

Pilotprojekt „Light-as-a-Service“

Abschlussbericht



Übersicht über Themen

- 1 – Veranlassung und Zielstellung
- 2 – Kernthesen Projekt
- 3 – Projektgebiete, Parameter und Untersuchungsaspekte
- 4 – Leuchtensteuerung, Sensoren und Datenplattform
- 5 – Bürger/-innen-APP
- 6 – Lichttechnische Messungen und Ergebnisse
- 7 – Erzielte Energieeinsparungen und positive Umwelteffekte
- 8 – Fazit und Ausblick

1 – Veranlassung und Zielstellung

- Einsparungen im Ergebnishaushalt
- Reduzierung des Stromverbrauches und Minderung CO₂-Emissionen
- Klimanotstand in Bad Hersfeld zwingt zum Handeln

- Fortsetzung der 2015 begonnenen energetischen Modernisierung der Straßenbeleuchtung
- Auswertung des Sonderprojektes im Stiftsbereich
 - Multifunktionalität der Leuchten (stufenloses Dimmen, Einzelstrahler, Bewegungsmelder, WLAN, Kommunikation, Lautsprecher)
 - Lichtsteuerungsmanagement
 - Regelbarkeit in Abstimmung mit Events
 - Auswertefunktion und Einbindung in Datenplattform

- Reaktion auf neueste am Markt verfügbare Produkte (4. Generation)
- Integration zusätzlicher Parameter in die aktive Steuerung der Straßenbeleuchtung
- Umweltschutzaspekte (Lichtverschmutzung, Insektenschutz)

2 – Kernthesen Projekt

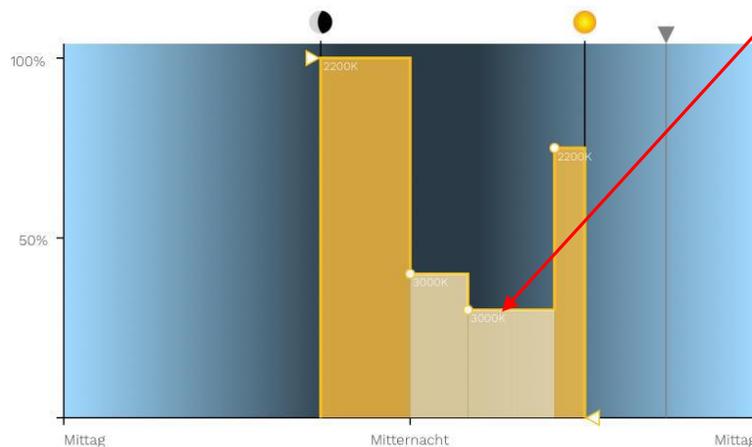
- Entlastung Stadtverwaltung und beauftragter Dritter
- Erhöhung Energieeffizienz und CO₂-Vermeidung durch intelligente Leuchtensteuerungen
- Uneingeschränkte Einhaltung von Sicherheitsanforderungen
- Plattformbasierte Anpassung Lichtverteilung an Witterungs- und Verkehrsbedingungen
- Reduzierung Lichtverschmutzung/ Erhöhung Insektenfreundlichkeit durch regelbare Leuchtentechnik nach dem Stand der Technik
- Steigerung Anlagenverfügbarkeit
- Kurzfristige Umsetzung in Verbindung mit größtmöglicher Kostensicherheit und Erreichung der Einsparziele und Verbesserungen durch Alternativmodell
- Datensicherheit und -hoheit

3 – Projektgebiete, Parameter und Untersuchungsaspekte

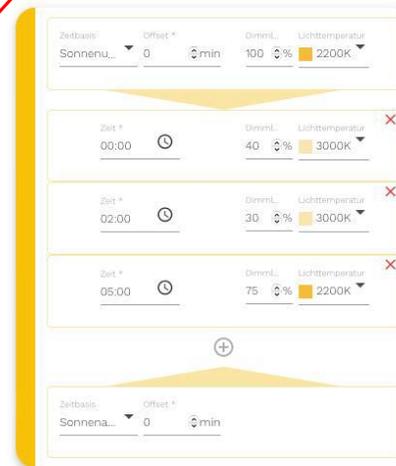
- Kriterien und Festlegungen
 - repräsentative Situationen der Straßenbeleuchtung erfassen
 - unterschiedliche Straßentypen
 - Anliegerstraßen
 - Hauptverkehrsstraßen

