

Umrüstungskonzept öffentliche Beleuchtung

Technischer Bericht Strassenbeleuchtung



Auftraggeber: Gemeinde Emmen, Rüeggisingerstrasse 22, 6020 Emmenbrücke

Dok. Nr.: 51.2501-12.1
Datum: 28.08.2026

Auftrags-Nr.: 51.2501
Rev.: 2.1

Verfasser:



SILUX AG, Hochdorferstrasse 1, 6020 Emmenbrücke
Tel 041 240 36 37, Mail info@silux.ch

Zusammenfassung

Im Auftrag der Gemeinde Emmen hat die SILUX AG ein Konzept für die Umrüstung der öffentlichen Beleuchtung auf LED erarbeitet. Das vorliegende Umrüstungskonzept baut auf dem abgeschlossenen Vorkonzept auf, in dem die Gemeinde die wesentlichen Grundsatzentscheide zu Formsprache, Lichtfarbe und Steuerung getroffen hat. Diese drei Themen sind – neben der Energieeffizienz – zentral für die Umweltverträglichkeit: Mensch, Flora und Fauna sollen durch die Wahl geeigneter Leuchten und Lichtfarben vor unnötigen Lichtimmissionen geschützt werden.

Die Zustandserfassung zeigt ein erhebliches Verbesserungspotential: Die Strassenbeleuchtung ist grösstenteils mit energieintensiven, überalterten Leuchtmitteln ausgestattet und wird auf weiten Strecken ohne Nachtabsenkung betrieben.

Ist-Kennzahlen der Strassenbeleuchtung der Gemeinde Emmen (Stand 2025)

Lichtpunkte Total	1657 Stück
LED-Leuchten	193 Stück
Natriumdampfleuchten	1335 Stück
Sonstige Leuchten	129 Stück

Eine moderne Strassenbeleuchtung soll folgenden Punkten entsprechen:

- Rücksichtnahme auf die Umwelt bei der Wahl von Leuchte und Leuchtmittel
- sinnvolle Beleuchtung von Konfliktzonen, Anhalte- und Annäherungsstrecken
- gute Längsgleichmässigkeit; möglichst nur die Fahrbahn beleuchten
- gute vertikale Beleuchtungsstärke im Bereich von Fussgängerübergängen

Konzept

Das Konzept legt die Umrüstung für 1404 von 1464 Leuchten fest. Die Differenz kommt zustande, weil ein Teil der Leuchten an private abgetreten oder in einem Strassenbauprojekt umgesetzt werden. Nachfolgend die Kernpunkte:

Leuchten / Formsprache:

Einheitliche, auf wenige Typen reduzierte Formsprache mit Leuchten der Firma Schröder (technisch: Teceo S / Teceo 1; dekorativ: Flexia Top / DP), abgestimmt auf das Leuchtersortiment der CKW bezüglich Wartung und Unterhalt.

Lichtfarbe:

2700 K im Siedlungsgebiet, 2200 K in naturnahen Bereichen (Schutz von Fledermäusen und Insekten), 3000 K für Kantonsstrassen und Unterführungen – in der Ausführung sind noch Änderungen möglich

Steuerung:

Ablösung der Rundsteuerung durch ein Lichtmanagementsystem mit Dimmkalendern und – wo sinnvoll – Sensorik.

Energie:

Die Umrüstung senkt die Anschlussleistung von rund 141 kW auf 50 kW und spart jährlich rund 390'000 kWh bzw. CHF 70'000 (≈ 64.5 %). Mit Dimmkalendern sind weitere 20–40 % auf die 50 kW möglich.

Kosten:

Die Gesamtinvestition (Submission bis Abschluss) beträgt rund CHF 2.38 Mio. (inkl. MWST, ±10 %).

Umsetzung:

in drei Etappen (2027–2029); für die Beschaffung wird die Aufteilung in drei Lose (Leuchtenlieferung, Steuerung, Montage) empfohlen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Vorgehen	6
3	Vorgaben und Grundlagen.....	7
4	Rahmenbedingungen für Strassenbeleuchtung	7
4.1	Allgemein	7
4.2	Beleuchtungsklassen	7
4.3	Konfliktzonen	7
4.4	Fussgängerübergänge	7
5	Komponenten einer Beleuchtungsanlage	7
5.1	Leuchten	7
5.2	Leuchtmittel.....	8
5.3	Kandelaber.....	8
5.4	Steuerbaustein	8
5.5	Sensoren	8
6	Strassenbeleuchtung der Gemeinde Emmen	9
6.1	Ist-Zustand	9
6.2	Beleuchtungsklassen	9
6.3	Formsprache	10
6.4	Besonderheiten	11
6.5	Lichtfarbe	12
7	Steuerungsvarianten (Vorkonzept).....	13
7.1	Systemvergleich	13
8	Bauprojekt (Umrüstungskonzept)	15
8.1	Leuchten	15
8.2	Lichtfarbe	6
8.3	Energieeinsparungen	9
8.4	Steuerung.....	9
9	Etapplierung	11
10	Kosten	12
10.1	Betrieb und Instandandhaltung	12
11	Submission	12
12	Anhang	13

Abbildungen

Abbildung 1: Ist-Bestand Leuchtmittel	9
Abbildung 2: bestehende technische Leuchten	10
Abbildung 3: mögliche technische Ersatzleuchten	10
Abbildung 4: bestehende dekorative Leuchten	10
Abbildung 5: mögliche dekorative Ersatzleuchten.....	11
Abbildung 6: Mehrstufige Autarke Absenkung.....	14
Abbildung 7: Flexibel mehrstufige Absenkung	15
Abbildung 8: Managementsystem	15
Abbildung 9: Amtsvariante technische Leuchte.....	15
Abbildung 10: Amtsvariante dekorative Leuchte	3
Abbildung 11: Formsprache Emmen	4
Abbildung 12: Formsprache Emmen Nord	4
Abbildung 13: Formsprache Emmenbrücke.....	5
Abbildung 14: Formsprache Waldibrücke	5
Abbildung 15: Lichtfarbe Emmen	7
Abbildung 16: Lichtfarbe Emmen Nord	7
Abbildung 17: Lichtfarbe Emmenbrücke	8
Abbildung 18: Lichtfarbe Waldibrücke	8

Tabellen

Tabelle 1: Beleuchtete Strassen und Beleuchtungsklassen.....	9
Tabelle 2: Leuchten zur Abschaltung und Rückbau	11
Tabelle 3: Leuchten zur Übergabe	12
Tabelle 4: Vergleich zur Effizienz in Abhängigkeit zur Lichtfarbe	13
Tabelle 5: Stückzahlen zu den Allgemeinen Formsprachen	3
Tabelle 6: Übersicht Leuchtenmodelle.....	3
Tabelle 7: Aufteilung der Lichtfarben	6
Tabelle 8: Hochrechnung der resultierenden Einsparungen	9
Tabelle 9: Empfohlene Dimmkalender	9
Tabelle 10: Vergleich Ausschreibungsmethode.....	13

Abkürzungen

LED	Leuchtdiode (Light Emitting Diode)
EN	Europäische Norm
CKW	Centralschweizerische Kraftwerke AG (Netzbetreiberin)
ZHAGA	Zhaga-Konsortium – herstellerübergreifender Schnittstellen-Standard (Sockel)
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
D4i	DALI-basierte Schnittstelle (Daten + Energie im Sockel)
FGS	Fussgängerstreifen
FGÜ	Fussgängerübergang
SB	Strassenbeleuchtung
SLG	Schweizer Licht Gesellschaft
SNR	registrierte Regel (Schweizer Norm)
LVK	Lichtstärkeverteilungskurve
MWST	Mehrwertsteuer
BAFU	Bundesamt für Umwelt
GU	Generalunternehmer
PKW	Personenwagen
NIS	Netzinformationssystem

1 Einleitung

Die bestehende Strassenbeleuchtung in der Gemeinde Emmen soll in den nächsten Jahren auf LED-Leuchten umgerüstet werden. Gleichzeitig ist bei der Wahl der Leuchten und bei der Lichtfarbe der Einbezug ökologischer und ökonomischer Gesichtspunkte zu berücksichtigen.

Der vorliegende Bericht zeigt die ersten Resultate der Ist-Erfassung und soll die Gemeinde bezüglich folgender drei technischer Hauptkriterien informieren:

- Formsprache
- Lichtfarbe
- Steuermöglichkeiten

Die daraus resultierenden Entscheidungen der Gemeinde sind für die Erstellung des Umrüstungskonzeptes von entscheidender Bedeutung.

2 Vorgehen

Mit dem Vorkonzept werden die wichtigsten Entscheide der Gemeinde abgeholt, welche für das Umrüstungskonzept von Bedeutung sind.

Im Umrüstungskonzept werden pro Strassenabschnitt die Formsprache der Leuchten und die Leistungen festgelegt. Daraus können die Stückzahlen für die spätere Ausschreibung ermittelt werden.

