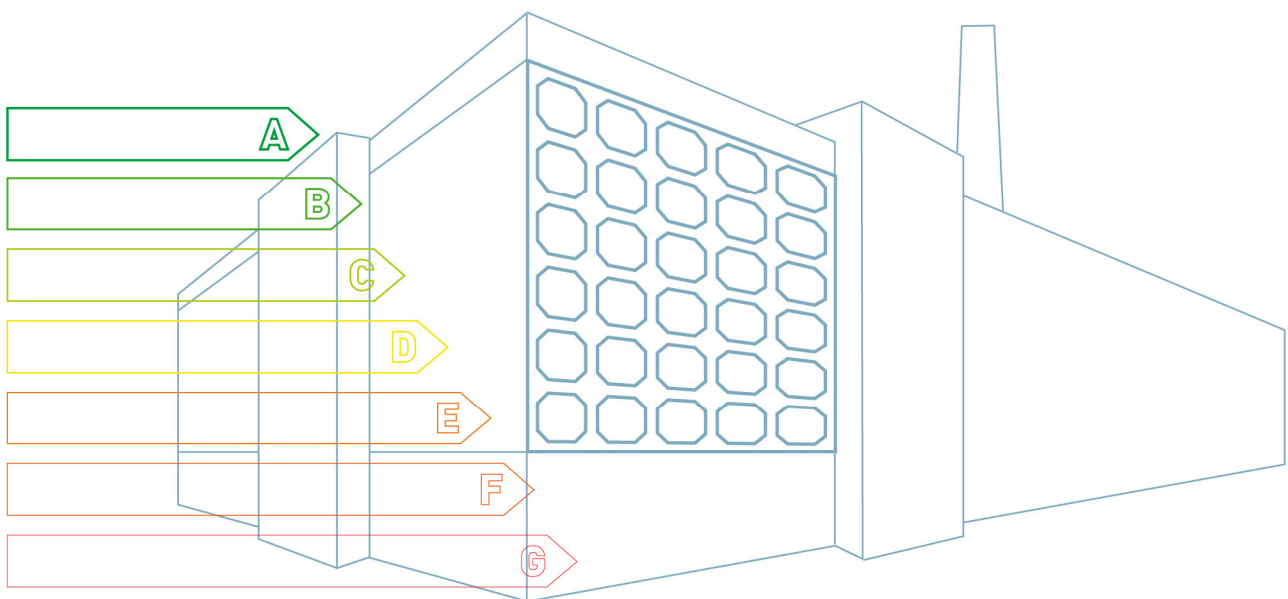




Effiziente SBL

Energieeffiziente Straßenbeleuchtung
durch intelligentes Energiemanagement
und optimierte Beleuchtung



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.


Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of several sweeping, connected strokes.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink that reads 'Theresia Vogel' in a cursive script.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	3
1.1	Aufgabenstellung	3
1.2	Schwerpunkte des Projektes	5
1.3	Einordnung in das Programm	5
1.4	Verwendete Methoden und Aufbau der Arbeit	6
2	INHALTLICHE DARSTELLUNG	7
3	ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	9
3.1	Projektergebnisse	9
3.2	Schlussfolgerungen	20
4	AUSBLICK	21
5	ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS	22

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Die kommunale Straßenbeleuchtung ist ein oft genanntes Problem, wenn man mit Bürgermeistern diskutiert. Die Straßenbeleuchtung bedeutet für die Gemeindeverantwortlichen oftmals „Fluch und Segen“. Von der Gemeindebevölkerung eingefordert will jeder noch so kleine Gemeindewinkel beleuchtet werden. Ist die Straßenbeleuchtung einmal errichtet ist diese zu betreiben und in Stand zu halten (85% der Kosten fallen im Laufe der Lebensdauer einer Straßenbeleuchtung für den laufenden Betrieb an). Ein nicht zu stopfendes Budgetloch im Gemeindebudget vs. Sicherheit für die Bevölkerung, verursacht Kopfzerbrechen bei Bürgermeistern.

Viele Gemeinden sehen einem steigenden Energieverbrauch mit Ohnmacht zu, ohne Handlungsspielräume erkennen zu können. Im Durchschnitt verbraucht die kommunale Beleuchtung 45 % (in manchen kleinen Gemeinden sogar bis zu 80%) des öffentlichen Stromverbrauchs in einer Gemeinde – Tendenz steigend! Steigender Stromverbrauch und auch steigende Stromkosten spiegeln sich in immer höheren jährlichen Abrechnungen wieder. In sehr vielen Gemeinden werden der Verbrauch von Energie und damit die Kosten als gegeben hingenommen. Immer mehr Verbraucher, d.h. steigender Stromverbrauch, und ein steigender Strompreis machen den Energieverbrauch und deren Kosten in einer Gemeinde immer unübersichtlicher.

Vor allem im Bereich der öffentlichen Beleuchtung, wobei es in einigen Gemeinden nicht einmal eigene Verbrauchszähler dafür gibt, hat man kaum einen Überblick über den Energieverbrauch. In den meisten Fällen wird der Energieverbrauch für die Straßenbeleuchtung nur einmal pro Jahr (bei der Jahres-Stromabrechnung) der Gemeinde übermittelt. Gemeindeverantwortliche haben somit im Nachhinein kaum die Möglichkeit einen etwaigen Mehrverbrauch nachzuvollziehen.

Lediglich in einigen Gemeinden wird der Stromverbrauch von öffentlichen Einrichtungen mittels Energiebuchhaltung monatlich manuell erfasst (Bsp. siehe Abbildung 1.1 und Abbildung 1.2) und in ein entsprechendes Softwareprogramm übertragen. Die Durchführung von Energiebuchhaltung für die Straßenbeleuchtung ist für die Gemeinde allerdings mit einem teilweise erheblichen Aufwand verbunden. Einzelnen Stromverteiler sind meist über das gesamte Gemeindegebiet verstreut. Das Ablesen der Zähler beansprucht für die Gemeinde monatlich 2-8 Stunden Personaleinsatz (abhängig von der Anzahl der Lichtpunkte bzw. Stromverbrauchszähler und der räumlichen Verteilung dieser).

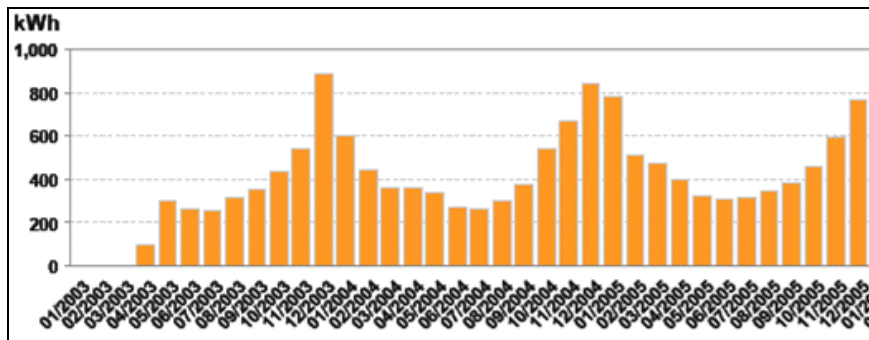


Abbildung 1.1: Bsp. Energieverbrauch in der öffentlichen Beleuchtung bei monatlicher Datenerfassung

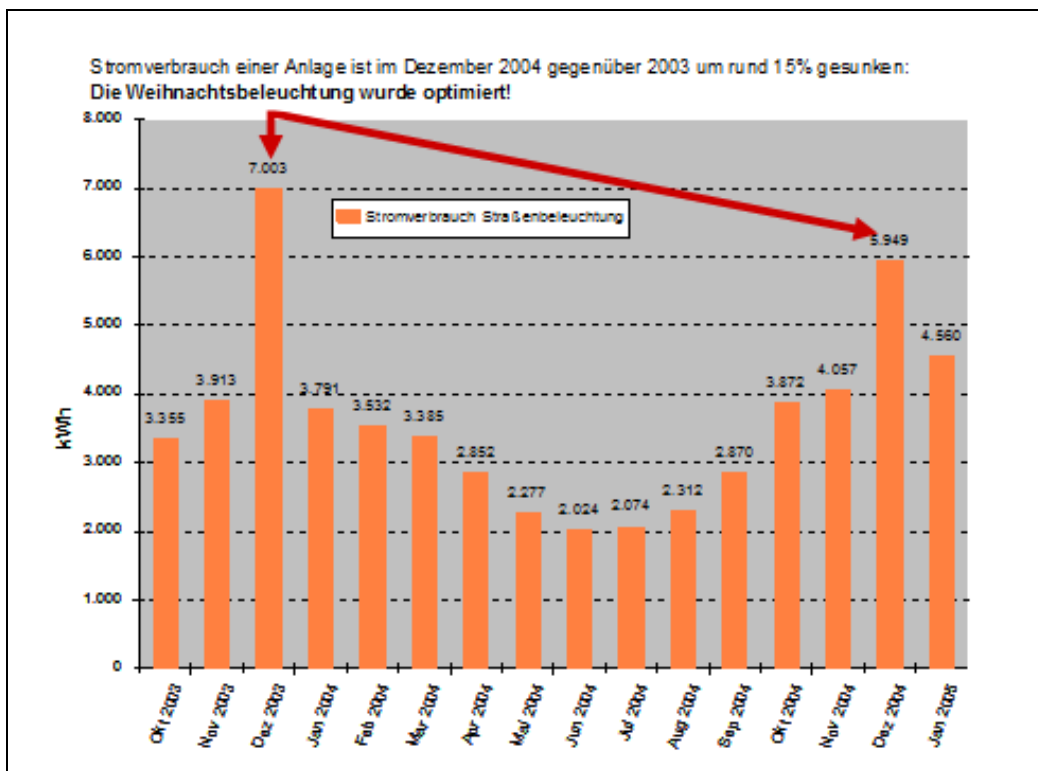


Abbildung 1.2: Bsp. Energieeinsparung durch die Optimierung der Weihnachtsbeleuchtung

