

Sichtweitenuntersuchungen mit dem Histogramm- und dem Gradientenverfahren

Kauschke, Rainer; Förtsch, Andreas; Dr. Völker, Stephan
L-LAB
Salzkottener Str. 1, D – 33106 Paderborn
Rainer.Kauschke@L-LAB.de

Zusammenfassung

Neue Erkenntnisse aus der fundierten Untersuchung von Leuchtdichtebildern mit Hilfe der Histogramm- und Gradientenverfahren sollen in diesem Artikel aufgezeigt werden. Insbesondere die Ergebnisse der Auswertung von Leuchtdichtebildern mit Sehtafeln werden beschrieben. Auf die Potentiale und die Robustheit der Verfahren wird eingegangen.

Bisherige Untersuchungen mit dem Histogrammverfahren ergeben bisher noch keine eindeutige Zuordnung der Erkennbarkeitsentfernung. Das Gradientenverfahren weisen in ihren Ergebnissen ebenfalls in dem bisherigen Entwicklungsstand noch Unsicherheiten auf.

Weitere Untersuchungen sind daher erforderlich.

1. Einleitung

Basierend auf Untersuchungen von Kauschke [1], [2] wurden mehrere mathematische Verfahren zur Auswertung von Leuchtdichtebildern vorgestellt. Deren Anwendung auf Erkennbarkeitsentfernungsuntersuchungen konnte darin nur exemplarisch durchgeführt werden.

In dem vorliegenden Beitrag sollen die mathematischen Verfahren, Histogramm- und Gradientenverfahren, angewendet auf die Bestimmung der Erkennbarkeitsentfernung bei den definierten Sehobjekten graue Tafel beschrieben werden. Diese mathematischen Ansätze sollen dazu dienen das Scheinwerfer-Gütekriterium Erkennbarkeitsentfernung zu objektivieren. Umfangreiche Untersuchungen im Lichtkanal unter statischen Bedingungen und später Untersuchungen unter dynamischen Bedingungen sollen damit in erheblichem Umfang reduziert werden. Diese Verfahren sollen einen Beitrag dazu leisten, die lichttechnische Leistungsfähigkeit unabhängig von dem Beobachter zu quantifizieren.

Grundlage für die Erkennbarkeitsentfernungsuntersuchungen waren Leuchtdichtebilder, die mit einer orts aufgelösten CCD-Leuchtdichtekamera von TechnoTeam aufgenommen wurden. Diese Leuchtdichtebilder wurden in folgenden Entfernungsklassen und mit unterschiedlichen Sehobjekten aufgenommen.

Die Aufnahmen der Erkennbarkeitsentfernungsuntersuchungen wurden bei der Hella KG in Lippstadt im Lichtkanal, einer 140m langen überdachten Straße unter konstanten, trockenen Messbedingungen aufgenommen.

Entfernung Objekt	GKF -20m	GKF -10m	Grenzerkennbarkeitsentfernung (= GKF)	GKF +10m	GKF +20m
Rehe			mit / ohne Objekt		
graue Tafel	mit Objekt	mit Objekt	mit / ohne Objekt	mit Objekt	mit Objekt

Tab.1: Übersicht über die verwendeten Objektklassen und deren Erkennbarkeitsentfernungsaufteilung, GKF = Grenzerkennbarkeitsentfernung.

2. Histogrammverfahren

Die Wahl der Leuchtdichtebilder wurde bei verschiedenen Leuchtdichteaufnahmen möglichst identisch gewählt. Insbesondere bei den Histogramm-Betrachtung der Erkennbarkeitsentfernungsuntersuchungen wurden die Ausschnitte so gewählt, dass die Fläche der Tafel und die Fläche des Hintergrundes identisch sind.

Um Fahrbahnmarkierungen und weitere Störungen aus den Leuchtdichtebildern auszuschließen, wurden nur die oberen Hälften der Leuchtdichtebilder als Datenausgangsmaterial für das Histogramm- und das Gradientenverfahren verwendet (Abb.1). Damit Störungen bedingt durch die entfernungsabhängige Variation der Tafelgröße für das Histogrammverfahren entfallen, wurden die Tafelbilder auf eine einheitliche Größe hochskaliert (normiert).

