miteinbezug der Mitarbeitenden in den Prozess

**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)



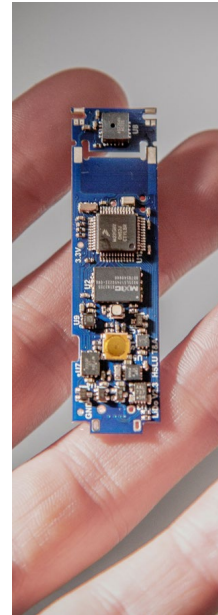
# Messtechnik

**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 data 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 Herberichs, 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 Bernini, 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 Ahoava, Institute of Building Technology and Energy (IBTE)
- Stefan Ineichen, Institute of Building Technology and Energy (IBTE)
- Erich Behner, Institute of Innovation and Technology Management (ET)
- Silvio 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)



# Ergebnisse

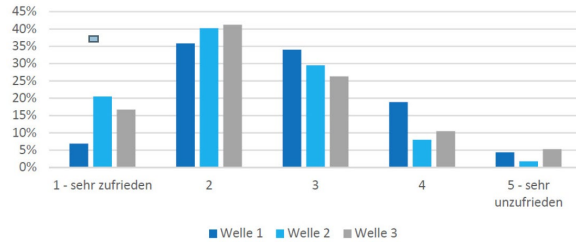
**Arbeitsplätze:** Lichtbedingungen an den Arbeitsplätzen konnten messbar verbessert werden

**Tunable White:** Effekt durch dynamische Beleuchtung konnte nicht nachgewiesen werden

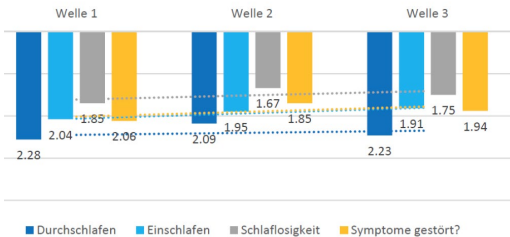
**Schlafqualität:** Keine negativen Effekte messbar

**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



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

**Licht@hslu**  
Lighting - Energie - Umwelt  
Interdisziplinäre Betreuung 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 Topologie und Schichtarbeit (Abbildung 1). Die einfachere Situation sind Projekte für Räume mit Topologie, 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 Topologie 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 Topologie ist insgesamt ein Arbeitsumfeld oder Chronobiologie betreiben.

Schichtarbeit	Topologie	
	Ja	Nein
Ja	hochkomplex oder komplex	hochkomplex oder komplex
Nein	mittelkomplex oder komplex	mittelkomplex oder komplex

Abbildung 1: Komplexitätsmatrix, Topologie/Schichtarbeit (Quelle: Licht@hslu)

	Sowohl	Problematisch
Wo sind die Absichten / Ziele des Projekts?	Die MitarbeiterInnen müssen eine angenehme Umgebung schaffen, etc.	Gesundheitserhaltung, Produktivitätserhöhung, Bekämpfung von Maschinenverschleiß, etc.
Welche Normen / Leitfäden werden verwendet?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DIN EN 12463-1</li> <li>• DIN EN 12467</li> <li>• CEI 5:20/E:2018</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine Normen/Leitfäden</li> <li>• DIN SPEC 15800:2016-04</li> <li>• DIN SPEC 15800-1:2018-09-15 (siehe Absichtserklärung)</li> </ul>