Fakt ist, dass alle Leuchtmittel, im speziellen die in Österreich am meisten eingesetzte Quecksilberhochdruckdampfampe, mit zunehmenden Betriebsstunden bei steigender Stromaufnahme immer weniger Licht geben. Das heißt, dass die Energieeffizienz einer Anlage mit steigendem Alter sinkt. Die Wartung der Anlagen spielt in vielen Gemeinden nur eine untergeordnete Rolle, was sich ebenfalls negativ auf die Anlageneffizienz auswirkt.

In den meisten Fällen wird die öffentliche Beleuchtung mit einem Dämmerungsschalter, bei einer eingestellten Umgebungshelligkeit, ein- und ausgeschaltet. Die Beleuchtung wird gleich auf 100% hochgefahren und behält dieses Niveau bis zum Ausschalten der Anlage bei. Vor allem bei Einbruch der Dämmerung stellt sich aber die Frage, ob hier schon eine 100%ige künstliche Beleuchtung notwendig ist.

1.2 Schwerpunkte des Projektes

Durch die nachträgliche Installation eines intelligenten effizienten Energiemanagementsystems in der öffentlichen Beleuchtung wird durch eine kontinuierliche automatische Datenerfassung (tägliche/stündliche Stromverbrauchsdaten), Auswertung, Visualisierung und Aufbereitung für die Entscheidungsträger ein bis dato beträchtliches Energieeinsparpotential in der öffentlichen Straßenbeleuchtung erschlossen.

Durch die detaillierte Erfassung und deren Auswertungen können Sofortmaßnahmen für einen energieeffizienten Betrieb der Anlage (z.B. Optimierung der Einstellung des Dämmungsschalters und Überprüfung am nächsten Tag) abgeleitet, umgesetzt und sofort überprüft werden. Der Betreiber der Straßenbeleuchtungsanlage (meist Gemeinde) kann auf etwaige Auffälligkeiten/Abweichungen vom „Normalverbrauch“ sofort (und nicht erst am Jahresende) reagieren. So kann eine wesentliche Energie(Strom)einsparung bei gleichzeitig gleich bleibender bzw. verbesserter Beleuchtungsqualität durch das Projekt erreicht werden. Personalressourcen werden durch eine automatische Datenerfassung (Zählerablesung) eingespart und das Fehlerpotential (Ablesefehler, Eingabefehler,..) minimiert.

1.3 Einordnung in das Programm

Reserven an fossilen Energien nehmen immer schneller ab. Ein vollständiger Ersatz durch alternative Energien benötigt noch einiges an Entwicklungsarbeit. Daher ist es sinnvoll, sich um einen energieeffizienten Betrieb von Anlagen zu bemühen. Auch im Bereich der öffentlichen Beleuchtung ist es von Nutzen, sich Gedanken über einen möglichst effizienten Einsatz von Energie zu machen: Die einfachste Lösung wäre es die Beleuchtung zu reduzieren und damit den Energieverbrauch zu verringern. Weniger Beleuchtung bedeutet aber auch weniger Sicherheit. Andere Lösungen bilden intelligente Systeme um bei möglichst wenig Strombedarf eine bestmögliche Beleuchtungsqualität zu erreichen. Hier Ideen einzubringen und zu investieren ist die langfristig bessere Lösung.

Die Optimierungsmaßnahmen für die öffentliche Beleuchtung stellen sicher, dass durch verbraucherseitige Maßnahmen der Energiebedarf reduziert wird. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei reduziertem Energieverbrauch die Beleuchtungsqualität gleich bleibt bzw. verbessert wird. Durch die optimierte Beleuchtungsanlage wird auch ein geringerer Wartungs- und Instandhaltungsaufwand garantiert.

Den Verantwortlichen werden im Rahmen des Projektes das Bewusstsein gestärkt, dass sich vor allem in Erhöhung der Ressourcen- und Energieeffizienz widerspiegelt. Nach der Einführung des Energiemanagementsystems kann sichergestellt werden, dass es durch verbraucherseitige Maßnahmen zu einer markanten Reduktion des Energiebedarfs und somit zu CO₂-Einsparungen kommt.

Die Maßnahmen zur Optimierung der öffentlichen Beleuchtung spiegeln sich auch in der Verbesserung der Umwandlungseffizienz (Energieeffizienz) wieder wodurch der Energiebedarf

reduziert wird. Ebenfalls ist eine Multiplizierbarkeit gegeben, da einerseits die eingebundenen Gemeinden Ihr Benutzerverhalten ändern und somit Energie auch in anderen Gebieten einsparen, andererseits sind die Erkenntnisse dieses Projektes für weitere Gemeinden leicht adaptierbar.

Durch die Installierung von Energiemanagementsystemen werden Entwicklungsarbeiten und Tätigkeiten zur Stärkung von neuen und vor allem energieeffizienten und zukunftsweisenden Technologien gefördert. Weiterentwicklungen werden forciert und nachhaltig sinnvolle Lösungen werden erarbeitet. Verringerte Kosten (Energie-, Wartungs- und Instandhaltungskosten) und Emissionen sowie erhöhte Verkehrssicherheit bei Nacht werden erreicht.

1.4 Verwendete Methoden und Aufbau der Arbeit

Im Rahmen dieses Projektes werden in ausgewählten Gemeinden der Modellregionen die bestehende Anlage erfasst und automatische Datenerfassungssysteme für den Stromverbrauch der öffentlichen Beleuchtung installiert. Dadurch wird eine automatische regelmäßige (tägliche) Verbrauchserfassung und deren Auswertung garantiert und Fehlerquellen, wie z.B. Ablesefehler, Eintragungsfehler, Auswertungsfehler,.. minimiert. Somit erhält man eine kostengünstige Datensammlung für den Energieverbrauch in der kommunalen Beleuchtung und anhand der Auswertungen können sofort Optimierungsmaßnahmen eingeleitet werden.

Ergänzend zur Installation dieses Energiemanagementsystems für die Straßenbeleuchtung werden Leuchtdichtemessungen mittels einer speziellen digitalen Leuchtdichtekamera durchgeführt. Digitale Leuchtdichtemessungen zeigen den Istzustand der Beleuchtung in den ausgewählten Gemeinden der Modellregionen auf. Durch den Zusammenhang zwischen Energieverbrauch, Leuchtdichte und Daten zur Anlage wird die Anlageneffizienz ermittelt.

Durch die Darstellung des Leuchtdichteverlaufs werden mögliche Einsparungsmaßnahmen und Optimierungspotentiale für die kommunale Straßenbeleuchtung abgeleitet, wobei ein Schwerpunkt der Untersuchungen auf die Energieeinsparmöglichkeiten während der Dämmerungszeit gelegt wird. Der Zusammenhang zwischen Strombedarf, Beleuchtungsqualität und Dämmerungszeit wird erarbeitet und daraus entsprechende Einsparpotentiale abgeleitet.

Ein nationaler Straßenbeleutzungskongress wird die Erkenntnisse an ein interessiertes Zielpublikum weitergeben und so zu einer möglichen Verbreitung der gewonnenen Erkenntnisse und die breite Umsetzung der erarbeiteten Konzepte sicherstellen.

2 Inhaltliche Darstellung

Zu Projektbeginn wurden 3 Pilotgemeinden ausgewählt, die großes Interesse an effizienter Straßenbeleuchtung und Bereitschaft zur Projektteilnahme zeigten. Durch die Auswahl der Gemeinden (Landeshauptstadt, Marktgemeinde und ländliche Gemeinde) ist es dem Konsortium gelungen, verschieden große Anlagen (Verteiler, Lichtpunkte,...) für das Projekt zu akquirieren.

