

Solarbetriebene smarte Leuchten in der Strassenbeleuchtung

Patrick Frutig

Netzelektrikermeister und Lichtplaner

26 Jahre Erfahrung im Engineering und Betrieb in EVU's

Präsident Dachverband Netzelektriker

Fachlehrer und Experte öffentliche Beleuchtung

Mitglied SLG Schweiz

Inhaber und Geschäftsführer der Fa. ViaLumina eFortis

Mägenwilerstrasse 7A, CH-5504 Othmarsingen



Sind Solarleuchten schon bald Normalität in der öffentlichen Beleuchtung? Ein Erfahrungsbericht aus der Praxis!

Ein Projekt aus den Schweizer Bergen hat gezeigt, dass etwas was im ersten Blick unmöglich erscheint, entgegen aller Zweifler gelingen kann. Visionen und Innovationskraft sind gefordert. Ein Zusammenspiel der Leuchten- und Steuerungslieferanten, gepaart mit dem Willen der Produktentwickler und Vertrauen der Kunden. Die Solarleuchte wird wohl schon bald Normalität in der öffentlichen Beleuchtung. Ein Erfahrungsbericht aus der Praxis!



LENZERHEIDE (CH)-VERKEHRSGESTEUERTE SOLARBELEUCHTUNG
2022-2023 VOLLERSATZ OEFFENTLICHE BELEUCHTUNG

1. Der Kopf ist rund damit sich die Sicht drehen kann

Grosse Herausforderungen benötigen manchmal eine etwas andere Sichtweise. Innovationen kommen durch besondere Ideen und den Mut andere Wege zu gehen.

...Oder - wenn sich die eigene Überzeugung als falsches Vorurteil erweist!

In der ersten nüchternen Betrachtung erschien das Vorhaben als technisch kaum machbar. Ehrlich, niemand hat zu Beginn erwartet, was heute im Bereich solarbetriebene Beleuchtungskörper in Kombination durch modernste Technologien und innovative Steuerungen alles möglich ist. Das Interesse war geweckt. Gepaart mit einer gesunden Skepsis.

Bild Visualisierung Voa Quadra Lain (Vaz/Obervaz)



2. Auslöser Netzstörungen in Vaz/Obervaz (CH)

Ursprung von allem war keine Aufgabe im Sinne von: Beschaffung von neuen Leuchten. Vaz/Obervaz plagen Probleme bei der Infrastruktur der öffentlichen Beleuchtung.

Gemeinde Vaz/Obervaz. Sie besteht aus den Tourismusorten Lenzerheide und Valbella, den drei Stammfraktionen Lain, Muldain und Zorten sowie dem Weiler Obersolis und liegt rund 30 Minuten südlich von Chur - im Herzen von Graubünden. Der Ferienort Lenzerheide

ist Ausgangspunkt für Skifahrten im Gebiet Arosa Lenzerheide mit insgesamt über 200 Pistenkilometern. Das Gebiet ist auch bei Mountainbikern sehr beliebt.

Kabelstörungen im 50-60ig jährigen Beleuchtungsnetz

In den 60er bis 90er Jahren wurden in der Schweiz sehr viele Freileitungsnetze gegen die damals moderneren Kabelnetze ersetzt. Holzmasten mit den meist daran montierten Leuchten verschwanden. Stahlkandelaber prägten neu das Straßenbild. Speziell in Städten oder wie hier in dem von Tourismus geprägten Gebiet der Lenzerheide, wurden bereits früh solche Anlagen erstellt.



Das Ende ihrer Lebensdauer ist erreicht oder bereits weit überschritten. Die betrieblichen Anforderungen werden immer teurer. Die Störungen und die damit verbundenen tiefbauseitigen Aufwendungen nahmen ungeahnte Höhen an. Zudem bestanden Unsicherheiten seitens Standsicherheit der Kandelaber.

Der Autor erhielt den Auftrag einer Studie auszuarbeiten, um Aufwand und Kosten einer Netzsanierung zu ermitteln.

Grund der Störungen:

Die ersten verwendeten Kabel aus Kunststoff nutzten nicht vernetzte Werkstoffe. Sie leiden unter Wassereintritt und Korrosion.

Beispiel Kabel Typ TT-CLT. Einsatzzeitraum in den 70er bis 80er Jahre. Meist die erste Generation Kunststoffkabel die von EVU's eingesetzt wurde. Das anfälligste Kabel in diesem Projekt und Schuld an vielen Kurzschlüssen.



