

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 74 (1983)

**Heft:** 18

**Artikel:** Die öffentliche Beleuchtung aus der Sicht eines Elektrizitätswerkes

**Autor:** Dürsteler, M.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-904859>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Die öffentliche Beleuchtung aus der Sicht eines Elektrizitätswerkes

M. Dürsteler

Es wird ein praxisbezogener Überblick über die Probleme eines Elektrizitätswerkes bei der Installation und beim Betrieb öffentlicher Beleuchtungsanlagen gegeben. Besonders wird auf die Aspekte der Steuerung, des Unterhalts und der Kosten eingetreten.

L'article donne un aperçu tiré de la pratique concernant les problèmes d'une entreprise d'électricité lors de l'installation et de l'exploitation d'installations pour l'éclairage public. Il est surtout question des aspects relatifs à la commande, à l'entretien et aux coûts.

## 1. Die Struktur der Industriellen Betriebe der Stadt Aarau (EWA)

Dem EWA unterliegt die Detailversorgung von 20 Gemeinden im Kanton Aargau und im angrenzenden

Kanton Solothurn sowie die Belieferung en gros von vier weiteren Gemeinden (Wiederverkäufer). Es wird ein Gebiet von rund 127 km<sup>2</sup> mit einer Einwohnerzahl von 54 000 Personen versorgt (Fig. 1).

Die Tabelle I fasst die Anzahl Lampenstellen sowie die Leitungslängen

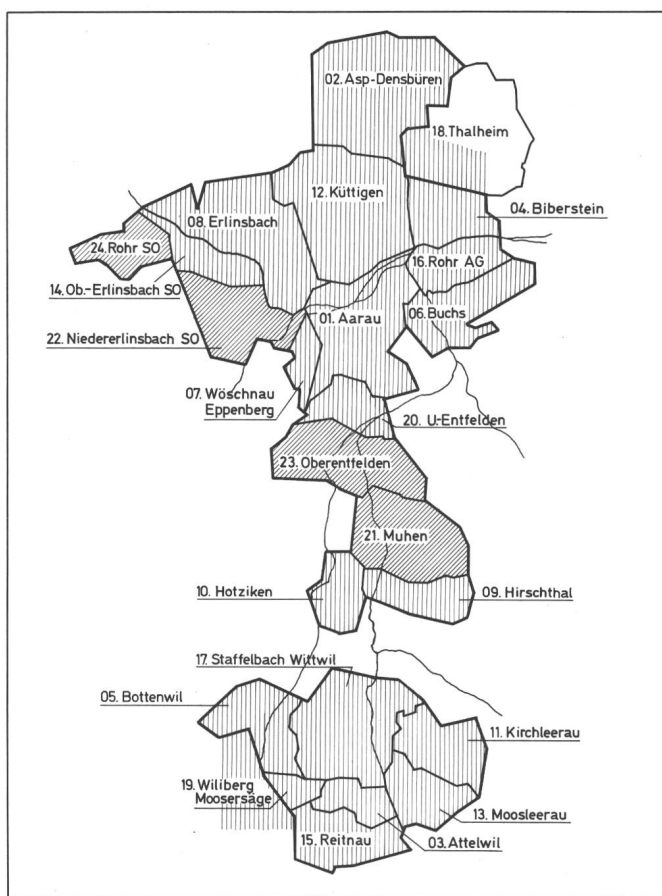


Fig. 1 Versorgungsgebiet des EWA

▨ Detailversorgung  
▧ Wiederverkäufer

Leuchtstellen / Leistungen

Tabelle I

		Kabelnetz		Freileitungsnetz		Total	
			%		%		%
Anzahl Leuchtstellen	Stück	4452	78,4	1225	21,6	5677	100
Leitungslängen	km	266,5	95,3	13,1*	4,7	279,6	100
Installierte Leistung	kW	718,5	82,3	154,3	17,7	872,8	100
Leistung pro LS	W	161	-	126	-	153,7	-

