

GUNNAR SIEVERS UND PETER KURTZ
 FAKULTÄT FÜR MASCHINENBAU, FG ARBEITSWISSENSCHAFT, TU ILMENAU

ANALYSE KRITISCHER LEUCHTDICHTE- VERHÄLTNISSE AN ANZEIGEN UND INSTRUMENTEN

· *Leuchtdichtemessung* · *Displays* · *Beleuchtung* · *Ergonomie*

ZUSAMMENFASSUNG

Die Analyse und Gestaltung von Leuchtdichtesituationen besonders an Anzeigen und Instrumenten ist in der betrieblichen Praxis mit zahlreichen Problemen verbunden. Geeignete Messgeräte gehören im allgemeinen nicht zur analytischen Standardausstattung bei der Arbeitsplatzgestaltung und die Kleinheit der Sehobjekte oder ihre Einsatzbedingungen stellten bislang ein großes Problem dar. Mit dem Leuchtdichtemess-System KALIF, welches moderne Rechen- und Videotechnik zur Erfassung der Leuchtdichte nutzt, kann aber an Anzeigen und Instrumenten komfortabel eine Untersuchung kritischer Kontrastverhältnisse sowie der örtlichen und zeitlichen Gleichmäßigkeit der Leuchtdichte vorgenommen werden. Dadurch ergeben sich neue Möglichkeiten zur Gestaltung von informationsverarbeitenden Arbeitsplätzen beispielsweise im Büro, der Industrie, in Verkehrsmitteln und zur Prävention von Sehbeschwerden.

PRAKTISCHE RELEVANZ

Mit dem Beitrag wird ein Messverfahren vorgestellt, dass es gestattet, Leuchtdichten an Anzeigen und Instrumenten einfach unter Feldbedingungen zu analysieren. Bislang schwierige oder sogar unmögliche Situationsbeurteilungen wie z. B. die Analyse der örtlichen und zeitlichen Gleichmäßigkeit werden möglich. Der arbeitswissenschaftliche Praktiker kann mit dem dargestellten Verfahren neue Wege zur Gestaltung der visuellen Wahrnehmung einschließlich der Prävention beschreiten.

ANALYSE DES NIVEAUX CRITIQUES DE LUMINANCE SUR LES ÉCRANS ET LES INSTRUMENTS

· *mesure de la luminance* · *écrans* · *éclairage* · *ergonomie*

RESUME

L'analyse de la luminance, en particulier sur les écrans et les instruments, est liée à de nombreux autres problèmes dans la pratique. Les appareils de mesure adéquats n'appartiennent pas à l'équipement classique utilisés pour l'aménagement des postes de travail. De plus la petitesse des objets « à voir » ainsi que leur condition de mise en œuvre représentent un gros problème. Avec le système d'analyse de la luminance KALIF, qui utilise des moyens modernes de calcul et d'enregistrement vidéo, il est possible d'étudier aisément les niveaux critiques de luminance sur les écrans et les instruments, ainsi l'uniformité de la luminance en fonction du lieu et du moment. Ainsi, ce système fournit-il de nouveau moyen d'analyse pour l'organisation des postes de travail équipés de systèmes d'informations par exemple, dans les bureaux, dans l'industrie, dans les transports en commun et pour la prévention et la réduction de troubles de la vision.

IMPORTANCE PRATIQUE

Cet article présente un système de mesure de la luminance adapté aux environnements avec écrans et instruments. Jusqu'à présent, il était difficile, voire impossible d'évaluer les situations de travail sous l'aspect de l'uniformité de la luminance en fonction du lieu et du moment. La pratique scientifique peut, maintenant, s'engager dans de nouvelles voies pour un aménagement de la perception visuelle qui favorise la prévention des troubles visuels.



