

Institut für Gebäudetechnik und Energie

# Technologieradar 01/19

Licht, Automation und elektrische Systeme

## Themen

- «Tunable White» – Tageslichtähnliches Kunstlicht
- «IoT» – Lösungen fürs Gebäude
- «Eigenverbrauchsoptimierung» – selbst produziert, selbst gebraucht

# «Tunable White» – Tageslichtähnliches Kunstlicht



Die Menschen der Industrienationen halten sich heutzutage bis zu 90% der Zeit in Innenräumen auf und leben immer weniger im Einklang mit dem natürlichen Hell/Dunkel-Zyklus. Sowohl die Forschung als auch die Praxis beschäftigen sich seit mehreren Jahren zunehmend mit den nicht-visuellen Wirkungen von Licht, denn Licht ermöglicht dem Menschen nicht nur das Sehen, sondern es beeinflusst unsere Emotionen und biologischen Körperprozesse.

## Kerngedanke

Die Innenraumbeleuchtung ist heute weitgehend statisch. Inzwischen ist es aber technisch möglich, sich mit Kunstlicht dem Tageslicht anzunähern und eine höhere Variabilität des Lichts zu erzielen. Die hierzu häufig verwendete technologische Lösung heisst «Tunable White». Sie wird auch «dynamisch weiss» genannt und ist die Basis für ein auf den Menschen ausgerichtetes Licht, welches von den Leuchtenherstellern unter dem Begriff «Human Centric Lighting» vermarktet wird.

## Stand der Technik

Im Unterschied zu LED-Leuchten, deren Lichtfarbe konstant ist, werden bei Tunable White LED Leuchten Platinen verwendet, welche üblicherweise mit warmweissen und kaltweissen LEDs ausgestattet sind. Mit dem entsprechenden Vorschaltgerät können die Helligkeit und Lichtfarbe unabhängig voneinander verändert werden. Leuchte und Vorschaltgerät sind aufeinander abgestimmt und können nicht ohne weiteres ausgetauscht werden. Deshalb wird empfohlen, dass sie als System betrachtet werden.

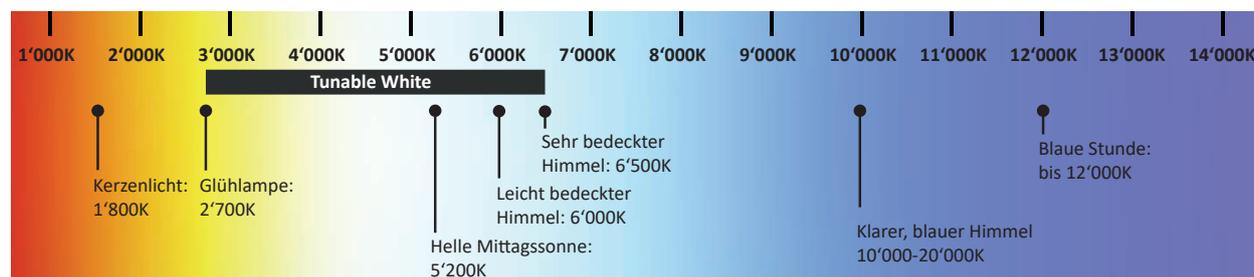
Die gewünschte Lichtfarbe von Tunable White LED Leuchten wird durch die Mischung der warmweissen und kaltweissen LEDs erreicht. Ihre Farbtemperatur liegt meistens im Bereich zwischen 2'700 und 6'500 Kelvin. Traditionelle und natürliche Lichtquellen, wie etwa Kerzenlicht und Tageslicht, können jedoch deutlich wärmere beziehungsweise kältere Lichtfarben aufweisen. Bei einer Tunable White Beleuchtungsanlage ist die Steuerung von zentraler Bedeutung. Je nach

Anforderung machen tageslichtähnliche Abläufe oder unterschiedliche Lichtszenen mehr Sinn. Wenn der Nutzer direkt Einfluss nehmen kann, ist es zwingend, dass die Steuerung intuitiv und benutzerfreundlich ist. Ausserdem benötigen Tunable White Beleuchtungsanlagen aufgrund ihrer Komplexität eine wesentlich intensivere Planung und Kommunikation. Auch hat sich eine Begleitung nach der Inbetriebnahme bewährt.