\* Nur Leitungen für ausschliesslichen OB-Betrieb

### Adresse des Autors

M. Dürsteler, Betriebsleiter des Elektrizitätswerkes der Stadt Aarau (IBA), Postfach, 5001 Aarau

	Anzahl LS	PØ W	Ptotal	
			kW	%
Glühlampen*	775	100	77,5	8,9
Quecksilber-Mischlicht	35	160	5,6	0,6
Fluoreszenzlampen**	125	80	10,0	1,2
NA Niederdruck	-	-	-	-
NaN/HgL	199	160	31,8	3,6
HgL	4302	162	697,3	79,9
NaH	241	210	50,6	5,8
<b>Total</b>	<b>5677</b>	<b>153,7</b>	<b>872,8</b>	<b>100,0</b>

\* Neuerdings versuchsweise Ersatz durch kompakte Leuchtstofflampen 18 W und, sobald vorhanden, 25 W

\*\* Nur in Spezialfällen, wie Unterführungen, Arkaden, Durchgänge

für die öffentliche Beleuchtung zusammen.

### 2. Verwendete Lichtquellen

In der Tabelle II sind die verwendeten Lichtquellen aufgelistet. Dabei ist festzuhalten, dass alle Entladungslampen in der Leuchte auf  $\cos \phi$  über 0,9 kompensiert werden.

### 3. Steuerung

Die Steuerung erfolgt über die zentrale Rundsteuersendeanlage (LG, 475 Hz) durch Überlagerung. Die Rundsteuer-Empfänger in den Stationen geben die Signale auf separate Verteilungen für die öffentliche Beleuchtung. Die Absicherung erfolgt mit Schraub-sicherungs-Elementen. Von dort geht der Befehl über «gesteuerte» Freileitungen und Kabel zu den Verteilkasten (Absicherung) und zu den einzelnen Leuchtstellen (Fig. 2).

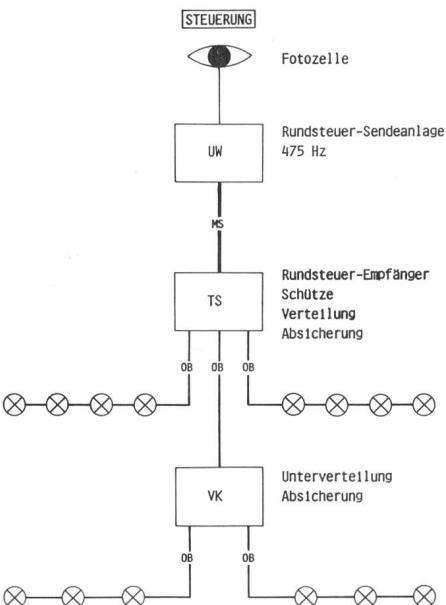


Fig. 2 Steuerung

Das Ein- und Ausschaltkommando ist über eine hellkeitsabhängige Fotozelle gesteuert. Aarau ist Aufstellungsort für das gesamte Netz. Dabei kann es vorkommen, dass, trotz eingebauter Verzögerung, nachmittags um 16.00 h während eines Gewitters die öffentliche Beleuchtung (OB) einschaltet, obschon es im 15 km entfernten Reitnau sonnig ist. Selbstverständlich existiert ein Kommando für Nachtabsenkung, welches in Serie zum Ein/Ausschaltkommando geschaltet ist. Es gibt aber nur 1 Absenkkommando für alle 20 Gemeinden. Individuelle Wünsche können so nicht berücksichtigt werden. Technisch wären diese wohl zu erfüllen, wirtschaftlich jedoch kaum sinnvoll. Momentan wird von 00.00 h bis 05.00 h abgesenkt.

Die Wiederverkäufergemeinden können die EWA-Kommandi verwenden. Sie werden ihnen gratis zur Verfügung gestellt.

Weiter existieren Spezialkommandi und von Hand auslösbare Kombinationswahlen für Objekt-, Giebel- und Girlandenbeleuchtungen (Fig. 3).

Als Besonderheit sei hier der «Bachfischet» erwähnt. Dieser im September jedes Jahres stattfindende alte Brauch



Fig. 3 Aarau, Stadt der schönen Giebel

macht es nötig, dass an einem Tag pro Jahr eine bestimmte Umzugsroute von punkt 20.00 h für etwa 1/2 h «dunkelgeschaltet» wird, damit die wunderschönen, speziell für diesen Anlass gebastelten Lampions der Schulkinder voll zur Geltung kommen, wenn sie den Stadtbach abholen.