In den folgenden Wochen wurde die Bestandsaufnahme in den Pilotgemeinden durchgeführt, wobei allgemeine Daten mit einem, in folgende Themen unterteilten, Fragebogen erhoben wurden:

- Allgemeine Angaben zur Gemeinde
- Strom-, Wartungs- und Instandhaltungskosten
- Fakten zur Straßenbeleuchtung

Durch mehrere Vor-Ort-Begehungen wurden alle relevanten Einrichtungen im Bereich der Straßenbeleuchtung erhoben. Dazu zählten unter anderem der technische Aufbau und die Standorte von Verteilern und Lichtpunkten sowie die verschiedenen Arten von Leuchten und Leuchtmitteln. Jeder einzelne Verteiler und Lichtpunkt wurde nummeriert, in Plänen eingetragen und in einer Tabelle aufgelistet. Somit kann jeder Lichtpunkt auf rasche und einfache Weise wiedergefunden werden.

Auf Basis der Erhebungen wurden Anforderungen an ein Energiemanagementsystem abgeleitet und eine Marktrecherche (Telefon- und Internetrecherche, Besuch von projektrelevanten Veranstaltungen) „Energiemanagementsystem für öffentliche Beleuchtung“ durchgeführt. Die so ermittelten Systeme und Technologien wurden dokumentiert und analysiert.

Basierend auf den Ergebnissen der Bestandserhebung und der Marktrecherche wurden Variantenvergleiche durchgeführt und für jede Gemeinde ein optimales System ausgewählt. Während sich das Projektkonsortium in der Landeshauptstadt für ein System zur Übertragung mit Impulssignalen entschieden hat, kam in den beiden anderen Gemeinden ein optisches Auslesesystem zum Einsatz. Nach der Auswahl der Systeme wurden die einzelnen Komponenten für das automatische Energiemanagementsystem in den 3 Gemeinden installiert. Parallel dazu wurde die Auswertesoftware parametrisiert und die Gemeindeverantwortlichen in die Software eingeschult.

Ein Konzept zur Adaptierung der Ergebnisse auf weitere österreichische Gemeinden wurde erstellt. Diesbezüglich wurde unter anderem ein Workshop des Projektkonsortiums durchgeführt. Ein besonderes Augenmerk wurde neben den technischen Aspekten vor allem auf die Wirtschaftlichkeit und Finanzierungsmöglichkeiten gelegt.

Mit einer digitalen Leuchtdichtkamera – der Projektantragsteller verfügt über eine geeignete Kamera – wurden in allen 3 Gemeinden digitale Leuchtdichtmessungen durchgeführt. Hierbei wurden verschiedenste Leuchtenanordnungen berücksichtigt um so aussagekräftige Re-

sultate zu bekommen. Die Ergebnisse dieser Messungen spiegeln die aktuelle Beleuchtungsqualität der betrachteten Anlagen wider und werden in die technischen Dokumentationen eingebunden.

Diese Ergebnisse wurden zusammen mit den Ergebnissen der automatischen Energieverbrauchserfassung ausgewertet und daraus auf die Energieeffizienz der einzelnen Anlagen rückgeschlossen.

Für 5 ausgewählte Straßenbeleuchtungsanlagen wurden Leuchtdichtepprofile - digitale Leuchtdichtemessungen alle 1,5 Minuten – erstellt, aus denen mögliche Einsparungsmaßnahmen und Optimierungspotentiale für die kommunale Straßenbeleuchtung abgeleitet wurden. Der Schwerpunkt der Untersuchungen galt der Zeit während der Dämmerung. Der Zusammenhang zwischen Strombedarf, Beleuchtungsqualität und Dämmerungszeit wurde erarbeitet und daraus entsprechende Einsparpotentiale abgeleitet.

Einspar- und Optimierungspotentiale wurden erarbeitet und in gemeindespezifische Optimierungskonzepte zusammengefasst, welche in den Pilotgemeinden präsentiert wurden. Um für die Gemeinden bestmögliche Optimierungsvorschläge erarbeiten zu können wurden projektrelevante Veranstaltungen besucht und die Erkenntnisse daraus wurden in die Entwicklung dieser Konzepte eingebunden. Ziel dieser Optimierungsvorschläge war es, die Effizienz von Straßenbeleuchtungsanlagen – weniger Energieeinsatz bei gleichbleibender bzw. besserer Beleuchtungsqualität – zu steigern.

Erarbeitete Benchmarks wurden abgeleitet und können in weiterer Folge als Kontroll- und Vergleichswerkzeug verwendet werden. Im Rahmen der Erarbeitung der Optimierungsmaßnahmen wurde auch das Thema „Lichtverschmutzung“ in Zusammenhang mit Energieverschwendung genauer betrachtet und dazu eine Expertise erstellt.

Abschließend wurde der nationale Straßenbeleuchtungs-Kongress organisiert, durchgeführt und beschäftigte sich neben den Erkenntnissen und Ergebnissen auch mit Fachreferaten. Eine Fachausstellung zum Thema „Energieoptimierte Straßenbeleuchtung der Zukunft“ rundete die Veranstaltung ab. Es wurde eine eigene Plattform mit allen Informationen (Veranstaltungsort, Anreise, Anmeldung, Programm,..) online gestellt, die dem interessierten Fachpublikum, wie z.B. Anlagenbetreiber, verantwortliche Gemeindevertreter, Planer, etc. offen und frei zugänglich war.

3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

3.1 Projektergebnisse

Nach Auswahl der 3 Pilotgemeinden wurde die technische Bestandsaufnahme der Beleuchtungsanlage durchgeführt und dokumentiert. Die folgende Tabelle 3.1 zeigt einen Überblick über die erarbeiteten Kennzahlen in den einzelnen Gemeinden.

Tabelle 3.1: Kenngrößen der öffentlichen Beleuchtung in den 3 Pilotgemeinden

Kenngrößen der öffentlichen Beleuchtung			
A) Lichtpunkte und Leuchtmittel	Gemeinde 1	Gemeinde 2	Gemeinde 3
Anzahl LP	491 Stk.	220 Stk.	2794 Stk.
Anzahl Leuchtmittel (LM)	528 Stk.	227 Stk.	2896 Stk.
Anzahl Verteiler	20	8	24
B) Leistung – Energieverbrauch			
Durchschn. Aufnahmeleistung je LP	94 W	88 W	86 W
Anschlussleistung (inkl. Verluste)	49,5 kW	19,3 kW	239,3 kW
Energieverbrauch jährlich (kalkulatorisch)	~ 194.000 kWh	~ 66.000 kWh	~ 974.000 kWh
Stromkosten bei Volllastbetrieb (kalkulatorisch)	~ 40.000 €	~ 12.000 €	~ 152.000 €
CO ₂ Emissionen / Jahr	~53.000 kg	~18.000 kg	~266.000 kg
C) Typenvielfalt			
Anzahl Lichtpunkttypen (Typen, Modelle)	13 Stk.	13 Stk.	8 Stk.
Anzahl Tragwerkstypen (Art, LP-Höhen, ...)	6 Stk.	5 Stk.	10 Stk.
Anzahl Leuchtmitteltypen (Art und Wattage)	12 Stk.	6 Stk.	6 Stk.

In den folgenden beiden Abbildungen 3.1 und 3.2 sind je eine Verteiler- und eine Leuchtendokumentation beispielhaft dargestellt.

<p>Zählernummer: 3995215</p> <p>Verteiler-Standort: A-Mast neben GH Ritter</p> <p>4 Abgänge: <u>Strang 1:</u> Gehögeackerweg I, Mühlweg Hinterbruch, Siedlungsweg, ÖWG Siedlung, Dorfstraße <u>Strang 2:</u> Gehwegbeleuchtung - Poller Kirche/Schule <u>Strang 3:</u> Riegersdorferstraße <u>Strang 4:</u> Dorfstraße, Schulweg</p> <p>Steuerung: Dämmerungsschalter</p> <p>Sicherheitseinrichtung: FI ... 100 mA</p> <p>Bemerkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zählt auch Brunnen und Verkehrszeichen • Automatische Datenerfassung installiert 	 
---	---

Abbildung 3.1: Beispiel Verteilerdokumentation


	Leuchte:	dekorative Leuchte
	Art:	Schirmleuchte
	Bestückung:	50 W HQL 80 W HQL
	Mast:	gerade
	LP-Höhe:	3-5 m
	Zustand:	Lichttechnik: 3 Materialtechnik: 2
	Im Einsatz:	13 Stk. 50 W 75 Stk. 80 W 88 Stk.

Abbildung 3.2: Beispiel Leuchtendokumentation

Basierend auf die Bestandserhebung wurde eine Marktrecherche „Energiemanagementsystem für öffentliche Beleuchtung“ durchgeführt. Im Rahmen der Internet- und Telefonrecherche wurden zahlreiche Unternehmen recherchiert, die Komponenten bzw. Komplettlösungen für ein automatisches Energiemanagementsystem anbieten. Von insgesamt 31 Unternehmen konnten nähere Systemdetails und Kosten eingeholt werden. Diese projektrelevanten Anbieter wurden zu einer Datenbank zusammengefasst. Abbildung 3.3 zeigt einen Auszug daraus.