Vorkonzept (Abgeschlossen)

- Erfassen der installierten Leuchtentypen aus bestehender Leuchtenliste CKW
- Erfassen der Strassen und Abschnitte im QGIS als PostGIS-Karten
- Ermitteln der Beleuchtungsklassen
- Vorkonzept für die wichtigsten Entscheidungen
- Sitzungen mit der Gemeinde

Umrüstungskonzept (vorliegendes Dokument)

- Verifizieren der Beleuchtungsklassen
- Bestimmung der Umweltzonen (muss durch die Gemeinde Emmen erfolgen)
- Allfällige Rückbauten festlegen
- Standardstreckenberechnungen pro Strassenabschnitt (Siehe Anhang Beispielberechnung)
- Festlegen der Leuchtentypen pro Strassenabschnitt (Formsprache / Lichtfarbe / Leistung)
- Steuerungskonzept erstellen (Nachtabenkung, Nachtabeschaltung)
- Abschlussdossier (Bericht) mit Energiespar- und Ersatzmassnahmen inkl. Kostenvoranschlag
- Normprüfung der Fussgängerstreifen ist nicht Bestandteil des Konzeptes (Eigenständiges Projekt)

Ausschreibung

- Erstellen eines Leistungsverzeichnisses für komplette Strassenbeleuchtung
- Erstellen der öffentlichen Submission
- Kontrolle der Angebote mit Vergabeantrag
- Aufzeigen der grössten Schwachstellen der Anbieter und deren Angebote

3 Vorgaben und Grundlagen

Folgende Vorgaben und Grundlagendokumente sind bei der Erarbeitung des Projekts zu beachten:

- Strassenbeleuchtung – Norm SNR 13201-1 und SN EN 13201-2 bis 5
- Richtlinien SB SLG 202:2021
- BAFU-Empfehlung zur Vermeidung von Lichtemissionen, UV-2117: 2021
- NIS- Pläne der Leuchtenstandorte

4 Rahmenbedingungen für Strassenbeleuchtung

4.1 Allgemein

Die Strassenbeleuchtung hat zwei Hauptfunktionen, die Sicherheit im Strassenverkehr zu erhöhen und das Sicherheitsgefühl und das Wohlbefinden zu verbessern. Es ist aber wichtig zu erwähnen, dass es von Seite der Normen keine Vorgaben oder Empfehlungen gibt, wann eine Strassen- oder Wegbeleuchtung notwendig ist. Die VSS-Norm 40241 «Querung für den Fussgänger und leichten Zweiradverkehr» gibt vor, dass ein Fussgängerstreifen ausreichend beleuchtet sein muss. Das betrifft Strassen mit einer signalisierten Geschwindigkeit von 40 Km/h bis 60 Km/h über eine maximale Strecke von 108 m pro Fussgängerstreifen. Dies stellt aber keine allgemein Beleuchtungspflicht für die übrigen Strassenabschnitte dar. Die in der Schweiz gültigen Normen und Richtlinien zur Strassen- und Wegbeleuchtung machen Vorgaben wie eine Beleuchtung auszulegen ist.

Grundsätzlich gilt: Es muss keine Beleuchtung erstellt werden. Wird jedoch eine Beleuchtung installiert, muss diese den geltenden Normen entsprechen.

4.2 Beleuchtungsklassen

Jede beleuchtete Strasse muss gemäss der SNR 13201-1 klassifiziert und entsprechend beleuchtet werden. Massgebend für die Einstufung sind unter anderem die Tempolimits, der Benutzermix und das durchschnittliche tägliche, respektive das stündliche Verkehrsaufkommen.

4.3 Konfliktzonen

Dies sind Flächen, auf denen sich entweder motorisierte Verkehrsströme kreuzen oder sich Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern (zum Beispiel mit Radfahrern) ergeben können. Diese werden nach Norm, eine Klasse stärker beleuchtet. Die Konfliktzonen werden bei einer regulären Beleuchtungsplanung bei jedem Strassenzug festgelegt und entsprechend ausgelegt. Für die Umrüstung in der Gemeinde Emmen wird in erster Linie die Standardstrecke ohne Konfliktzone berechnet. Der Einbezug der Konfliktzonen erfolgt in der Phase Ausschreibung rein numerisch und muss im Ausführungsprojekt insbesondere für die Sammel- und Verbindungsstrassen, verfeinert werden.

4.4 Fussgängerübergänge

Fussgängerstreifen (FGS) müssen nach VSS-Norm 40241 beleuchtet werden. Querungshilfen (ohne Markierung) sind nicht zwingend zu beleuchten. Beleuchtete Fussgängerübergänge, ob markiert oder nicht, müssen gemäss Norm eine minimale vertikale Beleuchtungsstärke aufweisen und über beide Anhaltestrecken korrekt beleuchtet sein. Sind die minimalen vertikalen Beleuchtungsstärken aufgrund der bestehenden Anordnungen nicht möglich, kann der FGS über die Anhaltestrecke wie eine Konfliktzone behandelt werden.

5 Komponenten einer Beleuchtungsanlage

5.1 Leuchten

Als Leuchte wird das Gehäuse bezeichnet, welches das Leuchtmittel und die notwendigen Betriebsgeräte enthalten. Es ist in verschiedensten Materialien und Formen erhältlich. Eine Leuchte sollte so gebaut sein, dass die Betriebsgeräte und das Leuchtmittel ausgewechselt werden können. Die Lebensdauer eines Gehäuses sollte für ca. 30 Jahre ausgelegt sein.

5.2 Leuchtmittel

Das Leuchtmittel ist in der Leuchte integriert und besteht aus der LED-Platine und dem zugehörigen Treiber. Die LED-Leuchtmittel sind meistens für ca. 20 Jahre ausgelegt. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass der LED-Treiber während der Lebensdauer der Platine einmal ersetzt werden muss. Ein Austausch der LED-Platinen, wie es bei anderen Leuchtmitteln der Fall ist (z.B. LED-„Glühbirnen“ mit E27 Gewinde), ist in der Regel nicht vorgesehen und muss, wenn notwendig, in einer Werkstatt erfolgen. Die ersten Projekte mit LED-Leuchten (landesweit) erreichen zurzeit ihre Nutzungslebensdauer. In ein bis zwei Jahren kann, mit verifizierten Daten bezüglich Nutzungsdauer und Zustand gerechnet werden. Es zeichnet sich ab, dass die Leuchtengehäuse in der Regel in einem sehr guten Zustand sind.

5.3 Kandelaber

Kandelaber sind die Träger der Leuchten. Sie sind in unterschiedlichen Bauformen, Materialien und Lichtpunkthöhen erhältlich. Es wird mit einer Lebensdauer von 25 Jahren gerechnet. Bei einem regelmässigen Unterhalt kann die Lebensdauer verlängert werden.

Es gibt diverse Firmen, welche einen werterhaltenden Unterhalt anbieten. Bei Stahlkandelabern bedeutet dies vor allem Korrosionsschutzarbeiten. Diese umfassen folgende Punkte:

- Reinigen / Entrosten
- Erneuern der Beschichtung
- Sockelerneuerungen
- Fussbeschichtungen

Die Arbeiten können wegen den Witterungsbedingungen nur zwischen Mai und September ausgeführt werden und sollten wenn möglich in grösserer Anzahl ausgeführt werden (ab ca. 50 Stück).

Neben Kandelabern können Strassenleuchten auch mit anderen Montagesystemen installiert werden. Dazu gehören z.B. Seilabspannungen und Wandausleger.

5.4 Steuerbaustein

Steuerbausteine können in die Leuchte integriert sein oder als externen Bauteil ergänzt werden. Interne Bausteine werden in der Regel nur durch den Hersteller verbaut. Externe Bausteine müssen in einem separaten Gehäuse am Kandelaber befestigt werden.

Die neuste und mittlerweile am häufigsten Schnittstelle für externe Bausteine sind in die Leuchte integrierte Sockel (ZHAGA-Sockel, D4i). Über diese können die Bausteine auf die Leuchte geschraubt werden. Der Baustein ermöglicht die Verbindung zu einem Managementsystem, welches Änderungen von fern erlaubt oder für die Generierung eines lokalen Netzwerkes, das mittels eines Bedienungsgerätes (App auf Smartphone oder Tablet) Anpassungen innerhalb des Erfassungsbereiches zulässt.

5.5 Sensoren

Der ZHAGA-Sockel lässt auch das Installieren von Sensoren zu. Sensoren können einfache Bewegungssensoren, Radarerfassungen oder Kamerasysteme sein. Es sind auch Sensoren zum Erfassen von Umweltdaten erhältlich. Nicht alle Sensoren sind mit allen Steuerbausteinen interoperabel.

6 Strassenbeleuchtung der Gemeinde Emmen

6.1 Ist-Zustand

In der Gemeinde sind bereits wenige LED-Leuchten verbaut (193 Stück). Der grösste Teil der Beleuchtung ist jedoch noch mit veralteten Leuchtmitteln ausgestattet (1464 Stück). Von diesen sind 1404 für die Umrüstung vorgesehen. Die Differenz kommt zustande, weil ein Teil der Leuchten an private abgetreten oder in einem Strassenbauprojekt umgesetzt werden.

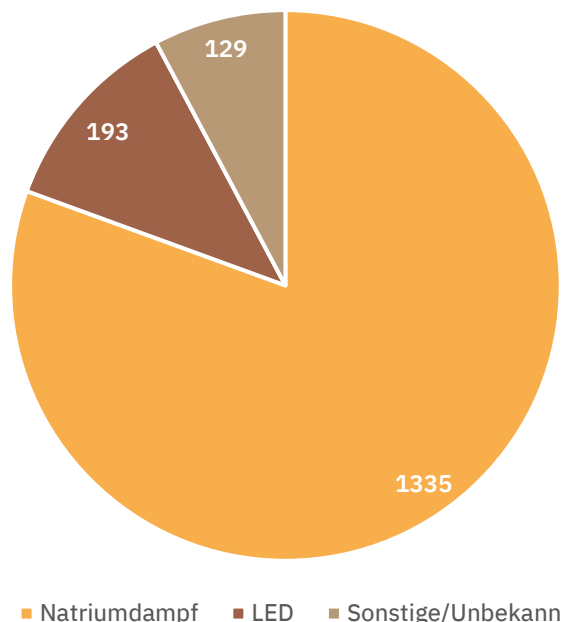


Abbildung 1: Ist-Bestand Leuchtmittel

Bei der ersten Besprechung mit der Gemeinde wurde festgelegt, dass Leuchten verwendet werden sollen, welche vom Kanton respektive von der CKW bereits eingesetzt werden. Dies hat den Vorteil, dass die Leuchten der CKW bestens bekannt sind. Somit sind bezüglich der Wartung und des Unterhalts, keine längeren Wartefristen zu erwarten. Die möglichen Produkte sind im Anhang A und B einzusehen.