Bei seltenen Einzelfällen kommt es vor, dass aus Kostengründen direkt an der Lampenstelle montierte Rundsteuerempfänger - in Kasten an Holzstange oder direkt im Kandelaber eingebaut - verwendet werden. Es sind auch vereinzelt Dämmerungsschalter - als noch billigere Lösung - in Betrieb.

### 4. Aufbau, Dimensionierung

Bei der Konzeption hält man sich im wesentlichen an die Leitsätze der Schweizerischen lichttechnischen Gesellschaft (SLG) (Fig. 4). Neuanlagen

	X	X	X	Y	Z	Z
Fabrikat	A	A	A	B	C	C
Typ	A	A	A	B	C	C
Bestückung W	NaH 250/125	NaH 150/95	Hgl. 250/125	Hgl. 250/125	Hgl. 125/80	Hgl. 80/50
Mögliche Lichtpunkthöhen	40-45 m	35-40 m	35-40 m	27-32 m	30-40 m	30-40 m
Lichtpunkthöhe m	12	10	7,5	7,5	7,5	5
Typ	Steh	Steh	Peltsche	Peltsche	Steh	Steh (A1)
Ausleger	-	-	1,5m/15°	1,0m/15°	-	-
Ø oben mm	76/215	76/188	60/130	42/125	60/146	60/110

Fig. 4 EWA-Norm-Strassenbeleuchtungsanlagen

werden klassiert in Hauptverkehrs-, Sammel- und Erschliessungsstrassen.

Es ist allerdings zu sagen, dass die SLG-Leitsätze bei Sammel- und Erschliessungsstrassen unterschritten werden müssen, indem die Distanzen grösser und die Leistungen kleiner gewählt werden. Der an diese Typus Strassen anstossende Grundeigentümer beruft sich gerne auf sein «Recht auf Dunkelheit» oder die «Wahrung der Privatsphäre». Treten Diskussionen in dieser Richtung auf, so verhält man sich auf Werkseite eher pragmatisch und verlässt den Pfad der Ideologie. Im Klartext heisst dies, dass dem um sein Nachtleben bangenden Anwohner zuliebe eben eine Blende an der vor seinem Schlafzimmer stehenden Leuchte angebracht wird.

Die Nachtabsenkung wird bei zweiflammigen Leuchten durch das Ausschalten der einen Lampe, bei einflammigen durch Zuschalten einer Zusatzdrossel vorgenommen.

## 5. Vorgehen bei Erstellung

### Stadt Aarau

Die Planung, Projektierung und Ausführung erfolgt durch EWA, in Absprache mit dem Stadtbauamt, innerhalb eines vorgegebenen Investitionsbudget-Rahmens.

### Übrige Gemeinden

Der Auftrag zur Planung und Projektierung ist Sache der Gemeinden. Auf Wünsche wird eingetreten, sofern sie im Rahmen der EWA-Norm liegen. Die formelle Auftragserteilung erfolgt durch den Gemeinderat; die Ausführung in Absprache mit den Baubehörden bzw. den beauftragten Ingenieurbüros.

Spezialwünsche werden unter Verrechnung der Mehrkosten erfüllt, wobei immer die EWA-Norm angestrebt wird.

## 6. Unterhalt

Der Unterhalt wird durch das EWA durchgeführt, in Aarau vollumfänglich, in den übrigen Gemeinden gemäss Auftrag und gegen Verrechnung. Als Arbeitsmittel steht Hebebühne «Nummela» auf Chassis Mercedes, Arbeitshöhe 14 m, zur Verfügung. Bezüglich des Lampenwechsels hat sich noch kein System eindeutig durchgesetzt. Über Jahrzehnte werden so-

genannte «Beleuchtungsrunden» während der Einschaltzeit gelaufen. Einmal pro Woche werden die Stadt Aarau und einzelne Gemeinden durch Werkpersonal rayonweise auf Ausfälle kontrolliert. Die defekten Lampen werden innerhalb Wochenfrist ersetzt.