Die Auswertung der Leuchtdichtebilder mit einem Reh als Sehobjekt stellten sich als problematisch heraus, da diese zuerst an ihren Beinen erkannt wurden, wodurch der Auswertungsausschnitt auf deren Beine begrenzt wurde. Diese Ausschnitte beinhalten aber dennoch Störungen, die durch ihren prozentualen hohen Anteil im Vergleich zu der kleinen Fläche der Rehbeine sich verstärkt bemerkbar machen. Daher wurde von einer weiteren Auswertung dieser Leuchtdichtebilder zunächst Abstand genommen.

Die Auswertung nur der grauen Sichttafeln mit einer Größe von 30 x 30 cm² und einem Reflexionsgrad von 7,3 % in verschiedenen Erkennbarkeitsentfernungen versprach eindeutigere Ergebnisse.

Bei der Einordnung der Leuchtdichtewerte in die einzelnen Histogrammklassen geht die Information über die räumliche Herkunft verloren. Es ist daher sinnvoll Objekt und Hintergrund getrennt auszuwerten. Hierzu werden im selben Diagramm die Histogramme der beiden Teilbereiche – Objekt (Tafel) und Hintergrund – aufgetragen (Abb. 1).

Die Mittelwerte der Leuchtdichtebereiche sind in Abb.1 mit senkrechten Linien eingetragen. Dargestellt ist eine Sichttafel in Grenzerkennbarkeitsentfernung. Die Summe der beiden Histogrammanteile, der Tafel (grün) und des Hintergrundes (blau) stellt die rote Kurve dar.

