Erkennung bzw. Wiedererkennung von flüchtig bekannten stilisierten Gesichtern

Martin Eckert, Shiwka Jordanowa

1. Aufgabenstellung

Im Rahmen eines Kooperationsforschungsprojektes zwischen TU Dresden und TU Ilmenau sind eine Reihe systematischer Untersuchungen zum Thema Gesichtserkennung auf Straßen mit dominierendem Fußgängerverkehr entstanden. Die konkreten Aufgaben und Ziele des Gesamtprojektes sind ausführlich im Beitrag „Erkennbarkeitsweiten von bekannten Personen bei verschiedenen Straßenbeleuchtungen“ dargestellt.

Das Hauptanliegen der Untersuchungen in Ilmenau war, durch Messung, Bewertung und Personenbefragung die Praxisrelevanz der Laboruntersuchungen zu diesem Thema an der TU Dresden /1/ unter reellen Straßenbedingungen zu evaluieren. Gleichzeitig sollten die Anforderungen an die lichttechnischen Kennziffern bezüglich einer guten Gesichtserkennung in Verkehrszonen mit dominierendem Fußgängerverkehr im Entwurf der Europäischen Norm „Straßenbeleuchtung“ (DIN EN 13201) überprüft werden.

2. Untersuchungsmethode

Die Untersuchungen erfolgten in zwei Teilschritten. Im ersten Teil wurden die lichttechnischen Parameter (Tab. 1 – Tab. 3) und die Geometrie der ausgesuchten Beleuchtungsanlagen gemessen. Im zweiten Teil wurden Versuche zur Erkennung von stilisierten Gesichtern (Abb.1) durch Befragung von mehreren Probanden vor Ort durchgeführt.
Die meßtechnische Untersuchung umfaßte folgende Parameter:

- horizontale Beleuchtungsstärke auf der Straße – E_h in lx
- halbzylindrische Beleuchtungsstärke in Höhe von 1,7 m – E_{zh} in lx
- vertikale Beleuchtungsstärke in Höhe von 1,7 m – E_v in lx
- Leuchtdichte auf ein Sehobjekt mit vordefiniertem Reflexionsgrad – L in cd/m^2

Für alle Messungen wurde ein einheitliches Meßraster und die Richtungsorientierung festgelegt. Zusätzlich wurden die Reflexionseigenschaften und die Geometrie der Anlagen vermessen. Die Anlagen wurden zur Dokumentation videotechnisch aufgenommen.

Mit Hilfe des Leuchtdichteanalysators /6/ wurde in jedem Meßpunkt ortsaufgelöst die Leuchtdichteverteilung auf dem zu erkennenden Gesicht, sowie auf einer Tafel mit bekanntem Reflexionsgrad in 1,7 m Höhe gemessen (Abb.2).

Dr.-Ing. habil. M. Eckert
TU Dresden, D-01062 Dresden
Dipl.-Ing. S. Jordanowa
TU Ilmenau, FG Lichttechnik
D-98684 Ilmenau

Abb. 1: Musterbeispiele der stilisierten Gesichter

Abb. 2: Meßaufbau zur Messung mit dem Leuchtdichteanalysator

Abstand von der Leuchte quer der Straße in m	Beleuchtungs-stärke	Abstand von der Leuchte längs der Straße in m						
		0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
1,9	E_h	4,2	4	5,2	5,4	4	3,5	3,5
	E_v	1,5	7,7	10,3	9,5	5,2	4,3	2,5
	E_{zh}	4,3	7,4	8,8	7,1	3,5	3,5	2,4
2,4	E_h	5	4,8	5,6	5,5	5	3,3	3
	E_v	0,7	7	9	8,2	6,4	4,7	1,1
	E_{zh}	5,5	7	7,7	6,1	4,4	3,3	1,9
2,9	E_h	5,2	5,4	6	5,7	4,2	2,2	2,8
	E_v	1,2	4,5	7,5	7	5,3	4,3	0,5
	E_{zh}	5,2	6	6,5	5,4	4	3,1	2,4

Tab. 1: Meßwerte der horizontalen – E_h, vertikalen – E_v und halbzylindrischen Beleuchtungsstärke – E_{zh} in lx für Anlage 1

