

# Straßenverkehrstechnik

## Was kann die Photovoltaik leisten von Hans-Hubert Meseberg

Der Kraftfahrer nimmt etwa 90 % aller verkehrsrelevanten Informationen visuell auf. Demzufolge besteht der überwiegende Teil der Signalisierungsanlagen, die der Steuerung und Leitung des Verkehrs dienen, aus lichttechnischen Anlagen. Ein Teil dieser Anlagen besitzt eine eigene Beleuchtungseinrichtung, muß also mit elektrischem Strom versorgt werden.

Installation und Betrieb dieser Anlagen sind mit einem hohen personellen und finanziellen Aufwand verbunden. Der Energieeinsatz ist zwar gering, gemessen am Gesamtenergieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland, kann aber im Einzelfall beträchtlich sein.

Seit einigen Jahren gibt es Bestrebungen, die Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit elektrischer Anlagen der Straßenausstattung durch den Einsatz photovoltaischer Solarenergie zu erhöhen.

### Lichtzeichenanlagen

Lichtzeichenanlagen im Straßenverkehr sind mit Signalleuchten ausgerüstet, die in der Regel einen Leuchtfelddurchmesser von 200 oder 300 mm besitzen. In der Vergangenheit wurden die Signalleuchten ausschließlich mit 220 V-Lampen betrieben, die Lampenleistung betrug 50 bis 100 W. Seit einigen Jahren werden zunehmend Anlagen mit einer Betriebsspannung von 220 V gebaut, die aber im Gehäuse des Signalgebers auf 10 V heruntertransformiert wird. Mit dieser Spannung werden dann die Signallampen betrieben. Aus energetischen Gründen besitzen Niedervoltlampen eine wesentlich höhere Lichtausbeute als Hochvoltlampen. Außerdem lassen sich wegen der relativ kleinen Wendelabmessungen mit Niedervoltlampen Signalleuchten mit verbesserter Lichtabstrahlung bauen. Diese beiden Gründe führen dazu, daß Signalgeber in 10 V-Technik mit einer Leistungsaufnahme von 15 bis 20 W bei sonst gleicher Lichtstärke auskommen. Die 42 V-Technik ist als Zwischenstadium zu betrachten; Anlagen dieser Art finden sich in einigen Städten, z. B. Düsseldorf.

Signalleuchten können eine so hohe Lichtstärke am Tage besitzen, daß diese bei Nacht zur Blendung der Verkehrsteilnehmer führen würde. Deshalb muß bei diesen Signalgebern die Lichtstärke nachts durch Absenkung der Lampenleistung auf ca. 50 % reduziert werden. Das führt dazu, daß der tägliche Energiever-

brauch dieser Signalgeber im Winter, wenn die Anlage maximal 16 h in Nachtschaltung betrieben werden muß, geringer ist als im Sommer, wenn die Nachtbetriebszeit auf bis zu 8 h zurückgeht. Der geringe winterliche Energieverbrauch kommt dem Einsatz von Solarenergie natürlich entgegen, da die Zeit, in der eine Solarzelle Energie liefert, im Winter viel kürzer ist als im Sommer. Es scheint durchaus möglich zu sein, v.a. Signalanlagen in 10 V-Technik, die an abgelegenen Kreuzungen betrieben werden müssen, mit Solarenergie zu versorgen.

### Baustellenleuchten

Bauform, Betriebsweise und Energieverbrauch von Baustellenleuchten können sich je nach Einsatzzweck ganz erheblich voneinander unterscheiden. Es handelt sich entweder um speziell für diesen Einsatzzweck entwickelte Leuchten oder um die bereits erwähnten Signalleuchten. Meist werden Baustellenleuchten aus Batterien oder Akkus gespeist und müssen relativ schnell montierbar und demontierbar sein. Die Leuchten sind mit Glühlampen für Dauer- oder Blinkbetrieb oder mit Blitzlampen nur für Blitzbetrieb ausgerüstet. Die Betriebsspannung beträgt 6 bis 24 V, die Lampenleistung schwankt zwischen 0,5 und 50 W. Leuchten mit höherer Leistung müssen wegen der Blendgefahr mit Nachtabenkung der Lampenleistung betrieben werden. Je nach Art der Baustelle werden die Leuchten durchgehend oder nur bei Nacht betrieben, in Blitz- bzw. Blink- oder in Dauerbetrieb. Entsprechend groß ist auch die Spannweite des Energieverbrauchs von 0,012 bis 1 kWh je 24 h.