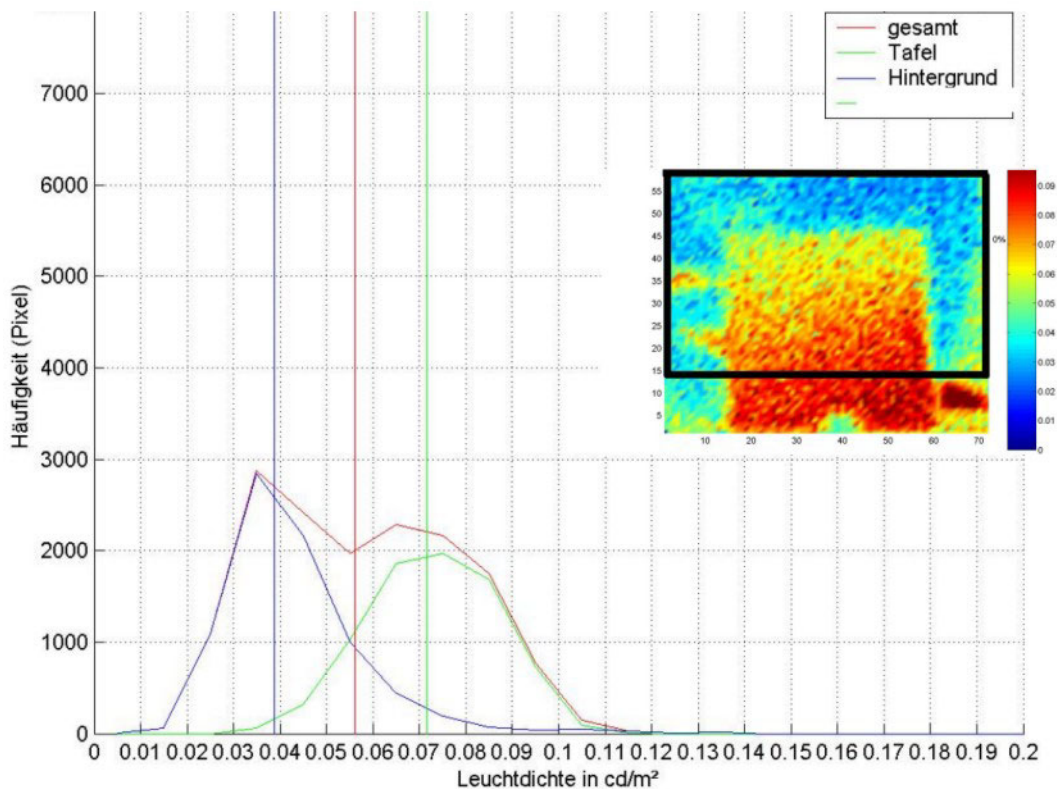


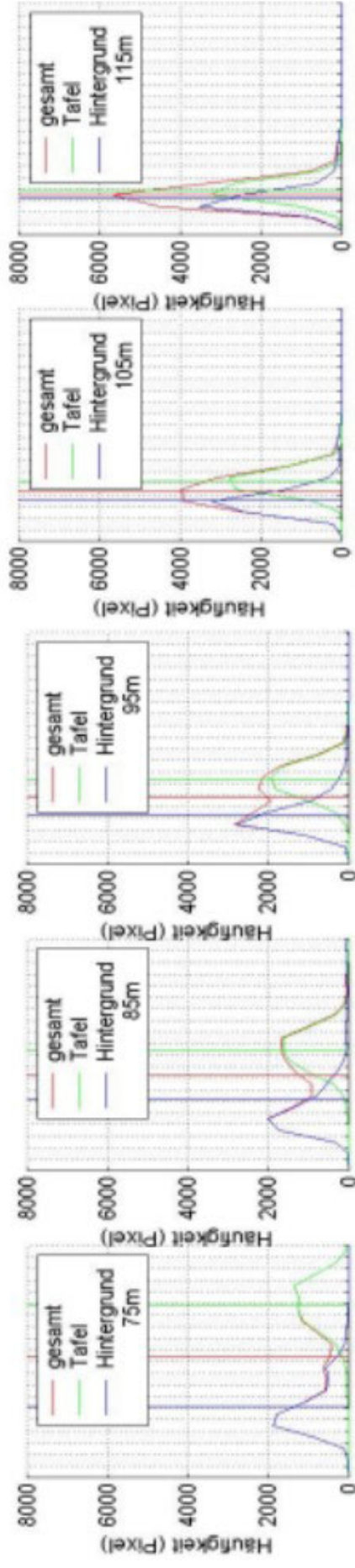
Abb1.: Histogramm (rot) einer Sichttafel in Grenzerkennbarkeitsentfernung bei dem gewählten Ausschnitt mit den Teilbereichen Tafel (grün) und Hintergrund (blau).

Der Verlauf der Histogramme in Abhängigkeit von der Entfernung und damit der Sichtbarkeit, ist in Abb. 2 dargestellt. Die linken drei Histogramme mit ihren zugehörigen Leuchtdichtebildern zeigen den Scheinwerfer 20 m vor, 10 m vor und in Grenzerkennbarkeitsentfernung. Die rechten zwei Histogramme mit ihren Leuchtdichtebildern zeigen die Sichttafel und das dazugehörige Histogramm bei Tafelentfernungen in 10 m hinter und 20 m hinter der Grenzerkennbarkeitsentfernung.

Deutlich zu erkennen sind die Annäherung der beiden Leuchtdichte-Peaks der Tafel und des Hintergrundes zu niedrigeren Leuchtdichten. Insbesondere die Flächen-schwerpunkte oder auch mittleren Leuchtdichten der Tafeln und des Hintergrundes (gekennzeichnet durch die senkrechten Linien) veranschaulichen die Angleichung der Leuchtdichteunterschiede zwischen Hintergrund und Objekt. Mit wachsender Entfernung geht der positive Kontrast des Objektes immer mehr in Tarnung über.

Die Versuchsteilnehmer erkannten die Tafeln meistens jeweils an der oberen Tafelkante.

Das liegt an deren hohen Kontrast relativ zum Hintergrund. Das zeigt sich am hohen Gradienten in den Gradientenbildern (Abb. 4). Es besteht die Annahme, dass wenn die obere Kante der Tafel über der Hell-Dunkel-Grenze liegt, so lässt sich diese nicht mehr erkennen und die Tafel tritt in die Tarnung des Hintergrundes über. Diese Annahme muss durch weitere Untersuchungen noch verifiziert werden.