THE ANALYSIS OF CRITICAL LUMINANCE SITUATIONS AT DISPLAYS AND INSTRUMENTS

· *luminance measuring · displays · illumination · ergonomics*

SUMMARY

The analysis of luminance situations in the area surrounding displays and instruments is coupled in practice with a lot of problems. The already known measuring procedures are complex and their use very demanding. Generally speaking, the necessary measuring technique is expensive and usually missing in enterprises. Therefore, a deficient design of workstations, displays and instruments cannot be identified.

The analysis system "Kalif" is a practically aligned instrument for spatial and temporal investigation and evaluation of luminance situations by recording a lighting-scenario with a video camera. A dedicated computer system evaluates either live images or tape recordings. For every point of the frame a measured value corresponding to the incidence of light is determined, which is proportional to the luminous density of the shown object.

The functions implemented in the system allow to imprint directly the measured values into the picture and over and above that

- ♦ the representation of luminance contrasts,
- ♦ luminance-profiles and
- ♦ the artificial-colour-coding of the picture corresponding to the luminous density.

All results of analysis can be stored as well as be printed in a freely configurable protocol.

Risk analysis concerning lighting situations are possible by the mean of the new procedure. Too high or too low contrast levels in the field of vision can be directly identified. Solutions for the workplace design can be developed, implemented, and compared by varying either the lightning or the arrangements at workplaces. Besides, the system is a valuable help in carrying out motivational and behavioural training for the employees. The field of application extends thereby from the design of

- ♦ visual display units over
- ♦ lighting systems for industrial workplaces and up to
- ♦ cockpits and lighting systems for traffic routes.

Especially the use of instruments with displays can be improved; The determination of contrasts and evenness of both active and passive displays (in macro- and micro-areas) takes place under the real conditions in the field. It is also possible to adjust the colour of the foreground as well as the colour of the background.

The luminance profile can be analysed time resolved by means of the time code of the video recording. The investigation of light-dark transitions and other changes of the luminance it is enabled; In this way it is also possible to study the visibility of displayed pieces of information in for example moving vehicles.

Because it gives the possibility to evaluate the lighting situations in the field, under the real conditions, the system, respectively the new procedure, contributes to the search for design and organisation solutions still on the spot.

PRACTICAL RELEVANCE

The aim of the paper is to present a measuring procedure, that allows an undemanding analysis of luminance for displays and instruments under field conditions. Evaluations, until now considered as being difficult or even impossible (e.g., the analysis of the spatial and temporal related evenness) are in this way enabled. By the mean of the presented procedure new paths for the visual perception design including prevention are opened for the practical ergonomists.

1 EINLEITUNG

Die Analyse und Gestaltung von Leuchtdichtesituationen ist in der betrieblichen Praxis immer noch mit zahlreiche Problemen verbunden. So gehören geeignete Messgeräte im allgemeinen nicht zur analytischen Standardausstattung bei der Arbeitsplatzgestaltung. Ihre Beschaffung und ihr Einsatz sind aufwendig. Gleichzeitig gestatten die üblichen Leuchtdichtemessgeräte nur die Erfassung eines einzelnen Wertes pro Messvorgang. Die Beurteilung der zeitlichen und örtlichen Gleichmäßigkeit wird dadurch erschwert oder sogar verhindert. Besonders die Beurteilung der Leuchtdichtesituation sehr kleiner Sehobjekte z. B. an Anzeigen und Instrumenten ist vielfach unmöglich.

Die oben genannten Schwierigkeiten sind die Ursache dafür, dass eine messtechnische Erfassung der Leuchtdichtesituation oftmals unterbleibt und oder durch eine subjektive Beurteilung ersetzt wird. Häufig bleiben deshalb ungünstige oder sogar kritische lichttechnische Arbeitsplatzgestaltungen unerkannt. Zu hohe oder zu niedrige Kontraste, Blendungen und Adaptionprobleme beeinträchtigen die Arbeitsleistung, erhöhen die Wahrscheinlichkeit für Fehlhandlungen und führen zu einer rascheren Ermüdung der Mitarbeiter. Besonders im Zug der an fast jedem Arbeitsplatz in immer größerem Maße anzutreffenden Informationsverarbeitung kommt diesem Sachverhalt eine steigende Bedeutung zu. Beispielsweise werden an Arbeitsplätze in Überwachungseinrichtungen, in Verkehrsmitteln und an Bildschirmarbeitsplätzen sehr hohe Anforderungen an den Sehvorgang zur Informationsaufnahme und das anschließende Reagieren gestellt. Aber auch in den zahlreichen computergestützten Fertigungszentren der Industrie sind anspruchsvolle Sehaufgaben im Zusammen-

