

**ERGEBNISSE DER VISUELLEN FUNKTIONSANALYSE IN
RANGIERBAHNHÖFEN IM SPIEGEL INTERNATIONALER
VORSCHRIFTEN**

**RESULTS OF VISUAL FUNCTIONAL ANALYSIS CARRIED OUT IN
MARSHALLING YARDS IN ACCORDANCE WITH INTERNATIONAL
REGULATIONS**

**LES RÉSULTATS DE L'ANALYSE FONCTIONNELLE DE VISIBILITÉ EN
GARES DE TRIAGE À L'ÉGARD DES PRESCRIPTIONS
INTERNATIONAUX**

**T. Déri - Dr. Á. N. Vidovszky
UNGARN**

Generaldirektion der MÁV - Generalinspektorat für Verkehrswesen

ZUSAMMENFASSUNG

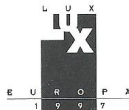
Die Bedeutung des Eisenbahnverkehrs im vereinigten Europa wächst ständig. Deshalb halten wir es für notwendig, sich auch mit der Beleuchtung der Rangierbahnhöfe, die die größten Freiluft-Arbeitsplätze sind, zu beschäftigen. Im Vortrag werden die vom Adaptationszustand des menschlichen Auges abhängigen visuellen Verhältnisse - inklusive die Probleme des nicht photopischen Sehens - überprüft. Einige, auf der Basis der visuellen Funktionsanalyse verwirklichte Beleuchtungsanlagen werden demonstriert. Im Vortrag werden die Ergebnisse mit den fachliterarischen Angaben und den internationalen Empfehlungen verglichen und die Ergebnisse der in Ungarn durchgeführten visuellen Funktionsanalyse zusammengefaßt.

SUMMARY

Volume of railway traffic in united Europe is significantly increasing. Therefore necessary also take into account illumination of the marshalling yards that are the biggest open air workplaces. The current paper studies the visual circumstances depending on the state of the adaptation of the human eyes including the problems of non photopic vision. Some lighting projects will be presented based on visual functional analysis. The paper compares the results with the data of the technical literature and the international recommendations and summarises the results of visual functional analysis carried out in Hungary.

SOMMAIRE

En Europe devenant de plus en plus unifiée le transport ferroviaire joue une role de plus en plus importante pour raison de sureté et de la protection de l'environnement. C'est le fait qui nous a amené à nous occuper de nouveau d'éclairage des gares de triage, comme de celui des plus grands chantiers de travail en plein air. Cet oeuvre examine la visibilité dépendant de l'état d'adaptation de l'oeil humain, ainsi que les questions de la vue non-photométrique. Il présente quelques installations d'éclairages mises en oeuvre sur la base de l'analyse fonctionnelle de visibilité. Il compare les résultats aux données de la littérature et recommandations internationaux. Il synthétise les résultats de l'analyse fonctionnelle de visibilité effectuée en Hongrie.



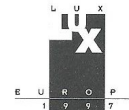
1./ EINFÜHRUNG

Der Eisenbahnverkehr erlebt seine neue Renaissance im sich vereinheitlichenden Europa, da er viel umweltfreundlicher ist als der Strassenverkehr. Es könnte deshalb daranliegen, dass auch auf internationaler Ebene - zum ersten mal seit vielen Jahren - sich mehrere Publikationen mit den Fragen der Freiraumbeleuchtung für die Eisenbahn beschäftigten und sogar der Anspruch für eine einheitliche Regelung auftauchte.

Wir möchten nur die für die Eisenbahngebiete am meisten charakteristischen Probleme der Rangierbahnhöfe analysieren, da die anderen Eisenbahngebiete in die Vorschriften für verschiedene Arbeitsplätze im Freien eingereiht werden können.

2./ ALLGEMEINES ÜBER RANGIERBAHNHÖFE

Die Aufgabe des Rangierbahnhofes ist der Empfang der Züge, Sammlung und Verteilung der Güterwagen verschiedener Bestimmung nach Richtung, Zusammenstellung und in Gangsetzung neuer Züge. Ihrer Technologie entsprechend können sie Flachbahnhöfe oder Rangierbahnhöfe mit Ablaufberg sein. Da letztere Version mehr Probleme aufweist, möchten wir uns nur damit beschäftigen. Die vielfältige Arbeit in diesem Gebiet stellt auch vielfältige Ansprüche in Beziehung der Beleuchtung. Die Eisenbahngesellschaften sind bestrebt die Arbeit an den Rangierbahnhöfen zu automatisieren und zu mechanisieren, jedoch gibt es Arbeiten die noch in



fernerer Zukunft nicht ohne menschlichen Eingriff durchgeführt werden können.