SW3: Histogramme oben: Leuchtdichte: Gitterabstände in 0.01cd/m^2

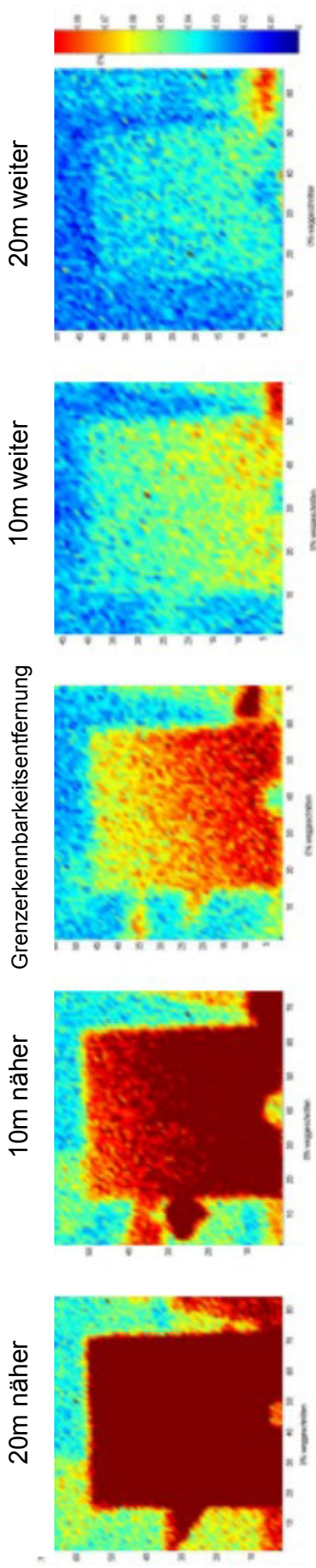


Abb.2: Histogramme und Leuchtdichtebilder eines Projektionsscheinwerfers, aufgenommen in einem 10 m – Entfernungsraster, wobei zwei Aufnahmen vor und zwei hinter der Grenzerkennbarkeitsentfernung aufgenommen sind. In den Histogrammen sind die Sehtafel- und die Hintergrundanteile farblich markiert. Die senkrechten Linien geben jeweils die mittlere Leuchtdichte der ausgewählten Sehobjekte an.

Bei unterschiedlichen Entfernungen variieren die Anteile der Tafel und des Hintergrundes im Histogramm. Es wurde die These aufgestellt, dass für eine Erkennbarkeit der Tafel, ein „Knick“ noch zwischen den Leuchtdichteanteilen vorhanden sein muss, d.h. ein lokales Minimum zwischen den lokalen Maxima der Tafel- und Hintergrundleuchtdichte-gruppierung. Dieser „Knick“ resultiert aus der Summe der beiden Histogrammanteile (Tafel und Hintergrund). Bei den sieben untersuchten Scheinwerfern gab es mit dieser These zwei Ausnahmen. Bei einem Scheinwerfer wurde die Erkennbarkeitsentfernung zu weit und bei einem als zu nah mit diesem Verfahren eingestuft.

Da ein Histogramm stets die Summe über alle Werte einer Leuchtdichteklasse darstellt, ist die Zuordnung innerhalb des Leuchtdichtebildes nicht eindeutig. Kann das Histogrammverfahren über einen geänderten, kleineren Leuchtdichteausschnitt so verbessert werden, dass es weniger Ausnahmen gibt?

Wie robust ist nun aber das vorgestellte Verfahren bei Veränderung des ausgewählten Leuchtdichteausschnittes?

Hierzu wurden verschiedene kleinere Ausschnitte aus den Leuchtdichtebildern ausgewählt und deren Histogramme erstellt (Abb.3).