Baustellenleuchten sind ein ideales Anwendungsgebiet für die photovoltaische Solartechnik. Da Baustellen in der Regel nicht länger als ein Jahr bestehen, lohnt sich eine feste Netzverkabelung in den seltensten Fällen, so daß Batterieversorgung vorherrscht. Die Batterien müssen jedoch relativ oft ausgewechselt werden, was einen hohen Arbeitszeitauf-



Solar-Schildleuchte

wand erfordert. Auch ist das Unfallrisiko, dem die Personen ausgesetzt sind, die die Batterien im laufenden Verkehr auswechseln müssen, nicht zu unterschätzen. Es hat im Bereich des Landes Rheinland-Pfalz einige Baustellen gegeben, deren Leuchten vollständig mit Solarenergie versorgt wurden. Nach Aussagen des Lieferanten der Leuchten brauchten die Batterien während der ganzen Betriebszeit der Baustelle nicht gewechselt zu werden, gegenüber einem sonst üblichen Wechselrhythmus von 6 Tagen bei herkömmlichem Betrieb.

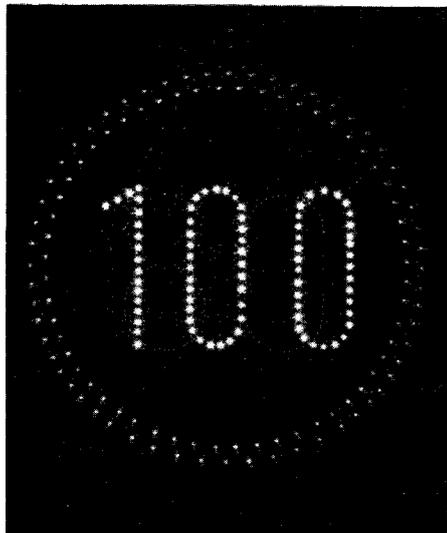
### Selbstleuchtende (innenbeleuchtete) Verkehrszeichen

Innenbeleuchtete Verkehrszeichen bestehen im wesentlichen aus einer durchscheinenden Polyesterplatte, auf deren Vorderseite das Verkehrszeichenbild aufgebracht ist. Die Platte wird von rückwärtig angebrachten Leuchtstofflampen beleuchtet. Die zu installierende Leistung ist

von der Größe des Zeichens abhängig: Bei der Standardgröße eines Verkehrszeichens (600 mm Durchmesser bzw. Kantenlänge) beträgt die installierte Leistung 40 – 50 W und kann bei den übergroßen Wegweiser- tafeln an Schilderbrücken 1 kW erreichen. Der Betrieb selbstleuchtender Verkehrszeichen durch Solarenergie ist meist nicht sinnvoll, da sie überwiegend in bebauten Gebieten angebracht sind, wo sowieso ein Netzanschluß vorhanden ist. Denkbar erscheint der Solarzellenbetrieb jedoch z. B. bei Anschlußstellen von Autobahnen (Vorfahrtzeichen, Baken auf Trenninselpitzen), wenn die Anschlußstelle relativ weit von Ortschaften entfernt liegt und es die örtlichen Gegebenheiten notwendig erscheinen lassen, selbstleuchtende Verkehrszeichen zu installieren.

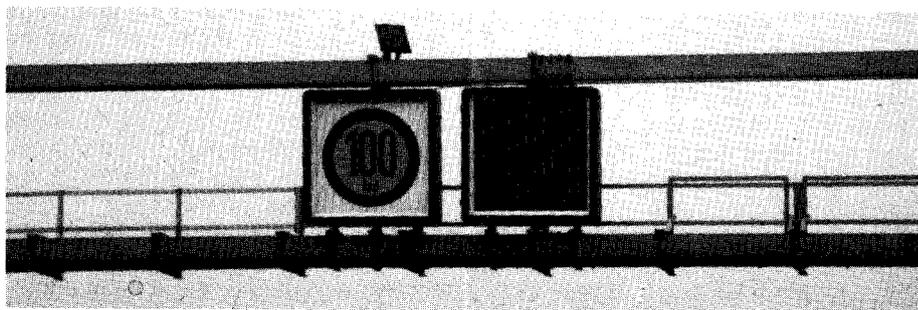
### Faseroptische Wechselverkehrszeichen