## Potential

Die Einsatzgebiete für Tunable White LED Leuchten sind vielfältig und das Potential ist sehr hoch. *Erstens* kann damit eine hochwertige Atmosphäre im Raum erzeugt werden. *Zweitens* kann auch auf die Farbwirkung Einfluss genommen werden, um Produkte noch gezielter ins rechte Licht zu rücken (z.B. im Verkauf). *Drittens* soll die Variation der Lichtfarbe und der Helligkeit dabei helfen das Wohlbefinden der Raumnutzer zu verbessern.

Gewisse Hersteller sprechen auch von einer erzielbaren Produktivitätssteigerung. Dies kann auch als aktive Manipulation der Raumnutzer ausgelegt werden, weshalb das Thema «Human Centric Lighting» vereinzelt beim Arbeitsschutz unter Beobachtung steht. «Tunable White» kommt beispielsweise dann zum Einsatz, wenn Menschen in Räumen ohne Fenster beziehungsweise ohne Tageslichtversorgung arbeiten (z.B. unterirdische Einkaufszentren) oder sie keine Möglichkeit haben nach draussen zu gehen (z.B. auf Pflegestationen in Spitälern). Allerdings ist es kein Ersatz für Tageslicht.



## «IoT» – Lösungen fürs Gebäude



Die weltweiten Ausgaben für das Internet der Dinge «IoT» werden 2019 voraussichtlich 745 Milliarden Dollar erreichen, was einem Anstieg von 15,4% gegenüber 2018 entspricht, so ein neues Update der [IDC](#). Dieser Digitalisierungstrend verändert ganze Industriezweige, so auch die Gebäudetechnik und das smart Home.

### Kerngedanke

Traditionell ist die Gebäudeautomation eine örtlich begrenzte Angelegenheit: Aktoren, Sensoren und Bediengeräte werden über ein lokales, meist kabelgebundenes Netzwerk mit Controllern verbunden. Diese überwachen, steuern, regeln und optimieren die Technik im Gebäude. Zunehmend werden jedoch auch Geräte eingesetzt, die nicht nur lokal mit einem Rechner, sondern untereinander sowie über ein flächendeckendes Netz mit der Cloud verbunden sind. Dieses Geflecht von dedizierten, physischen Objekten wird als Internet der Dinge «IoT» bezeichnet und eröffnet zahlreiche, neue Einsatzmöglichkeiten im Gebäude.

### Stand der Technik

Als Grundlage für IoT-Lösungen dient ein Kommunikationsnetz. Dieses kann lokal ausgeführt werden (LAN, WLAN). Durch den Einsatz drahtloser, flächendeckender Technologien (WAN) ergeben sich aber deutliche Vorteile. So entfällt die oft aufwändige Einbindung der Geräte ins lokale Netz. Für den Endnutzer bedeutet dies ein reduzierter Installations- und Wartungsaufwand. Auch wird die Nachrüstung bestehender Gebäude dadurch deutlich einfacher. Besonders geeignet sind sogenannte Low Power Wide Area Networks (LPWAN). Solche Netze weisen eine hohe Reichweite auf, die derjenigen der mobilen Telefonie entspricht, besitzen aber einen um Größenordnungen geringeren Energieverbrauch. Ein beliebtes Beispiel ist [LoRaWAN](#). Das Protokoll wird durch verschiedene Telecom-Anbieter unterstützt, darunter Swisscom, und existiert mit [The Things Network](#) auch in einer community-basierten, kostenlosen Variante.