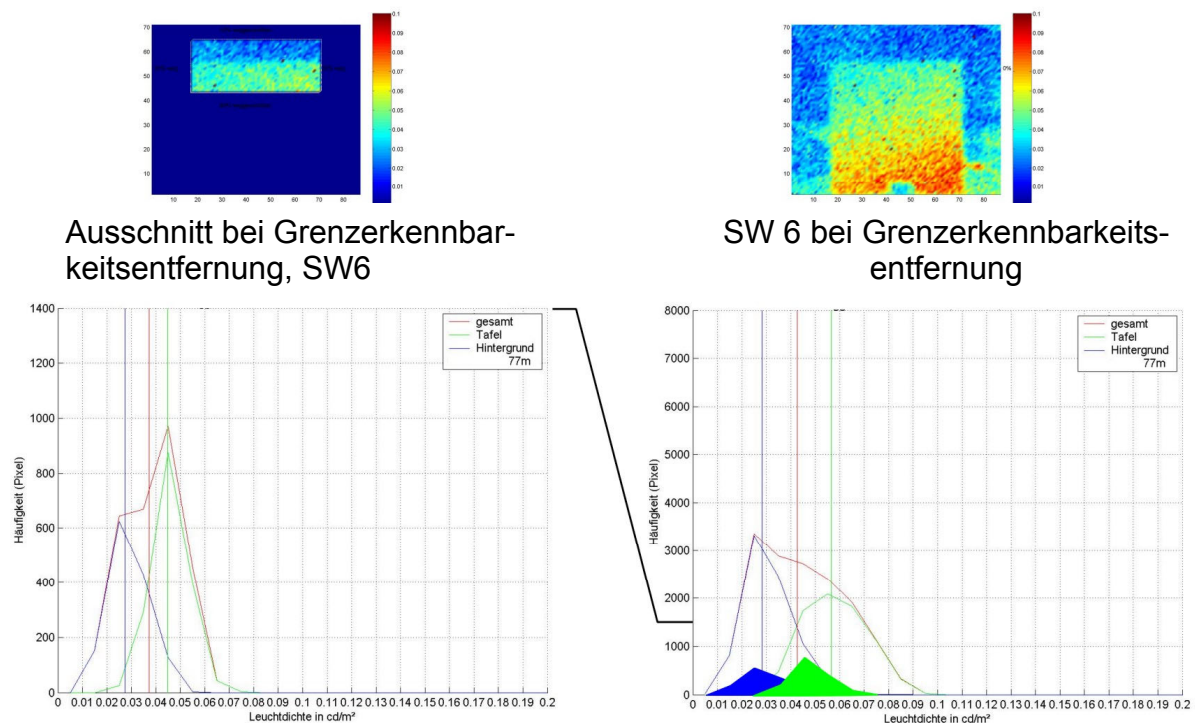


Abb.3: Die obere Kante der Sichttafel ist links zusammen mit dessen gestreckten Histogramm zu sehen. Zu dessen besserer Einordnung sind die Histogrammanteile des Ausschnitts im Originalhistogramm rechts farblich gefüllt dargestellt.

Abb.3 zeigt, dass die Leuchtdichten der Tafeloberkante und des Hintergrundes sich nur in einem geringen Intervall voneinander unterscheiden, obwohl die Testprobanden die Tafel überwiegend an deren Oberkante erkannt haben. Die These des „Knicks“ lässt sich mit dieser Ausschnittswahl nur wenig erhärten, da die Scheinwerferausnahmen durch diesen Ansatz nur geringfügig besser auf ihre Erkennbarkeitsentfernung hin auswertbar sind.

Auf eine noch genauere Zuordnung der Histogrammwerte auf die Leuchtdichten des Ausgangs-Erkennbarkeitsentfernungsbildes wurde verzichtet, da diese Zuordnung insbesondere bei dem Gradientenverfahren gut gegeben ist.

3. Gradientenverfahren

Bei der Gradientenuntersuchung wird der Leuchtdichteunterschied zwischen benachbarten Leuchtdichtewerten untersucht. Hierzu wird die Gradientensumme in x- und y-Richtung gebildet, wobei der Betrag dieser Gradientensumme verwendet wird. Bei der Gradientenuntersuchung wurden die Ausschnitte aus den Gradientenbildern gebildet, um auch hier die Störungen zu minimieren.

Um die unterschiedliche Größe der Erkennbarkeitsentfernungs-Leuchtdichtebilder auszugleichen, wurden diese in ihrer Größe normiert. Dies geschieht durch die Interpolation der Leuchtdichtewerte.

Bedingt durch die große Erkennbarkeitsentfernung liegen nur wenige Leuchtdichtewerte vor, bei denen Leuchtdichte-Peaks als Störungen einen hohen Störeinfluss haben.

Um Störungen auszuschließen wurden zur Gradientenauswertung nur die Bereiche des Tafelbildes ausgewählt, bei den Leuchtdichtegradienten zu erwarten sind. Das sind die Bereiche der Tafelkanten (Abb.4).