hang mit Anzeigen und Instrumenten anzutreffen.

Mit den gewachsenen Möglichkeiten moderner Video- und Rechentechnik gelingt es neuartige Hilfsmittel wie das Mess-System „KALIF“ zu schaffen, um die eingangs genannten Probleme der messtechnischen Erfassung von Leuchtdichtesituationen weitestgehend lösen zu können.

2 BESCHREIBUNG DES MESS-SYSTEMS „KALIF“

Im Leuchtdichtemess-System „KALIF“ werden die Bildinformationen kommerzieller Videokameras ausgewertet. Diese sind ursprünglich das Ergebnis der Leuchtdichten, die auf das CCD-Chip der Kamera bei einer Aufnahme einwirken. Die frei zugänglichen Bildsignale der Kamera werden dazu über eine Videoschnittstelle in ein Rechner-system (Laptop) eingelesen und anschließend in Form einzelner Standbilder festgehalten und gespeichert (Bild 1). Durch eine Rekursivrechnung kann für jeden Bildpunkt die Leuchtdichteinformation zurückgewonnen werden. Sie steht in Form einer relativierten einheitenlosen Angabe zur Verfügung. Eine Umrechnung in eine absolute Angabe in cd/m^2 kann für jeden Bildpunkt mittels eines Referenzwertes erfolgen. Für viele praktische Aufgaben der Beurteilung von Leuchtdichten an Anzeigen und Instrumenten ist diese Konvertierung aber nicht nötig. So sind Kontrastbeurteilungen und Analysen der örtlichen und zeitlichen Gleichmäßigkeit bereits mit den einheitenlosen Werten durchführbar. Dafür stehen im System eine Reihe von Auswertungs- und Visualisierungsfunktionen zur Verfügung. Neben der direkten Einprägung des gemessenen Zahlenwerts in das Videobild können frei wählbar die Leuchtdichteinformationen in Profilverläufen und Falschfarben für das gesamte

Bild dargestellt werden. Kritische Bereiche mit einer Überschreitung eines bestimmten Leuchtdichteverhältnisses werden farbig hervorgehoben. Alle Ergebnisse können gespeichert und in einem frei konfigurierbaren Protokoll gedruckt werden.

Werden die interessierenden Arbeitsplätze, Anzeigen und Instrumente durch Bandaufnahmen festgehalten, ergibt sich die Möglichkeit, die Analyse eines Leuchtdichte-Szenarios auch orts- und zeitunabhängig von der Aufnahme durchzuführen und beliebig oft unter den verschiedensten Gesichtspunkten erneut zu wiederholen.

3 BEISPIELE FÜR DIE ANALYSE VON ANZEIGEN UND INSTRUMENTEN

3.1 Untersuchung von Kontrastverhältnissen

Besonders schnell und einfach lassen sich mit dem Mess-System „KALIF“ die Empfehlungen zur Gestaltung von Leuchtdichteverhältnissen, wie z. B. die Kontraste im Gesichtsfeld (Grandjean 1991), (Luczak 1998) überprüfen. Überschreitungen eines frei wählbaren Leuchtdichteverhältnisses sind durch Einfärbungen im Bild erkennbar. Im Bild 2 sind für einen Bildschirmarbeitsplatz die Kontrastverhältnisse größer 1:10 gegenüber dem Monitorrand durch eine Rotfärbung und größer 1:3 durch Grünfärbung erkennbar. Die deutlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Beleuchtungssituationen können nachgewiesen werden. Der Einsatz mobiler Rechner in Verbindung mit modernen Videokameras gestattet derartige Analysen vor Ort und in kürzester Zeit. Damit wird die Möglichkeit eröffnet, verschiedene Beleuchtungsszenarien aufzubauen, sofort zu bewerten und anschließend die beste Gestaltungslösung, z. B. für die Desktopeinstellung, das Beleuchtungsniveau und den Aufstellungsort des Monitors auszuwählen.