Quelle: 1. Übersicht zur Entwicklung der Überlegung



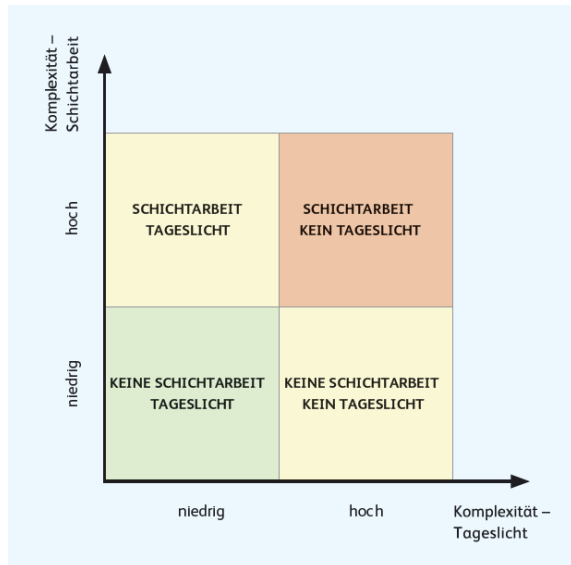
# Zusammenfassung

**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

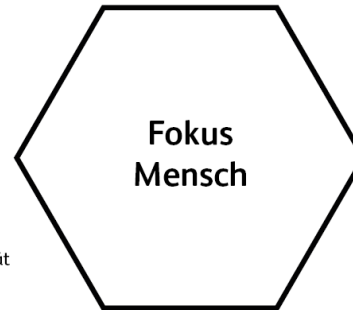
- Tunable White
- Betriebsgeräte
- Gebäudetechnik
- Programmierung
- Steuerkurven

## 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 Schicht- und Nachtarbeit Vorsicht 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. Bürobüros). Die komplexere 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.

**Abbildung 1: Komplexitätsmatrix Tageslicht/Schichtarbeit (Quelle: Licht@hslu)**

Tageslicht	ohne Schichtarbeit	mit Schichtarbeit
	hoch	niedrig
Schichtarbeit	ohne Schichtarbeit	mit Schichtarbeit
	niedrig	hoch

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

Was sind die Absichten/Ziele des Projekts?	Sinnvoll	Problematisch
Die Werkflächen steigern, eine ergonomische Arbeitsplatz schaffen, etc.	Gesundheitserhöhung, Produktivitätserhöhung, Reduzierung der Medikamenteneinnahme, etc.	
Welche Normen / Leitfäden werden erwähnt?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DIN EN 12464-1</li> <li>• DIN EN 17027</li> <li>• CIE S 026/2018</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine Norm erwähnt</li> <li>• DIN SPEC 9100/2013/04</li> <li>• DIN SPEC 9091-1/0-2015 (VDE Smart Lighting)</li> </ul>

Tabelle 1: Bestehende Entscheidungs-Guidelines

Abb. 1: Planungszeitstrahlendiagramm mit unterschiedlichen Schichtverläufen, Foto: Licht@hslu, Info: Hellerger

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

Das richtige Licht ist entscheidend zur guten Ausföhrung anstehender Arbeiten. Dies weiß man auch bei der Schweizerischen Post und untersucht zusammen mit der Hochschule Luzern, wie die alten Beleuchtungsanlagen erfolgreich erneuert werden können. Aus den Erkenntnissen des Projekts wurde ein Informationsblatt für Planer entwickelt, welches bald in drei Landessprachen erhältlich ist.

Das Projekt «Licht für die Arbeitsplätze der Briefverteilzentren» wurde 2016 in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Post, dem Staatslabor für Wirtschaft, SIC2 und der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt Sava lanciert und fand im Frühjahr 2020 seinen erfolgreichen Abschluss. Ausgangspunkt war dabei die anstehende Umsetzung 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 Eröffnung einer Planungsgrundlage für die Sanierung von Beleuchtungsanlagen weitere 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 Spartenwechsel 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 Messungen durchgeführt. Licht für die Arbeit in der Nacht war ein wichtiger Aspekt der Untersuchung, denn in den Briefzentren wird 24h/7d (Wochenstunden) 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 wie vor der Einsatz von LED-Beleuchtung während der Nachtarbeit unbekannt. Als Teil des Projekts soll nun durch die Mitarbeitenden des Briefzentrums während mehrerer Monate unter verschiedenen Lichtqualitäten (alte Beleuchtung mit Leuchtstofflampen, neue LEDs und neue Tunable White (TW)) 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 während der Zeit rund 3000 Fragebogen von der Hochschule Luzern zugesandt, 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 Schicht- und

LICHT 3 | 2020

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

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

Hochschule Luzern, Technik & Architektur  
Erfahrungsbericht, 2017/2019




FH Zentralschweiz