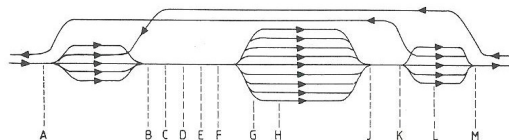
Das Aufbauschema ist aus Abb.1. ersichtlich. Die abgrenzbaren Gebiete nach der Abbildung sind

- Einfahrgruppe (A - B;)
- Ablaufberg (B - H;)
- Richtungsgruppe (H - L;)
- Ausfahrgruppe (L - M;)

Die vier technologischen Hauptgebiete können bezüglich der Sehaufgaben weiter aufgeteilt werden. Im Ablaufberg können folgende Teile von einander unterscheidet werden

- Ausziehgleis vor Ablaufberg
- Entkupplungszone
- Bergmeister usw.

Der Ablaufberg selbst ist der höchste Punkt des Bahnhofes. Die Güterwagen müssen dabei solche potentielle Energie sammeln, dass sie auch im ungünstigsten Falle ihren Platz in der Richtungsgruppe erreichen können. Beim Abrollen zu einer günstigeren Position müssen die langsameren Wagen so gebremst werden, dass sie genau am vorgesehenen Platz landen, und die anderen Wagen mit entsprechender Geschwindigkeit erreichen und nicht „aufprallen“, oder Sturz verursachen. Die überflüssige Energie muss deshalb aufgezehrt werden. Dazu dienen die Gleisbremsen (Abb. 1. Strecken F und H). Das Bremsen erfolgt in mehreren Stufen. Schliesslich werden die Wagen in der Richtungsgruppe erst gemäss Ihrer Hauptrichtung (z.B. Ost-West) und endlich zum Endziel (z.B. binnen Ost nach Prag oder Budapest) orientiert. In der Abfahrgruppe werden die Züge endgültig zusammengestellt und zur Abfahrt vorbereitet, (Zusammenkopplung, Bremsprobe usw.).



1. Abb. Das Ablaufschema der Rangierbahnhofs

- A - B Einfahrgruppe
- B - H Ablaufberg
 - B - D Ausziehgleis vor Ablaufberg
 - C - D Abkupplungszone
 - E - F Bergmeister
 - F - H Bremsenbereich
 - F - G Talbremsen
 - G - H Zielbremsen
- H - L Richtungsgruppe
 - H - J Richtungsgleise
 - J - K Verbindungsgleis
 - K - L Nachordnungsgruppe
- L - M Ausfahrgruppe

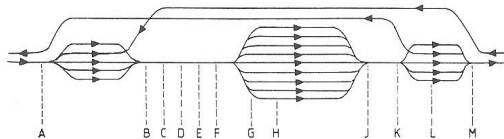
3./ VISUELLE ANFORDERUNGEN UND FUNKTIONSANALYSE

Die visuellen Anforderungen der verschiedenen Arbeitsgebiete sind recht unterschiedlich und verändern sich obendrein in Abhängigkeit des Automatisierungs- und Mechanisierungsgrades des gegebenen Bahnhofs.

Die Sehaufgaben können nach dem Beleuchtungsniveau aufgeteilt werden:

- Sehaufgaben mit hohen Ansprüchen: Beschriftung der Wagen, Entkopplung
- Sehaufgaben mit mässigeren Ansprüchen: Bremsen, Rangieren
- Sehaufgaben mit kleinen Ansprüchen: Abfahrt, Kontrolle
(bei letzteren wird an Kontrollarbeiten an hochautomatisierten Rangierbahnhöfen gedacht).

In Abbildung 2. haben wir unter dem schematischen Bild des Rangierbahnhofs die von uns aufgearbeiteten Empfehlungen und Normen angegeben. Unsere Untersuchungen haben sich auf die Empfehlungen der Internationalen Beleuchtungskommission (CIE), und auf amerikanische, deutsche und ungarische Vorschriften bezogen. Interessant ist auf dieser Abbildung, dass die DIN Vorschrift das ganze Gebiet mit einer einzigen Beleuchtungskennzahl charakterisiert. Jedoch ist die DB gemäss unseren Informationen nicht nur strenger, sondern stellt auch viel komplexere Forderungen.



| | A - B | B - D | B - H | | H - L | L - M |
|-------|-------------|-------|-------------|-------|--------------|-------------|
| | | | C - D | E - F | F - H | |
| CIE | 10 | - | Siehe Tab.1 | 50 | Siehe Tab.1 | 10 |
| IES | Siehe Tab.1 | - | 200 | - | Siehe Tab.1 | Siehe Tab.1 |
| DIN | 5 | | | | | |
| MÁVSZ | 2 | 2 | 100 | 5 | Siehe Tab.1. | 2 |

2. Abb.

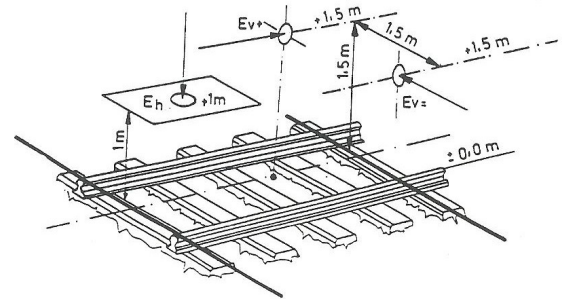
Ähnlicherweise ist es interessant, dass IES keinen Unterschied zwischen Tal- und Zielbremsen macht, oder exakter gesagt, haben wir keine Angaben für das Zielbremsen gefunden. Es ist weiterhin interessant zu beobachten, dass mehrere Vorschriften für die Ausweichbereiche, welche die Verbindung zwischen den Gleisen bedeuten andere Werte angeben, als für die Bereiche der quasi-geraden Gleisbereiche, und sogar die Ausweichbereiche nach ihrer Lage unterscheidet. (Tabelle1.)

Die Beleuchtungsproblemen des Bereiches der Gleisbremsen wären einen selbstständigen Vortrag wert. Es ist nämlich der Bereich, wo die Möglichkeit für die Automatisierung besteht am meisten und die gefährlichste Tätigkeit ausgelöst werden kann. Gemäss der ungarischen Praxis unterscheidet sich das automatische und das manuelle Bremsen nicht vorwiegend in Hinsicht der Beleuchtung, sondern lieber wegen anderen Lichttechnischen Merkmalen. In diesem Gebiet spielen vorwiegend Lichtrichtung und Schattigkeit eine massgebende Rolle. Wird das Bremsen handgesteuert durchgeführt, muss der Bediener der Gleisbremse die Seitenfläche der Wagen sehen, während bei Zielbremsen mit Hemmschuhen wird Stirnseite der Wagen beobachtet. In beiden Fällen sind die vertikale Komponente massgebend. Die Norm der ungarischen Eisenbahn MÁV unterteilt den oben erwähnten gemäss die vertikale Beleuchtungsstärke auf zwei Komponente: sowie die vertikale-parallele und vertikale-senkrechte Beleuchtung. Die Interpretation der vertikal-parallelen Beleuchtung konnten wir bei den deutschen und der schweizerischen Eisenbahnvorschriften finden, woaber wir mit der vertikal-senkrechten Beleuchtung ausser den einheimischen Vorschriften nur in der Schweiz begegnet sind. Die Definition dieser zweierlei vertikalen Beleuchtungsstärken zeigt Abb. 3.

Erfolgt das Bremsen vollautomatisch, d.h. das Zielbremsen ist auch mechanisiert, verändert sich die Funktion der Beleuchtung, denn in diesem Fall ist nur eine einzige Kontrolle nötig ob kein Wagen umgekippt wurde. Jetzt soll eine horizontale Beleuchtung versichert werden, womöglich in solcher Ausführung, dass das ganze Bremsgebiet aus dem Kontrollraum überwacht werden kann.

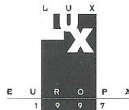
Wir möchten bezüglich der Schattigkeit bemerken, dass die Beleuchtungsnorm der ungarischen Eisenbahn die verschiedenen Gebiete in Schattigkeits-kategorien einteilt. Die strengsten Bedingungen gelten für A1, wo die Fahrzeuge in die Hauptsichrichtung überhaupt keinen Schatten werfen dürfen. In der Kategorie A4 bestehen gar keine Beschränkungen für die Schattigkeit.

Möglicherweise verdient der ungewöhnlich hohe Wert von 100 lx in der letzten Reihe der Abb.2 von den MÁV Vorschriften einige Aufmerksamkeit und Erklärung. Dieser Wert wird von MÁV für die Aufgabe der Abkupplung vorgeschrieben. Abkupplung bedeutet die Tätigkeit, bei der die bisher in einem Zug sich zusammen bewegendenden Fahrzeuge gemäss ihrem weiteren Ziel von einander getrennt werden. Diese Tätigkeit ist sehr unfallgefährlich, obendrein kann man mit der Ablösung derselben in absehbarer Zeit nicht



3. Abb. Die Erklärung der Beleuchtungsstärken auf Eisenbahngeländen

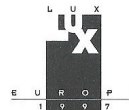
| | |
|----------|---|
| E_h | Horizontale Beleuchtungsstärke |
| E_{v+} | Vertikale-senkrechte Beleuchtungsstärke |
| E_{v-} | Vertikale-parallele Beleuchtungsstärke |



rechnen, da dazu der Lastwagenpark in ganz Europa gleichzeitig abgetauscht werden müsste. Das wesentliche dieses Manövers ist, dass die Verbindung der Wagen sichernde Schraubenschliesse, welche schon früher beim Aufschieben gelockert wurde, mit einer einzigen Bewegung gelöst wird, wobei die Wagenreihe sich langsam vorbei bewegt. Zwar ist die Sehaufgabe im ganzen Arbeitsgebiet gleich, das heisst statisch, jedoch ist der Ort derselben veränderlich, das heisst aus diesem Gesichtspunkt dynamisch. Die Analyse der Arbeitsbedingungen, die visuelle Funktionsanalyse hat es uns überzeugend bewiesen, das die sich auf die Beleuchtungsstärke beschränkte Denkweise ungenügend ist. Weitere Gütemerkmale der Beleuchtung können manchmal viel grössere Bedeutung haben. Deshalb wird dieses Gebiet von der ungarischen Norm in Kategorie A1 für die Schattigkeit eingereiht, das heisst für diese Tätigkeit wird vollkommene Schattenfreiheit verlangt. Diese Bedingung kann zum Beispiel mit einer ununterbrochener Reihe von Leuchtstofflampen erfüllt werden. Die Verwirklichung hat an einem unserer grossen Rangierbahnhöfe weitere ergonomisch vorteilhafte Änderungen zur Folge gehabt. Es war am einfachsten die Leuchten an einem Bahnsteigdach unterzubringen, das auch den Schutz gegen Schnee und Regen versichert hat, später bekam die Anlage eine Seitenwand die vor dem Wind schützte - mit einem Wort gesagt, sind die Arbeiter den Wetterbedingungen weniger ausgeliefert.

3.1. Vergleich verschiedener nationalen Vorschriften

Obwohl sich die Werte zwischen 2 und 20 lx ändern, gibt es keine wesentlichen Unterschied zwischen den verschiedenen Eisenbahnvorschriften, da die Adaptationsfähigkeit des menschlichen Auges hervorragend gut ist. Unterschiedliche Grössenordnung gibt es in der Reihe des Abkupplungs-bänkchens, wo IES 200 lx, CIE 50 lx angibt, wobei die



europäischen Eisenbahnen — mit Ausnahme von MÁV — mit Werten zwischen 3 und 20 lx arbeiten. Unserer Meinung nach lohnt es sich an dieser kurzen Gleissträcke zu Gunsten der Arbeitssicherheit eine höhere Beleuchtungsstärke zu sichern. Mit Adaptationsproblem muss hier nicht gerechnet werden, da die Arbeiter diese gut beleuchtete Zone während ihrer Tätigkeit nicht verlassen, und die in anderen, in weniger beleuchteten Gebieten Arbeitenden diese Zone nicht betreten dürfen.

An den weiteren Gebieten des Ablaufberges

- Ein und Ausfahrgruppe
- Zielgleise
- Bergmeister
- Gleisbremse

kann man unserer Meinung nach Ähnlichkeiten in den Vorschriften verschiedener Eisenbahngesellschaften und anderer Normen entdecken. (Siehe Tab.1.) Ein Beispiel dafür ist das Gebiet der Gleisbremsen, wo die Vorschriften von ÖBB und SNCB identisch sind (10 lx) und die Vorschrift von SBB (8 lx) praktisch auch nicht abweicht.

4./ FOLGERUNGEN UND VORSCHLÄGE

Bei der Erfüllung der internationalen Ansprüche für die Normung sollte man den Akzent auf die über die Beleuchtungsstärke hinausgehende Merkmale legen. Die beste Gelegenheit dafür könnte die geplante Gestaltung des gemeinsamen Europa-Hauses sein.

Bei der Festlegung der gemeinsamen Vorschriften sollte man unserer Meinung nach — auf Grund der visuellen Funktionsanalyse — auch die Problematik des skotopischen und photopischen Sehens behandeln.

Die Arbeitsplätze im Freien bei der Eisenbahn bieten wenigstens in 60 % -- einigen Meinungen nach sogar 70 % -- Bedingungen für skotopische Adaptation der Arbeiter. Bei der Berücksichtigung dieser Tatsache ist es sinnvoll darüber nachzudenken, dass die bezüglichen Vorschriften in photopischen Werten angegeben sind, die Messinstrumente an die V(λ) Funktion angepasst sind, die Lichtstromangaben der Lichtquellen photopische Werte sind - wobei der „Anwender“, das Auge der Arbeiter sich im skotopischen oder mesopischen Zustand befindet.

Auf die gestellten Fragen wird die Zukunft Antwort geben, aber die Formulierung der Fragen bedeutet für uns, das es sich lohnt in mehrere Richtungen loszugehen

- einerseits in Richtung gemeinsamer europäischer Regelung
- andererseits in Richtung der Entwicklung geeigneter Lichtquellen.

Schlussfolgerung unserer Untersuchungen: es genügt nicht ausschliesslich in Richtung Beleuchtungsniveau nachzudenken, zum bequemen Sehen sollen Gleichmässigkeit, Lichtrichtung, Schattigkeit und Blendungsbegrenzung gleichzeitig geregelt werden.

Zu dieser Arbeit ist das gemeinsame Nachdenken von Ost und West, von Süd und Nord unvermeidlich. Wir haben unser Schlusswort für den Vortrag der VI. LUX-EUROPA Konferenz aus der Aufschrift des königliche Wartesaales des Budapester Westbahnhofes entnommen. Dieser Gedanke verliert seine Aktualität nicht und hat **JETZT, HIER, HEUTZUTAGE und MORGEN** eine besondere Bedeutung. So ist unser Slogen unverändert

VIRIBUS UNITIS

Tabelle 1

| Benützer/ E _{av} ix | Ein- und Ausfahr- gruppe | Ab- kupplungs- zone | Berg- meister | Bremsenbereich | | | | Zielgleis |
|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---|
| | | | | Talbremsen | | Zielbremsen | | |
| | | | | Hand- gesteuert | Automati- siert | Hemm- schuh | Automati- siert | |
| IES | 20/10 ⁶ | 200 ¹ | | 100 ¹ | | | | 20 ⁷ /10 ⁷ 50 ⁷ |
| C/E | 10 | 50/20 ² | 50 ¹ | 20 | 50 ¹ | 20 | 20 | 10 ⁷ /10 ⁷ 20 ⁷ |
| C/E/ISO | 10 ⁷ /15 ⁶ | 50/20 | 20/50 ² | 20 | 50 ¹ | 15 | 15 | 10 ⁷ /15 ⁷ 15 ⁷ |
| DIN | | | | | | | | |
| MAY Rt. | 2 | 100 ³ | 5 ³ | 50 ^{3,5} | 5 ^{3,5} | 10 ^{4,5} | 5 | 2 |
| ÖBB | 5 | 15 | 15 | 15 | 10 | 10 | 10 | 5 ⁷ /10 ⁷ 10 ⁷ |
| DB AG | 3 | 10 ³ | 3 | 3 ¹ | 3 ¹ | 3 ¹ | 3 ¹ | 3 ¹ |
| SBB | 8 | 16 ³ | 16 ³ | 16 ⁴ | 8 | 8 | 8 | 4 |
| SBCB | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 4 |

Bemerkungen

¹ E_v; ² E_v/E_c;
³ E_v; ⁴ E_v;
⁵ Weichenbereich;

⁶ Schattenfrei;
⁷ Verteilungzone

⁸ DIN 5035 Teil 2-1990 Tab.2. 6. 1.2.;