Umfang:

24.5km betroffene Kabeltrasse mit alten Kabeltypen die zunehmend Probleme bereiten. Sie speisen ca. 409 Leuchtenstandorte.

Herausforderungen:

- Kabeltrassen in Steinkanäle
- Hoher und teurer Tiefbauaufwand notwendig
- Viele Behinderungen besonders im Ortszentrum
- Touristische Erwartung an idyllische Feriendörfer beinhalten keine Baustellen
- Hoher technischer Aufwand
- Kaum Koordination im Werkleitungssanierung möglich
- Langer Sanierungszeitraum
- Sehr hohe Kosten von 4,25 Millionen CHF für Kabel und Kandelaberersatz

Für eine Berggemeinde keine einfache Aufgabe. Die vielen tiefbauseitigen Massnahmen sind im Hinblick auf die saisonalen Anforderungen durch die hohe Anzahl an Touristen nicht willkommen.

3. Ein lockerer Spruch und die Idee war eingepflanzt

Anlässlich der Vorstellung der Studie lag eine ernüchternde Stimmung in der Gesprächsrunde. Ein Teilnehmer meinte wohl nicht ganz ernst gemeint, dann stellen wir eben überall Solarleuchten auf. Wohl vor dem Hintergrund, dass solche Anlagen schon an ein paar abgelegenen Stellen eingesetzt wurden.

„Massnahme der Verzweiflung“ Ein Teilnehmer meinte wohl nicht ganz ernst gemeint, dann stellen wir eben überall Solarleuchten auf! Problem gelöst!

Natürlich sind solche Anlagen bekannt. Meist wurden sie an Stellen mit sporadisch benutzten Verbindungsstrecken wie Fußwege oder Parks errichtet. Nur handelt es sich jetzt um Hauptachsen mit einem Verkehrsfluss von mehr als 5500 Fahrzeuge über 24h. Dazu kommt noch der touristisch geprägte Fussgängerverkehr und zahlreiche Konfliktbereiche. Des Weiteren eine Weihnachtsbeleuchtung welche an den Kandelaber angebracht wurde.

Mit wenig Hoffnung auf eine Lösung wurde diese „Massnahme der Verzweiflung“ überprüft. Niemand dachte ernsthaft an einen Erfolg.

4. Lichttechnische Beurteilungen / Energiebedarfsanalyse

Bei diesem Projekt zeigte sich einmal mehr, dass die bestehende Klassifizierung nach EN/SN 13201 ad absurdum scheidet. Diese richtet sich nach dem DTV (durchschnittliche täglicher Verkehr). Der Verkehrsfluss an diesem Tourismusort entspricht nicht annähernd dem was man als normale Frequentierung annehmen darf. Verkehrsmodelle zeigten, dass der max. nächtliche Verkehr bei 800-900 Fzg und damit bei ca. 15-20% des DTV von 5600 Fzg pro Tag entspricht.

Die lichttechnischen Beurteilungen basierten somit auf dem Nachtverkehr. Worst-Case sind die Skireichen Monate Dezember bis März. Bekanntlich auch die Jahreszeit mit den kürzesten Tagen. Für solarbetriebene Anlagen ein entscheidender Nachteil.

Mit Fokus auf eine verkehrsabhängige Beleuchtung wären statistische Daten wie 24h Verkehrsprofile sehr wichtig. Nur die gab es nicht. Erfahrungswerte mussten helfen. Sensorgesteuerte verkehrsabhängig gesteuerte Beleuchtungsanlagen gehören seit 7 Jahren zu meinem Planer-Alltag und hier haben sich vergangene Projekte als gute Datenlieferanten entpuppt. Die Einsparungen liegen im Vergleich zu konventionell betriebenen Anlagen bei 75%-85%. Das hilft besonders, wenn die Energie nur beschränkt zur Verfügung steht.

Der Energiebedarf von 5 verschiedenen Strassenprofilen wurden berechnet und als möglicher Standard festgelegt.

1. Hauptachsen Normal (LPH 6-8m)

2. Hauptachsen Konfliktzonen (LPH 6-8m)
3. Fussgängerüberwege LPH 6-8m)
4. Sammel- und Nebenstrassen (LPH 8m)
5. Wohn- und Anliegerstrassen (LPH 6m)

Mit diesen Erkenntnissen musste der Hersteller den technisch notwendigen Sonneintrag in Einklang bringen. Das Ziel – Die Standardisierung wenig verschiedener Leuchtentypen. So wenig „Spezialfälle“ wie möglich. Überdimensionierung der PV-Flächen wird bewusst in Kauf genommen.

5. Die Suche nach innovativen Firmen und Produkte

Solarleuchten bilden ein Nischendasein. Es zeigte sich schnell, dass es wenige Hersteller auf dem Markt gibt, welche eine solche Herausforderung bereits kennt.

Viele Firmen warfen schnell das Handtuch. Sie sahen nur Risiken und keine Chance auf Erfolg. Mir wurde mehrfach versichert – das was wir wollen sei unmöglich.

Die Branche war noch nicht so weit – Innovative verkehrsabhängige Steuerungen im Einklang mit den Normenanforderung EN/SN 13201 = Fehlanzeige!

Innovative Produkte fanden sich in den Niederlanden, im skandinavischen Raum und im speziellen in Österreich. Letzteres scheint eine Hochburg für Solartechnik zu sein.

Das Rezept für die smarte autarke Beleuchtung bestand aus den folgenden Zutaten:

1. Hocheffiziente LED's mit überragender Lumen/Watt Performance
2. Smarte Leuchte mit Sensorik und Verkehrsorientierter Steuerung
3. Sehr tiefer Stand-by-Betrieb bei Grunddimmung und Tagesverbrauch
4. Hocheffiziente Photovoltaik-Panel
5. Langlebige Akkumulatoren und eine intelligente Leistungssteuerung
6. Optische Systeme für die Strassenbeleuchtung
7. Genügend Sonneneintrag
8. Nächtliche Verkehrsfrequentierung nicht zu hoch
9. Seriöse Berechnungen und Annahmen
10. Innovationskraft und Überzeugung
11. Der Wille an der Technik zu schleifen, bis das Optimum erreicht ist
12. Ansprechendes Design (keine Solarsegel)
13. Hohe Gewährleistung auf Gesamtsystem (10 Jahre)

Eine Ausschreibung über ca. 50 Leuchten wurde erstellt:

Eine kleine innovative Leuchtenschmiede aus dem grenznahen Vorarlberg, hat die Chance erkannt und war bereit für den nächsten Schritt in Richtung Zukunft. Sie reichten ein Angebot ein. Es erwartete sie aber noch ein hartes Stück Arbeit. Die Leuchten waren Top – die Steuerung eher Flop. Da bedarf es an technischen Nachbesserungen.

6. Erste Gemeinde der Schweiz setzt voll auf Solarleuchten

Der Grund ist plausibel. Die Anlage ist deutlich wirtschaftlicher und nachhaltiger! Die Kosten der Solarleuchten wurden den Kosten für die Sanierung der Infrastruktur gegenübergestellt.

Kostenvergleich Netzsanierung versus Solarleuchten = Reduktion der Gesamtkosten um rund die Hälfte. Über 2 Millionen CHF Einsparung zu erwarten.

Das Solarprojekt ging in die Vernehmlassung. Das Projekt fand bei der Energiegemeinde Vaz/Oberbaz grosse Zustimmung. Es hilft für einen nachhaltigen Tourismus auf der Lenzerheide.

**«Man muss neue Wege gehen und etwas wagen, um nachhaltige Ziele zu erreichen»
Edi Bisig, Leiter Werke**

Ein weiterer Baustein für eine nachhaltige touristische Entwicklung. Die Gemeinde gab „Grünes Licht“. Eine Win-Win-Situation.

Wirtschaftlich wird es nach einer eigenen Einschätzung immer, wenn teure Investitionen in die Netzinfrastruktur und insbesondere Tiefbaumassnahmen vermieden werden. Das gilt somit auch für Neubaugebiete, wo künftig auf ein separat geführtes Beleuchtungsnetz verzichtet werden kann. Kaum wirtschaftlich ist der Einsatz wenn die Netzinfrastruktur vorhanden und noch viele Jahre betrieben werden kann.

Da die Gemeinde bereits seit mehreren Jahren sehr gut funktionierende Solarleuchten und solar beleuchtete Bushaltestellen an abgelegenen Standorten im Einsatz hatte, war die Technik nicht ganz neu. Für den Antrag war das sicher förderlich.

Die Ergebnisse in Bezug auf Investitionen, Unterhalt, Überwachung, laufende Kosten und Funktionalitäten überzeugten nicht nur die Fachleute, sondern auch den Gemeindevorstand.

Die Kombination von weiteren smarten Lösungen ist spannend und wird seitens Gemeinde weiterentwickelt.



Bild Solarbetriebene Schnellladestation für Biker

Es kamen weitere Anforderungen dazu...

- E-Bike Ladestationen
- Bushaltestellen mit Solarbetriebener Beleuchtung
- Möglichkeit der Montage von Verkehrs- und Hinweisschilder an Tragwerke

7. Steuerung – Die Strasse ist kein Vorplatz oder Park

Direkt nach diesen Ausführungen, erfolgt eine detaillierte Analyse der Steuerungsanpassungen und die Entwicklungsschritte in Richtung smarte Strassenbeleuchtung. Die Ausführungen beschränken sich deshalb auf die planerische Sicht.

Licht 2023 - Vortrag 66, Schnegg-Primus, Kessler Nachhaltig und smart - Solarleuchte trifft Lichtsteuerung

Erste planerische Abklärungen zeigten. Solarleuchtenhersteller und Steuerungslieferanten mussten in den Lernmodus und sich weiter entwickeln. Eine verkehrsabhängige normengerechte Strassenbeleuchtung nach EN/SN 13201 zu realisieren, ist noch keine Selbstverständlichkeit.

Das Praxisbeispiel zeigt einmal mehr, wie sich mit einem klaren Ziel vor Augen verschiedene Fachexperten interdisziplinär in ihrem Gebiet helfen können.

- ✓ Gemeinde als Betreiber
- ✓ Hersteller von Steuerungen von öffentlichen Beleuchtungsanlagen
- ✓ Hersteller von autark betriebenen Solarleuchten
- ✓ Lichtplaner als Antreiber, Bindeglied und Schnittstelle

Es waren glückliche Umstände, weil der Steuerungshersteller selbst im Raum Graubünden in der Schweiz angesiedelt ist. Damit waren die Wege in den Vorarlberg kurz. Die geografische und kulturelle Nähe von Lieferketten sind heute besonders wichtig. Es vereinfachte vieles. Wir setzten uns ins gemeinsame Boot, diskutierten, tüftelten und entwickelten. Zuletzt entstand ein gutes Zusammenspiel aller Komponenten.

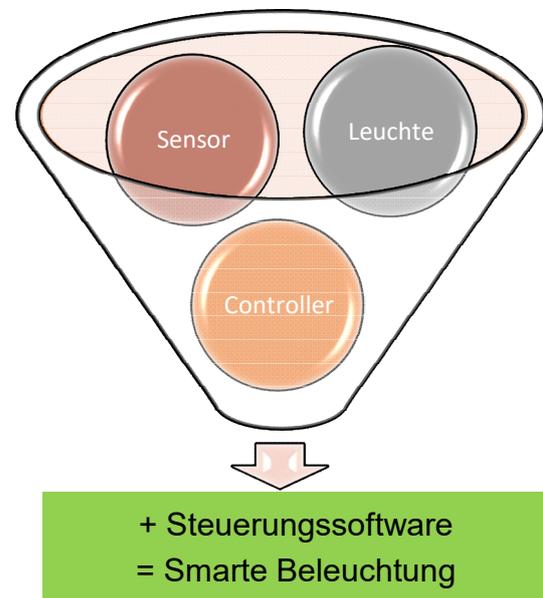
Eine der Großen noch bestehenden Herausforderungen ist die Fernüberwachung der Akkudaten. Dazu sind weitere Anpassungen notwendig. Auch das wird die Zukunft bringen.

Luftbild Beleuchtung Kantonsstrasse „Voa Principale“ mit Konfliktbereich, Kreuzungen, Parkplätze



Für ein Einsatz innerhalb der Strassenbeleuchtung sind bewegungsabhängige smart gesteuerte Solarleuchten unerlässlich. Optimalerweise in einer Ausführung die sie als 1:1 Ersatz für normale Strassenleuchten auszeichnen. Leuchten verschiedener Hersteller müssen seitens Steuerung einheitlich ausrüstbar sein. Solarleuchten müssen sich uneingeschränkt in ein Leuchtenportfolio einfügen. Dazu sind folgende Anforderungen zentral.