Abstand von der Leuchte quer der Straße in m	Beleuchtungs-stärke	Abstand von der Leuchte längs der Straße in m						
		0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
1,7	E_h	2,5	4,5	7,8	7,1	7,5	6,4	4,9
	E_v	1,2	2,8	3,8	4,5	4,7	5,2	6
	E_{zh}	2,3	2,5	4,1	5,3	5,3	5,6	4,9
2,2	E_h	2,2	3,9	7,9	7,5	6,6	6,6	5
	E_v	1,5	3,5	3,2	4,1	4,5	4,6	4,9
	E_{zh}	2,5	3,1	5,2	6,1	5,8	5,3	5,1
2,7	E_h	3	4,1	7,5	7,6	7,1	6,4	5,3
	E_v	1	2,2	3,4	3,5	4	4,1	4
	E_{zh}	3	4,1	5,3	5,3	5,5	5,3	4,8

Tab. 2: Meßwerte der horizontalen – E_h, vertikalen – E_v und halbzylindrischen Beleuchtungsstärke – E_{zh} in lx für Anlage 2

Abstand von der Leuchte quer der Straße in m	Beleuchtungs-stärke	Abstand von der Leuchte längs der Straße in m						
		0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
0,5	E_h	7,8	5,9	4	2,2	1,3	–	–
	E_v	1,1	7,9	6,4	4,1	2,6	1,6	1
	E_{zh}	1,4	5,2	4,8	3,9	3	2,1	1,2
1,5	E_h	6,1	5,8	3,9	2,1	1,2	1,1	–
	E_v	1,5	5,3	5	3,5	2,3	1,5	0,8
	E_{zh}	3,5	5,4	4,4	3	3,5	1,1	1

Tab. 3: Meßwerte der horizontalen – E_h, vertikalen – E_v und halbzylindrischen Beleuchtungsstärke – E_{zh} in lx für Anlage 3

Aus den Meßwerten ergaben sich folgende mittlere Beleuchtungsstärken:

E_{vm} = 3,7 lx–6,0 lx

E_{zhm} = 3,6 lx–5,9 lx.

Diese Werte liegen ca. zweimal höher als die Laborwerte. Die ermittelten Werte gelten für die konkreten Meßraster.

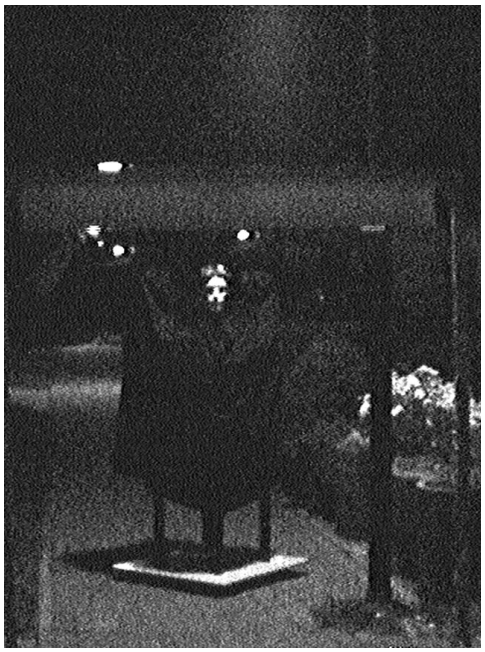
3. Versuchsaufbau

Beim Festlegen der Versuchsmethodik sollten eine Reihe von Parametern berücksichtigt werden. Die Testgesichter, die Beobachtungsgeometrie und die lichttechnischen Parameter sollten variiert werden.