HINWEIS: Bis zum Start der Umrüstung ist vorgesehen, dass die Kandelaber bereits geprüft (Statik, Beschädigungen) und wo nötig saniert sind.

6.2 Beleuchtungsklassen

Für das Umrüstungskonzept wurden folgende Beleuchtungsklassen ermittelt:

Tabelle 1: Beleuchtete Strassen und Beleuchtungsklassen

Beleuchtungsklasse	Beleuchtungsstärke	Gleichmässigkeit	Beleuchtete Strasse
C3	15 Lux	0.40	0.180 km
C4	10 Lux	0.40	0.157 km
C5	7.5 Lux	0.40	6.828 km
C6	5 Lux	0.40	0.968 km
P3	7.5 Lux	0.15	0.403 km
P4	5 Lux	0.15	13.149 km
P5	3 Lux	0.15	27.756 km
P6	2 Lux	0.15	10.161 km
Total			59.603 km

Die Längenangaben sind keine exakten Werte, sondern sollen nur einen Eindruck für die ungefähren Ausmasse der Beleuchtung geben.

6.3 Formsprache

Die Formsprache der installierten Leuchten wurde in der Vergangenheit vermutlich nicht berücksichtigt und jeweils gerade passend zum Strassenabschnitt eine mögliche Leuchte installiert. Dies hat dazu geführt, dass über die Jahre eine grosse Anzahl Leuchten mit verschiedensten Formen installiert wurden. Bei der Erneuerung der Strassenbeleuchtung soll nun die Formsprache der Leuchten berücksichtigt werden. Daraus folgt ein klares und einheitliches Statement pro Strassenabschnitt.

Die technischen sowie die dekorativen Leuchten sollten auf zwei bis drei mögliche Formtypen reduziert werden, so dass eine gewisse Individualität weiterhin verliehen werden kann.

Für Sonderleuchten ist zusammen mit der Gemeinde jeweils eine vom Konzept unabhängige Lösung anzustreben.

6.3.1 Technische Leuchten

Nachfolgend eine kleine Zusammenstellung der installierten technischen Leuchten und den möglichen Ersatzprodukten.

Typ-SR



Typ-Lunoide



Typ-Koffer



Typ-NYX



Abbildung 2: bestehende technische Leuchten

Typ-Teceo (S/1/2)



Typ-Lumistreet



Typ-SL21



Typ-LIQ



Abbildung 3: mögliche technische Ersatzleuchten

Die Formsprache ist schlicht und schmal gehalten. Das Ziel dieser Leuchten ist, das Licht möglichst auf die Strasse zu bringen und Lichtverschmutzungen in Richtung Himmel zu vermeiden. Jeder Hersteller hat für seine Leuchten eine eigene Lichtstärkeverteilung (LVK), was sich auf die Ausleuchtung der Strasse und schlussendlich auf die Effizienz der Strassenbeleuchtung auswirkt.

6.3.2 Dekorative Leuchten

Nachfolgend eine kleine Zusammenstellung der installierten dekorativen Leuchten und den möglichen Ersatzprodukten.

Typ-Schötz



Typ-Madrid



Typ-Diskus



Typ-Rodalux



Abbildung 4: bestehende dekorative Leuchten

Typ-Flexia Top (Mini/Midi)



Typ-Lumantix



Typ-Flexia DP



Abbildung 5: mögliche dekorative Ersatzleuchten

Dekorative Leuchten werden meistens in Quartieren oder Gehwegbereichen eingesetzt. Früher waren dies vorwiegend symmetrisch strahlende Leuchten, welche das Licht kreisförmig oder kugelförmig abgegeben haben. Ziel ist es, mit den neuen Leuchten die Lichtverschmutzung für die nicht genutzten Bereiche zu reduzieren, ohne eine rein technische Leuchte verwenden zu müssen. Es ist zwingend darauf zu achten, dass das Licht von oben nach unten ausgestrahlt wird. Je nach Hersteller sind bei den dekorativen Leuchten unterschiedliche LVK erhältlich. Vor- und Nachteile bezüglich der Formsprache und der Lichtverschmutzung sind bei diesen Leuchten gegeneinander abzuwägen.

6.4 Besonderheiten

6.4.1 Abschaltungen

Im Prozess der Ausarbeitung dieses Konzeptes, wurden oder werden bereits einige Leuchten probeweise ausgeschaltet. Das betrifft vor allem folgende Leuchten (nicht abschliessend):

- Alleinstehende Leuchten
- Leuchten ausserhalb des Siedlungsgebietes
- Leuchten für rein motorisierten Verkehr (keine Fussgänger und Radfahrer)
- Leuchten welche privates Gelände beleuchten (nur teilweise)

Die Ausschaltung erfolgt ohne eine Demontage und kann ohne grössere Aufwendungen wieder rückgängig gemacht werden. Sollten Beschwerden eingehen, werden diese geprüft. Gibt es berechtigte Beschwerden, werden die Leuchten wieder in Betrieb genommen und im Rahmen der Umrüstung ersetzt.

Betroffen sind folgende Lichtpunkte/Leuchten

Tabelle 2: Leuchten zur Abschaltung und Rückbau

Mast-Nr.	Standort	Grund
W8-1 und W8-6	Horüti - Chörbli	Punktuelle Beleuchtung ausserhalb des Siedlungsgebietes
S3-4A bis S3-4J	Emmen Center	Nur motorisierter Verkehr, richtungsgetrennt
S3-6 bis S3-7	Emmen Center	Nur motorisierter Verkehr, richtungsgetrennt
U4-1 bis U4-2	Neu Adlige	Punktuelle Beleuchtung ausserhalb des Siedlungsgebietes
R14-1 bis R14-2	Hüslemoos	Punktuelle Beleuchtung ausserhalb des Siedlungsgebietes
W7-6 bis W7-8	Waldibach	Naturnah und nicht nach Norm
A4-6	Adligen	Naturnah und nicht nach Norm
P1-1	Mooshüsli-Wald	Naturnah und nicht nach Norm
W-1	Weeri	Punktuelle Beleuchtung ausserhalb des Siedlungsgebietes
R14-3	Rotterswil	Punktuelle Beleuchtung ausserhalb des Siedlungsgebietes
W4-4 bis W4.7	Waltwil	Punktuelle Beleuchtung ausserhalb des Siedlungsgebietes

6.4.2 Übergabe an Grundstücksbesitzer oder Stockwerkeigentümer

Es gibt einige wenige Kandelaber, welche nicht zum öffentlichen Raum bzw. zu den Strassen und Wege gehören. Im Rahmen der Umrüstung, soll dieser Umstand bereinigt werden. Diese Lichtpunkte, sofern der eigentliche Nutzniesser / Grundstückbesitzer diese Beleuchtung nicht übernehmen will, werden zurückgebaut.

Betroffen sind folgende Leuchten:

Tabelle 3: Leuchten zur Übergabe

Mast-Nr.	Standort	Grund
K2-2	Kühnweg	kein Durchgangsweg
R11-2	Auto Center Hammer	private Parkplatzbeleuchtung
R13-1	Sternen Emmen Dorf	private Parkplatzbeleuchtung
P11-2	Parkplatz Sonnenplatz	private Parkplatzbeleuchtung
M5-1	Centro Pappa Giovanni	kein öffentlicher Durchgangsweg
P2-2 und P2-3	Kirche St. Mauritius	Kirchgemeinde Emmen

6.5 Lichtfarbe

6.5.1 Allgemeines

Die Lichtfarbe der Strassenbeleuchtung hat sich in der Vergangenheit jeweils dem technischen Stand der Leuchtmittel angepasst. Dadurch ist die Lichtfarbe einem stetigen Wandel ausgesetzt. Von weissem Licht (3500-4200 K) bei Quecksilberdampflampen über gelbes Licht (2200-2700 K) bei den Natriumdampflampen bis hin zu den LED-Strassenleuchten (2000-6000 K).

Heute werden nur noch LED-Leuchten verbaut. Dies hat vor ca. 20 Jahren begonnen. Damals wurde insbesondere die bessere Farberkennung bei 4000 K der LED-Leuchten hervorgehoben und so für kälteres Licht geworben. In den letzten Jahren hat eine starke Sensibilisierung stattgefunden bezüglich des Einflusses der Lichtfarbe auf Menschen, Flora und Fauna, so dass mehrheitlich die Lichtfarbe 3000 K eingesetzt wird.

Für naturnahe Gebiete sind wärmere Lichtfarben zu empfehlen. Dies verhindert zum Beispiel, dass durch das Licht der Jagdkorridor von Fledermäusen gestört wird. Auch in Bezug auf das Anlocken von Insekten sind gemäss Naturschutzorganisationen wärmere Lichtfarben zu verwenden.