Neuerdings wird das Publikum über – mit Energierechnung versandte – Publikation aufgefordert, Ausfälle telefonisch zu melden. Der Erfolg hält sich in Grenzen. Es ist indessen vorgesehen, dieses Vorgehen zu institutionalisieren, um dadurch den Aufwand für die Beleuchtungskontrolle senken zu können.

Zusammenhängend einheitlich beleuchtete Strassenzüge werden periodisch in einem Zuge mit neuen Lampen versehen, um den Unterhalt rationalisieren zu können. Dies betrifft vor allem NaH- und HgL-Lichtquellen. Sorgen bereiten bei NaH die sog. Blinker, Lampen also, die fast phantomartig brennen / versagen / brennen / ... Ob die Ursache bei der Lampe, beim Zündgerät oder anderswo liegt, wird bis heute je nach Standort des Betrachters verschieden beurteilt.

Bei HgL-Lampen vor allem älterer Herstelljahre, ist festzustellen, dass diese eine sagenhafte Lebensdauer von 20 000–30 000 Betriebsstunden aufweisen, jedoch in der Lichtleistung dermassen zurückgehen, dass sie aus diesem Grunde ersetzt werden müssen. Selbstverständlich werden mit dem Lampenwechsel jeweils auch die Schutzgläser und Reflektoren gereinigt.

Die feuerverzinkten Stahlkandelaaber, die einen Anteil von 98% darstellen, geben in der heutigen schmutz- und schwefeldioxydbelasteten Umwelt

etwelche Probleme auf. Schon nach wenigen Jahren treten Oberflächen-schäden auf, die, nebst der ästhetisch störenden Wirkung, die Standdauer auf etwa 20 Jahre beschränken.

Es wird zurzeit mit gezielten Sanierungsaktionen begonnen, die, durch *Maler-Fachbetriebe* durchgeführt, folgende Arbeitsgänge umfassen:

- mechanische Reinigung und Entrostung
  - Abwaschen mit Industrieverdünner
  - Grundanstrich mit Rostschutzgrund 40 µ
  - Deckanstrich mit Emailfarbe, Tonverkehrsgrau, 80 µ
- Die Kosten betragen pro Kandelaber im Mittel Fr. 150.-.

## 7. Eigentumsverhältnisse

Bezüglich der Eigentumsverhältnisse bestehen sowohl in Aarau als auch in den mitversorgten Gemeinden klare Verhältnisse:

Sämtliche Anlagekomponenten, die sich grob in die 3 Hauptteile

- oberirdischer Teil
- unterirdischer Teil
- Infrastruktur

gliedern lassen, sind im *Eigentum des Werkes* (Fig. 5).

In einer Phase wurden auch andere Modelle diskutiert, z.B.:

- oberirdischer Teil: Eigentum Gemeinde
- unterirdischer Teil und Infrastruktur: Eigentum Werk

Überlegungen bezüglich Rückkaufwert, Unterhalt und Verantwortlichkeit führten jedoch zur heute getroffenen Lösung.

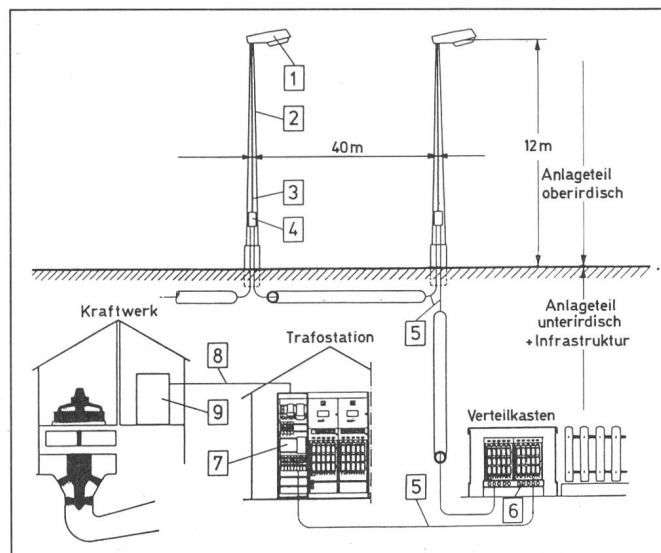


Fig. 5 Anlage-Komponenten

- 1 Leuchte Na M 1×250/125 W Nachtabsenkung
- 2 Kandelaber mit Fundament (inkl. Bodenteil)
- 3 Leitung zwischen Überstrom-Unterbrecher und Leuchte
- 4 Überstrom-Unterbrecher
- 5 Zuleitungskabel inkl. Schutzrohr und Trasse
- 6 OB-Verteilanlage im Verteilkasten
- 7 OB-Steuer- und Verteilanlage in der TS
- 8 Hochspannungskabel (Signalüberlagerung)
- 9 Rundsteueranlage im Kraftwerk