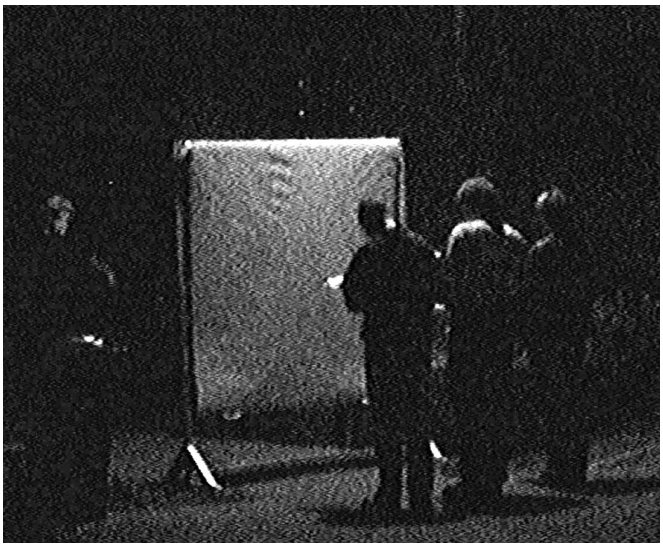
Aus Sicherheitsgründen soll nach /2/ das Erkennen von Personen aus einem Abstand von 4 m immer möglich sein. Aus dieser Entfernung kann eine wachsame Person, wie in /4/ beschrieben, noch ausweichen, oder, wenn sie bedroht wird, sich auf eine Verteidigung vorbereiten. Das Sicherheitsgefühl wird wesentlich erhöht, wenn Personen auf der Straße in einer größeren Entfernung erkannt werden können. In der vorliegenden Arbeit wurden drei Beobachtungsentfernungen – 4 m, 10 m und 15 m untersucht. Die Probanden hatten die Möglichkeit, das jeweils dargebotene Gesicht „richtig“ zu erkennen und ihre Ergebnisse in einen Fragebogen einzutragen. Bei einer falschen oder fehlenden Aussage wurde das Ergebnis als „falsch erkannt“ bzw. „nicht erkannt“ gewertet. In einem Versuchsdurchlauf wurden 27 Gesichter dargeboten. Das Testobjekt und der Beobachter befanden sich auf einer Linie längs des Gehweges. Alle Versuche erfolgten in Längsrichtung, da nur Anlagen mit einseitiger Leuchtenanordnung vorlagen und die Bedingungen für eine Gesichtserkennung quer zur Straße ungünstig waren. Bei der Blickrichtung des Beobachters von der unbeleuchteten zur beleuchteten Seite wird das zu erkennende Gesicht schräg von hinten beleuchtet, was zu Schatten auf dem Gesicht führt. Die Beobachtungszeit wurde auf 1 s (entspricht einem kurzen Blickkontakt) festgelegt. Vor Ort wurde sie mit Hilfe eines Rollos (s. Abb. 3) realisiert, das sich zwischen Beobachter und Objekt befand und rauf und runterbewegt werden konnte.

Das Variieren der Testgesichter wurde wie folgt realisiert: als stilisierte Gesichter dienten 5 Torsos – 2 männliche und 3 weibliche, jeweils mit unterschiedlichen Kopfformen und Gesichtszügen. Auf einer drehbaren Platte wurden jeweils 4

Torsos befestigt. Beim Beobachten wurde jeweils ein Gesicht dargeboten, wobei die anderen mit schwarzem Stoff verdeckt waren (Abb. 3a). Die Probanden hatten ständig die Fotos der Modelle zur Verfügung. Da es bei den Untersuchungen vor allem um das Erkennen innerer Strukturen des Gesichtes ging, hat man versucht, die leicht erkennbare Form des Kopfes bzw. der Haare auszuschließen, indem man die Gesichter durch zusätzliche Merkmale oder Bekleidungsstücke bei jedem Versuch nach Zufallsprinzip veränderte. In einer weiteren Studie /5/ wurde auch bestätigt, daß der Kopfumriß und die Haare ganz vorn in der Prioritätenliste der Erkennungsmerkmale im Gesicht stehen.



a) hochgezogenem Rollo



b) runtergezogenem Rollo

Abb. 3: Versuchsaufbau – Blick zu den stilisierten Gesichtern bei:

Abb. 4 Variieren der Gesichter

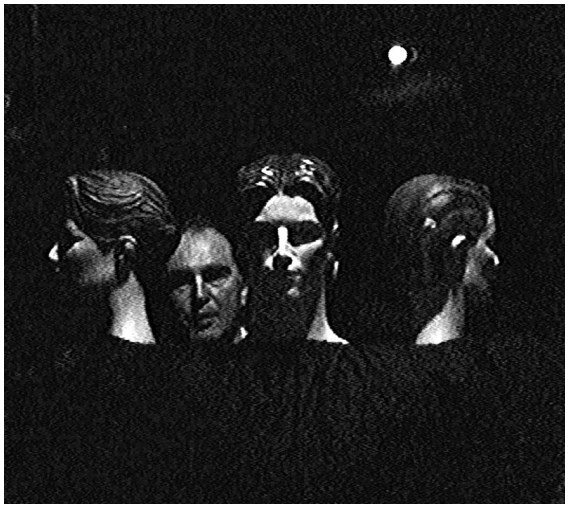


Abb. 5: Vergleich zwischen künstlichen Gesichtern und natürlichen Personen bei gleichen Beleuchtungsbedingungen

Im Gegensatz zu den Laboruntersuchungen, wo man die Beleuchtungsparameter beliebig variieren kann, war dies bei reellen Anlagen nicht möglich. Man hat sich auf Auswahl von Meßrasterpositionen, bei denen die geforderten Gütekennziffern erfüllt waren, eingeschränkt. Es wurden für jede Anlage drei solcher Rasterpunkte ausgewählt, wo der Quotient E_v/E_{zh} im Bereich 0,4 … 1,3 lag. Auf diese Weise wurden die Positionen für die Gesichter festgelegt.

Im Laufe der Untersuchungen wurden einige Fehlerquellen festgestellt, wie z. B.:
– Anwendung von stilisierten Gesichtern, die zum Teil sehr ähnlich aussehen
– störende Reflexionen auf den künstlichen Gesichter (Abb. 5)
– Wettereinflüsse (Kälte, Wind)
– keine konstante Umfeldhelligkeit
– Störung durch vorbeilaufende Personen oder Autos, die die Probanden ablenken oder kurzzeitig blenden

4. Auswertung der Ergebnisse

Es wurden 29 Versuche mit je 27 Testgesichtern durchgeführt. Insgesamt wurden 17 Probanden im Alter von 25 bis 38 Jahre befragt. 5 Probanden hatten Sehhilfen. In der Auswertung wurden die Ergebnisse von 14 Probanden erfaßt. Eine Versuchsreihe dauerte ca. 30 Minuten.

Die mittleren Anteile erkannter Gesichter bei den einzelnen Anlagen liegen nicht weit auseinander (Abb. 6). Die Werte unterscheiden sich lediglich in deren Ver-

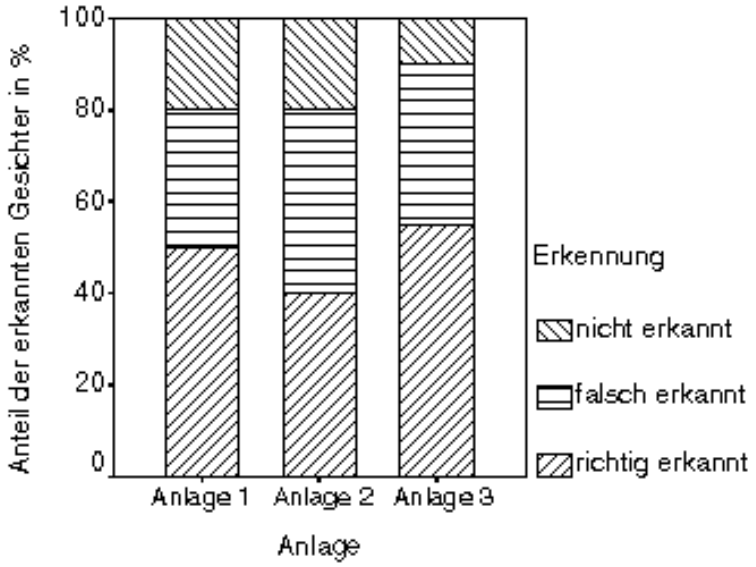


Abb. 6: Vergleich der Anteile der erkanntenGesichter für alle Anlagen

teilung, abhängig von der Beobachtungsentfernung und vom Quotienten E_v/E_{zh} (Abb. 7–9). Es zeigt sich eine allgemeine Tendenz in der Abhängigkeit der Erkennung von der Beobachtungsentfernung – mit Erhöhung des Abstandes sinkt die Erkennungsrate. Diese Tendenz zeigt sich deutlicher zwischen 4 m und den anderen Entfernungen. Zwischen 10 m und 15 m sind kleinere oder kaum Unterschiede zu sehen. Ausnahmen sind bei Anlage 3, Position 3 (E_v/E_{zh} = 1,34) zu beobachten. Eine mögliche Ursache dafür ist die Lichtstärkeverteilung der

Leuchte. In Abb. 7–9 ist die Abhängigkeit der Erkennung von der Beobachtungsentfernung für drei Positionen und die einzelnen Anlagen dargestellt. Eine Abhängigkeit des Anteils der erkannten Gesichter von der Kontrastkennziffer E_v/E_{zh}, wie bei den Laboruntersuchungen vermutet, konnte nicht nachgewiesen werden.

Abb. 7 zeigt fast gleiche Ergebnisse für alle 3 Entfernungen bei Position 2, was vermutlich auf die hohe Umfeldhelligkeit zurückzuführen ist. In Abb. 8 ist wegen

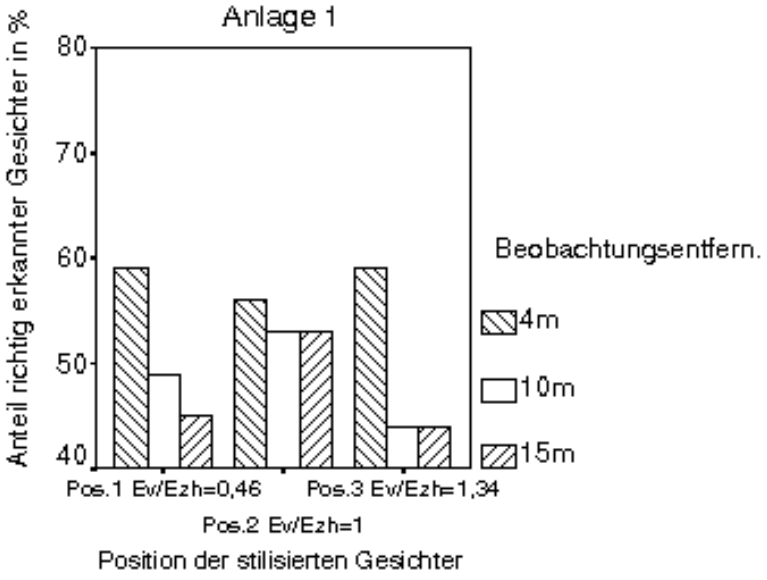


Abb. 7: Befragungsergebnisse Anlage 1

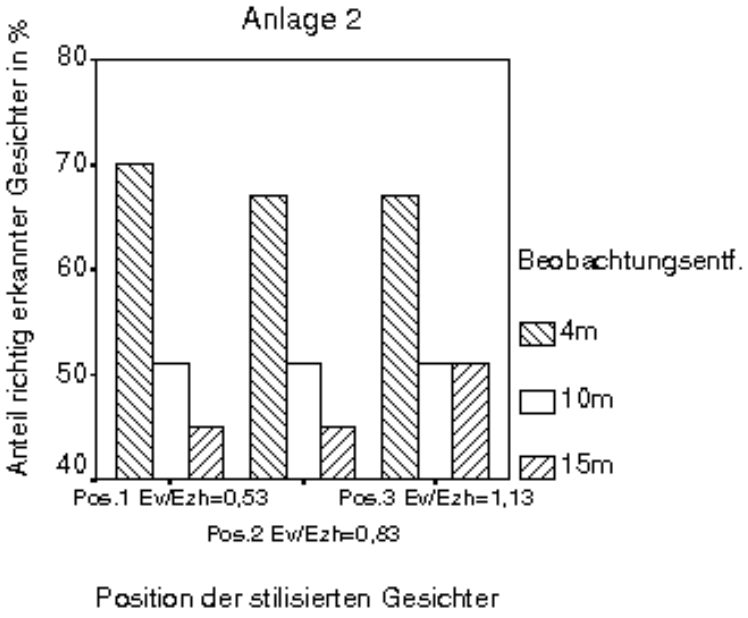


Abb. 8: Befragungsergebnisse Anlage 2

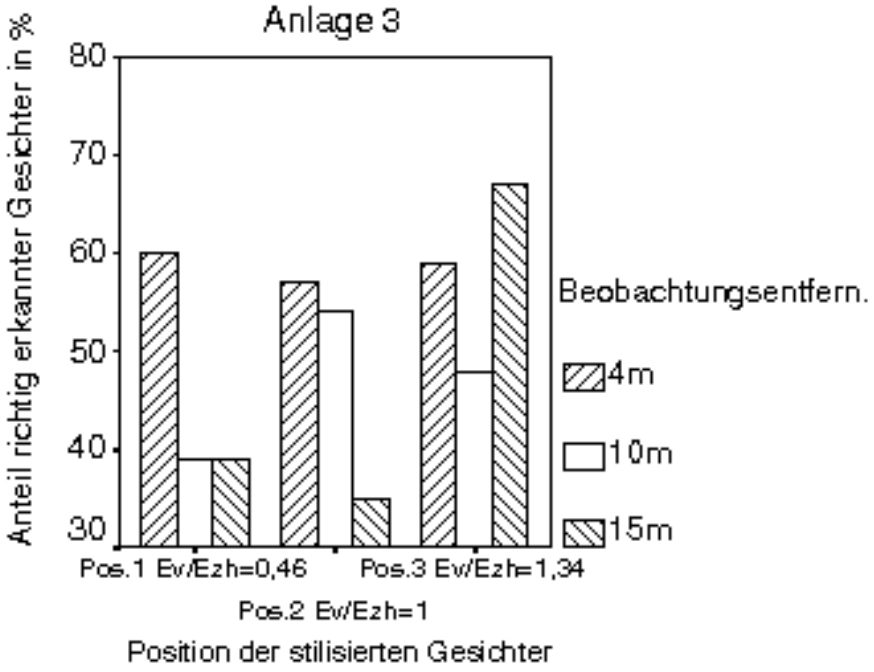


Abb. 9: Befragungsergebnisse Anlage 3

der hohen Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke kein großer Unterschied zwischen den Ergebnissen der Positionen 1–3 für die einzelnen Beobachtungsentfernungen zu beobachten.

5. Schlußfolgerungen

Die Beleuchtung von Straßen mit dominierendem Fußgängerverkehr soll bereits ab einer Entfernung von 4 m das Erkennen von Personen ermöglichen und genügend visuelle Informationen über die sich auf der Straße befindlichen Personen liefern. Sie soll den Passanten ein Sicherheitsgefühl geben, sich ohne Angst zu bewegen. Entgegenkommende Passanten und deren Verhalten (eventuell kriminelle Absichten) müssen rechtzeitig erkannt werden.
Einen entscheidenden Einfluß auf die Erkennung von Gesichtern hat die Lichtstärkeverteilung der Leuchten. In der Praxis steht bei Straßen mit Fußgängerverkehr überwiegend die gestalterische Funktion der Beleuchtungsanlagen im Vordergrund. In Zukunft sollen bei der Entwicklung neuer Leuchtensysteme für Fußgängeranlagen