Marktrecherche für automatische Datenerfassung in der öffentlichen Beleuchtung					
Firmenname	Adresse	Ansprechperson	Telefonnummer	e-mail	
Metz CONNECT	Schulweg 3, 82392 Habach	Paul Hermann	+49 / 88471393	Pherrmann@metz-connect.com	
EKS - Huter KG	Unterfeld 299, 6426 Roppfen	Huter Roman, Firmeninhaber	+43 / 54176300	office@huter-energie.at	
PT Energiemanagement	Am Becketal 17, 28755 Bremen	Carl Thielen, Geschäftsführer	0421 / 669077	kontakt@pt-energiemanagement.de	
Gesytec GmbH	Pascalstraße 6, 52076 Aachen	Rudolf Thieles, Vertrieb	+49 / 2408944341	info@gesytec.de	
AE-SYSTEME	Am Güterbahnhof 15, 31303 Burghof	Hans-J. Waker, Verkauf	+49 / 51368021339	j.waker@terminal-systems.de	
IngSoft GmbH	Landgrabenstrasse 94, 90443 Nürnberg		+49 / 911430879-0	mail@ingsoft.de	
Océ Printing for Professionals	Siemensallee 2, 85586 Pöng (München)	Competence Center Süd	08121 / 725200	info-de@oce.com	
LeP Lehotzki electronic Products GmbH	Berlgasse 45, Top2/2, 1210 Wien		+43 / 12789013	lep@lehotzki.at	
Device GmbH	Theshoper Straße 16, 21438 Brackel	Olver Lang, Geschäftsführer	04185-5833-0	info@device.de	
STV Electronic GmbH	Helweg 203 - 205, 33758 Schloß-Hotel	Erwin Stadler, Geschäftsführer	+49 / 5207 9131-0	info@stv-automation.de	
E-Senza Technologies GmbH	Blarerstraße 56, 78462 Konstanz		+49 / 7531365 99 10	info@e-senza.de	
Actaris Development Germany GmbH	Hardeckstraße 2, 185 Karlsruhe		0721 5981 - 0	postoffice@karlsruhe.actaris.com	
SAE-ELEKTRONIK GmbH & Co. KG	Im Gewerbegebiet Pesch 14, 50767 Köln		+49 / 221 / 5 98 08 - 0	info@sae.de	
ITF-EDV Fröschl GmbH	Hauserbachstraße 8 - 10, 93194 Walderbach		+49 / 9464 / 94 00 - 0	Vertrieb@ITF-EDV.de	
Percom AG			+49 / 773497021	info@percom.biz	
Döbetz Datenkommunikation	Gustav-Meyer-Allee 25,13355 Berlin		030 / 46307616	info@dobet.de	
Toxi.Com GmbH	Karmelitenweg 114, 13465 Berlin		+49 / 3040608-300	Sales@Toxi.Com	
GO Data GmbH	Markt 14, 8102 Semriach		+43 / 312720550	info@godata.at	
A D E S Echtzeitdatenverarbeitungssysteme Ges.m.b.H.	Wagramer Straße 252, 1220 W i e n		+43 / 12034526	software@ades.at	
LUF CONTROLS Gebäudetechnik GmbH & CO KG	Fürbergstrasse 18-20, 5020 Salzburg		+43 / 6235 / 20092	office@luf.at	
ahlandorf hueggenberg gbr	Maximilianstraße 8, 82319 Starnberg		+49 / 81515550090	info@hueggenberg.com	
Berg Energiekontrollsysteme GmbH	Fraunhoferstr. 22, 82152 Martinsried		+089 / 379160-0	info@berg-energie.de	
denro AG	Rosa-Luxemburg Str. 29, 07973 Greiz		+49 / 3661458667	sales@denro.com	
INGA mbH	Wehler Weg 14, 31785 Hameln	Dipl.-Ing. Horst Zacharias	+49 / 51 5194 51-0	info@inga-hamehn.de	
Jean Muller GmbH	H.J.-Müller-Straße 7, 65343 Etlville am Rhein		+49 / 6123604-0	sales@jeanmuller.de	
Promoveo Technology	Hildastraße 20, 76571 Gaggenau		+49 / 722566777	info@promoveo-technology.com	
HSG-IMIT Institut für Mikro- und Informationstechnik	Wilhelm-Schickhard-Str.11, 78052 Villingen-Schwenningen		+49 / 7721943-0	info@hsg-imit.de	

Abbildung 3.3: Auszug aus der Datenbank der Marktrecherche

Zur Einführung eines automatischen Energiemanagementsystems können basierend auf die Ergebnisse der Marktrecherche 2 Systeme unterschieden werden:

- **System „Direkt“:**

Bei diesem System muss das zu erfassende Zählersignal für den Datenlogger in einer bestimmten Signalform (S0-Impuls, M-Bus,..) vorliegen. Hierfür muss der Zähler einen Ausgang für das jeweilige Signal besitzen. Sollte ein Zähler installiert sein der keinen solchen Ausgang hat (z.B.: analoge Zähler,..) muss nach dem bestehenden Zähler ein Subzähler mit passendem Ausgang installiert werden.



Bei der Umsetzung mit M-Bus wird der tatsächliche Zählerstand an den Datenlogger übermittelt. Bei der Umsetzung mit Impulssignal wird der Verbrauch an den Datenlogger gesendet, der diesen dann zum aktuellen Zählerstand addiert. Der Datenlogger dient somit als Datenzwischenspeicher welcher zu bestimmten Zeiten die Daten dann an den Server übermittelt.

- **System „Optisch“:**

Bei diesem System wird die optische Einheit direkt am bestehenden Zähler montiert und erfasst so den Zählerstand, der an einen Datenlogger weitergeleitet (z.B. mittels Kabel,

¹ Alle Bilder sind Symbolbilder; Quelle: Internet

Funk,..) wird. Voraussetzung für dieses System ist, dass der Zählerstand am Zähler permanent sichtbar ist bzw. der bestehende Zähler einen optischen Impulsausgang besitzt.



Analog zum System „Direkt“ wird der optisch erfasste Zählerstand direkt an den Datenlogger übermittelt. Bei einem vorhandenen optischen Ausgangssignal wird ebenfalls der Zählerstand an den Datenlogger gesendet. Die so aufbereiteten Daten werden wieder zu vorgegebenen Zeiten an den Server gesendet.

Auf Grund der örtlichen Gegebenheiten der Verteiler – Standorte quer über das Gemeindegebiet verteilt – muss bei jedem einzelnen ein zuvor beschriebenes System installiert werden. Die Kosten der Hardware der einzelnen Anbieter liegen pro Verteiler zwischen rund € 400 und € 1.000. Weitere Kosten fallen für die Software, Parametrierung, Freischaltung, GSM-Gebühren,.. an. Insgesamt liegen die Kosten für ein automatisches Energiemanagementsystem pro Verteiler zwischen € 650 und € 1150 – je nach System und Anbieter.

Basierend darauf wurde für alle 3 Pilotgemeinden das optimale System ausgewählt und installiert. Ein Verantwortlicher jeder Gemeinde wurde in den Umgang mit der Software eingeführt und die Möglichkeiten der einzelnen Auswertungen (siehe Beispiel in Abbildung 3.4) erklärt. Zusätzlich stand das Projektkonsortium den Gemeinden beim Umgang mit dem Energiemanagementsystem über die gesamte Projektzeit beratend zur Verfügung.

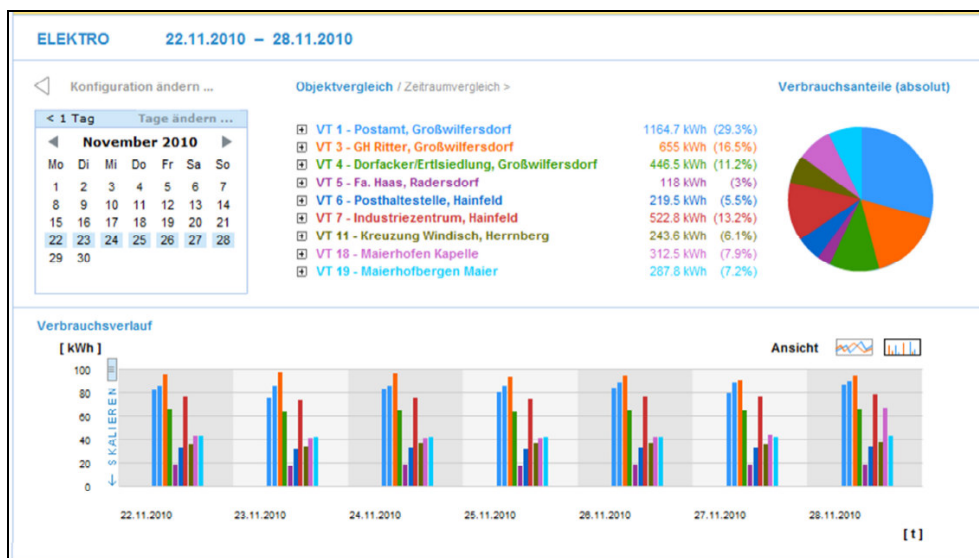


Abbildung 3.4: Beispiel: Tagesvergleich verschiedener Verteileranlagen

Des Weiteren wurde ein Konzept erstellt, welches österreichischen Gemeinden einen Überblick über die Projektergebnisse und –erkenntnisse liefert und die optimale Umsetzung zur Erreichung dieser Ergebnisse beschreibt.