Ebenfalls kann durch diese Visualisierung wirkungsvoll ein Verhaltenstraining zur Prävention kritischer Leuchtdichteverhältnisse unterstützt werden. Die Folgen verschiedener individueller Verhaltensweisen, wie z. B. das Einnehmen ungünstiger Blickrichtungen, die Nichtnutzung von Jalousien und Stellwänden oder die zu kräftige bzw. zu schwache Einstellung von Lichtquellen können den Mitarbeitern so-



Bild 1:
Einsatz des Leuchtdichtemess-Systems „KALIF“

Figure 1:
Use of the measuring system „KALIF“

Illustration 1:
Utilisation du système de mesure „KALIF“

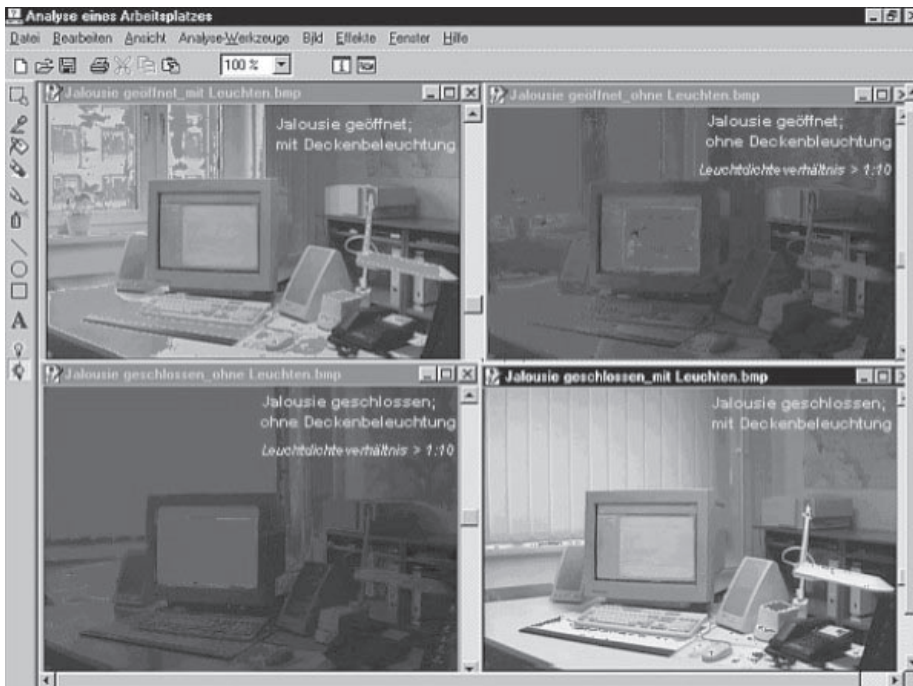


Bild 2: Gestaltungsvarianten bei der Bildschirmarbeit

Figure 2: Various designs regarding visual display unit work

Illustration 2: Variation du design des postes de travail avec écrans

wohl direkt am Arbeitsplatz als auch in entsprechenden Versuchsaufbauten demonstriert werden.

Die optischen Möglichkeiten moderner Videokameras erlauben darüber hinaus Aufnahmen von sehr kleinen Objekten an Anzeigen und Instrumenten. Damit wird jetzt auch für diese sonst schwer zugänglichen Bereiche eine Beurteilung der Leuchtdichteverhältnisse möglich. Beispielsweise sind so die Zeichenkontraste aktiver und passiver Anzeigen unter praktischen Bedingungen bewertbar. Im Bild 3 ist das Leuchtdichteprofil eines Fernbedienungsdisplays dargestellt. Wie aus dem Diagramm erkennbar ist, wird mit diesem passivem LCD-Display nur ein Zeichenkontrast von ungefähr 3:1 erreicht.

Die Mobilität des Systems gestattet Kontrastanalysen von komplexen Bedien-

und Anzeigesystemen während ihrer Benutzung. So sind mit „KALIF“ beispielsweise Beurteilungen der Sehbedingungen in ICE-Führerständen (Bild 4) während der



Bild 4: Leuchtdichten (Kalifeinheiten) im ICE-Führerstand

Figure 4: Luminance (Kalif-units) in an ICE driving cab

Illustration 4: Luminance (unités KALIF) dans la cabine d'un train à grande vitesse (ICE) (Quelle: TU Wien, Abteilung Arbeitswissenschaft)

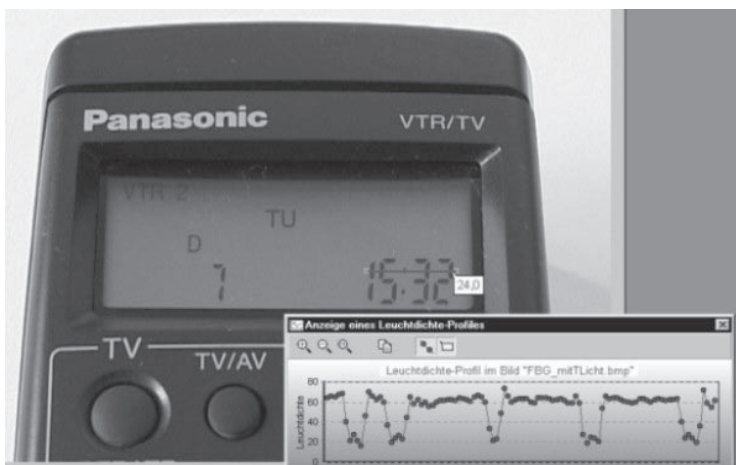


Bild 3: Kontrast eines Fernbedienungsgeberdisplays

Figure 3: Contrast of a remote control display

Illustration 3: Contraste d'un système de contrôle à distance

Fahrt möglich (Hackl-Gruber & Rothbauer 2002). Wie Messungen der TU Wien, Abteilung Arbeitswissenschaft ergaben, kann zwischen dem Instrumentenboard und dem Infeld in Fahrtrichtung der Leuchtdichteunterschied erheblich sein und deutlich über einem Verhältnis von 1:10 liegen. Auch sind weitere Blendquellen wie beispielsweise der Fahrplan und die Glanzstelle auf der Oberseite des Sonnenschildes erkennbar. Das Display weist ebenfalls starke Reflexionen sowie einen bemerkenswerten Unterschied der Schirmleuchtdichte gegenüber der Infeldleuchtdichte in Fahrtrichtung des ICE auf. Ein Erkennen von Informationen auf dem Display ist somit als schwierig zu bezeichnen.

3.2 Beurteilung der örtlichen Gleichmäßigkeit

Mit der durch „KALIF“ gegebenen Möglichkeit zur orts aufgelösten Analyse kann auch die örtliche Gleichmäßigkeit von Leuchtdichten untersucht werden. Dadurch kann die Ausleuchtung von Flächen oder die Gleichmäßigkeit aktiver Displays

betrachtet werden. Entsprechende Empfehlungen (TCO 99) werden so leicht überprüfbar. Das Bild 5 enthält ein entsprechendes Analysebeispiel eines TFT-Laptop-Displays in Falschfarbendarstellung. Es zeigt die Situation bei der Wiedergabe eines Schwarz-Weiß-Rasters auf dem TFT-Schirm. Die Ungleichmäßigkeit der Desktopleuchtdichte ist deutlich zu erkennen. Maximum und Minimum der Leuchtdichte für die hellen Displaybereiche weisen ein Verhältnis von über 3:1 auf. Gleichzeitig kann mit dieser Aufnahme der Zeichenkontrast beurteilt werden. Auch dieser weist starke Unterschiede auf. Es

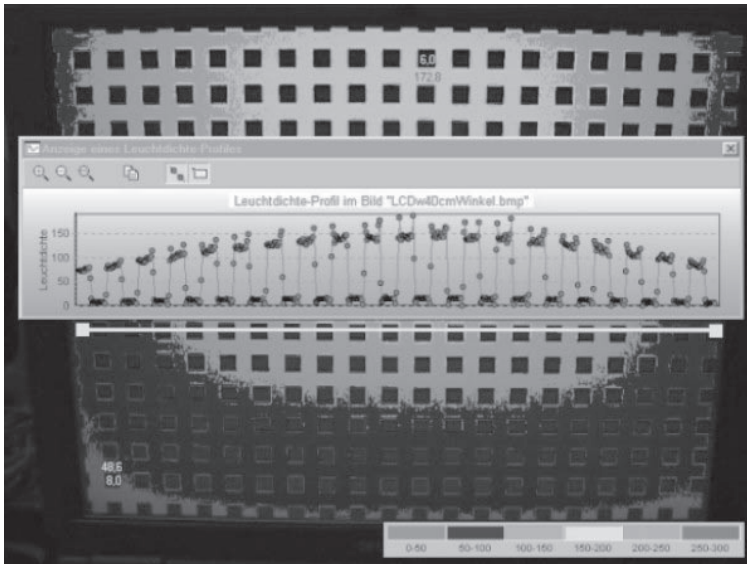


Bild 5:
Leuchtdichte-
verteilung auf einem
TFT-Display

Figure 5:
Luminance
distribution on a
TFT-display

Illustration 5:
Uniformité de la
luminance sur un
écran TFT

können je nach Messort Werte von fast 30:1, aber auch 6:1 ermittelt werden.

3.3 Beurteilung der zeitlichen Gleichmäßigkeit

Mit der Verwendung von Videoaufnahmen zur Leuchtdichteanalyse wird auch eine Betrachtung des zeitlichen Gradienten von Leuchtdichten möglich. Das Frameraster des TV-Aufnahmestandards liefert die dazu notwendige Zeitinformation. Mit Hilfe einer Bild-zu-Bild-Analyse der Leuchtdichte kann dann ihr zeitlicher Verlauf ermittelt werden. So können zu starke rhythmische Schwankungen oder extreme Hell-Dunkel- oder Dunkel-Hell-Übergänge erkannt werden. Diese sind verantwortlich

für die Adaptionsblendung mit temporärer und gegebenenfalls sogar permanenter Verringerungen der Sehleistung u.a. beim Erkennen von Anzeigen, Hinweisen und Symbolen (Grandjean 1991). Die Gestaltung des Ein- und Ausfahrbereichs von Tunnelanlagen ist ein praktisches Beispiel dafür. Die mit „KALIF“ gewonnenen Ergebnisse einer Messung des Leuchtdichteverlaufs der Fahrbahn beim Ausfahren aus einem Tunnelbereich sind im Bild 6 zu sehen. In gleicher Weise kann auch eine Abschätzung des relativen Leuchtdichteverlaufs im Einfahrbereich und in der Tunnelinnenstrecke (Gleichmäßigkeit und geschwindigkeitsinduziertes Flimmern) vorgenommen werden. Aus den Ergebnissen können neben einer Situationsanalyse auch Schlussfolgerungen zur Gestaltung

adaptiver Konsolen und Displays abgeleitet werden (Hackl-Gruber & Rothbauer 2002).

LITERATUR

Grandjean, Etienne: Physiologische Arbeitsgestaltung; 4. erweiterte Auflage 1991; Ott Verlag Thun, Sonderausgabe der ecomed verlagsgesellschaft mbh., Landsberg 1991

Luczak, Holger: Arbeitswissenschaft; 2. Vollständig neubearbeitete Auflage 1998; Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1998

Hackl-Gruber, Walter, Rothbauer, Markus: Ergonomischer Führerstand für den grenzüberschreitenden Verkehr; Vortrag auf dem XVI. Weltkongress für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit; Forum Prävention, Wien 2002

TCO 99 Requirements for environment labelling of personal computers; TCO, The Swedish Confederation of Professional Employeers; Stockholm 1998

ANSCHRIFT DER VERFASSER

Dr. Ing. Gunnar Sievers
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz
Technische Universität Ilmenau
Fakultät für Maschinenbau
FG Arbeitswissenschaft
Max-Planck-Ring 12
D-98684 Ilmenau
E-Mail: peter.kurtz@tu-ilmenau.de

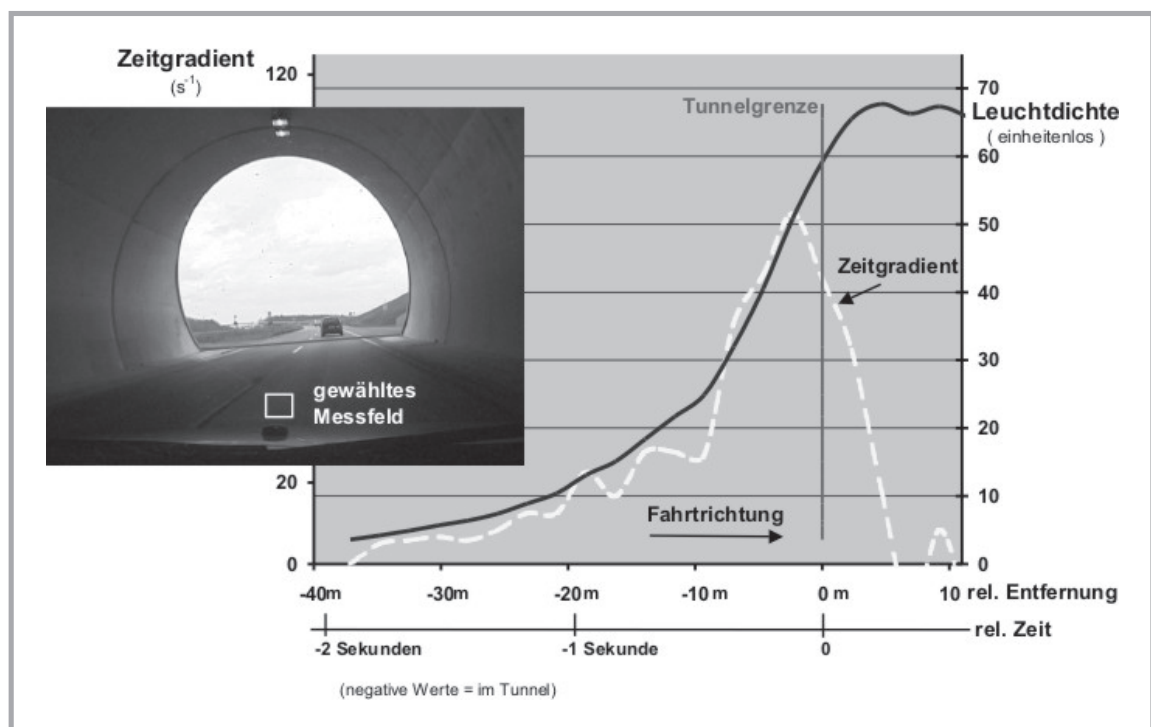


Bild 6:
Zeitgradient der Leuchtdichte bei
einer Tunnelausfahrt

Figure 6:
Time gradient of the lane
luminance while exiting a tunnel

Illustration 6:
Gradient de temps de la
luminance lors de la sortie d'un
tunnel