Für den Einsatz im Gebäude gibt es verschiedene Sensoren, die über LoRaWAN oder ähnliche Netze kommunizieren. Damit lassen sich Gebäudeparameter wie das Raumklima, Energieflüsse, Nutzungsprofile oder sicherheitskritische Zustände mühelos und kostengünstig überwachen. Zu den Anbietern gehören u.A. [Avelon](#), [Enlighted](#), [IoT Factory](#), [Leicom](#) und [Urbanise](#). Zunehmend werden auch Aktoren ins IoT eingebunden, beispielsweise vernetzte Türschlösser ([Smart Lock](#)) und Lüftungsöffnungen ([Smart Vent](#)).

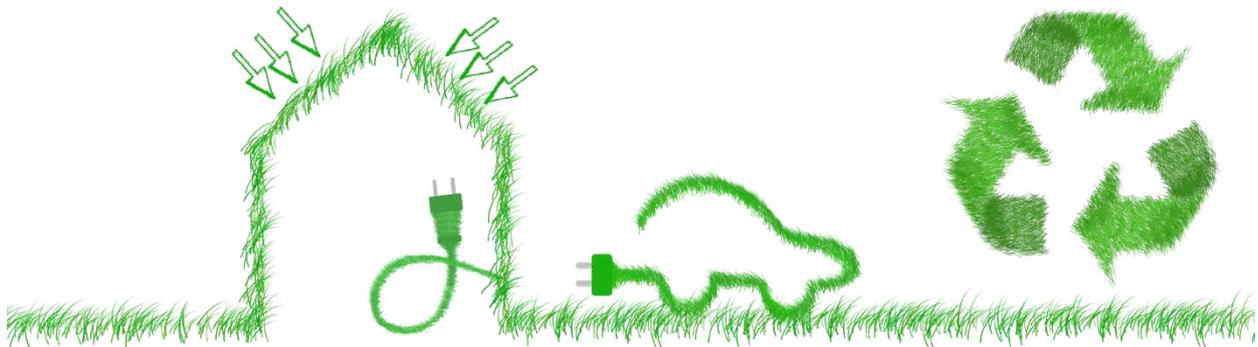
### Potential

Nebst den genannten Lösungen entstehen zurzeit neue Anwendungsfälle. Ein grosses Potential wird der automatisierten Raumoptimierung (Workspace Management) beigemessen. Mittels Präsenzmelder wird die Belegung von z.B. Sitzungszimmern oder Bürolandschaften erfasst. Ziel sind die dynamische Zuteilung von Ressourcen, Kosteneinsparungen und die stärkere Berücksichtigung der Nutzerbedürfnisse. Lösungen werden u.A. angeboten von [Condeco](#), [Roomz](#) und [Thingsdust](#).

Eine weitere Anwendung ist die vorausschauende Wartung (Predictive Maintenance). Dabei werden Messdaten für die Ableitung von Wartungsinformationen genutzt. Ziel ist es, Störungen vorherzusagen, bevor es zu Leistungseinbussen oder Ausfällen kommt. Dadurch lassen sich Anlagen und Gebäudeteile proaktiv warten und Störungen minimieren.

Letztendlich dient das IoT dem eingehenden Verständnis des Gebäudes, dessen Anlagen und Nutzern. Dadurch lassen sich die Energieeffizienz, der Komfort und die Kosten in der Planung und im Betrieb optimieren. Allerdings besteht immer auch die Gefahr des Verlusts der Privatsphäre und der Hoheit über die neuen Automatismen.

# «Eigenverbrauchsoptimierung» – selbst produziert, selbst gebraucht



Selbst produzierter Strom kann entweder im eigenen Haus verbraucht oder ins öffentliche Stromnetz eingespeisen werden. Bis Ende 2013 war die Einspeisung ins öffentliche Netz der Regelfall. Vor dem Hintergrund gesetzlicher Änderungen und sinkenden Einspeisevergütungen gewinnt der Eigenverbrauch und dadurch auch Systeme, welche diesen optimieren, an Bedeutung.