Dieses Konzept gliedert sich wie folgt:

- Einleitung
- Ergebnisse und Erkenntnisse des Projekts
- Umsetzungskonzept für Gemeinden
 - Bestandserhebung
 - Installation Energiemanagementsystem
 - Leuchtdichtemessung
 - Optimierung der öffentlichen Beleuchtung
 - Finanzierungsmodell
- Zusammenfassung

Mit diesem Konzept erhalten somit interessierte Gemeinden einen Überblick wie sie Ihre Straßenbeleuchtungsanlage optimieren können.

Um einen Überblick über die aktuelle Beleuchtungsqualität der Straßenbeleuchtungsanlagen zu bekommen, wurden in allen 3 Pilotgemeinden digitale Leuchtdichtemessungen an markanten Stellen der Straßenbeleuchtung durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Leuchtdichtemessungen und die Analyse der Energieverbrauchsdaten wurden in die Optimierungskonzepte eingebunden. In der folgenden Abbildung 3.5 ist eine digitale Leuchtdichtemessung beispielsweise dargestellt. Alle Messungen wurden in die technische Dokumentation eingebunden und im Rahmen einer Ergebnispräsentation in jeder Gemeinde präsentiert.

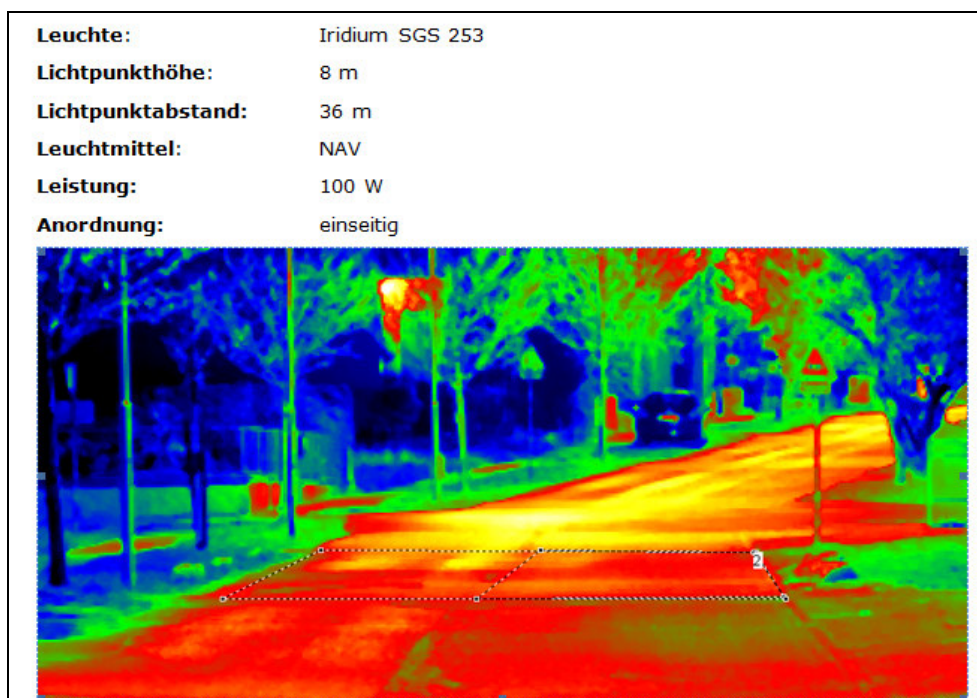


Abbildung 3.5: Beispiel Leuchtdichtemessung

Durch die in den Pilotgemeinden eingesetzten Energiemonitoringsystemen wurden die jeweiligen Stromverbräuche der Straßenbeleuchtungsanlagen kontinuierlich erfasst.

In der Abbildung 3.6 ist der Verlauf des spezifischen täglichen Stromverbrauches für die einzelnen Verteiler einer Pilotgemeinde in kWh pro Lichtpunkt dargestellt. Zu erkennen ist der höhere Stromverbrauch des Verteilers „Mattersburgerstraße Obi“ mit 1,5 bis 2,0 kWh pro Lichtpunkt, der durch die eingesetzten Leuchtentypen verursacht wird. Im Vergleich dazu liegen die Verbräuche bei den anderen Verteilern im Durchschnitt zwischen 0,5 und 1 kWh/Lichtpunkt. Ebenfalls ist der in den Wintermonaten erhöhte Stromverbrauch der Verteiler „Haydngasse“, „St. Antonistrasse“ und „Oberberg“ mit bis zu 2,5 kWh pro Lichtpunkt, bedingt durch die vorhandene Weihnachtsbeleuchtung, ersichtlich.

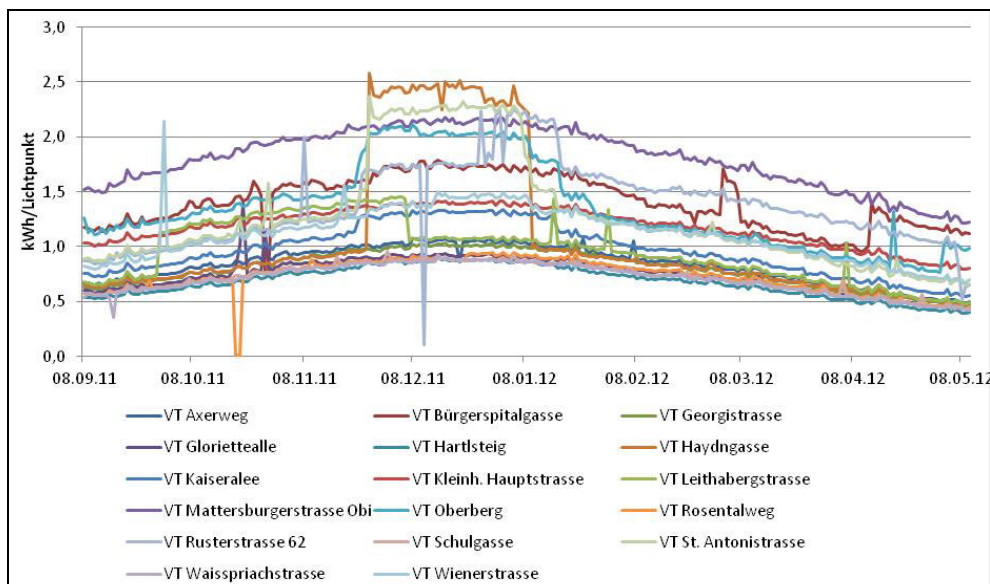


Abbildung 3.6: täglicher Stromverbrauch pro VT in einer Pilotgemeinde

Die jährlichen Betriebsstunden der einzelnen Verteiler sind als Beispiel in Abbildung 3.7 dargestellt. Zu erkennen ist, dass die Betriebsstunden in einem Bereich zwischen 3.700 und 4.200 pro Jahr liegen. Geht man davon aus, dass durch optimierte Ein- und Ausschaltzeiten (z.B. durch entsprechend angepasste Dämmerungsschalter) die jährlichen Betriebsstunden einheitlich rund 3.800 Stunden im Jahr betragen, könnte man mit einer Energieeinsparung von etwa 8,5 % rechnen.

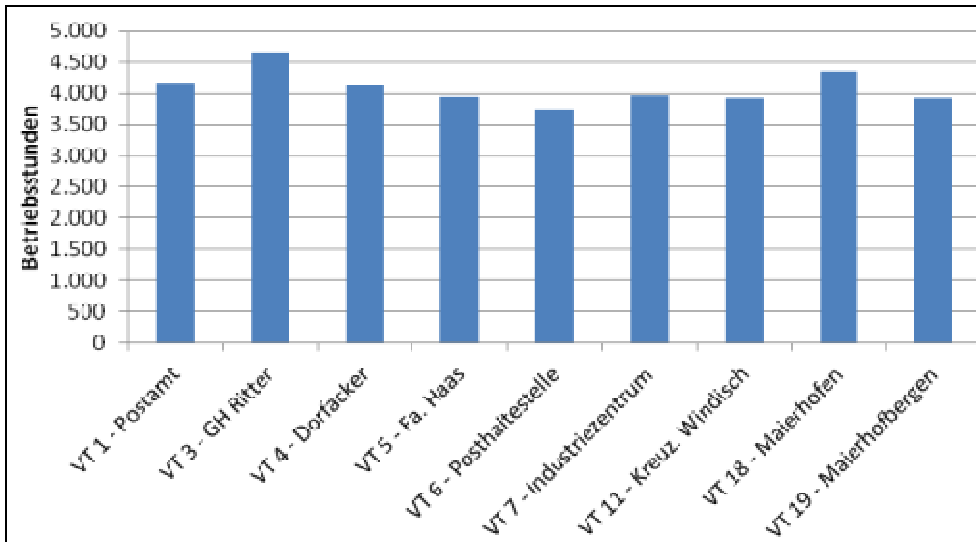


Abbildung 3.7: jährliche Betriebsstunden der Verteiler einer Pilotgemeinde

In Abbildung 3.8 ist der spezifische Gesamtjahresstromverbrauch der Verteiler einer Pilotgemeinde dargestellt. Der Mittelwert beträgt 314 kWh pro Lichtpunkt. Als Vergleich dazu beitragen die Mittelwerte in den beiden anderen Gemeinden 241 bzw. 440 kWh pro Lichtpunkt.