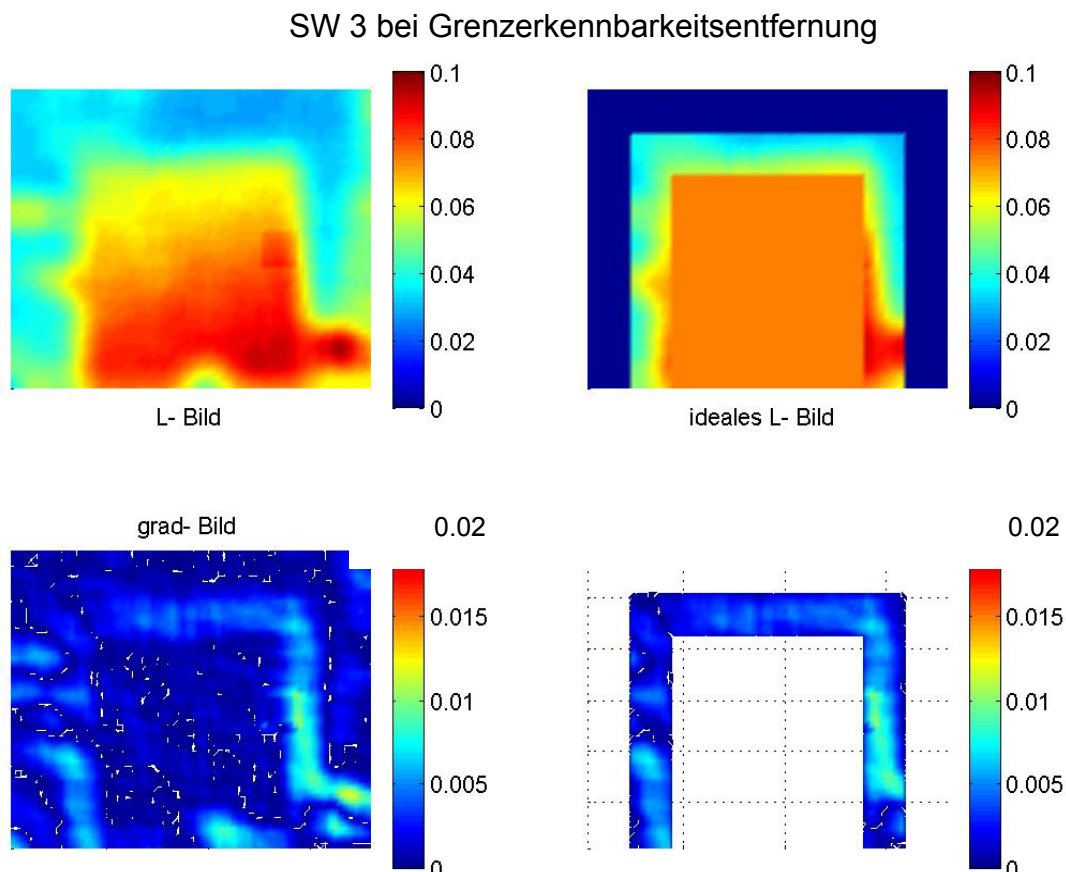


Abb.4: Gradientenbild einer Sichttafel in Grenzerkennbarkeitsentfernung (links oben), deren Gradientenbild (links unten), die Normierung der Leuchtdichteniveaus von Tafel und Hintergrund (rechts oben) und nur der Ausschnitt des Randbereiches mit Gradienten (rechts unten), der zur Gradientenauswertung verwendet wurde.

Damit untersucht werden konnte, welche Gradientenanteile für die Erkennbarkeitsentfernung der Tafeln in den unterschiedlichen Entfernungen relevant sind, wurden die gewählten Ausschnitte aus den Gradientenbildern weiter eingeschränkt. Hierbei wurde jeweils der Mittelwert der Gradienten über die Ausschnitte ausgewertet und dann über die verschiedenen Erkennbarkeitsentfernungen aufgetragen (Abb.5).

Wie sich aus Abb.5 erkennen lässt, sind die Intervalle der Gradientenmittelwerte verschiedener Scheinwerfer relativ groß, wenn sie auf die innerhalb von Vorversuchen ermittelten Grenzerkennbarkeitsentfernung aufgetragen werden. Bedingt durch die großen Intervalle der Gradientenmittelwerte lassen sich die Erkennbarkeitsentfernungen der Tafeln mit dem bisherigen Verfahren nur eingeschränkt ermitteln.

Es ist daher zu erwarten, dass noch weitere Parameter auf die Erkennung der Tafel in verschiedenen Entfernungen Einfluss haben.

4. Zusammenfassung

Zur Bestimmung der Erkennbarkeitsentfernung aus Leuchtdichtebildern wurden als mathematische Verfahren Histogramme und die Gradientenbestimmung eingesetzt: Als Ergebnisse lassen sich festhalten:

Das Histogrammverfahren ist zur Bestimmung der Grenzerkennbarkeitsentfernung noch nicht ausreichend. Insbesondere die Bildvorverarbeitung, d.h. die Aufnahmen der Leuchtdichtebilder in unterschiedlichen Entfernungen, die Auswahl und der Beschnitt der Leuchtdichtebilder für die mathematische Auswertung sind nicht zu unterschätzen. Durch deren manuelle Auswahl treten leichte Messunsicherheiten auf. Störungen durch Leuchtdichtespitzen sind ebenfalls nicht zu vernachlässigen, da sie je nach Ausdehnung die Ergebnisse signifikant verfälschen können. Diese Gefahr besteht besonders bei Sehobjekten mit geringer Ausdehnung der relativ zum Hintergrund helleren Leuchtdichteflächen, z.B. Rehe. Bei Sichttafeln als Sehobjekte lassen sich bessere Ergebnisse erzielen. Die Wahl von kleineren Ausschnitten innerhalb der Leuchtdichtebilder verbesserte die Bestimmung der Erkennbarkeitsentfernung nur geringfügig. Die These des lokalen Minimums zwischen den lokalen Maxima der Häufigkeiten der Leuchtdichten im Histogramm als Kennzeichen für die Erkennbarkeitsentfernung führt nur in 5 von 7 Scheinwerfern zum Erfolg.