- ✓ ZHAGA LEUCHTENCONTROLLER
- ✓ PIR – HS SENSOR
- ✓ REMOTEFÄHIGE ANLAGE
- ✓ SMARTE LICHTSTEUERUNG
- ✓ UNABHÄNGIGE STEUERUNG
VERSCHIEDENER LEUCHTENTYPEN
- ✓ GRUPPIERUNGSMÖGLICHKEIT
- ✓ ÜBERWACHUNG AKKUDATEN
- ✓ ÜBERWACHUNG BETRIEB
- ✓ AUSWERTUNGEN ENERGIEDATEN
UND STATISTISCHE INFOS



Bei den ersten Anlagen wurden Controller innerhalb des Gehäuses verbaut. Aussenantennen und im Gehäuse angebrachte Sensoren sorgen für Kommunikation und Detektion. Die Integration von Zhaga-D4i-Zertifizierung wurde Ende 2022 abgeschlossen. Enorm wichtig für zukünftige Projekte.

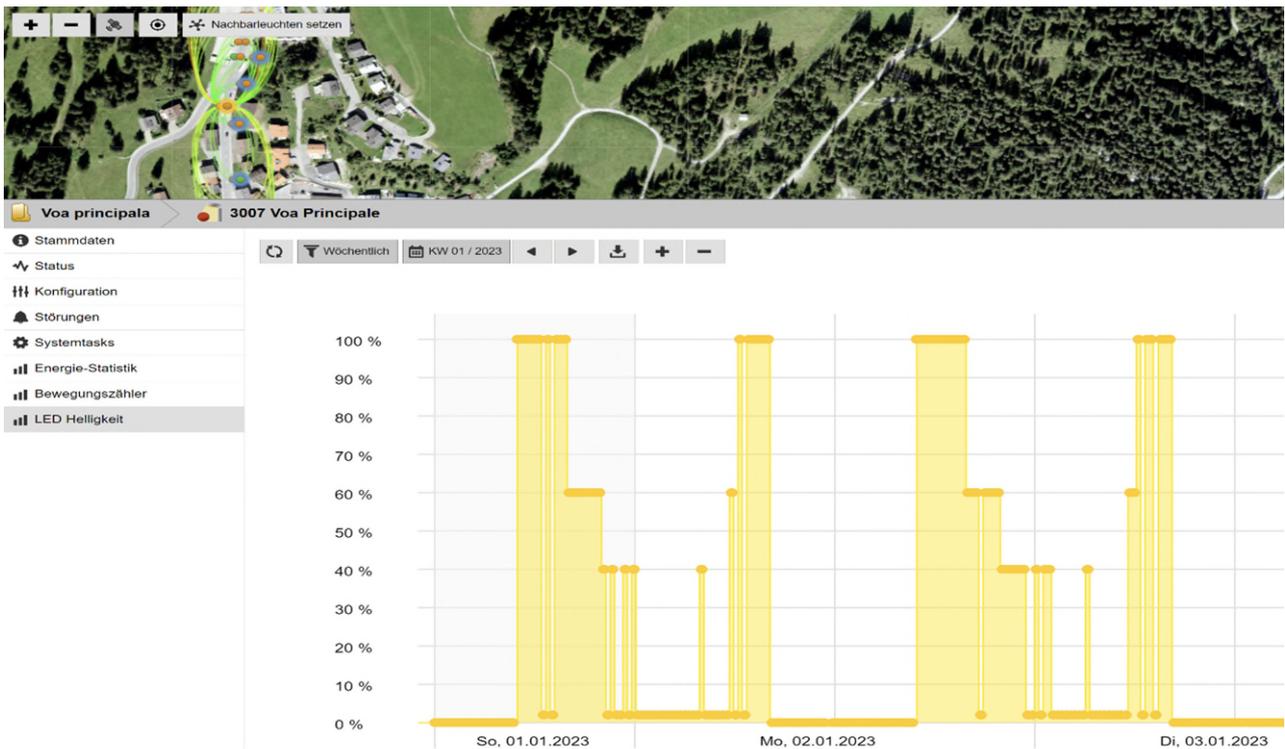
8. Stand Umsetzung Projekt

Der Ersatz von bestehenden Strassenleuchten ist sehr einfach. Der alte Kandelaber wird aus dem Fundament entfernt. Netzkabel werden eliminiert, der neue Solarmast an gleicher Stelle eingesetzt und wie gewohnt verankert. Der Zeitaufwand für die Montage bleibt klein.