Erhältlich sind, je nach Leuchtenhersteller, Leuchten mit den Lichtfarben 1800 K, 2000 K, 2200 K, 2700 K, 3000 K und 4000 K. Wobei mit abnehmender Farbtemperatur der Energieverbrauch für die gleiche Lichtstärke zunimmt. Somit muss bei der Installation von Strassenleuchten jeweils abgewogen werden, welche Umweltfaktoren stärker zu gewichten sind. Ist es der Schutz von Menschen, Flora und Fauna von ungewünschtem Licht oder ist der Energieverbrauch und somit auch der CO₂-Abdruck stärker zu berücksichtigen.

6.5.2 Lichtfarbe und Leistung

Mit den vorgeschlagenen Leuchten haben wir, für drei Lichtfarben (2200 K, 2700 K und 3000 K), eine Hochrechnung zur Effizienz abhängig von der Lichtfarbe angestellt. Nachfolgend die Resultate:

Tabelle 4: Vergleich zur Effizienz in Abhängigkeit zur Lichtfarbe

Lichtfarbe	Ø Effizienz	Leistung	Energie/a	Kosten/a	zu 3000 K
3000 K	155.3 lm/W	51.0 KW	219'358 kWh	CHF 39'484	—
2700 K	149.5 lm/W	53.0 KW	227'869 kWh	CHF 41'016	+3.9 %
2200 K	134.5 lm/W	58.9 kW	253'281 kWh	CHF 45'591	+15.5 %

Die Daten basieren auf den 1404 Leuchten, welche in der Gemeinde auf LED umgerüstet werden.

Aus der Tabelle können folgende Feststellung entnommen werden:

- LED-Leuchten mit 2700 K haben im Mittel einen 4 % höheren Energiebedarf und ca. CHF +1'500.- Mehrkosten pro Jahr
- LED-Leuchten mit 2200 K haben im Mittel einen 15.5 % höheren Energiebedarf und ca. CHF +6'000.- Mehrkosten pro Jahr

Was aus der Betrachtung nicht hervorgeht, ist der zusätzliche Treibhausgasausstoss durch den höheren Stromverbrauch. Bei einem Mittelwert von 90 g/kWh erzeugt eine Lichtfarbe von 2200 K einen zusätzlichen Ausstoss von ca. 3 kg Treibhausgas.

7 Steuerungsvarianten (Vorkonzept)

7.1 Systemvergleich

System	Vorteile	Nachteile	Empfehlung & Kosten Investition/Unterhalt
7.1.1 Rundsteuerung	– Bewährt – Infrastruktur vorhanden – kein zzgl. Betriebskosten	– Nur Ein/Aus – Max. eine Dimmstufe – Technologie wird zurzeit abgelöst – Keine individuellen Zeiten möglich – keine Störungsmeldung	Empfehlung für das gesamte Strassennetz anwendbar Kosten – tief/tief
7.1.2 Autark Steuerung	– Mehrstufige Dimmung – keine laufenden Kosten – Kann mit Sensoren für die dynamische Steuerung ergänzt werden (z.B. Bewegungsmelder)	– Änderungen nur vor Ort – Je nach Leuchte zusätzliche Komponenten notwendig – keine Störungsmeldung – Benötigt Ein/Ausschaltbefehl¹	– nur für einzelne Quartierwege oder Rad-/Gehwege – Kein flächendeckender Einsatz – moderat/tief (Einzelanlage) hoch/hoch (Flächendeckend)
7.1.3 Managementsystem	– Flexible und individuelle Anpassungen (365 Tage) – Echtzeit Fernüberwachung – Störungsmeldungen – Kann mit Sensoren für die dynamische Steuerung ergänzt werden (z.B. Bewegungsmelder) – Kann mit Sensoren für die Umweltdatenerfassung ausgerüstet werden (Lärm, Temperatur, Aufprall usw.)² – Messung des Energieverbrauches pro Leuchte	– Zusätzliche Komponenten notwendig – Verwaltungsaufwand	– für das gesamte Strassennetz anwendbar – hoch/moderat

¹ Muss über den Tag stromlos sein.

² Benötigt eine dauernde Stromversorgung (365 Tage 24h). Je nach Leuchte ca. 7 kWh bis 23 kWh pro Jahr

7.1.1 Rundsteuerung

Rundsteuerung wurde während Jahrzehnten zur Steuerung von elektrischen Verbrauchern wie Boilern, Speicherheizungen und der Strassenbeleuchtung eingesetzt. Mit der Einführung moderner Smart Meter und intelligenter Steuerungssysteme wird die Rundsteuertechnik jedoch zunehmend ersetzt. Die bisherigen Rundsteuerempfänger werden nach und nach demontiert, da viele Funktionen heute direkt über die neuen Zähler oder andere Kommunikationssysteme übernommen werden können. Ein weiterer Nachteil der Rundsteuerung ist ihre geringe Flexibilität: Schaltzeiten und Dimmstufen können nur mit entsprechendem Aufwand angepasst werden und bieten im Vergleich zu modernen Lichtmanagementsystemen deutlich weniger Möglichkeiten. Ausserdem kann mit diesem System nicht gewährleistet werden, dass die Normwerte jederzeit eingehalten werden.

7.1.2 Autarke Steuerung

Die Leuchten werden über das Rundsteuersignal ein- und ausgeschaltet jedoch erfolgt eine mehrstufige Reduzierung der Leuchten. Eine autarke Steuerung kann weder die Dämmerung feststellen noch die effektive Zeit messen. Elektronische Uhren benötigen eine regelmässige Synchronisation und sind über kurz oder lang ungenau.

Mit dem Einschalten der Leuchte wird über einige Tage hinweg die Einschaltdauer gemessen und als Konstante gespeichert. Mit diesen Daten wird jeden Tag aufs Neue eine künstliche Mitternacht ermittelt (50 % der Einschaltdauer).

Die Dimmstufen sowie die entsprechenden Zeiten müssen vorgängig festgelegt werden. Im Werk wird das Dimmprofil direkt auf das Betriebsgerät programmiert oder es muss ein zusätzlicher Steuerbaustein eingebaut werden. Eine Änderung der Werte kann unter entsprechendem Aufwand bei jeder Leuchte direkt vor Ort vorgenommen werden. Da bei diesem System jede Leuchte unabhängig voneinander ist, können leichte Verzögerungen der Schaltzeiten entstehen.

Für vielbefahrene Strassen ist das System eher ungeeignet, da die Einhaltung der Norm nicht zu jedem Zeitpunkt gewährleistet werden kann. Dies ist technisch nicht möglich.

Gewisse Hersteller bieten auch autarke Steuerungen mit Sensoren (Bewegungsmelder) zur dynamischen Steuerung an. Aufgrund der Gewährleistungsgarantie, können nicht beliebig Steuerungen und Leuchten kombiniert werden.

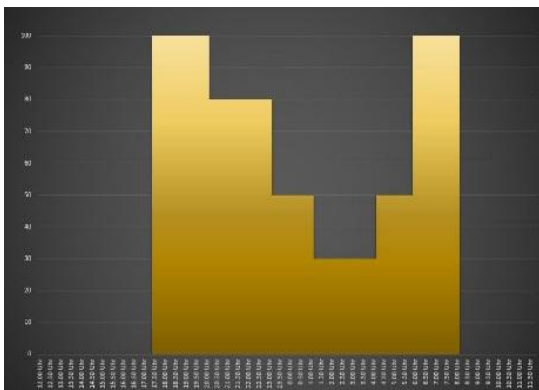


Abbildung 6: Mehrstufige Autarke Absenkung

7.1.3 Managementsystem

Die Leuchten werden über einen Steuerbaustein (ZHAGA-Schnittstelle mit D4i-Zertifizierung) in ein Lichtmanagementsystem eingebunden. Dort werden die Leuchten gruppiert und mit Dimmkalendern versehen. Es sind Ausnahmetage möglich, wie z.B. Adventtage, 1. August, Weihnachten, Fasnacht usw. Die Dimmstufen können bei Bedarf übersteuert werden.

Zusätzlich melden die Leuchten dem System ihre Betriebsdaten (aktueller Verbrauch, Gesamtverbrauch, Betriebsstunden usw.). Ausfälle oder mögliche Störungen der Leuchten können direkt aus dem System bezogen werden. Durch die Rückmeldung des Stromverbrauchs kann die Energieabrechnung durch das Werk vorgenommen werden, ohne dass die Anlage einen eigenen Netzanschluss mit Zähler benötigt.

Bei diesem System fallen zusätzliche Kosten in der Beschaffung und dem Unterhalt (Betrieb und Hosting) an.

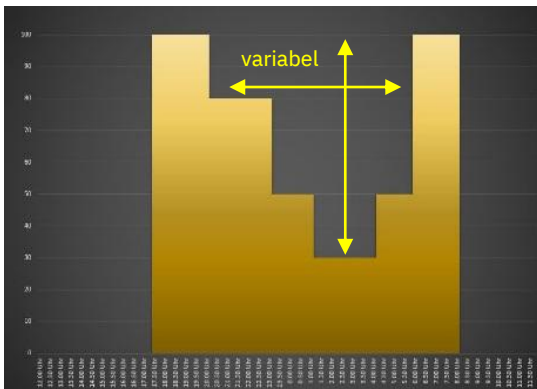


Abbildung 7: Flexibel mehrstufige Absenkung

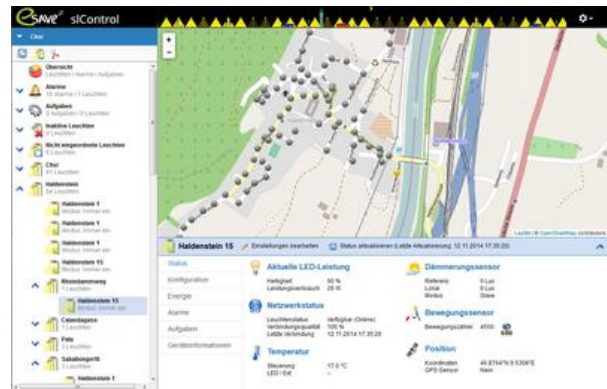


Abbildung 8: Managementsystem

Neben den Dimmkalendern sind auch dynamische Steuerungen über Sensoren (Bewegungsmelder) möglich. Wo eher konstanteres Verkehrsaufkommen erwartet wird, kann auch Verkehrsdaten von dritten zugegriffen werden (Google, Garmin). Natürlich sind auch eigene Daten aus der eigenen Verkehrsdatenerfassung möglich.