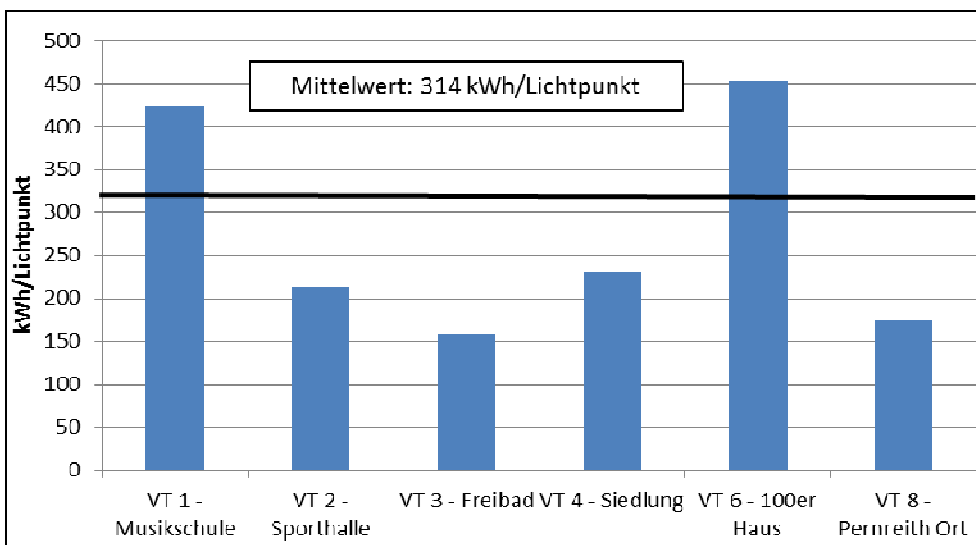


Abbildung 3.8: spezifischer Jahresverbrauch der Verteiler in einer Pilotgemeinde

In Abbildung 3.9 ist ersichtlich, dass die Kombination von Leuchtenart und eingesetzter elektrischer Leistung zu verschiedenen Leuchtdichteniveaus (Beleuchtungsqualität) auf der Straße führen.

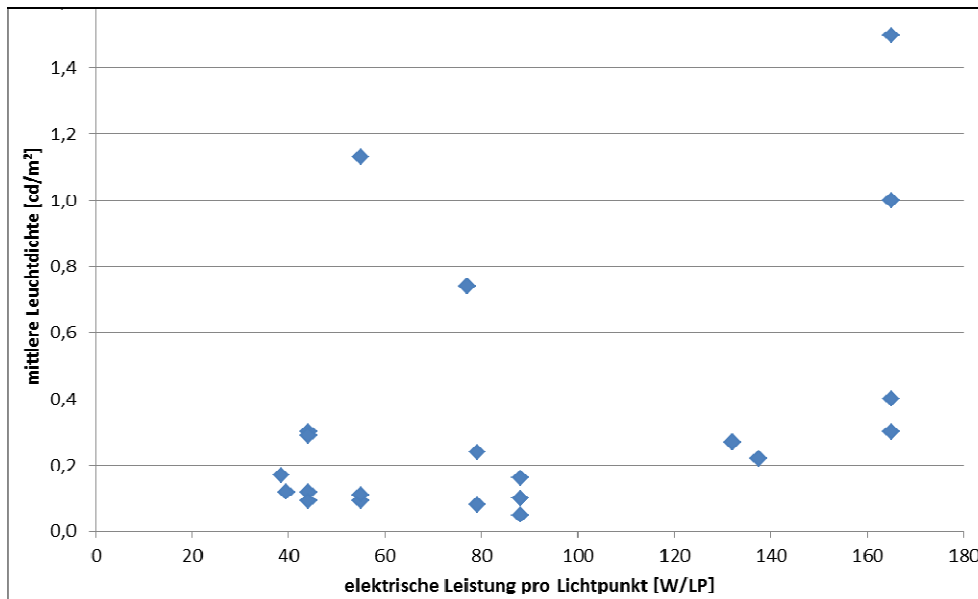


Abbildung 3.9: Lichtpunkteffizienz

Während beispielsweise mit ~ 170 W Anschlussleistung (inkl. Verlustleistung) bei einem dekorativen Leuchtentyp ohne Reflektortechnik nur 0,3 cd/m² erreicht werden, erzielt man mit einer modernen technischen Leuchte bei gleicher elektrischer Anschlussleistung rund 1,5 cd/m². D.h. nur das optimierte Zusammenspiel von Leuchte und Leuchtmittel liefert ein ansprechendes Ergebnis.

Für 5 Straßenbeleuchtungsanlagen wurden in der Zeit der Dämmerung Leuchtdichteprofile anhand von digitalen Leuchtdichtemessungen mit einem Intervall von 1,5 Minuten erstellt. Die Leuchtdichteprofile der Straßenbeleuchtung wurden der vorherrschenden Umgebungsbeleuchtung gegenübergestellt. Abbildung 3.10 zeigt ein Beispiel eines solchen Leuchtdichteprofils.

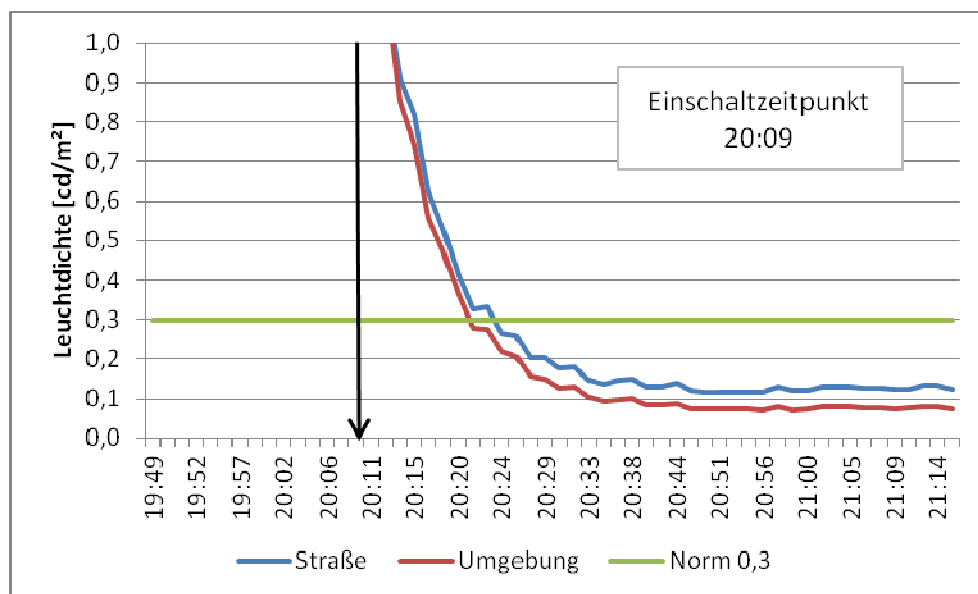


Abbildung 3.10: Beispiel Leuchtdichteprofil, Messung 24. August 2011

In der obigen Abbildung ist deutlich zu erkennen, dass die mit der eingesetzten Energie zwar die Beleuchtung verbessert, aber die Norm nicht erreicht wird

Im Rahmen eines Workshops konnten für die Pilotgemeinden folgende allgemeine Maßnahmen zur Optimierung der Straßenbeleuchtung erarbeitet werden:

- Sanierung/Austausch jener **Lichtpunkte** die mit **Quecksilberdampflampen** bestückt sind. Entsprechende Ersatz-Lampen sind ab 2015 nicht mehr käuflich zu erwerben!
- Mittelfristige Reduktion der eingesetzten **Lichtpunkt-Typen** auf **2 bis 3** verschiedene Typen, die dann bei Sanierungen und/oder Neuerrichtungen zum Einsatz kommen. Die Auswahl der Typen sollte in Abstimmung mit einem Fachplaner erfolgen.
- Sowohl bei elektrotechnischen **Verteiler-Sanierungen** als auch bei der **Neuerrichtung** von Verteilern, sollte angestrebt werden diese im Außenbereich zu installieren (nicht in Privathäusern, Innenhöfen oder öffentlichen Gebäuden), damit sie für eventuellen Wartungsarbeiten immer gut zugänglich sind.
- Mittelfristig sollte eine elektrotechnische Überprüfung **der Kabelübergangskästen und der Mastverkabelungen** – auch dann, wenn nur die Leuchten und nicht die Maste getauscht werden – erfolgen. Bei Bedarf sind diese zu sanieren.
- Im Fall der Neuerrichtung oder Sanierung der Beleuchtung wird empfohlen, die Verkabelung nur noch mit einem **Querschnitt von 5 * 10 mm²** auszuführen.
- Vor Erweiterungen der Straßenbeleuchtung sind die **Leitungslängen und -querschnitte** in Hinblick darauf zu überprüfen ob überhaupt noch weitere Lichtpunkte angeschlossen werden können/dürfen bzw. ob die elektrischen Abschaltbedingungen eingehalten werden.
- Weiterführung des **Energie-Monitorings und Controllings** für die Straßenbeleuchtungsanlage:
Dies bedeutet eine kontinuierliche Betriebs- und Erfolgskontrolle in Bezug auf den Stromverbrauch und die -kosten, wodurch vor allem auch eine laufende Betriebskontrolle nach Optimierungsmaßnahmen durchgeführt werden kann. Darüber hinaus kann man durch das Energie-Monitoring „just in time“ auf eventuelle Veränderungen reagieren.
- Zukünftig sollten für die gesamte Straßenbeleuchtung **Wartungsprotokolle** geführt werden. Dies ist einerseits für das interne Controlling wichtig, andererseits stehen dadurch aber auch für die verantwortlichen Personen stets die wichtigsten Informationen zur Verfügung.
- Bei der Sanierung bzw. Neuerrichtung von Lichtpunkten wird in jedem Fall die **Einbindung** eines **fachlich qualifizierten Lichtplaners** empfohlen.

Anhand der Leuchtdichtemessung in der Zeit der Dämmerung wurde ein mögliches Einsparpotential abgeleitet. Die Ergebnisse zeigen, dass es bei jeder Anlage zu einem verfrühten Einschalten kommt. Durchschnittlich beträgt die Zeitspanne, in der die jeweilig erforderliche Leuchtdichte - $0,3 \text{ cd/m}^2$ bei den untersuchten Gemeindestraßen - noch nicht unterschritten wird zwischen 15 und 20 Minuten (siehe Beispiel Seite 16, Abbildung 3.10). Es kann bei Verwendungen von Dämmerungssensoren davon ausgegangen werden, dass auch das Ausschalten der Beleuchtungsanlage um bis zu 20 Minuten zu spät erfolgt. Hochgerechnet auf die bei Beleuchtungsanlagen durchschnittlichen 4.100 Betriebsstunden ergibt sich somit eine jährliche unnötige Beleuchtungsdauer zwischen 180 und 240 Stunden. Da die jährliche Beleuchtungsdauer in etwa mit dem jährlichen Strombedarf gleichgesetzt werden kann, bedeutet dies, dass rund 4 bis 6 % des Strombedarfs der untersuchten Beleuchtungsanlagen allein durch optimierte Einschaltzeiten eingespart werden könnte.

Weiters wurde der Einfluss der Beleuchtungsanlage auf die Beleuchtungssituation der Straßenoberfläche im Vergleich zur Umgebungsbeleuchtung analysiert. In einer Pilotgemeinde zeigt sich, dass gegen Ende der Messung (21:15) die Leuchtdichte auf der Straßenoberfläche um bis zu 70 % gegenüber der Umgebungsbeleuchtung gesteigert wurde (Abbildung 3.11). Die Normerfüllung wird von lediglich 25 % auf knapp 42 % gesteigert (von $0,07 \text{ cd/m}^2$ auf $0,12 \text{ cd/m}^2$).

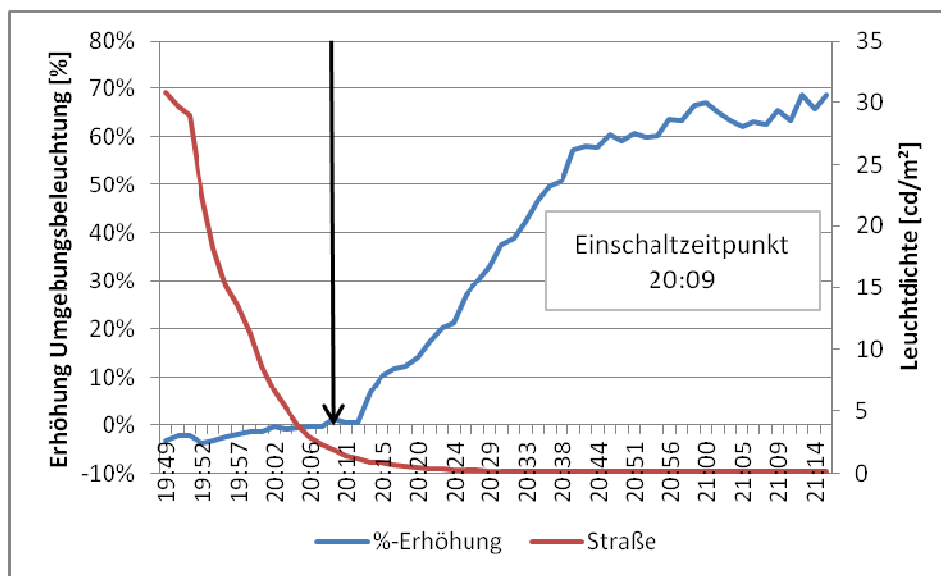


Abbildung 3.11: Beispiel Leuchtdichteprofil, Messung 24. August 2011

Das Problem Lichtverschmutzung bezeichnet die Aufhellung des Nachthimmels durch künstliche Lichtquellen, deren Licht in der Atmosphäre gestreut wird. Es geht also darum, dass natürliches Licht durch künstliches verschmutzt wird. Milliarden von Insekten und Vögeln gehen jährlich in die tödlichen Lichtfallen. Ein anderer Teil der Natur verschwindet ebenfalls zusehends: Der Sternenhimmel ist nur mehr in entlegenen Gebieten zu bewundern und die Milchstraße ist ein Naturphänomen, das vielen Menschen kaum mehr bekannt ist. Darüber hinaus beeinflusst die erhellte Nacht zunehmend den natürlichen Tag-Nacht-Rhythmus des Menschen. Umweltassoziierte Gesundheitsstörungen wie Schlafstörungen, Energielosigkeit

und andere, z.T. schwer wiegende Folgeerkrankungen können die Auswirkungen von Lichtimmissionen auf den Lebensbereich des Menschen sein.

Wir verschwenden enorme Mengen von Energie und Geld für schlechte Beleuchtung, wo wir Gegenstände (auch den Himmel) beleuchten, die wir nicht beleuchten wollen oder brauchen und welche wir für energieineffiziente Lichtquellen und Leuchten verwenden. Allein in den USA wird eine Milliarde Dollar jährlich verschwendet, nur um den Nachthimmel zu beleuchten. Abbildung 3.12 zeigt eine Karte mit der Lichtverschmutzung in Österreich.

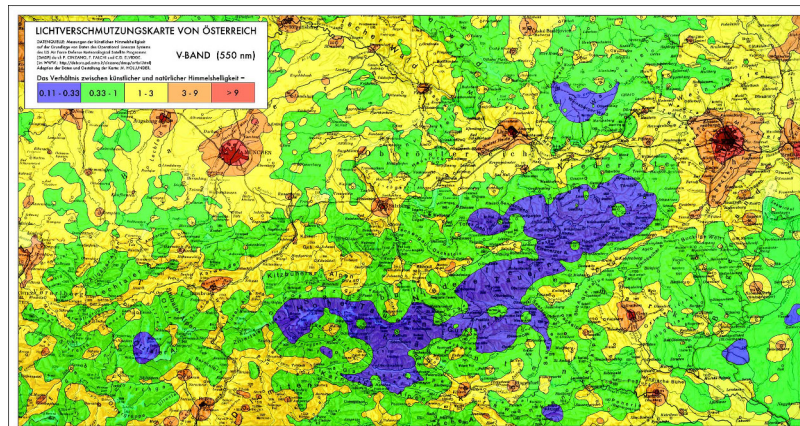


Abbildung 3.12: Lichtverschmutzung von Österreich, Quelle: www.nightsky.at/Obs/LP/LV_DMSP.jpg

Die obenstehende Karte zeigt die Lichtverschmutzung in Österreich anhand einer Satellitenaufnahme. Lediglich das Hochgebirge und einige grenznahe und dünn besiedelte Gebiete sind nur gering belastet. Dabei ist durch eine geschickte Art der Beleuchtung ein Großteil dieser Lichtverschmutzung vermeidbar und bringt zusätzlich eine beträchtliche Energieeinsparung bei gleicher oder besserer Lichtqualität. Das Licht in der obenstehenden Karte wird nutzlos direkt in den Weltraum abgestrahlt - je nach Art der Lichtquelle zwischen 20% und 50% der aufgewendeten Energie!