Knotenpunkte in Wohngebieten und bei Hauptverkehrsstraßen

- Berliner Straße
 - 31 Leuchten ausgetauscht
 - Steuerung: zeit-, witterungs- und verkehrsabhängig



38%
Geschätzte Einsparungen
im Vergleich zu voller Dimmstufe

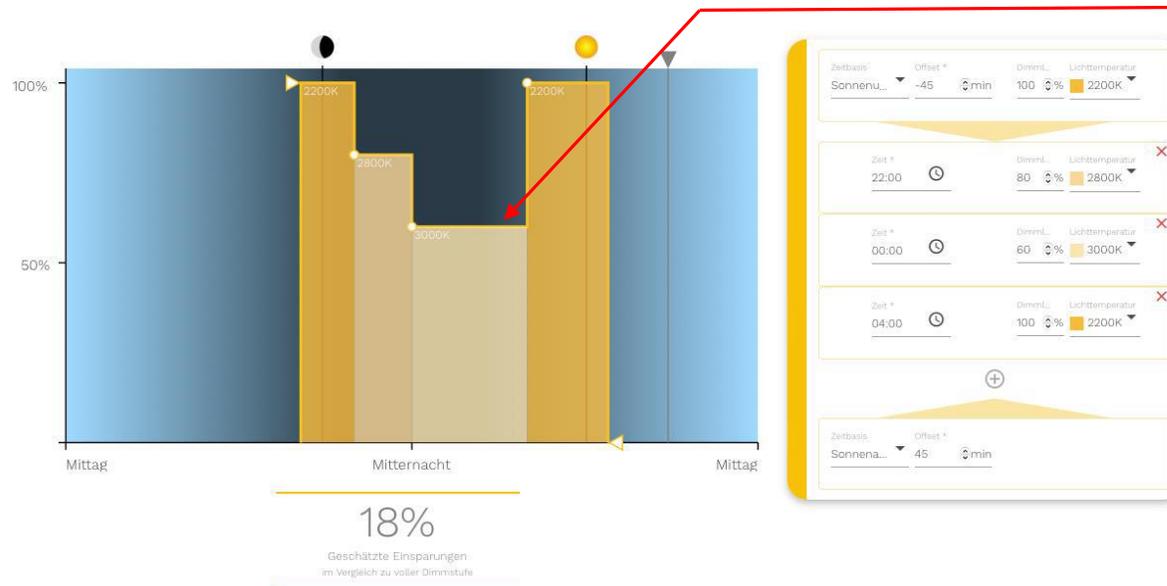


deutlich reduziertes
Absenkniveau auf 30 %
aufgrund Verkehrsmenge

Varianz der Farbtemperatur
zwischen 2.200 und 3.000 K

3 – Projektgebiete, Parameter und Untersuchungsaspekte

- Stadtring Nord (Wehneberger Straße / Dippelstraße / Meisebacher Straße)
 - 35 Leuchten ausgetauscht
 - Steuerung: zeit- und witterungsabhängig



geringeres Absenkniveau auf 60 % im Vergleich mit Berliner Straße wegen größerer Verkehrsmenge