Die ZHAGA-Schnittstelle bietet ausserdem die Möglichkeit, Sensoren zur Erfassung von Umweltdaten einzusetzen. Diese können als separater Sensor oder in Kombination mit dem Steuerbaustein verbaut sein. Die Vielfalt der Sensoren ist gross, es können zum Beispiel Temperatur, Feuchtigkeit oder Lärm gemessen werden. Inzwischen können gewisse Sensoren auch Erschütterungen, also z.B. das Anfahren eines Kandelabers durch ein PKW oder die Neigung eines Kandelabers nach einem Sturm erfasst werden. Das bedingt aber eine durchgängige Stromversorgung (365 Tage 24 h), was wiederum einen höheren Stromverbrauch pro Jahr ergibt. Je nach Leuchte zusätzlich ca. 7 kWh bis 23 kWh.

8 Bauprojekt (Umrüstungskonzept)

8.1 Leuchten

Generell soll die bestehende Formsprache der Leuchten beibehalten werden. Die Netzbetreiberin CKW, welche auch für den Unterhalt der Leuchten in der Gemeinde Emmen sorgt, hat in ihrem Sortiment Leuchten der Firma Schröder. Daher wurde für das Umrüstungskonzept Leuchten dieses Herstellers gewählt.

8.1.1 Sammel-, Durchfahrts- und Quartierstrassen

Es wird ein einheitlicher Leuchtentyp angestrebt. Für die Umrüstung sollen technischen Leuchten durch eine Leuchte vom Typ Schröder Teceo S oder Teceo 1 ersetzt werden. Diese Leuchten sind die von der CKW bereits am häufigsten verwendeten Leuchtentypen für die Strassenbeleuchtung, sowohl in den Luzerner Gemeinden als auch im Privatbereich. Dort wo in der Gemeinde Emmen bereits Umrüstungen auf LED-Leuchten stattgefunden haben, kamen meist auch LED-Leuchten der Firma Schröder zum Einsatz. Der grösste bereits umgerüstete Abschnitt befindet sich an der Erlenstrasse.

Typ-Teceo 1 und Teceo S

Abbildung 9: Amtsvariante¹ technische Leuchte

¹ Eine Amtsvariante ist das offizielle, von der Vergabe- oder Bauherrschaft (der Behörde oder dem Amt) vorgearbeitete Standardprojekt bei einer öffentlichen Ausschreibung. Sie dient im Submissionsexpertenrecht als verbindliche Basis und Vergleichsgrundlage, gegen die Firmen eigene Lösungsvorschläge (Unternehmervarianten) einreichen können.

8.1.2 Quartierstrassen und Fuss-/Radwege

In Bereichen, wo dekorative Leuchten eingesetzt werden, soll die bestehende Formsprache beibehalten werden und durch einen einheitlichen Leuchtentyp ersetzt werden. Basierend darauf wird der einheitliche, flexible Typ „Flexia Top / DP“ vorgeschlagen.

Typ-Flexia DP



Typ-Flexia Top



Abbildung 10: Amtsvariante dekorative Leuchte

8.1.3 Formsprache

Bei der Mehrheit der Leuchten handelt es sich um technische Leuchten. In der Regel sind diese ohne grössere Probleme umzurüsten. Bei den dekorativen Leuchten und den Unterführungsleuchten sind eher Probleme zu erwarten, da je nach Befestigungsmethode und/oder Mast grössere Differenzen unter den einzelnen Leuchtenmodell vorkommen.

Tabelle 5: Stückzahlen zu den Allgemeinen Formsprachen

Leuchtentyp	Anzahl
Technische Mastleuchte	1143
Dekorative Mastleuchte	165
Unterführungsleuchte	81
Technische Seilleuchte	15
Total	1404

In der nachfolgenden Tabelle können die Stückzahlen des Umrüstungskonzeptes entnommen werden. In der Ausführungsplanung kann es noch Anpassungen an den Stückzahlen geben.

Tabelle 6: Übersicht Leuchtenmodelle

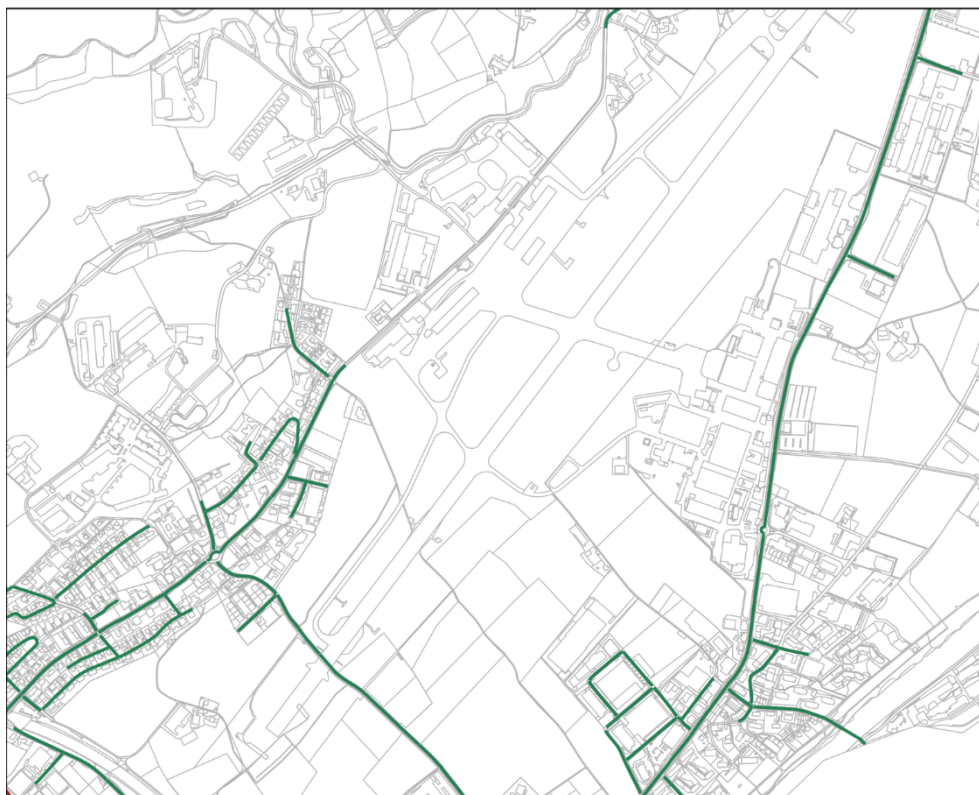
Modell	Lichtfarbe	Anzahl
Teceo 1	2700 K	735
Teceo 1	2200 K	54
Teceo S	2700 K	275
Teceo S	2200 K	79
Flexia DP	2700 K	64
Flexia DP	2200 K	30
Flexia Top	2700 K	63
Flexia Top	2200 K	8
DEXO (Seilleuchte)	2700 K	15
Unterführungsleuchten / Sonderleuchten	3000 K	81



- Dekorative Mastleuchte — Technische Seilleuchte
— Technische Mastleuchte — Unterführungsleuchte



Abbildung 11: Formsprache Emmen



- Dekorative Mastleuchte — Technische Mastleuchte



Abbildung 12: Formsprache Emmen Nord



- Dekorative Mastleuchte — Technische Seilleuchte
— Technische Mastleuchte — Unterführungsleuchte



Abbildung 13: Formsprache Emmenbrücke



- Technische Mastleuchte



Abbildung 14: Formsprache Waldibrücke

8.1.4 Einzeleuchten, Spezialleuchten und Leuchten mit Spezialmasten

Für einige Leuchtentypen wurden noch keine definitiven Ersatzprodukte festgelegt. Das hat insbesondere folgende Gründe:

- Bei Sondermasten müssen zuerst Aufnahmen durch einen Unternehmer gemacht werden. Die Dimensionen und Beschaffenheit des Zopfes kann erst nach einer Leuchtendemonstration erfasst werden.
- Es sind Individuelle Lösungen notwendig, z.B. in Unterführungen, Gebäude oder Unterständen
- Bei einzelnen Standorten müssen die Masten geschnitten und angepasst werden, damit die neue Leuchte montiert werden können.

8.2 Lichtfarbe

Auf Sammelstrassen und auch in den Quartierstrassen wird eine einheitliche Lichtfarbe von 2700 K eingesetzt. Naturnahe Gebiete und naturnahe Quartiere werden einheitlich mit 2200 K beleuchtet.

Auf eine flächendeckende Beleuchtung mit 2200 K wird verzichtet, da dies starken Einfluss auf die Effizienz der Beleuchtung hätte (siehe Kap. 6.5.2).