## 8. Kostentragung

Dass die öffentliche Beleuchtung gesamtheitlich wirtschaftlich ist, gilt als anerkannt und erwiesen. Über den Verteiler der Kosten auf die Träger sind verschiedene Lösungen möglich. Im Falle der Stadt Aarau liegen die Verhältnisse so, dass sowohl Baukosten wie auch Unterhalts- und Betriebskosten über das Budget des Elektrizitätswerkes finanziert werden. Die Regelung in den versorgten Gemeinden ist über die Energielieferungsverträge getroffen.

### Baukosten

Die effektiven Erstellungskosten (Selbstkosten) werden gemäss pauschalen Ansätzen ermittelt. Sie sind abhängig von Anlagentyp und Lichtpunktdistanz. Die Gemeinden haben im Prinzip für die Kosten ihrer öffentlichen Beleuchtung aufzukommen. Sie tun dies durch die Entrichtung eines angemessenen Kostenanteils.

### Unterhaltskosten

Den laufenden Unterhalt (Lampenwechsel, Reinigung) trägt die Gemeinde. Sie kann den Unterhalt selbst vornehmen oder durch das Werk gegen Verrechnung ausführen lassen. Im letzten Jahrzehnt fand eine Verlagerung statt, indem mit dem vermehrten Aufkommen von Kandelaber-Anlagen grösserer Lichtpunkthöhen die Arbeitsmittel der «Hobby-Unterhalter» der Gemeinde nicht mehr ausreichen und notgedrungen auf das besser ausgestattete Werk umgestiegen werden muss.

Speziellen Unterhalt (z.B. Behebung von Anfah- und Korrosionsschäden) trägt das Werk als Anlageeigentümerin, sofern der Verursacher nicht greifbar ist. In gewissen Fällen werden die Kosten zwischen Gemeinde und Werk aufgeteilt.

### Betriebskosten

Die Verrechnung der Energie erfolgt nach den jeweils gültigen Tarifen. Momentan werden 2 Verrechnungsarten angewendet:

#### - Pauschal-Verrechnung

Pauschal-Ansätze, basierend auf der aufgenommenen Bruttoleistung (Lampe + Geräte), mal die mittlere Einschaltdauer pro Jahr. Dieses System bedingt eine genaue Aufnahme der Lampenstellen und ergibt Ungenauigkeiten wegen der Nachtabsenkung (und der defekten Lampen).

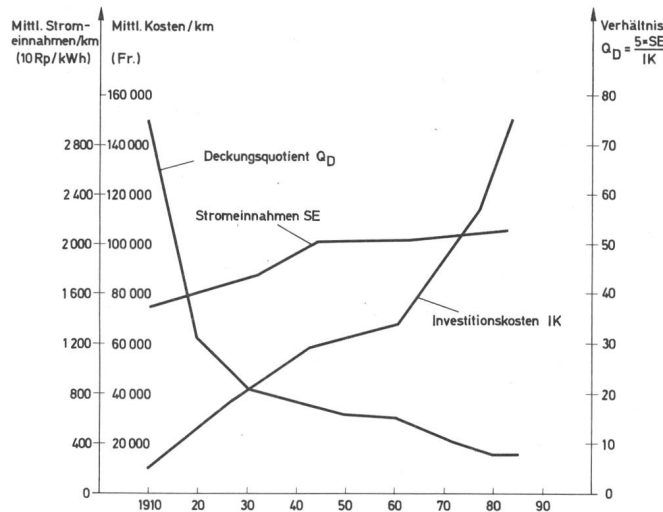


Fig. 6 Entwicklung der spezifischen Kosten

#### - Zähler-Verrechnung

Dieses System soll die Pauschalverrechnung ablösen. Dabei ist in jeder Station ein Dreiphasenzähler für die öffentliche Beleuchtung montiert. Die Vorteile dieses Systems liegen in der genauen Erfassung der verbrauchten Energie. Nachteilig ist der zusätzliche Aufwand für die Ablesung.

Der Vergleich der spezifischen Baukosten mit dem Energieaufwand über den Verlauf der letzten 60 bis 70 Jahre zeigt eine sehr interessante Entwicklung auf: Wurden in der «Gründerzeit» einfache Lampenstellen mit geringem Aufwand an ohnehin vorhandene Holzstangen montiert, entwickelten sich im Laufe der Zeit und dem immer höher werdenden Verkabelungsgrade aufwendige eigenständige Beleuchtungsanlagen, deren Infrastruktur von derjenigen des NS-Netzes weitgehend getrennt ist.

Demgegenüber stehen die mit der Entwicklung neuer rationellerer Lichtquellen stetig sinkenden Energiekosten (Beispiel G1 10 lm/W, NaN 150 lm/W). Damit lässt sich etwas über den wirtschaftlichen Aspekt aussagen. Als Einheit wird der sog. Deckungsquotient ( $Q_D$ )

$$Q_D = \frac{5 \times SE}{IK} \text{ gewählt (Fig. 6).}$$

Als Beispiel seien zwei Jahre herausgegriffen.

1915:	Investitionskosten (IK)	= 12 000/km
	Strom-einnahmen (SE)	= 1600/km
	$Q_D$	= 66%
1982:	IK	= 140 000/km
	SE	= 2100/km
	$Q_D$	= 7,5%

## 9. Spezialfälle

### Fussgängerstreifen-Leuchten

Im ganzen Versorgungsgebiet, also auch in der Stadt Aarau, wird die Zusatzbeleuchtung für die Fussgängerstreifen – diese ist von der Kantonspolizei als Bewilligungsbehörde vorgeschrieben – als Sache der Gemeinde und nicht als eine des Werkes betrachtet. Das Werk projiziert, berechnet und erstellt die Anlage gegen volle Verrechnung der Erstellungs- und später der Energiekosten. Es kommen durchwegs NaH-Lampen zur Verwendung. Eigentümerin ist die Gemeinde, die auch den Unterhalt trägt.

Theoretisch könnte die Gemeinde auch einen Drittunternehmer mit der Erstellung solcher Anlagen beauftragen: Dem Werk obläge in diesem Fall nur die Erstellung des Anschlusses.

### Beleuchtete Wegweiser, Inselchutzpfosten

Diese Elemente der Verkehrsregelung werden ausnahmslos durch den Kanton bzw. die Gemeinde geliefert und montiert. Das Werk erstellt den Anschluss gegen Verrechnung.

### Zurverfügungstellung der Steuerbefehle für Dritte

Die Ein- und Ausschaltkommandi werden auch Dritten zur Verfügung gestellt. In Fällen wie vorerwähnt geschieht dies mit ab Trafostation gesteuerten Kabeln. Die Kommandi werden jedoch auch Gemeinden und Privaten zur Steuerung von nicht die öffentliche Beleuchtung betreffenden Objekten (Signalanlagen, Parks) eingeräumt. In diesen Fällen wird über Rundsteuer-Empfänger gesteuert, für





Fig. 7 Altstadtbeleuchtung Aarau

die ein einmaliger Beitrag erhoben wird.

#### Sonderwünsche

Gelegentlich werden Sonderwünsche bei der Erstellung von OB-Anlagen laut. Es betrifft dies vor allem Fälle, wo die Beleuchtungskörper Bestandteil der Möblierung von Strassen und Plätzen darstellen.

Als Beispiel sei die Beleuchtung der *Aarauer Altstadt* genannt. In jahrelangem Zusammenwirken verschiedenster Instanzen wurde ein Leuchtentyp für Ausleger- oder Kandelabermontage entwickelt (Fig. 7).

Diese Leuchten werden innerhalb eines definierten Perimeters nach Massgabe baulicher Veränderungen aufgestellt. In Anbetracht der höheren Erstellungs- und Betriebskosten zahlt jedoch die Stadt einen namhaften Spezialbeitrag an diese Anlagen, eben diesen «Möblierungs-Anteil». Ähnlich wurde vor Jahren bei der beleuchtungstechnischen Gestaltung des Aarauer Bahnhofplatzes vorgegangen.

