

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins :
gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen
Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer
Elektrizitätswerke (VSE)

Band: 58 (1967)

Heft: 14

Artikel: L'éclairage pour manifestations en nocturne n'est plus un luxe

Autor: Rubeli, J.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916267>

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: 06.10.2024

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

L'éclairage pour manifestations en nocturne n'est plus un luxe ¹⁾

Par J. Rubeli, Genève

628.971

Dans ce bref exposé, je vais essayer de montrer les raisons qui font que le titre que j'ai choisi, l'«Eclairage pour manifestations en nocturne n'est plus un luxe», n'est que la conséquence et l'aboutissement normal de l'évolution de toute nouveauté.

Si nous jetons un coup d'œil dans d'autres domaines comme par exemple l'automobile, la radio ou la télévision, nous constatons que d'objets de luxe, l'évolution en a fait des objets fondamentaux de la vie moderne. Lorsque je parle d'évolution, j'entends par là, aussi bien l'évolution du climat psychologique que celle de la technique, des possibilités financières et commerciales.

L'éclairage des terrains de sport est aujourd'hui chose courante, sinon indispensable. Alors qu'il y a 20 ans à peine, l'éclairage d'un terrain de football était un événement important, aujourd'hui les terrains d'entraînement les plus modestes s'équipent couramment en éclairage. Il n'y a plus un seul sport qui ne se pratique pas également et souvent même de préférence en nocturne.

Quels sont les éléments qui permirent une évolution aussi rapide?

Ils sont de différentes natures; mais disons tout de suite qu'ils convergent à la même conclusion: un stade, ou mieux encore, une installation sportive sans éclairage, est une œuvre inachevée.

Aucun sportif ne me contredira car il en est le premier conscient.

Je parlais tout à l'heure de l'évolution du climat psychologique. Personne n'ignore que la tension nerveuse de

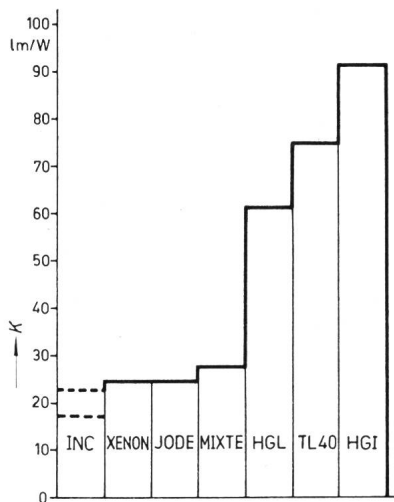


Fig. 1

Comparaison du flux lumineux émis par différentes sources de lumière
K efficacité lumineuse

l'homme a considérablement augmenté avec le rythme accéléré que lui imprime la vie moderne.

Pour maintenir le sain équilibre, il lui faut un dérivatif à ses occupations professionnelles qui se traduit toujours plus par la pratique des sports. La compensation physique est devenue un besoin dans notre ère de facilité où la marche, exercice naturel du corps, se fait en auto, ascenseurs ou escalier roulant.

¹⁾ Conférence donnée à l'Assemblée de discussion de la Commission Suisse de l'Eclairage (CSE) le 16 novembre 1966 à Bâle.

Mais alors me direz-vous pourquoi justement choisir l'obscurité de la nuit pour pratiquer les sports?

Les raisons sont multiples: Comme la plupart des personnes travaillent toute la journée, il ne reste théoriquement

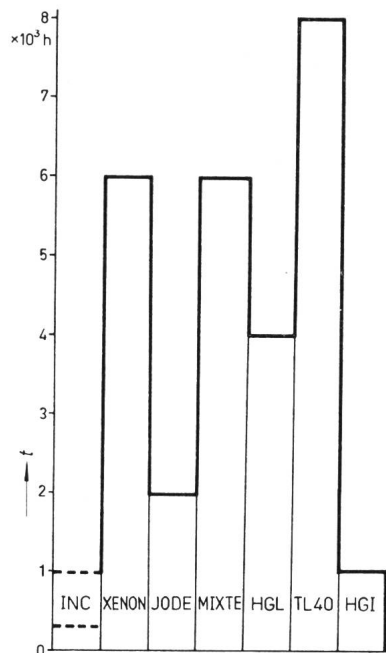


Fig. 2

Durée de vie moyenne de différentes sources de lumière généralement utilisées pour l'éclairage de terrains de sport
(incandescence, ligne inférieure, lampes de projection et ligne supérieure, lampes standard)
t durée de vie

ment que les «week-ends» ou les soirées limitées de l'été. Or, la motorisation généralisée fait souvent préférer la route et la recherche d'évasion, aux stades. D'autres profitent du dimanche pour le consacrer à la vie familiale. La chaleur des journées d'été, peut-être moins chez nous que sous d'autres cieux, n'est pas spécialement favorable non plus pour les exercices physiques, qui se déroulent alors de préférence le soir.

Il est dès lors naturel que la jeunesse utilise les soirs de semaine pour s'entraîner. Pour les mêmes raisons, les compétitions se jouent toujours davantage la semaine en nocturnes. On a bien vite constaté que c'est dans ces occasions qu'on recueille la plus grande participation du public et, par conséquent, que les résultats financiers sont les meilleurs.

Je pourrais énumérer toute une série d'autres raisons qui directement ou indirectement influent sur le climat psychologique, favorable à un délassement en soirée, mais cela m'écarterait du but de mon exposé.

J'insisterai davantage par contre sur les progrès techniques et économiques qui permettent de rejoindre le thème choisi et qui mettent la possibilité de l'éclairage des terrains de sport à la portée de tous.

Sur le plan technique d'abord, il faut dire que des dizaines d'années d'expérience ont permis d'étudier les problèmes posés, et de déterminer les meilleures manières d'éclairer les terrains de sport.

Les recommandations de la Commission Suisse de l'Eclairage, qui à l'heure actuelle s'étendent à la plupart des

disciplines sportives, résumant très bien les techniques à employer. Ces recommandations se renouvellent progressivement en fonction de nouveaux développements techniques. Parmi ces développements, le plus important est certainement celui des sources mêmes de lumière.

Alors qu'il y a peu d'années encore, seule la lampe incandescente remplissait à peu près les conditions requises

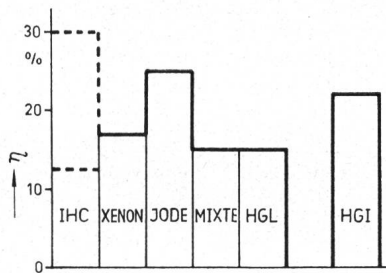


Fig. 3

Rendements moyens d'installations η de terrains de football pour des points lumineux placés d'une manière classique
Tubes fluorescents, non recommandés

pour être utilisée en vue de l'éclairage de stades, aujourd'hui toute une série de sources de lumière peuvent être utilisées. De plus, les performances de ces nouvelles sources sont en général bien plus intéressantes (fig. 1).

Ainsi, les qualités croissantes des sources de lumière ont mis à notre disposition des moyens accrus pour répondre aux impératifs d'un éclairage confortable et répondant aux besoins des différentes disciplines sportives. Il faut cependant réserver une place non négligeable au confort visuel indispensable pour permettre d'une part aux sportifs d'accomplir leurs exercices physiques sans gêne et sans danger, et, d'autre part, au public de suivre ceux-ci sans fatigue visuelle.

Je n'insisterai pas ici sur les progrès réalisés par les constructeurs d'appareils d'éclairage, mais je tiens quand même à souligner qu'ils sont importants et qu'ils ont leur incidence économique; et puisque j'ai prononcé ce mot, voyons directement l'aspect économique du problème.

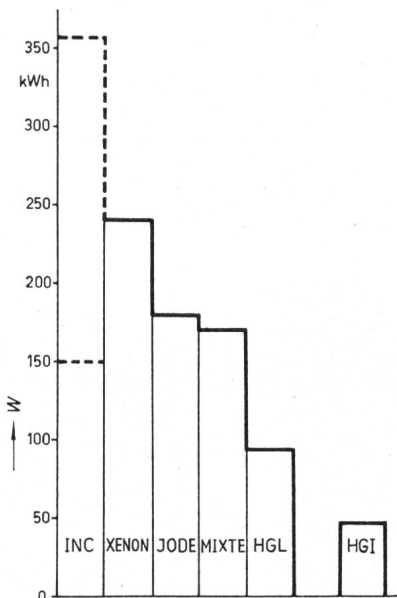


Fig. 4

Consommation approximative W en kWh pour un éclairage horizontal de 250 lx

Le graphique tient compte du rendement des sources lumineuses et du rendement de l'installation en fonction de ces sources

Ici les progrès ont également été importants. L'utilisation de sources de lumière économiques, l'augmentation de leur durée de vie, l'utilisation de supports demandant un minimum d'entretien sont autant de facteurs déterminants.

D'autre part, l'utilisation judicieuse des sources de lumière en fonction des impératifs cités tout à l'heure a permis de diminuer leur nombre à l'indispensable et par là même de limiter également les frais d'installation.

Pour mémoire, je vous présente ce cliché montrant la durée de vie moyenne des lampes (fig. 2). J'avoue que ceci ne joue qu'un rôle secondaire au point de vue économique puisque la durée d'utilisation des installations sportives la nuit varie en général selon qu'il s'agisse d'un stade de compétition, d'un tennis ou d'une patinoire, de 75 à 600 h par an. Le flux lumineux plus abondant des nouvelles sources de lumière permet à éclairage égal de diminuer considérablement les besoins d'énergie électrique et par voie de conséquence les frais d'installation.

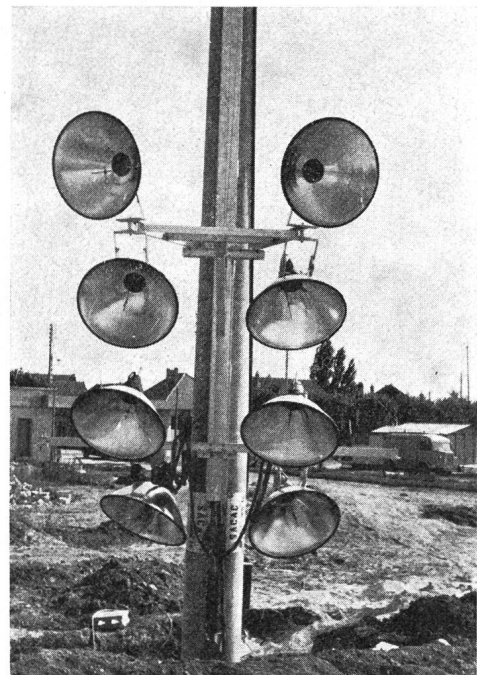


Fig. 5

Exemple d'une herse mobile permettant l'entretien au niveau du sol

Il serait cependant faux de ne prendre en considération que le flux, qui comme nous l'avons vu, peut varier selon la source de 15 à 95 lm/W pour en tirer des conclusions hâtives.

En effet, il faut tenir compte de la proportion du flux émis qui atteint le terrain à éclairer. Cette proportion est très variable et sera d'autant meilleure, que la source de lumière sera petite, c'est-à-dire que le flux lumineux sera mieux contrôlable. Ce facteur s'appelle le rendement de l'installation et c'est là qu'interviennent sérieusement la conception, la construction et la qualité des luminaires.

Selon les projecteurs utilisés, le rendement peut varier du simple au double, ceci en particulier pour l'incandescence. La position des projecteurs, leur hauteur et leur éloignement jouera également un rôle important, puisque comme chacun le sait la lumière diminue en fonction du carré de la distance.

En d'autres termes, si une source lumineuse se trouvant à une distance de 30 m donne un éclairage de 100 lx,

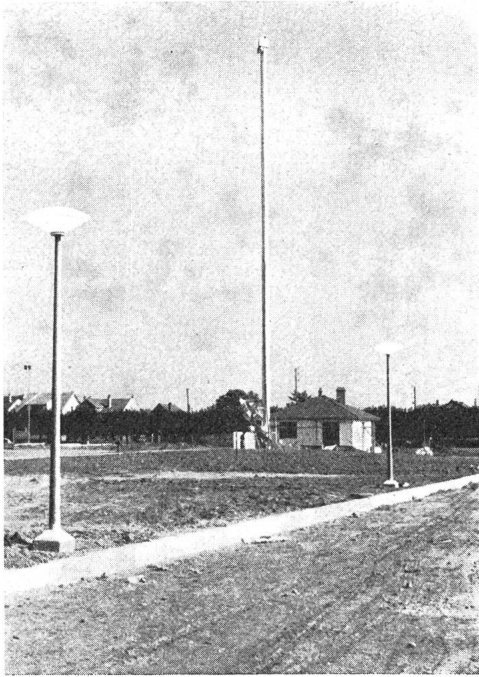


Fig. 6

Exemple d'un mât de 33 m

en béton armé centrifugé, équipé d'une herse mobile, installé dans la région parisienne. A l'avant-plan 2 appareils à lampes fluo-ballons pour l'éclairage des allées

cette même source, placée à 60 m, ne donnera plus que 25 lx. D'où l'importance de la bonne disposition des sources de lumière.

La combinaison du tableau de rendements (fig. 3) avec celui des flux lumineux des lampes (fig. 1), vu précédemment, donne à éclairage égal et à positionnement correct des points lumineux, la consommation nécessaire selon les sources lumineuses employées. Les frais d'installation seront bien entendu directement influencés par la puissance employée (fig. 4).

Le coût d'une installation est bien sûr également influencé par les supports des sources. Ceci est particulièrement sensible quand on songe aux pylônes utilisés pour les terrains de football dont la hauteur varie souvent entre 30 et 60 m. On rencontre la plupart du temps 3 exécutions: soit les pylônes dits «treillis» qui ressemblent aux pylônes utilisés pour les lignes à haute tension, soit les pylônes métalliques tubulaires avec échelle intérieure ou extérieure, et enfin les pylônes en béton.

Dans chacune de ces catégories, il y a des variantes plus ou moins pratiques, plus ou moins coûteuses et plus ou moins esthétiques. Il est certain que si l'on veut tenir compte à la fois de ces 3 facteurs, on retiendra particulièrement les mâts en béton centrifugé, qui, de plus, ne demandent pas d'entretien.

La mise au point de ces pylônes de grande hauteur munis de herse mobiles, ceci à des prix très abordables, réduit encore le prix d'une installation. Par ailleurs, cette solution permet de procéder à l'entretien au niveau du sol, en abaissant les projecteurs. Il n'y a plus besoin de spécialistes ni d'acrobates (fig. 5, 6).

Pour terminer, je dirai qu'à l'inverse du coût de la vie, le prix des installations d'éclairage des places de sport a suivi, à éclairage égal, une courbe descendante. La conséquence en est une amélioration constante des conditions de visibilité, par l'augmentation des niveaux d'éclairage. Il est courant à présent de voir des stades de football être éclairés à 300 lx et il n'est pas rare de rencontrer des niveaux de 600 et 800 lx, c'est-à-dire autant que dans des bureaux bien éclairés.

Pour reprendre le titre de mon exposé, je conclurai en disant que l'éclairage pour manifestations en nocturne n'est plus un luxe, mais le complément indispensable de toute installation sportive, quelle qu'en soit la nature.

Adresse de l'auteur:

M. J. Rubeli, directeur de la Swisel, 8, rue Dassier, 1201 Genève 1.

Diskussionsbeiträge

anlässlich der Diskussionsversammlung der Schweiz. Beleuchtungskommission (SBK) vom 16. November 1966 in Basel

061.3 : 628.9

Ch. Baumann, Lichttechniker, Osram AG, Zürich: Die Ansprüche und die technischen Möglichkeiten haben sich wie überall in der Lichtenwendung auch bei Stadionbeleuchtungen erheblich geändert. Bisher wurden Stadien im allgemeinen mit Glühlampen, Quecksilberdampflampen mit und ohne Leuchtstoff, neuerdings aber auch mit Quecksilberjodidlampen beleuchtet. Seit einigen Jahren stehen mit den Xenon-Langbogen-Lampen besonders lichtstromstarke Lichtquellen zur Verfügung. Bei einer Leistungsaufnahme von 20 kW in einer Lampe wird ein Lichtstrom von 500 000 lm erzielt. Durch diese Lichtkonzentration ist es möglich Masten mit weniger Einzeleuchten zu bauen, was zweifellos zu einer verbesserten Tageswirkung der Flutlichtanlage führt (Fig. 1). Gegenüber anderen Hochdrucklampen benötigen diese Lichtquellen keine Einbrennzeit. Die volle Lichtleistung wird unmittelbar ausgestrahlt.

Die XQO-Lampen haben eine Länge von ca. 190 cm, bei einem Kolbendurchmesser von 35 mm. Das röhrenförmige Entladungsgefäß aus Quarz enthält im Innern das hochwertige Edelgas Xenon. Zur elektrischen Schaltung gehört eine Drosselspule und zur Inbetriebsetzung (Zündung) ein Zündgerät. Das Spektrum der Xenonlampen stimmt mit dem der Globalstrahlung im sichtbaren Bereich gut überein. Für die Praxis heisst das: Keine Zwielichteffekte auch beim Zuschalten der Flutlichtanlage zum Tageslicht in der Dämmerung.

Im Licht der Xenonlampen werden die Farben so naturgetreu wiedergegeben, dass sich dem Zuschauer ein farbenprächtiges Bild bietet, zumal durch das Streulicht nicht nur das eigentliche Sportfeld, sondern auch die Zuschauerränge mitbeleuchtet werden. Die Bedingungen für Film- und Televisions-Aufnahmen sind ausgezeichnet.

Die Spielfeldabmessungen des Wedau-Stadions in Duisburg betragen 70 mal 105 m. Dazu kommen die am Rand der Spielfläche liegenden Wettkampfanlagen der Leichtathleten. An vier ca. 50 m hohen Stahlrohrmasten wurden insgesamt 32 Leuchten mit je einer XQO-Lampe und einer Leistung von 20 kW installiert. Die mittlere Horizontal-Beleuchtungsstärke beträgt ca. 400 lx mit einer Gleichmässigkeit von 1 : 1,5 und die Gesamtleistung 640 kW.

Die Xenon-Anlage wird zentral von einem Steuerpult aus, das in der sog. Tonkabine in der Tribüne untergebracht ist, bedient und überwacht. Vier Beleuchtungsstufen sind vorhanden, so dass je nach Bedarf beim Training, Spiel und anderen Veranstaltungen mit den verschiedenen Druckknopftasten entweder nur einige oder alle Leuchten eingeschaltet werden können.

M. Herzig, Lichttechniker, Philips AG, Zürich: Ende 1966 wurde die neue Beleuchtungsanlage des Borussia Fussballstadions in Mönchen-Gladbach (in der Nähe von Düsseldorf) (Fig. 2) er-



Fig. 1
Flutlichtanlage des Stadions in Duisburg-Wedau

öffnet. Sie stellt insofern eine Besonderheit dar, da sie die erste Flutlicht-Anlage grösseren Ausmasses ist, die mit 10-kW-Halogenglühlampen ausgerüstet ist. Die Anlage besteht aus 4 Stahlmasten von 40...46 m Höhe, welche in den Ecken des Spielfeldes plziert sind. Die Masten haben einen Durchmesser von 1 m und sind innen mit einer Leiter ausgerüstet. Die Höhe des Leuchtenrahmens beträgt 9,8 m, die Breite 3,6 m. In jedem Leuchtenrahmen befinden sich 12 Scheinwerfer, bestückt mit je einer 10-kW-Halogenlampe (Fig. 3). Das Totalgewicht eines Mastes mit den Scheinwerfern beträgt 12 t. Der Scheinwerfer hat Schneckenform. Die Lampe ist in seinem zylindrischen Teil montiert. Der Lichtstrom wird gänzlich durch den parabolischen Teil des Reflektors ausgestrahlt.

Die Leuchtdichte der strahlenden Fläche, ist verglichen mit herkömmlichen Scheinwerfern ausserordentlich niedrig, da die eigentliche Lichtquelle gegen direkten Einblick durch den zylindrischen Teil des Reflektors abgeschirmt wird. Die Scheinwerfer jedes Mastes sind je auf ein Viertel des Platzes gerichtet. Die horizontale Beleuchtungsstärke kann zwischen 450 und 630 lx



Fig. 2
Borussia Fussballstadion bei Beleuchtung

stufenweise eingestellt werden. Die gute Farbwiedergabe der Halogenlampe wird von den Spielern und Zuschauern sehr geschätzt. Die Farbtemperatur von ca. 3200 °K stimmt sehr gut überein mit der Farbtemperatur, welche für optimale Farbfernseh- und Farbfilm aufnahmen verlangt wird. Der hohen Beleuchtungsstärke wegen, können Fernsehbilder und Filmaufnahmen ohne zusätzliche Beleuchtung aufgenommen werden. Die Beleuchtung von Halogenglühlampen wird von Film- und Fernsehleuten sehr geschätzt, weil jeder stroboskopische Effekt, hervorgerufen durch die von der Netzfrequenz abhängigen Lichtschwankungen von Entladungslampen und der Bildfrequenz der Aufnahme-Kamera wegfällt.

Ich möchte auch kurz die Beleuchtungsanlage eines Tennisplatzes beschreiben (Fig. 4), die auf Grund der «Leitsätze für die Beleuchtung von Tennisplätzen und -Hallen» projektiert und ausgeführt wurde. Die Leitsätze empfehlen für Aussenanlagen folgende Betriebswerte der Beleuchtungsstärke:

- a) Ausschliesslich Training min. 90 lx empfohlen 150 lx
- b) Wettspiele und Turniere min. 150 lx empfohlen 300 lx

In einem Bericht des schweizerischen Tennisverbandes über die Umfrage betreffend Beleuchtungsanlagen von Tennisplätzen wird unter anderem geschrieben:

«Die Erfahrung zeigt, dass auch beim Trainingsspiel die Grenze von 150 lx Beleuchtungsstärke nicht unterschritten werden sollte.»

Das zeigt, dass die in den Leitsätzen verankerten Werte die Bedürfnisse wiedergeben und dem entsprechen, was die Tennispieler für ein sicheres Spiel wirklich benötigen.

Vorerst war am zu beschreibenden Tennisplatz eine Anlage mit 4 Masten vorgesehen. Wegen der zur Verfügung stehenden

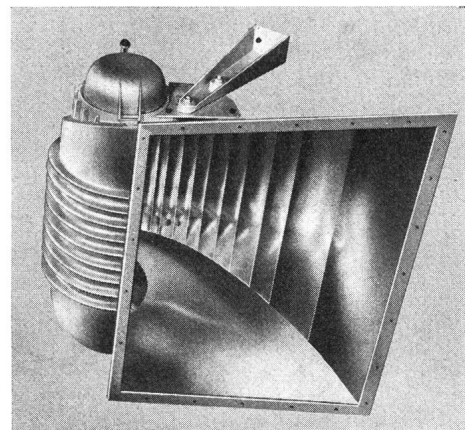


Fig. 3
Scheinwerfer für eine Halogenglühlampe von 10 kW

Leiter durfte die Lichtpunkthöhe aber nur 12 m betragen. Beim Durchrechnen zeigte sich bald, dass eine blendungsfreie Beleuchtung mit guter Gleichmässigkeit aber nur mit 6 Masten von 12 m zu erreichen ist. Als Lichtquellen wurden Quecksilberleuchtstofflampen oder Halogenglühlampen in Betracht gezogen. Trotz geringerer Lichtausbeute und kürzerer Lebensdauer fiel die Wahl schliesslich auf die Halogenglühlampe. Ihre Farbwiedergabeeigenschaften sind viel besser, als die der Quecksilber-Leuchtstofflampe.

Die relativ kurze Lebensdauer der Lampen von 2000 h fällt kaum ins Gewicht. Auch in den Jahren mit gutem Wetter brennen solche Beleuchtungsanlagen erfahrungsgemäss nicht länger als 150...200 h pro Jahr, so dass im Mittel die Lampen nur alle 10...12 Jahre ausgewechselt werden müssen.

Mit all diesen Überlegungen ergab das Projekt, dass je Mast zwei Scheinwerfer, bestückt mit je einer Halogenglühlampe von 2000 W und einem Lichtstrom von 44 000 lm, notwendig sind. Je ein Scheinwerfer jedes Mastes ist mit seiner optischen Achse auf eine Linie eingestellt, die parallel zu den Seitenlinien verlaufend, einen Abstand von 7,5 m von den Mastfusspunkten hat, oder anders gesagt, die ungefähr in der Mitte zwischen der Mittellinie des Platzes und der Seitenlinie für Singel-Spiel verläuft. Der zweite Scheinwerfer je Mast, ist auf die Seitenlinie für Doppel-Spiel, bzw. ihre Verlängerung gerichtet.

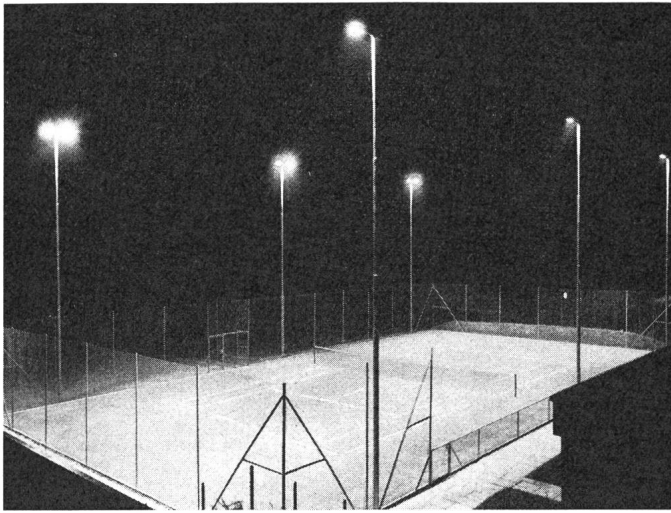


Fig. 4
Beleuchteter Tennisplatz

Der elektrische Anschluss erfolgt über zwei Schalter. Mit dem einen werden die nach innen gerichteten Scheinwerfer geschaltet, mit dem andern die nach aussen gerichteten. Da der Platz am Abend oft sehr stark belegt ist werden meist «Doppel» gespielt, und die ganze Anlage ist eingeschaltet. Da man für die elektrische Energie 25 Rp./kWh bezahlen muss, kostet Beleuchtung für eine Stunde 6 Franken. Diese Summe verteilt auf die 4 Spieler, ergibt pro Spieler 1.50 Franken pro Stunde. Für Singel-Spiele können die äusseren Scheinwerfer abgeschaltet werden, so dass jeder Spieler pro Stunde nur Fr. 1.50 bezahlen muss.

Die äusseren Masten stehen ungefähr in der Mitte zwischen der Grundlinie und dem hinteren Platzrand. Würden diese Masten näher der Grundlinie stehen, so besteht die Gefahr, dass ein Cross-Ball der nahe der Grundlinie aufschlägt vom abnehmenden Spieler im letzten Moment nur noch als Silhouette gesehen wird, was zu grosser Unsicherheit und zu falsch zurückgeschla-

genen Bällen führt. Würden die Masten noch viel weiter nach hinten versetzt so besteht die Gefahr, dass zwischen Netz und Grundlinie eine dunkle Zone entsteht; zudem fällt unnötig viel Licht ausserhalb des Platzes. Die mittleren Masten stehen auf der Verlängerung der Netzlinie.

Technische Daten:

a) *Bei voller Beleuchtung*

12 Scheinwerfer mit je einer Halogenglühlampe von	2 000 W
gesamter Lichtstrom	52 800 lm
gesamter Anschlusswert	24 kW
mittlere Beleuchtungsstärke bei neuer Lampe	375 lx
max. Beleuchtungsstärke bei neuer Lampe	437 lx
min. Beleuchtungsstärke	175 lx

Aus diesen Daten lässt sich ein Beleuchtungswirkungsgrad von:

$$\eta = 0,475$$

errechnen.

b) *Bei halber Beleuchtung*

Bei halber Beleuchtung werden pro Mast die nach aussen gerichteten Scheinwerfer abgeschaltet, ansonst entlang der Mittellinie eine dunkle Zone entsteht. Deshalb ist es wohl auch richtig, wenn sich die folgenden Lichttechnischen Daten nicht auf die ganze Spielfläche, sondern nur auf das von Seiten- und Grundlinien eingefasste eigentliche Spielfeld beziehen.

6 Scheinwerfer à 2000 W	
gesamter Lichtstrom	26 400 lm
gesamter Anschlusswert	12 kW
mittlere Beleuchtungsstärke	245 lx
max. Beleuchtungsstärke	325 lx
min. Beleuchtungsstärke	162 lx

Wirkungsgrad auf die ganze Spielfläche bezogen $\eta = 0,505$, nur auf das Spielfeld $\eta = 0,242$.

Kosten (approximativ):

Scheinwerfer und Lampen	Fr. 5760.—
Masten mit Fundamenten je ca. 620.—	Fr. 3700.—
elektrische Installationen mit Stellen der Masten	Fr. 6500.—
Kabelgraben und Kabelsteine total 93 m	Fr. 1290.—

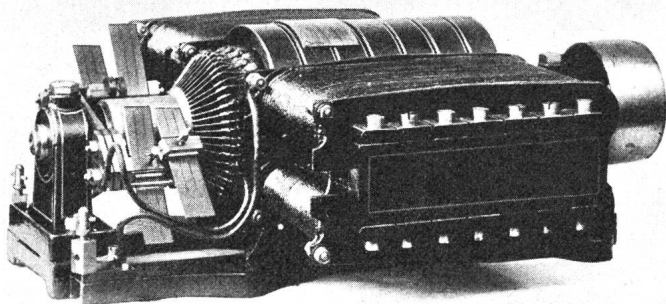
Total Fr. 17250.—

Kosten pro Meter Kabelgraben mit Kabel Fr. \approx 26.—

EIN BLICK ZURÜCK

Trommelanker 1872

Als Vorgänger des Trommelankers kann man den 1856 erfundenen Doppel-T-Anker ansehen. Dieser erwies sich wegen seiner starken Erwärmung infolge ungehinderter Wirbelstrombildung als unvollkommen. 1872 erfand nun *Friedrich v. Hefner-Alteneck* einen Trommelanker. Bei dem ersten Versuch, die Wirbelstrombildung zu verhindern, verwendete er zwar auch noch einen Vollkernanker, liess aber diesen nicht rotieren, sondern brachte seine Ankerwicklung auf eine Hülse, die sich zwischen den Feldmagneten und dem feststehenden Ankereisen drehen konnte. Bei dieser ersten Ausführung traten also weder Wirbelstrom- noch Hysteresisverluste auf; konstruktiv aber war diese Lösung noch keineswegs befriedigend, da die Ankerwicklung bei Belastungsschüssen auf der glatten Hülse rutschte. Das Material der Hülse war zunächst Holz, dann Neusilber und später Messing. Ferner hatte diese erste konstruktive Ausführung der Trommelankermaschine den weiteren Nachteil, dass ein doppelter Luftspalt, nämlich zwischen



W.-v.-Siemens-Institut, München

den Feldmagneten und Ankerwicklung und dem feststehenden Ankereisen vorhanden war.

1873 gelang schliesslich *Hefner-Alteneck* der Bau eines brauchbaren Trommelankers. Er unterteilte den Kern in Drahtbündel aus lackisoliertem Eisendraht. Diese Bündel von zylindrischer Form wurden achsial auf die Welle geschoben und auf dieser befestigt. Senkrecht dazu wurde die Rechteckwicklung aus isoliertem Kupferdraht über die Ankeroberfläche gleichmässig gewickelt. Die besonderen Vorteile des Trommelankers gegenüber den etwa im gleichen Zeitbereich von anderen Firmen verwendeten Ringanker bzw. Flachringanker waren die vollständige Ausnutzung der Ankerwicklung, da deren sämtliche Windungen im Bereich des Magnetfeldes lagen, sein kleines Trägheitsmoment infolge der zylindrischen Form und kleine Zentrifugalkräfte da die Länge ein Mehrfaches des Durchmessers betrug.

F. Gitscher