Das Gradientenverfahren bedarf ebenfalls noch weiterer Verbesserungen, da mit der bisherigen Auswertung von Gradientensummen (hier nicht im Detail beschrieben) und den Gradientenmittelwerten nur große Intervalle für eine mögliche Bestimmung der Erkennbarkeitsentfernung aus den Gradientenmittelwerten ergeben. Daher sind weitere Untersuchungen noch erforderlich, die zusätzliche Parameter der Erkennung von Sehobjekten an der Wahrnehmungsschwelle des menschlichen Auges offen legen.

5. Literaturverzeichnis:

[1] Kauschke, R.: Untersuchung der Adaptationsbedingungen bei inhomogener Ausleuchtung durch Kfz-Scheinwerfer, Diplomarbeit TU Ilmenau, 2001

[2] Kauschke, R.; Völker S.: Neue mathematische Verfahren zur Sichtweitenbestimmung aus Leuchtdichtebildern. Licht 2002 – Konferenz, Maastricht

[3] Förtsch, A.: Praktikumsbericht, L-LAB, Feb.2003

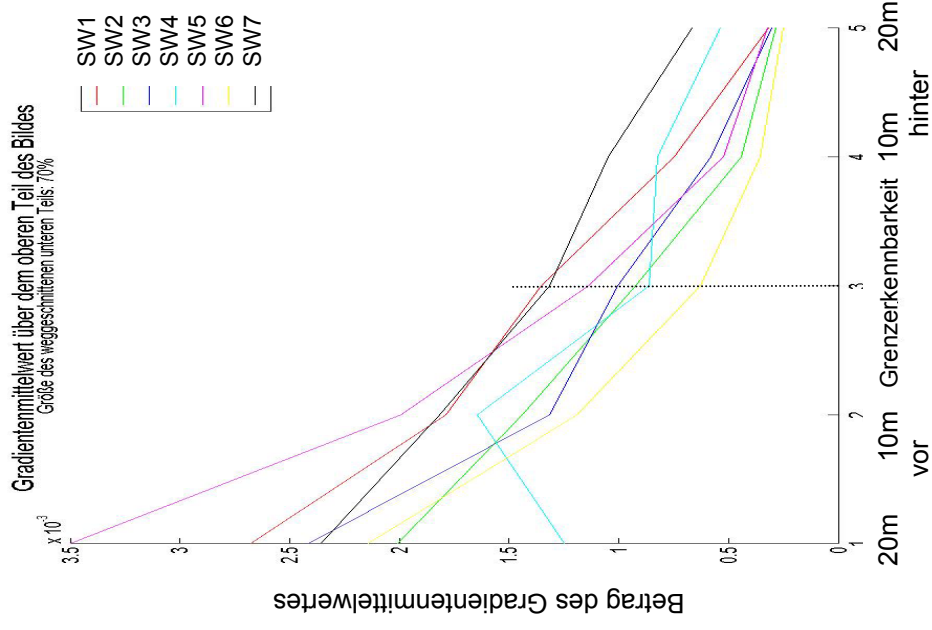
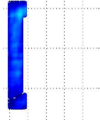
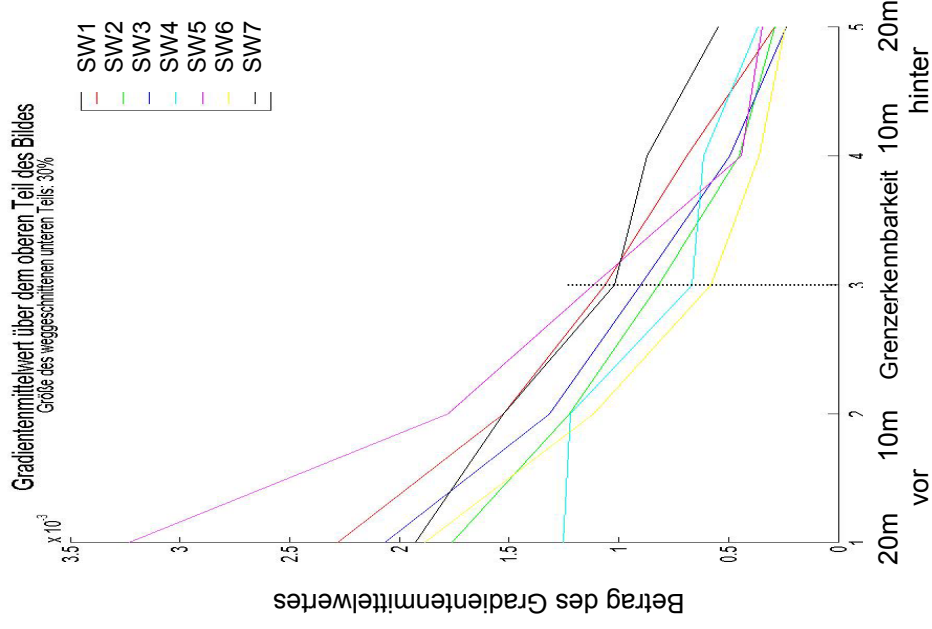
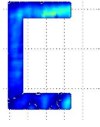