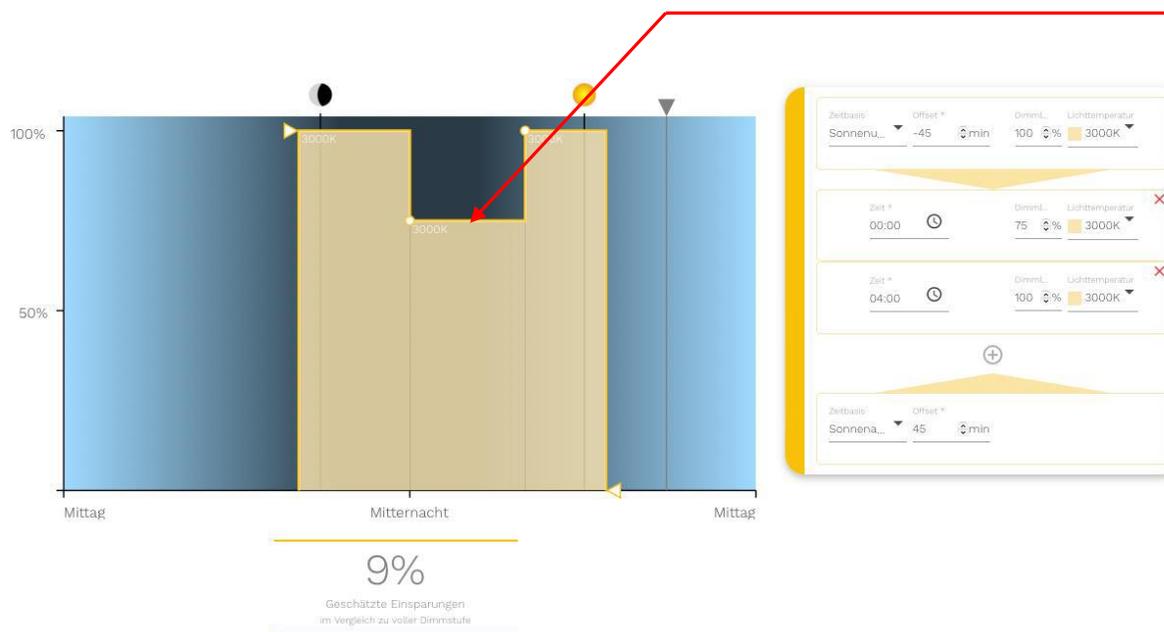
Varianz der Farbtemperatur zwischen 2.200 und 3.000 K

3 – Projektgebiete, Parameter und Untersuchungsaspekte

- Stadtring Nord (Wehneberger Straße/ Dippelstraße / Meisebacher Straße)

Sondersituation: zentraler Knotenpunkt mit 4 Leuchten

- Steuerung: zeit- und witterungsabhängig



geringeres Absenkniveau auf 75 % wegen größerer Verkehrsmenge und erhöhter Anforderungen durch Bedeutung des Knotenpunktes

keine Varianz der Farbtemperatur "analytischere" Farbtemperatur von 3.000 K

3 – Projektgebiete, Parameter und Untersuchungsaspekte

- Eichhofsiedlung
 - 88 Leuchten ausgetauscht
 - Steuerung: zeitabhängig und über Bürger/-innen-APP



deutlich reduziertes Absenkniveau auf 50 % aufgrund Verkehrsmenge und Wohngebietscharakter

Varianz der Farbtemperatur zwischen 2.200, 2.600 und 3.000 K

individuelles „Überschreiben“ der Grundcharakteristik bei einzelnen Leuchten durch Bürger/-innen-APP

- Parameter Lichtintensität
- Parameter Farbtemperatur
- Parameter Lichtverteilung ¹⁾

¹⁾ örtlich begrenzt

3 – Projektgebiete, Parameter und Untersuchungsaspekte

- Untersuchungsaspekte
 - Anwendbarkeit voreingestellter Profile für Dimmen und Farbtemperaturen
 - Einhaltung DIN-Vorgaben
 - Lichtverteilung auf der Verkehrsfläche und bei Randbebauung
 - maximal mögliches Absenkniveau abhängig vom Standort
 - Lichtverschmutzung und Insektenfreundlichkeit
 - Einfluss von Verkehrsstärke und Witterung auf Beleuchtungssteuerung und Lichtverteilung
 - Wahrnehmung der unterschiedlichen Farbtemperaturen
 - Effizienz der Beleuchtung in Abhängigkeit von Farbtemperatur und Lichtintensität
 - Energieverbräuche
 - Akzeptanz durch Bürger/-innen gegenüber APP