Im Rahmen eines Projektpartnertreffens wurde eine Expertise (siehe Anhang 5) erstellt, die sich mit diesem Problem beschäftigt.

Der 2-tägige nationale kommunale Straßenbeleuchtungskongress (vom 8.-9.3. im Weingut Thaller, Großwilfersdorf) beschäftigte sich mit dem Thema effiziente Straßenbeleuchtung und den Ergebnissen dieses Projekts. Er wurde vom Projektkonsortium organisiert und durchgeführt. 8 branchenrelevante Top-Experten referierten an 2 Tagen über die wesentlichen Komponenten und sinnvollen Einsatzmöglichkeiten aktueller Technologien in der öffentlichen Beleuchtung.

Am ersten Tag des Kongresses wurden die rund 110 Teilnehmer (siehe Abbildung 3.13) aus ganz Österreich zuerst über den aktuellen Stand der Technik der einzelnen Komponenten einer Beleuchtungsanlage informiert. Anschließend wurden sinnvolle Komplettlösungen betrachtet, neue Systeme und Technologien sowie die Projektergebnisse präsentiert. Mit der Podiumsdiskussion „Interessenskonflikte einer Gemeinde“ schloss der erste Kongresstag. Am zweiten Tag standen neben den rechtlichen Aspekten (Haftungsfragen, Vergaberecht,..) vor allem auch die Gesamtwirtschaftlichkeitsbetrachtung im Vordergrund.



Abbildung 3.13: Teilnehmer am SBL-Kongress

3.2 Schlussfolgerungen

Das Interesse von Gemeinden an energieeffizienter Straßenbeleuchtung ist prinzipiell gegeben, wobei bei den Verantwortlichen das größte Augenmerk auf geringe Investitionskosten gelegt wird. Den Betriebskosten, welche bei einer Gesamtbetrachtung der Straßenbeleuchtungsanlage den größten Anteil haben, wird nur in wenigen Fällen Beachtung geschenkt. Beleuchtungsqualität und Einhaltung von Normen und Richtlinien werden nur selten als Kriterium herangezogen. Vor allem in ländlichen Gemeinden ist es auffällig, dass die Verantwortlichen nur spärliche Informationen über Lichtpunktanzahl, Verteiler, Stromverbrauch etc. Ihrer Straßenbeleuchtungsanlage haben.

Im Zuge der Marktrecherche konnte festgestellt werden, dass es sehr viele Anbieter gibt, die prinzipiell ähnliche Systeme anbieten. Die Installation eines automatischen Energiemanagementsystems ist im Bereich der Straßenbeleuchtung auf Grund der verschiedensten Verteilerstandorte im Gemeindegebiet ziemlich kostenintensiv. Die Installation der Hardware an sich ist zwar relativ einfach, muss aber im Regelfall bei jedem Verteiler durchgeführt werden. Diese Systeme können nicht nur für die Energieverbrauchserfassung sondern auch für Überwachung und Alarmierung eingesetzt werden.

Die Darstellung der Leuchtdichte (Beleuchtungsqualität) anhand von digitalen Leuchtdichtebildern ist für die Verantwortliche leicht verständlich und zeigt auch die Beleuchtung abseits der Straße. Somit wird das Bewusstsein für energieeffiziente Straßenbeleuchtung bei den Verantwortlichen gestärkt. Die Ergebnisse der Leuchtdichtemessungen in der Dämmerung und der erfassten Energieverbrauchsaufzeichnungen zeigen, dass es bei jeder Anlage zu einem verfrühten Einschalten bzw. Ausschalten kommt. Durchschnittlich beträgt die Zeitspanne, in der die jeweiligen Anlagen zu früh ein bzw. zu spät ausschalten zwischen 15 und 20 Minuten.

Die vielen Teilnehmer beim Straßenbeleuchtungskongress (täglich über 100 Teilnehmer) zeigen das große Interesse der Gemeinden vor allem an energieoptimierter Straßenbeleuchtung.

4 Ausblick

Im Bereich energieeffizienter Straßenbeleuchtung sollten auch in Zukunft Forschungs- und Entwicklungsprojekte durchgeführt werden. Das Einsparpotential durch neue Technologie (wie z.B. LED) und die Notwendigkeit auf Grund zukünftig verbotener Leuchtmittel sind jedenfalls gegeben.

Reserven an fossilen Energien nehmen immer schneller ab. Ein vollständiger Ersatz durch alternative Energien benötigt noch einiges an Entwicklungsarbeit. Daher ist es sinnvoll, sich um einen energieeffizienten Betrieb von Anlagen zu bemühen. Auch im Bereich der öffentlichen Beleuchtung ist es von Nutzen, sich Gedanken über einen möglichst effizienten Einsatz von Energie zu machen: Die einfachste Lösung wäre es die Beleuchtung zu reduzieren und damit den Energieverbrauch zu verringern. Weniger Beleuchtung bedeutet aber auch weniger Sicherheit. Andere Lösungen bilden intelligente Systeme um bei möglichst wenig Strombedarf eine bestmögliche Beleuchtungsqualität zu erreichen. Hier Ideen einzubringen und zu investieren ist die langfristig bessere Lösung.

Die Optimierungsmaßnahmen für die öffentliche Beleuchtung stellen sicher, dass durch verbraucherseitige Maßnahmen der Energiebedarf reduziert wird. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei reduziertem Energieverbrauch die Beleuchtungsqualität gleich bleibt bzw. verbessert wird. Durch die optimierte Beleuchtungsanlage wird auch ein geringerer Wartungs- und Instandhaltungsaufwand garantiert. Den Verantwortlichen werden im Rahmen des Projektes das Bewusstsein gestärkt, dass sich vor allem in Erhöhung der Ressourcen- und Energieeffizienz widerspiegelt. Nach der Einführung des Energiemanagementsystems kann sichergestellt werden, dass es durch verbraucherseitige Maßnahmen zu einer markanten Reduktion des Energiebedarfs und somit zu CO₂-Einsparungen kommt.

Durch die Installierung von Energiemanagementsystemen werden Entwicklungsarbeiten und Tätigkeiten zur Stärkung von neuen und vor allem energieeffizienten und zukunftsweisenden Technologien gefördert. Weiterentwicklungen werden forciert und nachhaltig sinnvolle Lösungen werden erarbeitet. Verringerte Kosten (Energie-, Wartungs- und Instandhaltungskosten) und Emissionen sowie erhöhte Verkehrssicherheit bei Nacht werden erreicht.

5 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 3.1: Beispiel Verteilerdokumentation.....	10
Abbildung 3.2: Beispiel Leuchtendokumentation	10
Abbildung 3.3: Auszug aus der Datenbank der Marktrecherche.....	11
Abbildung 3.4: Beispiel: Tagesvergleich verschiedener Verteileranlagen	12
Abbildung 3.5: Beispiel Leuchtdichtemessung.....	13
Abbildung 3.6: täglicher Stromverbrauch pro VT in einer Pilotgemeinde	14
Abbildung 3.7: jährliche Betriebsstunden der Verteiler einer Pilotgemeinde	15
Abbildung 3.8: spezifischer Jahresverbrauch der Verteiler in einer Pilotgemeinde	15
Abbildung 3.9: Lichtpunkteffizienz.....	16
Abbildung 3.10: Beispiel Leuchtdichteprofil, Messung 24. August 2011	16
Abbildung 3.11: Beispiel Leuchtdichteprofil, Messung 24. August 2011	18
Abbildung 3.12: Lichtverschmutzung von Österreich, Quelle: www.nightsky.at/Obs/LP/LV_DMSP.jpg	19
Abbildung 3.13: Teilnehmer am SBL-Kongress	20
Tabelle 3.1: Kenngrößen der öffentlichen Beleuchtung in den 3 Pilotgemeinden	9

IMPRESSUM

Verfasser

Lokale Energieagentur – LEA GmbH
Auersbach 130, 8330 Feldbach
Tel.: 0043-3152-8575-500
Fax: 0043-3152-8575-510
E-Mail: office@lea.at
Web: www.lea.at

Projektpartner

PEW Technik & Service GmbH, Abt. Licht
und Service

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
E-Mail: office@klimafonds.gv.at
Web: www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige
Verantwortung für den Inhalt dieses
Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise
die Meinung des Klima- und Energiefonds
wider.

Weder der Klima- und Energiefonds noch
die Forschungsförderungsgesellschaft
(FFG) sind für die Weiternutzung der hier
enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH