

Anwendung der LMK - color mit der LMK LabSoft Software zur Messung der Blaulichtgefährdung (BLH)

Präambel

Anforderungen an die LMK-Konfiguration

Zur Messung der Blaulichtgefährdung (BLH) muss das Filtrerrad der LMK color mit einem Filterglas ausgestattet sein, welches an die Empfindlichkeitsfunktion für die Blaulichtgefährdung angepasst ist (s. Bild 1). Das Messergebnis bei Verwendung des BLH-Filterglases ist auf die absolute mit BLH gewichtete Strahlung [$W / sr * m^2$] kalibriert. Wenn Sie dieses Filterglas zum Aufnehmen eines Messbilds verwenden, sind die im Messbild bereitgestellten Informationen an die BLH gewichtete Strahldichte $L_{e(BLH)}(\lambda)$ angebunden.

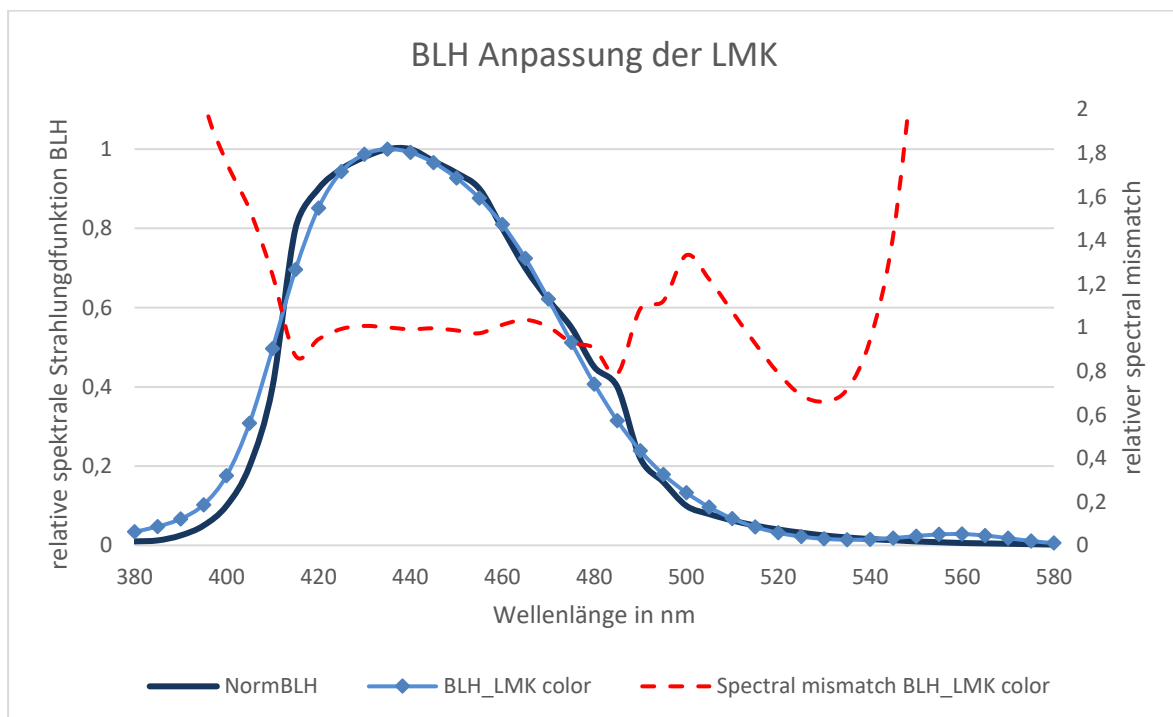


Bild 1: Darstellung der spektralen BLH Anpassung einer typischen LMK

Motivation EN 62471

Die Norm EN 62471 befasst sich mit der photobiologischen Sicherheit von Lampen und Beleuchtungssystemen. Es werden darin Grenzwerte für verschiedene Wirkungen auf das Auge genannt. Unter anderem für die Blaulichtgefährdung (BLH) des menschlichen Auges. Die Einhaltung dieser Grenzen und Schwellwerte können durch Messungen überwacht werden.

Die Messungen mit der LMK basieren auf der Bestimmung der gewichteten Strahldichte $L_{e(BLH)}(\lambda)$ durch spektrale Filterung mit einem Vollglasfilter (s. Bild 1).

Abhängig von der standardisierten Sortierung in Risikogruppen müssen bestimmte Messwinkel bzw. Blendenwinkel verwendet werden: 100 mrad (5,73 °); 11 mrad (0,63 °) oder 1,7 mrad (ca. 0,1 °)(s. Bild 2).

Der erste Schritt bei der Verwendung der LMK ist die Analyse der Strahldichte im Bild (ILMD Typ I). Darüber hinaus ist nicht nur die Strahldichte, sondern auch die geometrischen Positionsinformationen über Ihren Ursprung relevant und erforderlich, um Informationen für diese Anwendung zu extrahieren (ILMD Typ II).