4 – Leuchtensteuerung, Sensoren und Datenplattform

- Leuchtencontroller = Kommunikationsschnittstelle in 2 Richtungen
 - Zugriff über Lichtsteuerungsmanagement
 - Leuchten melden Betriebszustände, Verbräuche und Störungen
 - Leuchten erhalten Steuerbefehle z.B. mit Informationen aus Sensorik
 - Grundprinzip = **dynamische, an Umgebungssituation Steuerung, keine statische Steuerung wie bisher**
- 1
- Sensortyp 1: Erfassung Gesamtverkehrsaufkommen Berliner Straße
 - Sensortyp 2: Erfassung Feuchte und Temperatur Straßenoberfläche
- 2
- Datenplattform = übergeordnetes Schalt- und Rechenzentrum
 - Analyse und Aufbereitung der eingehenden Daten
 - Bindeglied zwischen Lichtsteuerungsmanagement einerseits und Sensoren bzw. Bürger/-innen-APP andererseits
 - Schnittstelle für weitere angebundene Anwendungen (visuelle Darstellung von Daten, Verkehrssteuerung, Energiemonitoring)
- 3
- Interoperabilität

6 – Lichttechnische Messungen und Ergebnisse

Bestandssituation vor Umrüstung

- D- und N-Schaltungen mit ungleichmäßiger Ausleuchtung
- Erfassung aller Projektgebiete
- physikalische Größen und Messtechnik bei lichttechnischen Messungen
 - Leuchtdichte L
 - Längsgleichförmigkeit U_L und Gesamtgleichförmigkeit U_0 Beleuchtung
 - Auswertungsfelder mit zahlreichen rasterförmig angeordneten Einzelmesspunkten



6 – Lichttechnische Messungen und Ergebnisse

Bestandssituation vor Umrüstung

- Überstrahlung von Fassaden durch diffuse Lichtausbreitung in Umfeld (= Lichtverschmutzung)
- ungleichmäßige Ausleuchtung der Verkehrsflächen



- bereichsweise nicht DIN-konforme Straßenbeleuchtung
- lichttechnische Messungen Bestandssituation detektiert Schwachstellen

6 – Lichttechnische Messungen und Ergebnisse

Situation nach Umrüstung

- Effizienzvergleiche unterschiedliche Farbtemperaturen
 - Effizienz niedriger (insektenfreundlicher) Farbtemperaturen deutlich niedriger als höherer Farbtemperaturen
 - bei gleicher Dimmstufe nimmt die Leuchtdichte mit der Farbtemperatur ab
- Vergleiche von Lichtverteilungskurven *Spot* und *Ambient*
 - *Spot*-Lichtverteilungskurve für die gleichmäßige Ausleuchtung der Verkehrsfläche besser als *Ambient*-Lichtverteilungskurve
 - *Ambient*-Lichtverteilungskurve für Begrenzung der Lichtverteilung in das Umfeld nur graduell, aber nicht gravierend besser
- Qualität und Gleichmäßigkeit der Ausleuchtung von Verkehrsflächen
 - geforderte DIN-Werte werden eingehalten (Leuchtdichte und Gleichmäßigkeit)
 - Vermeidung von Hell-/Dunkel-Wechseln durch Verzicht auf D- und N-Schaltung
 - deutliche Begrenzung der diffusen Lichtabgabe in das Umfeld (angrenzende Bebauung, Leuchtenumfeld)

6 – Lichttechnische Messungen und Ergebnisse

Situation nach Umrüstung

- Qualität und Gleichmäßigkeit der Ausleuchtung von Verkehrsflächen
 - geforderte DIN-Werte werden eingehalten (Leuchtdichte und Gleichmäßigkeit)
 - Vermeidung von Hell-/Dunkel-Wechseln durch Verzicht auf D- und N-Schaltung
 - deutliche Begrenzung der diffusen Lichtabgabe in das Umfeld (angrenzende Bebauung, Leuchtenumfeld)

- Adaption der Dimmverläufe an örtliche Verhältnisse und an Witterungsverhältnisse
 - Ableitung der Einstellungen für Farbtemperatur und Lichtintensität in Abhängigkeit von Verkehrserfordernissen, Farbtemperaturanforderungen, Witterung und Geometrien
 - Fallbeispiel: Berliner Straße
 - Feintuning bei mehrstreifigen Verkehrsanlagen (Hochbrücke, Bundesstraßen-Ortsdurchfahrten einschl. Knotenpunkten usw.)
 - sensorgestütztes Erfassen nasser Straßenverhältnisse führt zu erheblicher zusätzlicher Energieeinsparung und Verminderung von Blendwirkungen durch Herabsetzen des Dimmlevels