Ganz allgemein wird auf derartig gelagerte Wünsche in der Regel eingegangen, jedoch mit sauberer Formulierung der Randbedingungen, d.h. Kostenbeiträge für Mehraufwand an Erstellung, Betrieb und Unterhalt.

#### Objekt-Anleuchtungen

Es existieren verschiedene Objekt-Anleuchtungs-Anlagen (Kirchen, alte



Fig. 8 Weihnachtsbeleuchtung Aarau

Gebäude), die seinerzeit durch das Werk erstellt wurden und ebenso durch uns betrieben und unterhalten werden. Beim Auftreten von neuen Wünschen verhält man sich heute wie bei der Altstadtbeleuchtung erwähnt (Fig. 8).

## 10. Probleme aus der Praxis

### 10.1 Änderungen an Anlagen durch Drittverursacher

Es gehört leider fast zum Alltag, bestehende Beleuchtungsanlagen aus verschiedensten Gründen anpassen zu müssen, angefangen vom Versetzen eines in einer neuen Garageinfahrt stehenden Kandelabers bis zur Verlegung einer Anlage wegen eines Trottoirausbaues.

Die gültigen rechtlichen Grundlagen lassen einen Ermessensspielraum zu. In den Reglementen ist wohl eine Pflicht zur Duldung von Anlagen stipuliert, den Fall einer möglichen Verlegung hat man nicht definiert. Auf Grund dieser Lage wird nach Möglichkeit das *Verursacherprinzip* angewendet. Dabei ist ausschlaggebend, ob das störende Objekt, im Falle eines privaten Verursachers, auf dessen Grund oder auf Grund der Öffentlichkeit steht. Im ersten Fall müssen die Verlegungskosten durch das Werk getragen werden. Eine Übernahme der Grabarbeiten durch den Verursacher ist bereits als Verhandlungserfolg zu qualifizieren.

### 10.2 Mitbenützung von Tragwerken durch Dritte

Wer aufmerksam durch die Gegend fährt, stellt fest, dass fast jeder dritte Beleuchtungsmast als Träger für die verschiedensten Hinweistafeln, wie Strassenbenennungsschilder, unbeleuchtete Orts- oder Objektwegweiser, Wanderwegweiser, Fahnenstrukturlösungen u.v.m., zu Ehren kommt. Vielfach liegt hier altes Gewohnheitsrecht vor. Ein starres Verhalten scheint auch in diesem Fall nicht angezeigt. Als grobe Richtlinie gilt: Gesuche werden kostenfrei bewilligt (vielfach wird auch gar nicht angefragt!), mit Auflagen wie

- keine Überbeanspruchung der Statik
- kein Bohren von Löchern
- nur nichtrostende Befestigungselemente
- Beseitigungs-Klausel

### 10.3 Behandlung von Immissionsklagen

Wie bereits erwähnt, wird schon bei der Dimensionierung einer Anlage darauf geachtet, die *Strasse* und nicht die angrenzenden Grundstücke zu beleuchten. Dass dies nur bedingt möglich ist, gilt als Tatsache.

Allgemein kann festgestellt werden (Ausnahmen bestätigen die Regel):

- An Hauptverkehrsstrassen wohnende Bürger beanstanden die z.T. hohen Immissionen weit weniger als die Anstösser von Erschliessungsstrassen, welche recht immissionsarme OB-Anlagen aufweisen. Dieser Umstand ist natürlich erklärbar mit der unterschiedlichen Erwartungshaltung dieser Bürger.
- Ältere Bürger schätzen gut beleuchtete Strassen mit grossem Streulichtanteil auf Hauseingänge, Vorplätze und Fassaden. Jüngere Mitmenschen sind eher negativ auf solche Einflüsse eingestellt.

Als Massnahme kommen in Betracht:

- Verwendung immissionsarmer Leuchten mit entsprechenden Abschlussgläsern
- nachträglicher Einbau von Al-Blech-Blenden
- nachträgliches partielles Schwärzen der Schutzgläser
- Einsetzen einer schwächeren Lichtquelle