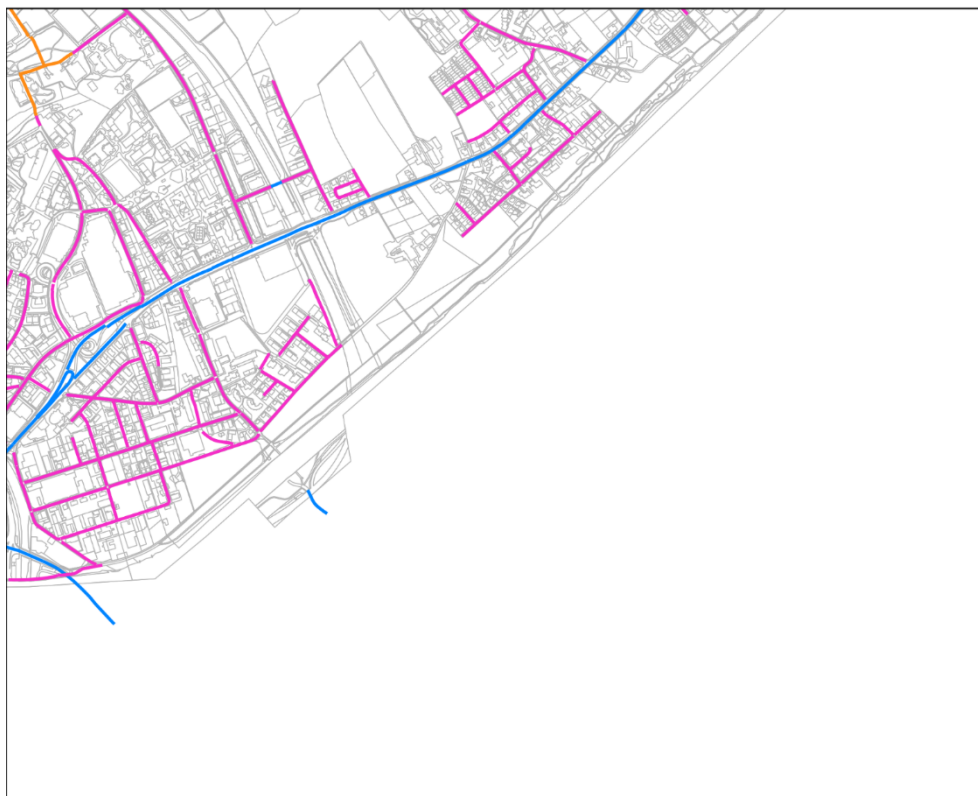
Tabelle 7: Aufteilung der Lichtfarben

Lichtfarbe	Bemerkung	Anzahl	Anteil
2200 K	naturnahe Bereiche	171	12.2 %
2700 K	Siedlungsgebiet	1152	82.1 %
3000 K	Unterführungs-/Gebäudeleuchten	81	5.7 %
Total		1404	100 %

8.2.1 Übersichten Lichtfarben

In den nachfolgenden Kartenausschnitten sind die unterschiedlichen Lichtfarben der Strassenbeleuchtung ersichtlich. Die Sammel- und Quartierstrassen erhalten eine Lichtfarbe von 2700 K. Strassen in naturnahen Bereichen erhalten Lichtfarbe von 2200 K.

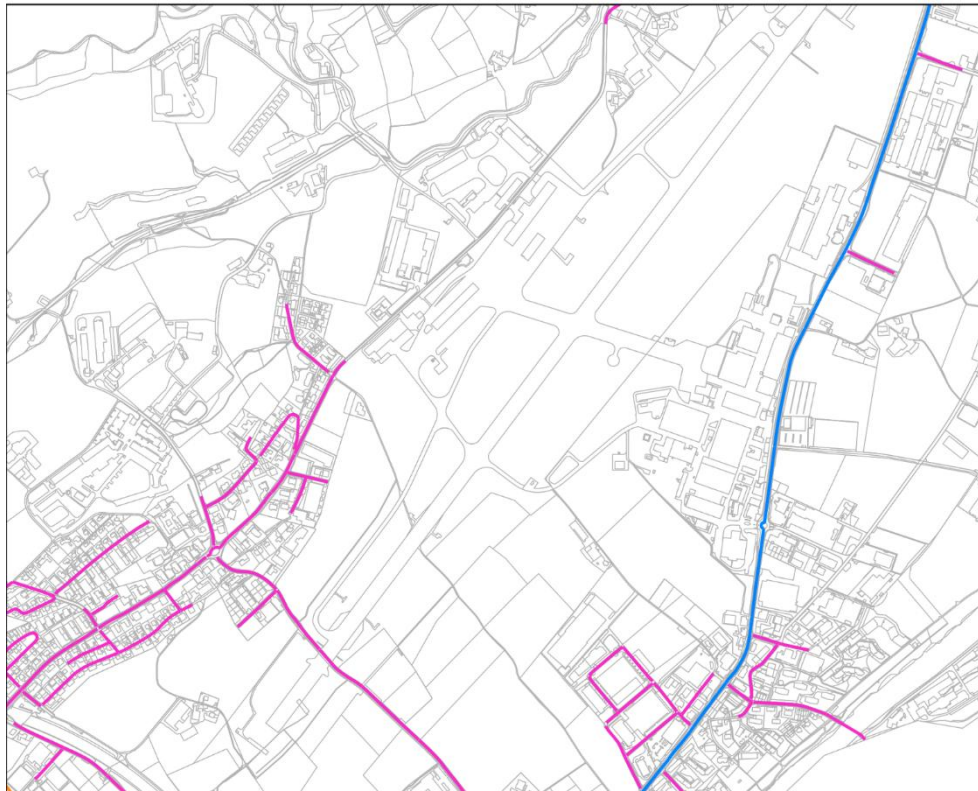
Gemäss kantonaler Vorgabe sollen die Kantonsstrassen künftig mit Leuchten in der Lichtfarbe 3000 K ausgerüstet werden. In der Gemeinde Emmen wurden bereits einzelne Strassenabschnitte saniert. Den vorhandenen Daten zufolge wurde bei den neu installierten Leuchten eine Lichtfarbe von 3000 K verwendet. Es ist jedoch möglich, dass Abweichungen bestehen. Einige Abschnitte enthalten bereits einzelne Lichtpunkte, die auf LED umgerüstet wurden und eine Lichtfarbe von 3000 K aufweisen.



— 3000K (Gemeinde best. LED) — 2200K
— 2700K



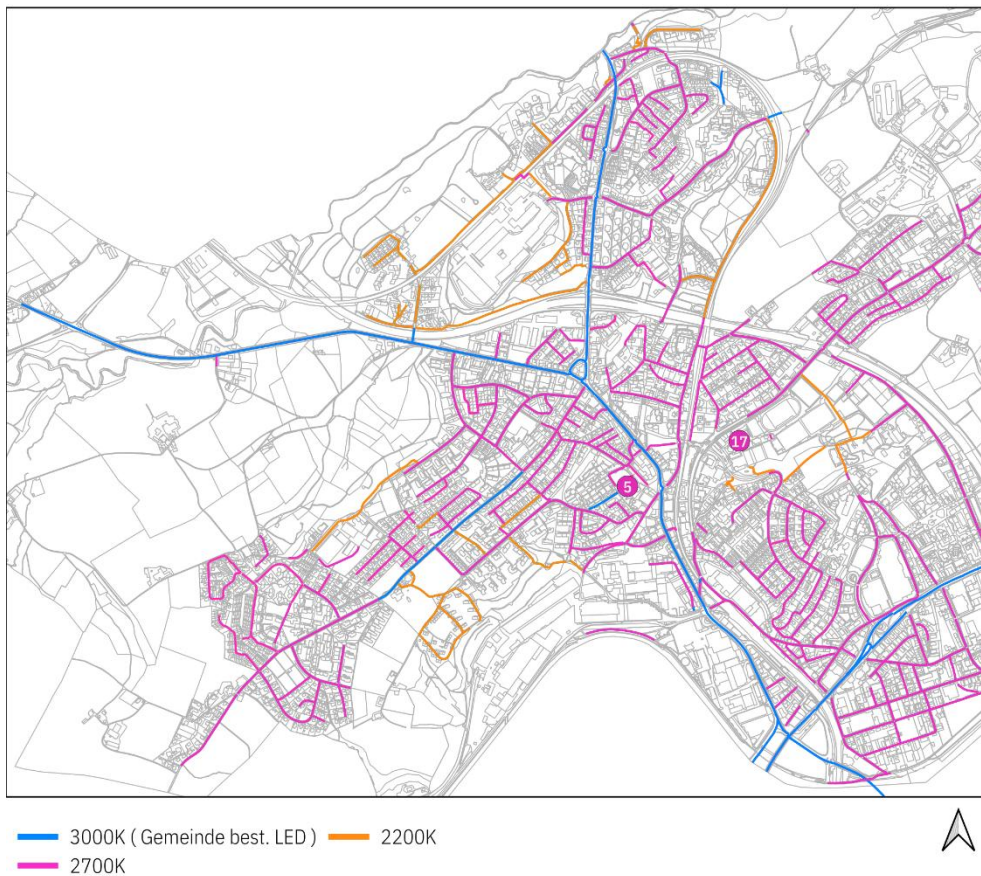
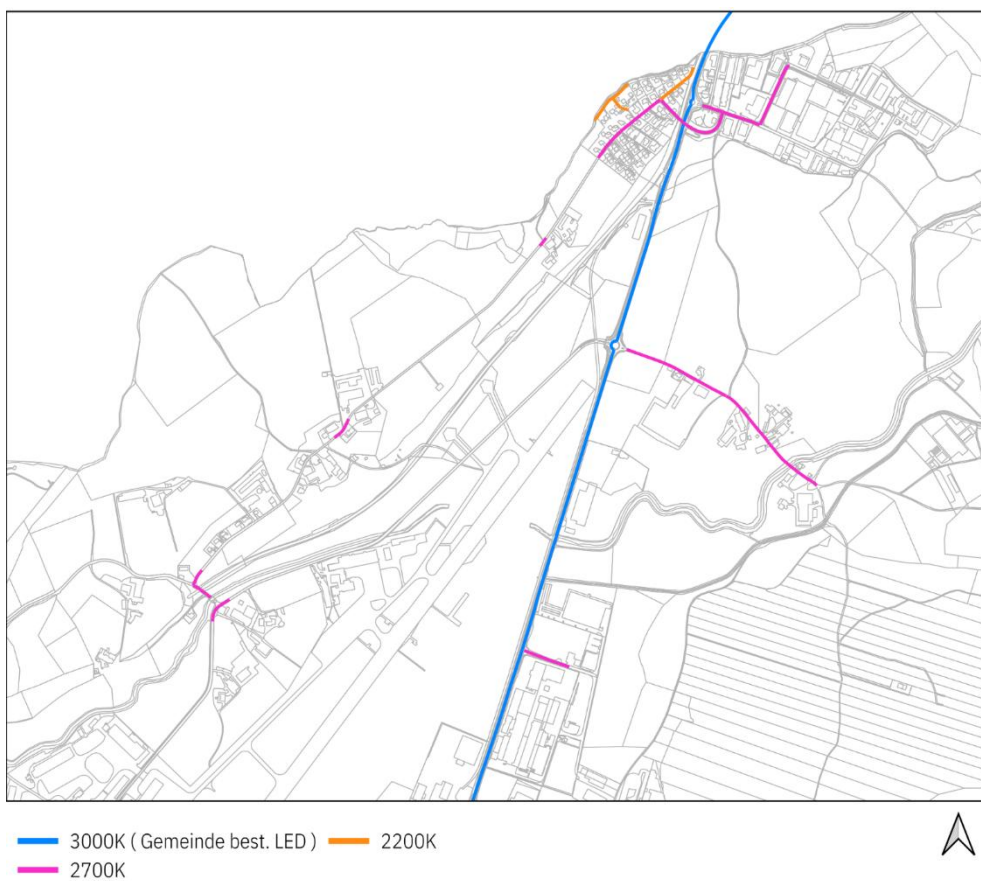
Abbildung 15: Lichtfarbe Emmen