7 – Erzielte Energieeinsparungen und positive Umwelteffekte

- Individuelle Steuerung der Leuchten über Bürger-/innen-APP
 - ausgeglichenes Bild, d.h. + / - Null Energieverbrauchsänderung gegenüber Normalprogramm mit Grundeinstellung
 - verbrauchssteigernde und verbrauchsmindernde Eingriffe
 - gesamtes Spektrum an Farbtemperaturen wird angewählt
 - intensives Interesse

- Energieeinsparungen und CO₂-Verminderungen
 - Varianz zwischen 59 % und 77 % Verbrauchsreduzierung nominell ohne Einfluss der dynamischen Steuerung
 - Varianz zwischen 71 % und 82 % Verbrauchsreduzierung mit Einfluss der dynamischen Steuerung → Sensorik und Datenplattform integraler Bestandteil im System
 - Verbrauchsverminderung um rd. 65.000 kWh pro Jahr
 - CO₂-Verminderung um rd. 27 Tonnen pro Jahr → Stichwort „Klimanotstand Bad Hersfeld“ und Selbsterklärung der Stadtverordnetenversammlung

7 – Erzielte Energieeinsparungen und positive Umwelteffekte

- Reduzierung Lichtverschmutzungseffekte und Erhöhung Insektenfreundlichkeit
 - moderne Leuchtentechnik nach Stand der Technik garantiert Erfolg
 - gegenläufige Tendenz von „Energieeffizienz“ und „Insektenfreundlichkeit“ bewerten und ggf. jahreszeitlich anpassen
- Steuerung über Nachtzeitraum und Jahresverlauf anlegen

8 – Fazit und Ausblick

- intendierte Energieverbrauchs- und CO₂-Ersparungen voll erreicht und durch dynamische Steuerung weiter ausgebaut
- Systemwechsel von der statischen Straßenbeleuchtung zur dynamischen, adaptiven Straßenbeleuchtung erfolgreich → höchste Förderquote akquirierbar
- dynamische Straßenbeleuchtung kann über Lichtsteuerungsmanagement jederzeit ohne großen Unterhaltungsaufwand einzelleuchten- und gruppenbezogen angepasst werden (Verkehr, Witterung, Umleitungssituationen, Events usw.)
- Verkehrssicherheit ist gegeben
- Integration neuer Systeme und bereits vorhandener Systeme (Datenplattform)
- solide situationsbezogene Analyse der jeweiligen örtlichen Randbedingungen nötig für maximal mögliche Energieverbrauchs- und CO₂-Einsparungen → Planungsauftrag bereits ausgelöst

- hervorragende Grundlage für erhöhte Anlagenverfügbarkeit → Reduzierung der Zeitspanne bis Defekte auffallen und eine Instandhaltung greift
- Skalierbarkeit aus Pilotprojekt auf Gesamtumrüstungsszenario im Grundsatz möglich
- volle Bestätigung der Sinnhaftigkeit der Grundsatzentscheidung gem. Drucksache 0452/20 aus Juli 2022

8 – Fazit und Ausblick

- Zusammenstellen Planungsdaten für Umrüstung von Nicht-LED-Leuchten und von LED-Leuchten der Generation # 1 (z.B. sog. Retro-Fit-Systeme)
- Planungsleistung für Umrüstung bearbeiten
 - Geometrien und Verkehrsbedeutung
 - Bildung von Referenzstraßen gleicher lichttechnischer Anforderungen
 - Durchführen lichttechnischer Berechnungen für Referenzstraßen
 - Nachweise für DIN-konforme Straßenbeleuchtung führen
 - Anlagentechnik für Referenzstraßen herausarbeiten und auf Umrüstungsgebiet skalieren
 - Datentabellen für Ausschreibung und für Förderantrag erstellen
- Förderszenario klären und Antrag stellen
- Ausschreibungsunterlagen zusammenstellen
- Abstimmung mit Vergabestelle des Landkreises
- Chancen für Fördermittelzusage eruieren (Vorbescheid akquirieren)
- Ausschreibung
- Fördermittelzusage (ggf. mit vorzeitigem Baubeginn)
- Umsetzung