## Kerngedanke

Der Eigenverbrauchsanteil in Gebäuden mit z.B. Photovoltaik-Systemen kann durch den «intelligenten» Stromverbrauch erhöht werden, wenn Verbraucher gezielt tagsüber oder zu besonders sonnigen Zeiten eingeschaltet werden. Ebenso kann durch den Einsatz von Batteriespeichern der zeitliche Versatz zwischen Stromerzeugung und Stromverbrauch überbrückt und damit der Eigenverbrauchsanteil optimiert werden.

## Stand der Technik

Eigenverbrauchsoptimierungs-Systeme messen sowohl die Stromproduktion als auch den Verbrauch und schalten ausgewählte Bezüger zu oder ab. Nicht alle Verbraucher eignen sich dafür gleichermassen. Weniger geeignet sind zum Beispiel das Licht, der Kochherd oder gewisse Geräte an Steckdosen. Bei solchen Verbrauchern sollte der Strom jederzeit zur Verfügung stehen. Es gibt aber auch Verbrauchertypen, welche zeitlich in einem gewissen Masse verschoben werden können. Das gilt zum Beispiel für die Warmwasseraufbereitung, Waschmaschinen oder die Ladung von Elektroautos. Durch Angabe von Prioritäten und Zeitfenstern für die jeweiligen Verbraucher können persönliche Bedürfnisse berücksichtigt werden. Je nach System werden die Schaltungen entsprechend automatisch vorgenommen oder Empfehlungen an den Nutzer abgegeben.

Ein weiterer Anwendungsfall ist die Ansteuerung einer Wärmepumpe, die bei solarem Überschuss das Haus etwas wärmer heizen kann, um in der Nacht dann Energie einzusparen. Die Gebäudemasse wird somit als thermischer Speicher genutzt. Hierzu werden oft Wetter- und Solarstrahlungsprognosen mitberücksichtigt.

Auf dem Markt gibt es eine breite Palette an Produkten. Diese reicht von einfachen Systemen, die direkt im Wechselrichter eingebaut sind, über mittlere Systeme für Einfamilienhäuser, bis zu grossen Systemen für ganze Areale. Eigenverbrauchsoptimierungs-Systeme werden u.A. angeboten von: [Fronius](#), [Powerdog](#), [Smart Energy Control](#), [Smart Energy Link](#), [Smartfox](#), [Smart-me](#), [Solar Manager](#), [SolarEdge](#), [Solarlog](#) oder [Xamax AG](#).

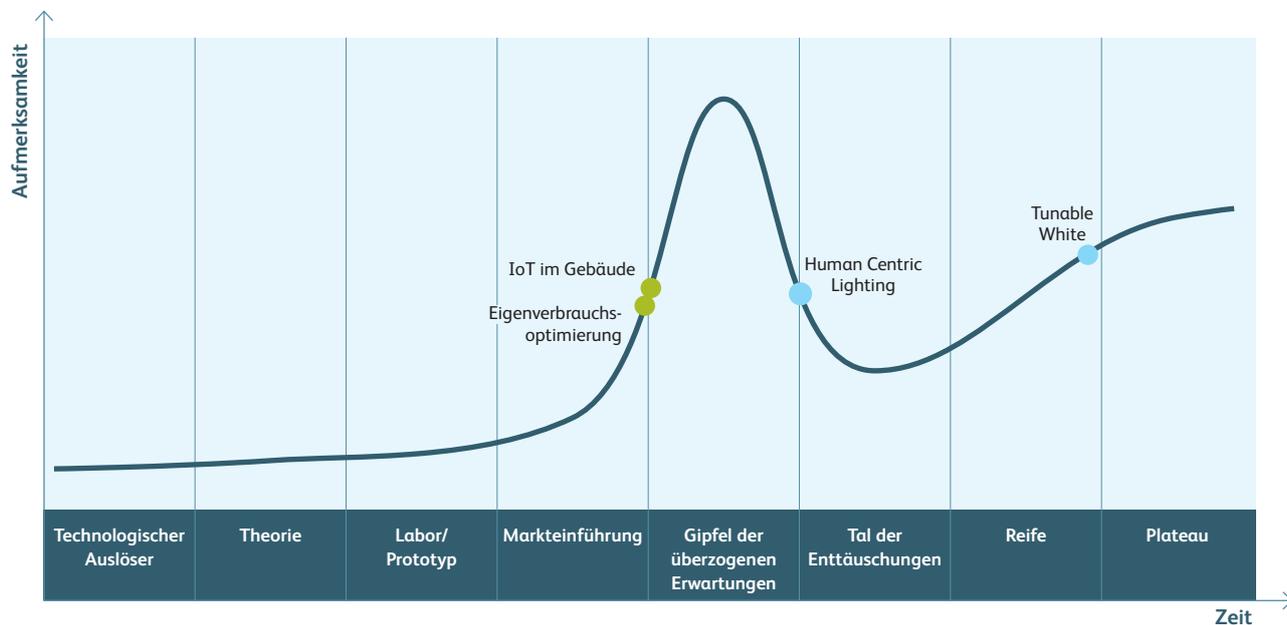
## Potential

Gemäss dem Schweizerischen [Energiegesetz](#) darf man erst seit dem 1.1.2014 den selbst produzierten Strom direkt verbrauchen und seit dem 1.1.2018 einen Zusammenschluss zum Eigenverbrauch erstellen. Diese Modifikationen haben es ermöglicht, dass der Endnutzer viel mehr Handlungsspielraum hat. Konzepte zur Energiespeicherung und Lastumverteilung können nun umgesetzt werden. Mit dem Zusammenschluss mehrerer Gebäude kommen unterschiedlichste Bezüger zusammen, welche durch ein «intelligentes» Strommanagement gegenseitig voneinander profitieren können. Das Potential ist vorhanden und sehr anwendungsspezifisch. Schwierigkeiten bieten zur Zeit noch Sicherheitsaspekte, standardisierte Schnittstellen und der herstellerübergreifende Fokus auf das Gesamtsystem.

Am Institut für Gebäudetechnik und Energie der Hochschule Luzern wird im Themenbereich Gebäude-Elektro-Engineering aktuell das Labor «[GEE Live](#)» aufgebaut. Im Modell einer Bürolandschaft werden verschiedene auf dem Markt erhältliche Systeme zur Eigenverbrauchsoptimierung eingebaut und untersucht. Bisher verfügt der Demonstrator über eine Photovoltaik-Anlage inkl. einem elektrischen Speicher, verschiedene Haushaltsgeräte, eine Heiz-/Kühldecke und eine leistungsregulierte Wärmepumpe mit thermischem Speicher.

# Trendkurve

Die nachfolgende Grafik ist dem [Gartner Hype-Zyklus](#) angelehnt und stellt die Phasen der öffentlichen Aufmerksamkeit dar, welche neue Technologien durchlaufen. Die Platzierung der einzelnen Punkte sowie die Farbgebung sind Einschätzungen unsererseits.



## Einschätzung der Dauer bis Erreichung des Plateaus

- weniger als 2 Jahre
- 2 bis 5 Jahre
- 5 bis 10 Jahre
- mehr als 10 Jahre
- Erreicht Plateau wohl nicht

## Herausgeber

Hochschule Luzern – Technik & Architektur  
Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE  
Technikumstrasse 21  
CH-6048 Horw  
[techradar.ige@hslu.ch](mailto:techradar.ige@hslu.ch)

## Technologieradar-Team

Olivier Steiger  
Björn Schrader  
Roger Buser  
Janine Stampfli  
Carina Gubler  
Reto Marek  
Reto Häfliger