— 3000K (Gemeinde best. LED) — 2200K
— 2700K



Abbildung 16: Lichtfarbe Emmen Nord

**Abbildung 17: Lichtfarbe Emmenbrücke****Abbildung 18: Lichtfarbe Waldibrücke**

8.3 Energieeinsparungen

Die nachstehende Tabelle zeigt die potenziellen Einsparungen nach der Umrüstung. Es handelt sich um eine Hochrechnung. Diese Zahlen können von den effektiven Werten abweichen.

Für die Hochrechnung wurde von einer jährlichen Betriebsdauer von 4300 h/a pro Leuchte und einem Energiepreis von 0.18 CHF/kWh ausgegangen.

Je nach Steuersystem und Dimmkalender, können die Einsparungen noch weiter erhöht werden. Je nach Konzept nochmals um 20 % bis 40 %. Bei einer Nachtabstaltung von ganzen Quartieren noch wesentlich mehr.

Tabelle 8: Hochrechnung der resultierenden Einsparungen

Leuchte	Stk	Alte Leistung	Neue Leistung	Reduktion	Einsparung Energie/a	Einsparung Kosten/a
Teceo 1	789	94.2 kW	37.3 kW	60.4 %	244'627 kWh	CHF 44'033
Teceo S	354	29.4 kW	7.4 kW	74.9 %	94'591 kWh	CHF 17'026
Flexia DP	94	6.8 kW	1.9 kW	71.5 %	20'782 kWh	CHF 3'741
Flexia Top	71	4.7 kW	1.3 kW	72.5 %	14'616 kWh	CHF 2'631
Unterführungsleuchten	81	3.6 kW	1.2 kW	66.9 %	10'496 kWh	CHF 1'889
DEXO	15	2.2 kW	0.9 kW	58.0 %	5'474 kWh	CHF 985
Total	1404	140.8 kW	50.0 kW	64.5 %	390'591 kWh	CHF 70'306

8.4 Steuerung

Für die Gemeinde Emmen wird ein Lichtmanagementsystem und je nach Situation geeignete Sensoren empfohlen. Damit ist die Ablösung der Rundsteuerung sichergestellt und die Weichen für ein zukunftssichere Beleuchtungssteuerung sind gestellt.

Es wird vorerst empfohlen die Dauerstromversorgung¹ nur dort zu realisieren, wo sie auch wirklich benötigt wird, sprich dort wo effektiv Daten erhoben werden sollen (Sensoren für Temperatur, Lärm usw.). Zum Zeitpunkt der Ausarbeitung dieses Konzeptes sind keine Lichtpunkte mit einer Dauerstromversorgung vorgesehen. Die Umstellung auf die Dauerstromversorgung zieht immer Anpassungen an den Installationen und somit Kosten nach sich. Der Standbybetrieb von über 1600 Leuchten würde sich um einen minimalen zusätzlichen Jahresverbrauch von 11'000 kWh erhöhen.

8.4.1 Dimmkalender - Empfehlung

Für die Dimmkalender werden folgende Empfehlungen gemacht:

Tabelle 9: Empfohlene Dimmkalender

Bereich	Nennklasse	Dämmerung -22:00	22:00 -00:00	00:00-05:00	05:00-Dämmerung
Gemeindliche Hauptstrassen	C3 / C4	100 %	80 %	60 %	100 %
Sammelstrassen	C5 / P4	100 %	75 %	50 %	100 %
Quartierstrassen	P4 / P5	100 %	60 %	40 %	70 %
Fuss- und Radwege	P4 / P5	100 %	60 %	40 %	70 %
Parkanlagen / wenig frequentiert	P6	70 %	40 %	20 %	50 %

An den Wochenenden kann man die zweite Absenkung für Haupt-, Sammel- und Quartierstrassen auch erst um 1:30 vornehmen.

¹ Zum Zeitpunkt der Ausarbeitung dieses Konzeptes wurden Sensoren mit eigener Energieversorgung (Akku, Superkondensator) zur Überbrückung des Tages angekündigt. Damit könnte je nach Messanforderung auf eine Dauerstromversorgung verzichtet werden.

Begründung

- Hauptstrassen – MIV/ÖV/Velo auch nachts, Knoten, Sicherheit
Knoten max. eine Klassenstufe absenken, übrige Streckentiefnachts C6. Morgens früh wieder voll (Pendlerverkehr).
- Sammelstrassen – Verteilfunktion, abends noch Verkehr
moderate Absenkung, tiefnachts halbe Leistung.
- Quartierstrassen – nachts fast nur Anwohner
zwei Stufen runter erlaubt (P4→P6). Morgens sanft angehoben.
- Fuss-/Radwege – hier zählt das subjektive Sicherheitsempfinden (keine Angsträume):
wo keine Sensorik zum Einsatz kommt, soll das Beleuchtungsniveau nicht zu tief sein, mit Bewegungsmelder tiefes Grundniveau + bis zu 100 % bei Präsenz.
- Parkanlagen / wenig frequentiert – tiefste Frequenz, Ökologie (Dark-Sky, Insekten, nachtaktive Tiere)
tiefste Absenkung oder Teilnachtsabschaltung bzw. Präsenzschtaltung.

Die Dimmkalender können nach und nach noch verfeinert werden. Es wird aber empfohlen sich auf eine begrenzte Zahl von Dimmkalender zu beschränken, da es ansonsten unübersichtlich werden kann.

8.4.2 Empfehlungen nach Einsatzgebiet

Gemeindliche Hauptstrassen

Da auf Hauptstrassen auch während der Nacht ein regelmässiges Verkehrsaufkommen besteht, kann gut auf Verkehrsdaten von Drittanbietern zurückgegriffen werden (Google, TomTom). Zusätzliche Messungen haben keinen wesentlichen Mehrwert. Bei geringem Verkehrsaufkommen wird die Beleuchtungsstärke automatisch reduziert. Steigt das Verkehrsaufkommen, wird die Beleuchtung entsprechend erhöht. Dadurch wird der Energieverbrauch reduziert, ohne die Verkehrssicherheit zu beeinträchtigen.

Sammelstrassen

Auf Sammelstrassen sind sowohl Daten von Dritten als auch eigene Messungen über Sensoren sinnvoll. Dies muss individuell pro Sammelstrasse festgelegt werden.

Quartierstrassen

Für Quartierstrassen wird eine mehrstufige Dimmung empfohlen. In Wohngebieten mit geringem Nachtverkehr können zusätzlich Radarsensoren oder Bewegungsmelder eingesetzt werden. Die Beleuchtung wird dabei beispielsweise auf 30 bis 50 % gedimmt und bei erkannter Bewegung oder Fahrzeugen kurzzeitig auf 100 % erhöht. Dadurch bleibt eine gute Ausleuchtung gewährleistet, während gleichzeitig Energie eingespart wird.