Wechselverkehrszeichen (WVZ) sind Einrichtungen, bei denen auf einer Frontplatte nacheinander verschiedene Verkehrs- oder andere Zeichen angezeigt werden können. Bei faseroptischen Wechselzeichengebern – meist nicht ganz korrekt Matrixzeichen genannt – wird das Licht einer Halogenleuchte auf ein Bündel optischer Glasfasern geleitet. Das Licht tritt am anderen Ende der Glasfasern über eine Optik wieder aus. Die Enden der Glasfasern sind in Löchern der Frontplatte befestigt; die Anordnung der Löcher erfolgt so, daß durch die Vielzahl der Leuchtpunkte ein bestimmtes Sinnbild dargestellt wird.



Faseroptisches Wechselverkehrszeichen

Für ein Verkehrszeichen benötigt man 1-3 Glasfaserbündel, also auch 1-3 Lampen, die gleichzeitig leuchten. Soll ein anderes Verkehrszeichen gezeigt werden, werden andere Lampen eingeschaltet, die andere Glasfaserbündel anleuchten.



Mechanisches Wechselverkehrszeichen (Prismenwender) mit Solarpanel an der Autobahn Wien-Graz

Faseroptische WVZ werden vorwiegend zur Fahrstreifensignalisierung, bei Stau- oder Nebelwarnanlagen sowie in Verkehrsbeeinflussungsanlagen eingesetzt. Die Lampenspannung beträgt 10 oder 42 V bei einer Lampenleistung von 50-65 W. Auch faseroptische WVZ müssen wegen der Blendgefahr nachts mit verminderter Lampenleistung betrieben werden. Sie werden meist fest installiert, können aber auch Teil einer mobilen Anlage sein und werden dann über Akkus versorgt.

### Mechanische Wechselverkehrszeichen

Mechanische WVZ werden in gleicher Weise eingesetzt wie faseroptische WVZ. Am bekanntesten sind WVZ mit sogenannten Prismenwendern. Bei einem flüchtigen Blick sind sie von normalen retroreflektierenden Verkehrszeichen kaum zu unterscheiden. Einzelne Zeilen mit Zielangaben sind jedoch als Prisma ausgebildet, die bei Bedarf gedreht werden können und dann ein anderes Ziel anzeigen. Bei einer Schaltzeit von einer Sekunde werden für 5 Prismen bei 10 Schaltungen am Tag nur  $6 \times 10^{-4}$  kWh verbraucht. WVZ mit Prismenwendern eignen sich vor allem für die wegweisende Beschilderung.

Da bei mechanischen WVZ nur beim Zeichenwechsel Energie benötigt wird, erfordern diese nur verschwindend geringe Energiemengen und eignen sich gut für Solarstromversorgung.

### Straßen- und Tunnelbeleuchtung

Wegen des hohen Energieverbrauchs ist es nicht realistisch anzunehmen, daß Straßenleuchten in Mitteleuropa photovoltaisch versorgt werden könnten. Günstiger ist die Situation bei der Beleuchtung von Straßentunneln. Ein- und Ausfahrtzonen von Straßentunneln müssen in Abhängigkeit von der Intensität des Himmelslichtes beleuchtet werden. Man hat hier den Idealfall, daß Energieverbrauch und -erzeugung parallel verlaufen. Wegen der hohen Absolutkosten sind jedoch entsprechende

Planungen in der Bundesrepublik Deutschland vorerst nicht weiter verfolgt worden.

### Möglichkeiten der Energieeinsparung

Der Einsatz von Solarenergie ist um so chancenreicher, je abgelegener das zu versorgende Gerät angebracht ist und je kleiner der Energieverbrauch ist. Die beschriebenen lichttechnischen Einrichtungen sind nach dem heutigen Stand der Technik beschrieben worden; im folgenden sollen einige Möglichkeiten diskutiert werden, wie der Energieverbrauch dieser Geräte gesenkt werden könnte, wodurch die Möglichkeiten der Verwendung von Solarenergie ansteigen.

### LED-Arrays

Theoretisch ist es möglich, Signal- leuchten zu bauen, deren Leuchtfeld aus einer Anzahl nebeneinander angeordneter Leuchtdioden, einem sogenannten LED-Array, besteht. In gleicher Weise könnten faseroptische WVZ konstruiert werden.

Die Lichtstärke von Leuchtdioden ist nicht nur materialbedingt, sondern hängt auch davon ab, ob der Leuchtkörper der Leuchtdiode das Licht eher gerichtet oder eher diffus abstrahlt. Es gibt handelsübliche Leuchtdioden in den Farben Rot, Gelb, Grün, die bei einer stark gerichteten Lichtaussendung eine Lichtstärke von ca. 2 cd besitzen. Eine normgerechte Signalleuchte mit 200 mm Leuchtfelddurchmesser muß eine Lichtstärke von 200 cd haben. Es wären also 100 Leuchtdioden nötig, um diese Lichtstärke zu erreichen. Die Leistungsaufnahme von 100 Leuchtdioden dieser Art beträgt 5-10 W und liegt damit weit unter dem Verbrauch von 220 V-Signalleuchten.

Sollen in der Signalleuchte Sinnbilder (z. B. Pfeile, Fußgänger, Ziffern) dargestellt werden, wachsen die energetischen Vorteile eines LED-Arrays weiter: Bei einer herkömmlichen Signalleuchte werden die nicht benötigten Teile des Leuchtfeldes abgedeckt, es geht der entsprechende Energieanteil verloren. Bei Darstellung durch Leuchtdioden muß von vornherein nur der zur Realisierung

des Sinnbildes benötigte Flächenanteil mit LED bestückt werden.

Ein LED-Array bietet weitere, naheliegende Möglichkeiten:

- Ein Signalgeber kann mit mehreren Signalfarben versehen werden.

- Es wird nur noch eine Baugröße benötigt.

- Es ist möglich, von einem Vollsignal auf ein Sinnbild umzuschalten, das Vollsignal kann auf andere Größen oder Formen (Kreis, Quadrat, Dreieck) umgeschaltet werden.

Aus dem herkömmlichen Signalgeber würde ein „Wehselsignalgeber“ oder ein „Matrixsignalgeber“ werden. Ob alle diese Ideen je realisierbar sind, hängt nicht nur von den technischen Möglichkeiten, sondern auch von der verkehrstechnischen und verkehrsrechtlichen Situation ab.

Eine Signalleuchte mit einem LED-Array wäre heutzutage sicher noch erheblich teurer als eine herkömmliche Signalleuchte, bietet aber neben der Möglichkeit der Energieersparnis noch folgende weitere Vorteil: Die Lebensdauer von Leuchtdioden ist fast unbegrenzt, die Stoßempfindlichkeit ist wesentlich geringer als bei Glühlampen. Beide Eigenschaften kommen dem Betrieb in Straßenverkehrssignalanlagen sehr entgegen, weil dadurch Wartungsarbeiten beträchtlich verringert werden könnten.

Ein Nachteil ist in der Schwierigkeit zu sehen, insbesondere grüne Leuchtdioden herzustellen, deren Farbe im vorgeschriebenen Bereich liegt. Außerdem muß gewährleistet sein, daß die Lichtstärkeverteilung den Vorschriften entspricht.

Bei Leuchtdioden kann das sogenannte Weißphantom entstehen, das durch die Spiegelung der tiefstehenden, rückwärtigen Sonne auf dem Leuchtkörper der LED hervorgerufen wird. Weißphantomlicht führt zu einer Enttäuschung der Farbe und damit zu schwierigerer Unterscheidbarkeit der Signalfarben.

Auch bei faseroptischen Wechselverkehrszeichen ist ein Einsatz von LED denkbar und bei der Farbe Rot bereits möglich: bei den lichttechnischen besten WVZ erzeugen 240 Lichtpunkte eine Lichtstärke von ca. 750 cd (etwa 3 cd/Lichtpunkt) und benötigen dafür 3 Halogenlampen von je 50-65 W. Die gleiche Lichtstärke wird von 375 LED à 2 cd geliefert, die eine Leistungsaufnahme von 18-35 W besitzen. Statt mit 20 mA können diese LED auch mit 50 mA betrieben werden. Dann steigt die Lichtstärke auf 4,5 cd und man käme zur Erzeugung von 750 cd sogar mit 168 LED mit einer Leistungsaufnahme von 8-16 W aus. Der hierbei auftretende Lebensdauerückgang kann sicher in Kauf genommen werden, da selbst beim Hochleistungsbetrieb die Le-

bensdauer der LED die Einsatzdauer eines WVZ überschreiten sollte. Während der Einsatz von roten LED bei WVZ heute schon möglich ist, ist dies bei der Farbe Weiß schon schwieriger. Weiße LED sind theoretisch denkbar, aber meines Wissens nicht am Markt, da sie keine Vorteile gegenüber Glühlampen bieten. Es spricht aber nichts dagegen, in WVZ bereits wenigstens die roten Leuchtpunkte durch Leuchtdioden darzustellen.

**Vorteile:** Kostenersparnisse, da die Leuchtdiodentechnik preisgünstiger ist als Faseroptiken, Gewichtsreduzierung, Energiekostensparnis, längere Lebensdauer und damit verringertem Wartungsaufwand. Dazu kommt die vergrößerte Chance, Solarenergie zu verwenden.

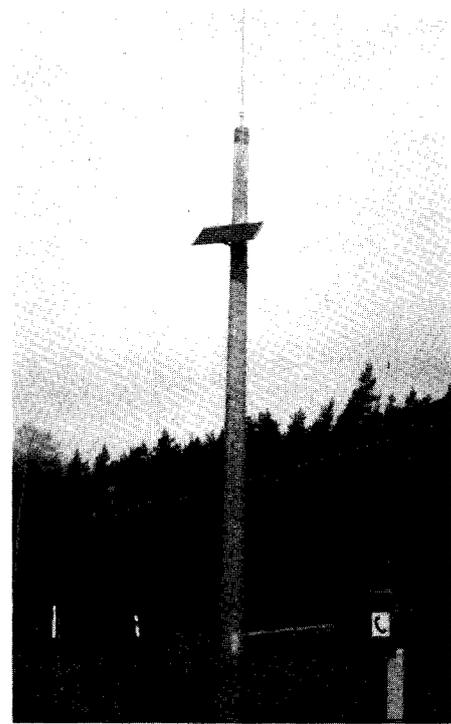
Die sonstigen Vor- und Nachteile von Leuchtdioden gegenüber Glühlampen sind die gleichen wie bei Signalleuchten.

### Veränderung der Leuchtdichte-Verteilung von innenbeleuchteten Verkehrszeichen

Das Licht wird von innenbeleuchteten Verkehrszeichen und Schilderbrücken etwa diffus abgestrahlt. Das bedeutet, daß die leuchtende Oberfläche auch bei Beobachtung unter einem streifenden Winkel, wenn man sich dem Zeichen also schon stark genähert hat, noch eine hohe Leuchtdiode besitzt. Die ist dann aber gar nicht mehr nötig, da bei dieser Entfernung der Kraftfahrer den Zeicheninhalt schon erkannt bzw. gelesen hat und sich wieder dem Verkehr auf der Fahrbahn widmen sollte. Wenn es gelänge, die Lichtabstrahlung stärker zu richten, könnte der Energieverbrauch auf die Hälfte oder weniger reduziert werden, ohne Einbußen an Erkennbarkeit oder Lesbarkeit in Kauf nehmen zu müssen.

### Erhöhung der Lichtausbeute von Leuchtstofflampen

In Verkehrszeichen werden häufig noch Leuchtstofflampen mit 38 mm Durchmesser eingesetzt. Bei Verwendung der moderneren Lampen mit 26 mm Durchmesser, Einbau von genau auf diese Lampen abgestimmten Reflektoren und Betrieb der Leuchtstofflampen nicht mit 50 Hz Wechselspannung, sondern mit 25 kHz, ist eine Energieeinsparung beim ganzen Beleuchtungssystem von 50 % möglich. Bei Kombination der beiden genannten Maßnahmen könnte der Energieverbrauch eines beleuchteten Verkehrszeichens um 75 % oder mehr bei gleicher lichttechnischer Qualität gesenkt werden.