Stand März 2023 - die ersten 30 smarten Leuchten sind mehrere Monate in Betrieb. Es zeigte sich folgendes Bild:

- 1 Doppeltragwerk: Sonneneintrag kritisch, wenn über einen Zeitraum von 2 Wochen äusserst bewölkt Wetter herrscht. PV Zusatzmodule notwendig.
- 1 Ausfall weil Dimmprofil und Vernachbarung der Leuchten falsch eingestellt war. Korrekte Einstellung hat das Problem behoben
- Sterne Weihnachtsbeleuchtung - LED Leistung wurde vorsorglich reduziert
- Ausfall einer Leuchten Komposition: Grund Kabelstecker hat sich gelöst.
- Anpassung Ausrichtung PIR-Sensor: Leuchte Seite Parkplatz hat Hauptachse mit überwacht.
- Ein paar „Nachjustierungen“ bei Dimmprofile
- Fazit: Die Normengerechte Ausleuchtung kann gewährleistet werden
- Die Beleuchtungssituation ist gesamthaft besser als vorher

Bild: zeigt Bild LED Helligkeitsverlauf – Solarleuchte 3007 an Hauptachse Voa Principale



Trotz kleinerer Kinderkrankheiten konnte folgendes erreicht werden:

- ✓ Maximale Energieeinsparung – wenn kein Verkehr herrscht
- ✓ Sensorgesteuerte Verkehrsabhängige Beleuchtung
- ✓ Normengerechte Dimmszenarien
- ✓ Ferngesteuerte Anlage
- ✓ Energiedatenauswertung
- ✓ Verkehrsdatenauswertung
- ✓ Sicherstellung Sonneneintrag und Energiespeicherung

Bild Energie Statistik – Solarleuchte 3007 an Hauptachse

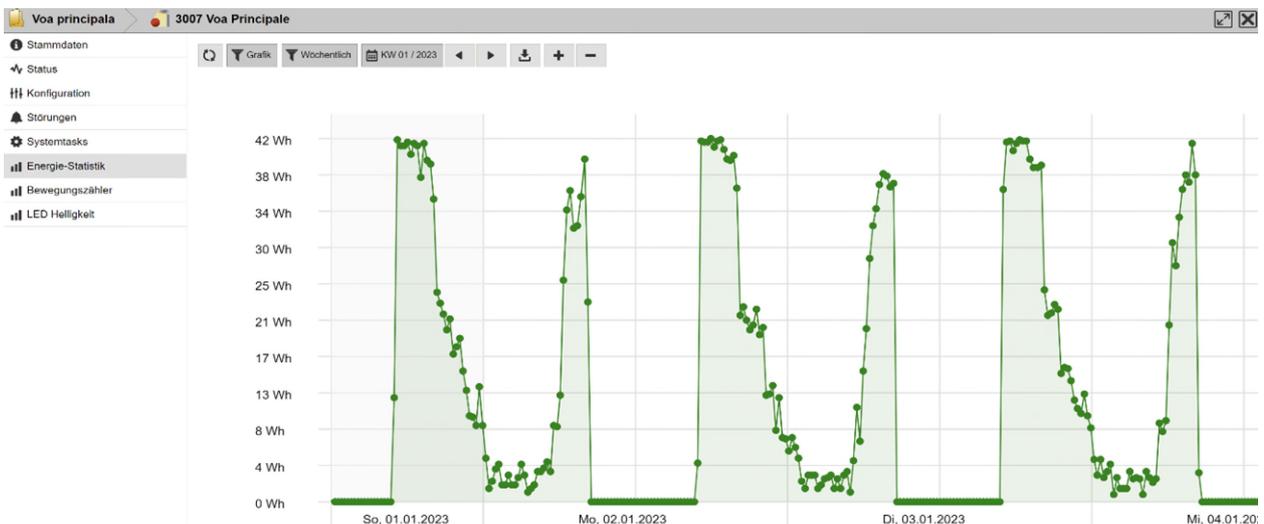
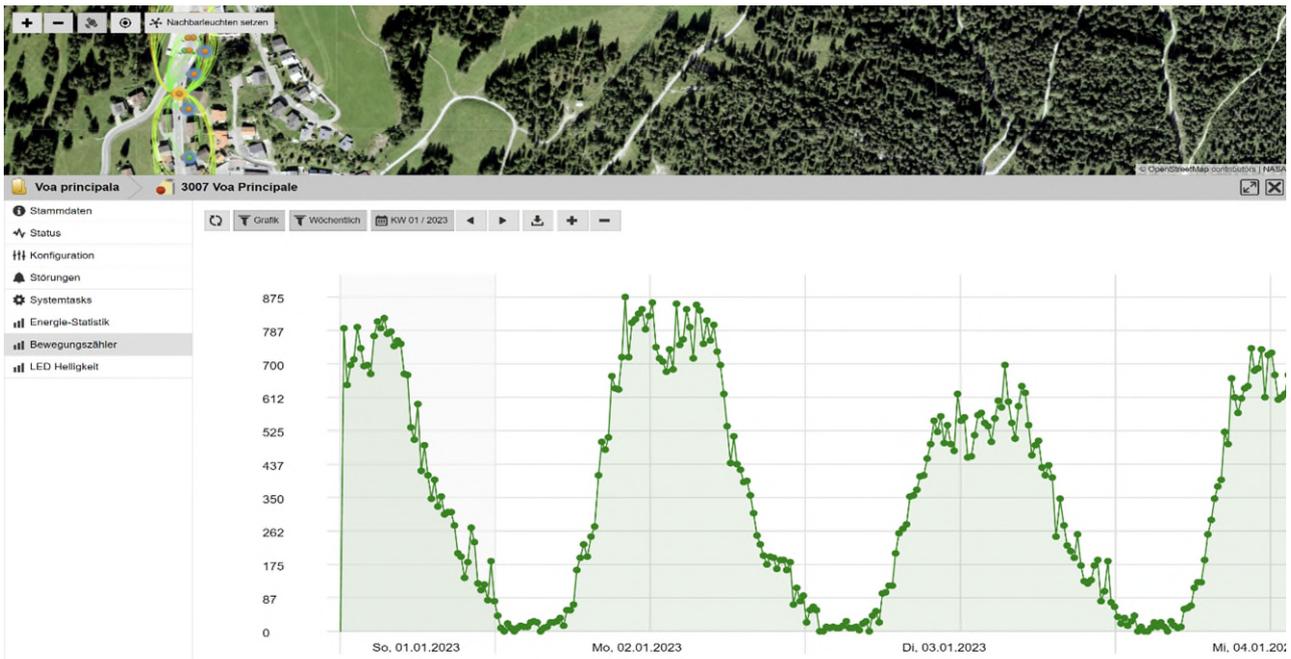
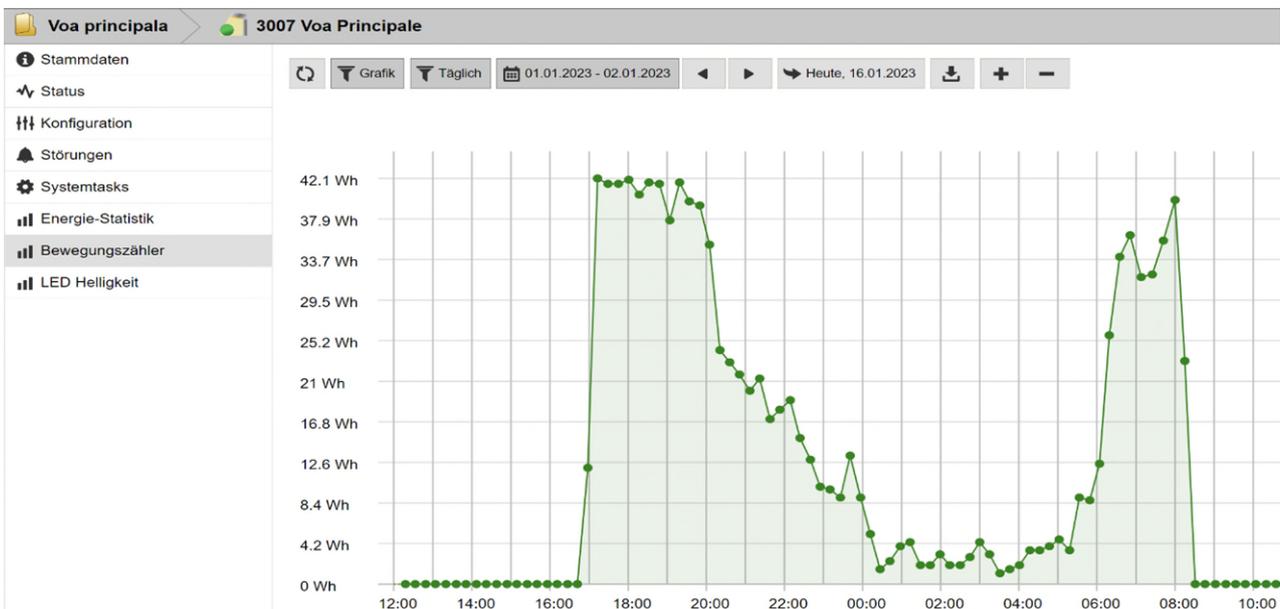


Bild Bewegungsprofil – Mehrtagesprofil Solarleuchte 3007 an Hauptachse



Die Bewegungssensoren bestätigten die innerhalb der Verkehrsstudie angegebenen Frequentierungszahlen. Der zeitliche Verlauf ist unterschiedlich. Es zeigt sich aber, dass ab 20:00 die Frequentierung stark nachlässt und erst Morgens um 05:00 wieder zunimmt. Ein typischer Verlauf der auch in Wohn- und Anliegerstrassen anzutreffen ist.

Bild Bewegungsprofil – Detail Nachtverlauf Solarleuchte 3007 an Hauptachse



Kein Verkehr = Grundbeleuchtung. Nach 20 Sekunden Absenkung auf 2%

Die mit verkehrsabhängiger Steuerung erreichten Einsparungen sind massiv. Voraussetzung – auch bei Konfliktbereiche wie Fussgängerüberwege ist eine verkehrsorientierte Beleuchtung zwingend. Es muss jederzeit gewährleistet sein, dass Fussgänger erkannt

werden. Dies wird mittels Vernachbarung der Leuchtenstandorte sichergestellt. Der Verkehrsteilnehmer merkt in der Regel nichts von der smarten Funktion. Er hat eine beleuchtete Situation vor sich.

Bild: Beispiel einer Vernachbarung

Gelb umrandet: Leuchte die detektiert

Blau umrandet: Nachbarleuchten welche bei Detektion von Gelb ihr Licht gleichzeitig hoch fahren

Grüner Punkt: Leuchten ohne Vernachbarung zu Gelb.

Im vorliegenden Fall insbesondere die im Rückraum liegenden Leuchten im Parkplatzbereich



Das System funktioniert mit jeder zusätzlichen Leuchte immer besser!

Bild: Nachtansicht mit Adventsterne

Normgerechte Ausleuchtung Strasse

Verkehrabhängig gesteuert
= Hauptanteil Energiebedarf

Normgerechte Ausleuchtung Parkplatz

Nachts kaum Bewegung
= sehr wenig Leistung erforderlich

Smarte Adventsterne

Temporärer Zusatzbedarf an Energie
(Sterne wurden optimiert - im Vergleich zu alten Standorten Minus 90% Energiebedarf)

Betrieb bis 23:00 und Morgens ab 06:00
Verkehrabhängig gesteuert



Gepante Projekte 2023

- Voa Acletta → 11 Standorte
- Testanlage Julierstrasse (Zentrum) → 4 Standorte
- Voa Sporz 1 + 2. Etappe → 10 Standorte

Voa Canols

→ 13 Standorte

Insgesamt sollen über 400 solche Leuchten in den kommenden Jahren entstehen. Die Resultate aus Vaz/Oberbaz werden die künftigen Anlagen beeinflussen.

9. Schlusswort / Fazit

Das Projekt Vaz/Oberbaz hat gezeigt, dass etwas was im ersten Blick unmöglich erscheint, nach gewissenhafter Prüfung und mit Innovationskraft und entgegen aller Zweifler gelingen kann.

Die Anlage ist vermutlich eine der ersten ihrer Art. Sie kann Vorbild für viele weitere solche Projekte werden. Die Technik und insbesondere die Wirtschaftlichkeit von LED's, Treiber und Photovoltaik Paneelen sind noch lange nicht ausgereizt. Die Steuerung setzt ebenfalls immer neue Maßstäbe. Die Betriebskosten werden reduziert und auf das notwendigste gesenkt.

Solarbetriebene smarte Leuchten in der Strassenbeleuchtung. Ihr Platz ist heute und in der Zukunft klar gegeben. Die Sanierung alter Tragwerke und maroder Netzinfrastrukturen ist ein Zukunftsmarkt. Es braucht kein Orakel, um die Vorteile solcher Systeme zu erkennen.

DER KOPF IST RUND – DIE SICHT HAT SICH GEDREHT

Bilder realisierte Anlage (Vaz/Oberbaz)



Patrick Frutig, ViaLumina eFortis (Referent*in)