Fuss- und Radwege

Auf Fuss- und Radwegen wird eine sensorbasierte Beleuchtung empfohlen. Im Normalbetrieb wird die Beleuchtung auf ein tiefes Grundniveau von beispielsweise 20 bis 30 % gedimmt. Erkennt ein Sensor Fussgänger oder Velofahrer, werden die betroffenen Leuchten sowie benachbarte Leuchten automatisch auf 100 % hochgedimmt. Nach einer definierten Zeit wird die Beleuchtung wieder auf das Grundniveau zurückgeregelt. Dadurch werden die Sicherheit als auch die Energieeffizienz verbessert und gleichzeitig die Lichtemissionen reduziert.

Parkanlagen und wenig frequentierte Bereiche

In Parkanlagen, Grünanlagen oder auf wenig frequentierten Wegen empfiehlt sich der Einsatz einer Dimmkalender-Steuerung. Die Schalt- und Dimmzeiten können dabei an den Fahrplan des öffentlichen Verkehrs angepasst werden. So kann die Beleuchtung beispielsweise eine Stunde nach der letzten Busverbindung auf eine minimale Lichtleistung reduziert oder bei Bedarf vollständig ausgeschaltet werden.

9 Etappierung

Das Projekt soll in drei Etappen umgesetzt werden. Der Umsetzungszeitraum wurde auf 3 Jahre angesetzt.

Etappe 1

- Ausführungsplanung
- Umrüstung der technischen Leuchten
- Detailaufnahmen der Sonderleuchten und Sondermasten
- Bearbeitung Reklamationen und Verbesserungsmassnahmen

Etappe 2

- Ausführungsplanung
- Bearbeitung Reklamationen und Verbesserungsmassnahmen (Etappe 1 und 2)
- Umrüstung der dekorativen Leuchten
- Umrüstung der Unterführungsleuchten (Aufputz, 1:1 Ersatz)

Etappe 3

- Ausführungsplanung
- Umrüstung der Sonderleuchten und Leuchten auf Sondermasten
- Umrüstung der Einbausonderleuchten (Unterführungen, Gebäude)
- Bearbeitung Reklamationen und Verbesserungsmassnahmen (Etappe 2 und 3)
- Umsetzung von kleineren Projekten (neue Standorte, Standorte versetzten, Rückbauten)
- Abschluss

Etappe	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Submission/Ausführungsplanung (2027)												
Etappe 1 (2028)												
Etappe 2 (2029)												
Etappe 3 (2030)												

 Ausschreibung

 Lieferfristen

 Ausführungsplanung

 Ausführung Etappe 1

 Ausführung Etappe 2

 Ausführung Etappe 3

 Aufnahmen durch Unternehmer (Spezialitäten)

 keine Arbeiten / Reserve

 Nachbearbeitung Abrechnung Etappe 1

 Nachbearbeitung Abrechnung Etappe 2

 Nachbearbeitung und Schlussausmass 3

Von November bis Mitte Februar werden keine Arbeiten ausgeführt. Dies einerseits witterungsbedingt und andererseits werden im November die Adventsbeleuchtungen montiert und in Betrieb genommen.

10 Kosten

1 Lieferung und Montage		1'620'000.00
1.1 Lieferung technische Leuchten		712'000.00
1.2 Lieferung dekorative Leuchten		158'000.00
1.3 Lieferung Diverse Leuchten		98'000.00
1.4 Umrüstungsarbeiten		492'000.00
1.5 Planung und Koordination (Unternehmer)		60'000.00
1.6 Verkehrsregelung		15'000.00
1.7 Abschluss		85'000.00
2 Steuerung		255'000.00
2.1 Komponenten & Lizenzen		190'000.00
2.2 Montage		43'000.00
2.3 Planung (Lieferant)		22'000.00
3 Übriges		158'000.00
3.1 Eventualpositionen		53'000.00
3.2 Regie, Reserve		105'000.00
Zwischensumme Investition		2'033'000.00
4 Planung		169'000.00
41 Submission		29'000.00
51 Ausführungsplanung		37'000.00
52 Ausführungsplanung		57'000.00
53 Abschluss		46'000.00
Zwischensumme		2'202'000.00
zuzüglich MWST	8.1 % von 2'202'000.00	178'362.00
Total ±10 %		2'381'000.00

10.1 Betrieb und Instandandhaltung

Die nachfolgenden Betriebs- und Instandhaltungskosten sind pro Jahr zu verstehen.
Nicht enthalten sind Anpassungen an der Beleuchtung sowie der Steuerung.

1 Betrieb und Instandhaltung		29'500.00
1.1 ÖB-Infrastruktur		15'000.00
1.2 Sicherheitsnachweis an das ESTI	alle 5 Jahre, Kostenanteil pro Jahr	7'000.00
1.3 Zusätzliche Reinigung	dieser Wert kann stark variieren	7'500.00
2 Steuerung		12'500.00
2.1 Hosting der Leuchten	Gerechnet auf die neuen 1404 Leuchten	3'000.00
2.2 Kommunikationskosten	Annahme für 30 Knoten	1'000.00
2.3 Lizenzen	Annahme für 30 Knoten	6'000.00
3.1 Sensor gesteuerte Anlagen	Annahme, keine konkrete Planung	2'500.00
Zwischensumme		42'000.00
zuzüglich MWST	8.1 % von 42'000.00	3'402.00
Total pro Jahr ±10 %		45'400.00

11 Submission

Für die Submission und die Ausführung wird folgendes Vorgehen empfohlen.

Los 1 – Leuchtenlieferung (öffentliche Ausschreibung)

- Ausschreibung aller im Konzept definierten Leuchten (exkl. Sonderleuchtenmodelle, Los 3).
- Der Anbieter muss nachweisen können, dass seine Leuchten gemittelt über alle Kriterien betrachtet, besser als die Leuchten der Amtsvariante sind (differenzierte Zuschlagskriterien).
- Leuchtlieferung nach detaillierter Ausführungsplanung und Etappe.
Rochaden von Leistungen und Optiken müssen innerhalb der Angebotenen Leistungen und Optiken möglich sein (Besondere Bestimmungen).
- Abrechnung nach effektivem Ausmass

- Lieferanten sollen die Aufwendungen der Beleuchtungsberechnung, welche für die Angebotsabgabe notwendig sind, verrechnen können. Dazu soll eine Pauschale als Richtpreis festgelegt sein. Der Anbieter der Amtsvariante hat darauf keinen Anspruch.

Los 2 – Steuerung (Spezialfall, freihändige Vergabe aus technischen Gründen)

Die CKW hat in ihrem Netz das System der Firma esave im Einsatz, unter anderem auch für die Leuchten an den Kantonsstrassen, welche sich zum Zeitpunkt des Verfassens dieses Dokuments in der Umrüstungsphase befinden. Bei der Steuerung spielt der Unterhalt eine grosse Rolle, daher wird empfohlen, die Steuerung nicht öffentlich auszuschreiben.

Aus technischer und finanzieller Sicht (Interoperabilität, Wartung, Unterhalt, Lizenz- und Abokosten) ist der Einsatz eines anderen Produkts nicht sinnvoll. Möchte die Gemeinde die Steuerung selbst verwalten, kann eine öffentliche Ausschreibung sinnvoll sein. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass für den Betrieb geschultes Personal erforderlich ist, was nach der Anschaffung zusätzliche Kosten verursacht.

- Ausschreibung über alle Etappen
- Bestellung und Lieferung nach Etappen
- Abrechnung nach effektivem Ausmass

Los 3 – Leuchtenmontage (öffentliche Ausschreibung)

- Ausschreibung aller Arbeiten über alle Etappen
- Ausschreibung der Sonderleuchten
- Auftragserteilung/Werkvertrag pro Etappe
- Abrechnung nach effektivem Ausmass und pro Etappe

Ausschreibung als ein Los

Von einer Ausschreibung in einem Los (Leuchtenlieferung, Steuerung, Leuchtenmontage zusammen) wird abgeraten. Bei dieser Variante müssen ein Installateur und ein Leuchtenlieferant zusammenfinden. In der Regel unterscheiden sich diese Angebote nur in den Installationspreisen, da die Unternehmer vom Leuchtenlieferanten alle dasselbe Angebot bekommen (Amtsvarianten). Der Leuchtenpreis ist dann mehr oder weniger nur von der Marge des Installateurs abhängig. Das gleiche gilt für die Steuerung. Die Vor- und Nachteile im Vergleich.

Tabelle 10: Vergleich Ausschreibungsmethode

Kriterium	3 Lose (getrennt)	1 Los (global)
Leuchtenpreis / Wettbewerb	direkter Wettbewerb der Lieferanten, eher tiefere Preise	Leuchte = Amtsvariante bei allen wahrscheinlich; Wettbewerb nur über Installateurs-Marge, eher teurere Preise
Verantwortung / Ansprechpartner	mehr Aufwand für die Fachbauleitung nötig	ein Partner, einfacher für Bauherr und Fachbauleitung
Gewährleistung	Schnittstellen vertraglich regeln	Gesamtverantwortung beim GU
Steuerung (kein Wettbewerb)	sauber als eigenes, freihändiges Los	im Bündel schwer sauber abzubilden
Vergaberecht / Transparenz	klar, je Los passendes Verfahren	zulässig, aber intransparenter Leuchtenpreis

Wir empfehlen die «3-Lose-Variante» – saubere Abgrenzung je Los und echter Wettbewerb beim Leuchtenpreis statt nur über die Marge des Installateurs.

12 Anhang

Anhang A	Beispielberechnung	
Anhang B	Strassenleuchten	51.2501-12.11
Anhang C	Rad-/Gehwegleuchten	51.2501-12.12
Anhang D	Übersichtspläne	51.2501-12.14