Notrufsäule mit Solarstromversorgung an der B 505 bei Bamberg

### Betrieb lichttechnischer Einrichtungen nur bei Bedarf

Man kann elektrische Energie auch auf ganz andere Weise einsparen als durch Erhöhung der Lichtausbeute: Ein Sensor (Radar, Schleifendetektor, Lichtschranke) schaltet bei Annäherung eines Kraftfahrzeuges (beispielsweise zur Geschwindigkeitsüberwachung) einen „schlafenden“ Signalgeber auf Blinkbetrieb. Mittels einer Verzögerungsschaltung wird die Anlage nach einiger Zeit wieder ausgeschaltet. Diese Betriebsweise ist nur bei Anlagen möglich, die mit Glühlampen ausgerüstet sind, deren Lebensdauer im Gegensatz zu Leuchtstofflampen von der Schaltdauer fast unabhängig ist.

An dieser Stelle muß allerdings darauf hingewiesen werden, daß alle Möglichkeiten, auf elektronischem oder anderem Wege Energie zu sparen, nur dann Eingang in die Praxis finden können, wenn die Betriebssicherheit der ganzen Anlage, die direkten Einfluß auf die Verkehrssicherheit hat, nicht beeinträchtigt wird.

Natürlich ist der Einsatz der Solarenergie auch bei anderen Einrichtungen der Straßenausstattung denkbar und wird in bescheidenem Maß z. T. auch praktiziert. Es sind dies Straßenleuchten, mit Blinklicht ausgerüstete Boden- und Seitenreflektoren und Verkehrsspiegel. Als nicht lichttechnische Einrichtungen sind zu nennen Glatteis- und Nebelwarnanlagen, Zählgeräte, abgesetzte Funkstellen, Notrufsäulen und Zwischenverstärker für Fernsprechleitungen.

## Wirtschaftliche Aspekte der Solarstromversorgung

In der Vergangenheit wurden Versuche, bei Anlagen der Straßenausstattung die Netz- durch Solarstromversorgung zu ersetzen, mit dem Argument abgebrochen, die Solarstromversorgung sei zu kostspielig und zu unzuverlässig. Dieses Ergebnis mag gelegentlich dadurch zustande gekommen sein, daß falsche Vorstellungen über die technischen Gegebenheiten einer photovoltaischen Energieversorgung bestanden haben und deshalb nicht die optimale Auslegung der Solaranlage gewählt oder die Leistungsfähigkeit der Anlage nicht an die Erfordernisse des zu versorgenden Geräts angepaßt wurde.

Als Beispiele für eine gute Auslegung einer Solarstromversorgung sei die abgesetzte Funkstelle Isselburg aufgeführt:

Benötigte tägliche Energie bei Empfang  $0,5 \text{ A} \times 12 \text{ V} \times 23 \text{ h} = 138 \text{ Wh}$ .

Benötigte tägliche Energie beim Senden  $4,5 \text{ A} \times 12 \text{ V} \times 1 \text{ h} = 54 \text{ Wh}$ .

Die Gesamtenergie je Tag liegt also bei 192 Wh.

Der mittlere Leistungsbedarf beträgt 8 W.

Die Leistung des Solarpanels und die Batteriekapazität wurden so ausgelegt, daß selbst im Winter bei einer dreiwöchigen Periode ohne Sonnenschein die Batterien erst zu 50 % entladen sind. Wird dieser Wert unterschritten, wird eine Meldung an die Autobahnmeisterei abgesetzt, die die Batterien dann wechselt.

## Kosten

In der Tabelle 2 sind die Kosten für eine Solarstromversorgung zusammengestellt. Die Angaben wurden freundlicherweise von der Fa. AEG zur Verfügung gestellt (Preisstand 1986). In den Kosten sind die Aufwendungen für die Solarmodule, die Gestelle für die Module nebst interner Verdrahtung und Montagematerial, den Laderegler und eine stationäre Bleibatterie enthalten.

Es handelt sich um Richtpreise ohne Mehrwertsteuer. Die Kalkulation erfolgte jeweils für einen Standort mit niedriger (Hamburg), mittlerer (Würzburg) und hoher Einstrahlung (Rosenheim) in Deutschland. Die Auslegung erfolgte für den Monat Dezember, also für Ganzjahresbetrieb.

Zusätzlich müssen eventuell noch Kosten für Anschaffung und Aufstellung eines Häuschens, Containers o.ä. zur Unterbringung der Batterien und der Elektronik berücksichtigt werden. Grob gesagt, muß mit 1000 – 1500 DM je Watt mittleren Leistungsbedarf gerechnet werden.

Art der Einrichtung	Installierte Leistung (W)	Eigenverbrauch je Tag (kWh)		Bemerkung
		Sommer	Winter	
Verkehrszeichen innenbeleuchtet	40 – 50	0,32 – 0,40	0,64 – 0,80	nur Nachtbetrieb
Übergroße Verkehrszeichen innenbeleuchtet (für Fläche 3,75 m x 3 m)	400 – 675	3,2 – 5,4	6,3 – 10,8	nur Nachtbetrieb
	außenbeleuchtet (für Breite 3,75 m)	170	2,7	
Lichtzeichensignalgeber Lampenspannung 220 V	42 V	1 – 1,5	0,8 – 1,2	Dauerbetrieb mit Tag/Nachtschaltung
	25	0,5	0,4	
	10 V	0,3 – 0,4	0,24 – 0,32	
Baustellenleuchten mit Glühlampen	0,5 – 50	0,012 – 1	0,012 – 0,8	Dauerbetrieb Tag/Nachtschaltung bei Lp. höh. Leistung Blitzfrequenz $60 \text{ min}^{-1}$
	mit Blitzlampen	1 – 6	0,0241 – 0,12	
Faseroptische Wechselverkehrszeichen	60 – 200	1,2 – 4	0,96 – 3,2	Dauerbetrieb Tag/Nachtschaltung
mechanische Wechselverkehrszeichen	20 – 350	$< 10^{-3}$	$< 10^{-3}$	10 Schaltungen

Tabelle 1: Lichttechnische Einrichtungen der Straßenausstattung mit ihren elektrischen Verbrauchsdaten

Dauerleistung (W) Batteriespannung (V)	10		100			500	
	12	24	12	24	48	48	220
Hamburg	16,1	16,6	153	127	137	628	574
Würzburg	12,9	13,3	132	119	115	536	470
Rosenheim	11,6	11,3	107	94	90	427	381

Tabelle 2: Kosten für eine Solarstromversorgung an drei Standorten in Deutschland (in 1000 DM)

Die Kosten, die bei einer Verkabelung aufzuwenden sind, können nicht so global beschrieben werden, da die örtlichen Gegebenheiten zu unterschiedlich sind. Sie setzen sich zusammen aus den Aufwendungen, die an das Energieversorgungsunternehmen für die Verkabelung von der nächsten öffentlichen Stromversorgungsmöglichkeit bis zum Zählerplatz zu zahlen sind, den Zählerplatz (ca. 2000 DM) und die Verkabelung im Bereich der Autobahn. Diese betragen zur Zeit etwa 60 DM je Meter. Mit Zusatzkosten muß gerechnet werden, wenn man etwa mittels einer Pressung das Kabels unterhalb der Fahrbahn verlegen muß (10000 DM).

Selbst wenn nur einige 100 m oder wenige km zu verkabeln sind, entstehen schnell Kosten von mehreren 10 000 oder 100 000 DM, so daß nach den Angaben obiger Tabelle sogar bei Anlagen mit einem Leistungsbedarf in der Größenordnung von 100 W eine Solarstromversorgung schon von der Investition her lohnend sein kann.

Wenn man, wie bei der Funkstelle Isselburg geschildert, auf 100-prozentige Verfügbarkeit der Anlage verzichtet und zuläßt, daß in den Wintermonaten die Batterien zwei- oder dreimal nachgeladen werden müssen, kann die Batteriekapazität erheblich kleiner gehalten werden, wodurch weitere Kosten gespart werden.

Es liegen zu wenig Angaben vor, um den finanziellen Nutzen berechnen zu können, der durch Verringerung oder Wegfall von Wartungsarbeiten entsteht. Er dürfte ganz erheblich sein und dazu führen, daß Solaranlagen sich in einigen Jahren amortisieren, selbst wenn ihr Anschaffungspreis spürbar über dem Preis liegt, der für eine Netzverkabelung zu zahlen gewesen wäre.

Hans-Hubert Meseberg ist stellvertretender Leiter der Fachgruppe Lichttechnik bei der Bundesanstalt für Straßenwesen in Bergisch Gladbach. Zu seinem Tätigkeitsfeld gehören alle in Zusammenhang mit dem Straßenverkehr stehenden Frage der Lichttechnik und Farbmetrik.