neben der gestalterischen Komponente auch die lichttechnische Parameter bez. der guten Gesichtserkennung mit berücksichtigt werden. Die Lichtstärkeverteilung der Leuchten ist nach der geforderten vertikalen und halbzylindrischen Beleuchtungsstärke zu optimieren. In dieser Hinsicht sind noch weitere Untersuchungen notwendig.

Die im Entwurf der Europäischen Norm „Straßenbeleuchtung“ (DIN EN 13201) angegebenen Kennziffern E_v und E_{zh} müssen weiter präzisiert und aus nationaler Sicht ergänzt werden.

Literatur

/1/ Weiterentwicklung der Leuchtdichtetechnik und des Kontrastsehens für Straßen, Wege und Plätze verschiedener Verkehrsbedingungen, TU Dresden 1996 (unveröffentlichte FE-Arbeit)

/2/ Euro-Norm-Entwurf für Straßenbeleuchtung DIN EN 13201

/3/ Richtlinien für die Beleuchtung in Anlagen mit Fußgängerverkehr
Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 1984; 50679 Köln

/4/ Caminada, J.F. und van Bommel, W.J.M.
Neue Gesichtspunkte für die Beleuchtung von Wohngebieten. Internationale Lichtrundschau 3/1980, S.69–75

/5/ Eppler, Thomas
Bestimmung von Gesichtsmerkmalen zur automatischen Gesichtserkennung in der Zugangskontrolle, Diss. Univ. Tübingen, Shaker Verlag, Aachen 1997

/6/ Wolf, S.; Gall, D.:
Praktische Messung von Blendungsparametern am Beispiel des UGR, 3. Internationales Forum für den lichttechnischen Nachwuchs, Dörnfeld/Ilm 1997