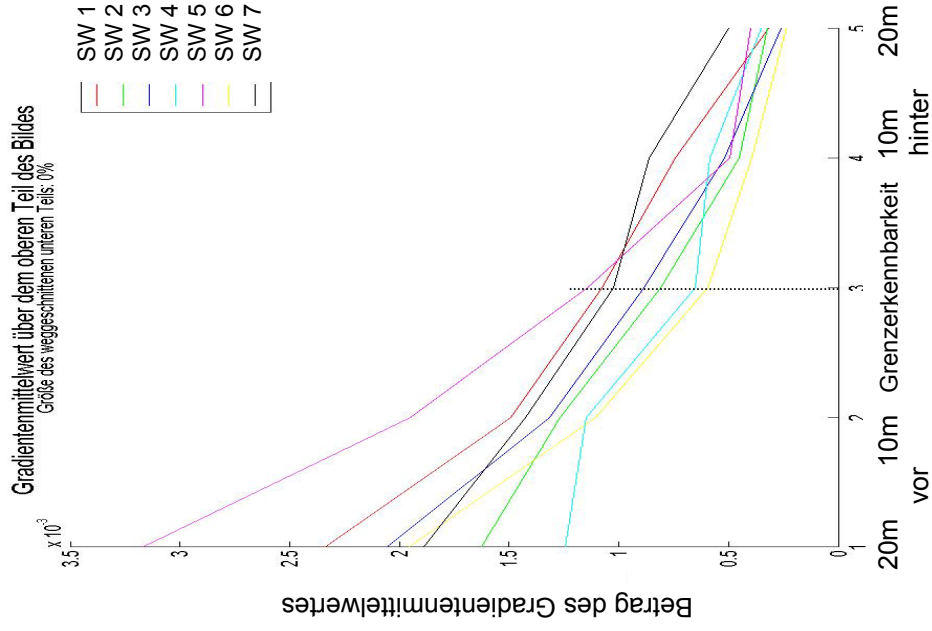
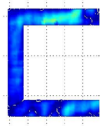


Abb.5: Gradientenmittelwerte aufgetragen über der Erkennbarkeitsentfernung der Sehtafel, wobei unterschiedliche Ausschnitte aus der Tafelkante (siehe jeweils oben) ausgewertet werden.

- [4] Kliebisch, D.: Praktikumsbericht, L-LAB, März 2003
- [5] Völker, S.; Kauschke, R.; Kleinkes, M: Neue Algorithmen für die Blendungsrechnung von Kfz-Scheinwerfern, Licht 2002-Konferenz, Maastricht
- [6] Völker, S.: Vergleich unterschiedlicher Kriterien für die Bestimmung der Sichtweite von Kfz-Scheinwerfern, Lux junior 2001, Ilmenau
- [7] Völker, S.; Kleinkes, M.: Investigation of the visible range of different types of headlamps, PAL 2001, Darmstadt, S.1009 - 1017
- [8] Farber, E.: Revising the DETECT seeing distance model. In: SAE Technical Papers Series, 880716, 1988
- [9] Hamm, M.: Headlamp Performance Specification: A summary of new and comprehensive evaluation methods, PAL 2001, Darmstadt, S.381 - 396