Messablauf – EN 62471

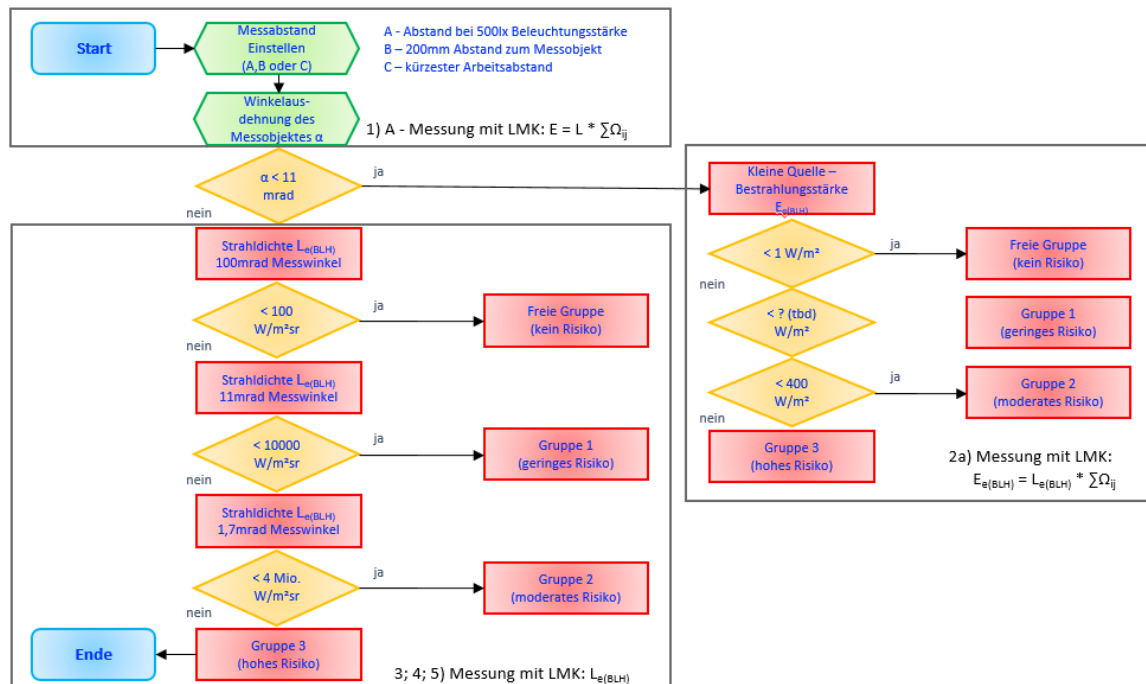


Bild 2: Übersicht über die standardisierte Sortierung in Risikogruppen der EN 62471

Messablauf - EN 62471

1. Wahl des Messabstandes:
 - a) Für Produkte der Allgemeinbeleuchtung: Ermittlung des Abstandes von der Quelle, bei dem diese eine Beleuchtungsstärke von 500 lx erzeugt
 - b) Alle anderen Anwendungen: Verwendung von 200 mm als Messabstand – (ggf. ist anwendungsbedingt auch ein anderer Abstand einzustellen)
2. Ermittlung der Winkelausdehnung α der Quelle
 - a) wenn $\alpha < 11$ mrad wird eine kleine Quelle angenommen und die Bestrahlungsstärke $E_{(BLH)}$ gemessen)
3. Messung der Strahldichte $L_{(BLH)}$ mit einem Messwinkel von 100 mrad (unabh. von tatsächlicher Winkelausdehnung der Quelle)
 - a) Einordnung in die freie Gruppe, wenn $L_{e(BLH)} < 100 \text{ W}/(\text{sr} \cdot \text{m}^2) \rightarrow$ Prozedur ist beendet
4. Messung der gewichteten Strahldichte mit einem Messwinkel von 11 mrad
 - a) Einordnung in Risikoklasse 1, wenn $L_{e(BLH)} < 10 \cdot 10^4 \text{ W}/(\text{sr} \cdot \text{m}^2) \rightarrow$ Prozedur ist beendet

5. Messung der gewichteten Strahldichte mit einem Messwinkel von 1,7 mrad
 - a) Einordnung in Risikoklasse 2, wenn $L_{e(BLH)} < 4 \cdot 10^6 \text{ W}/(\text{sr} \cdot \text{m}^2)$ → Prozedur ist beendet
 - b) Einordnung in Risikoklasse 3, wenn $L_{e(BLH)} > 4 \cdot 10^6 \text{ W}/(\text{sr} \cdot \text{m}^2)$ → Prozedur ist beendet

Messen des BLH mit dem Programm LMK LabSoft und dem zusätzlichen Softwarepaket

Zur Unterstützung der Bewertung der Blaulichtgefährdung nach dem oben beschriebenen Messverfahren, bietet Technoteam für die LMK Labsoft ein Software AddOn an. Dieses arbeitet auf der Basis des bereits angesprochenen integrierten BLH Filterglases. Mit Hilfe dieses AddOns kann in LMK Messbildern die gewichtete Strahldichte $L_{e(BLH)}(\lambda)$ von aufgenommenen Lichtquellen bestimmt werden (siehe Bild 3).

Das Addon für das LMK LabSoft Programm erfordert die Standardversion der Software. Es ist Teil des gelieferten Inhalts des LMK-Systems - sofern das BLH angepasste Filterglas für das interne Filterrad der LMK color verfügbar ist. Es ist auch als kostenloser Download auf dem Software-Download-Server von TechnoTeam verfügbar. Sobald das LMK LabSoft Programmpaket installiert ist, kann das Addon zusätzlich mit der mitgelieferten Datei installiert werden. Nach der Installation ist es über das LMK LabSoft Hauptmenü „Makro | Blaulichtgefährdung (BLH)“ verfügbar.

Starten und Anwenden des BLH Addons

Vor dem Starten des Addons muss die LMK, welche zum Aufnehmen des BLH-gewichteten Messbildes verwendet wird, im LMK LabSoft Programm initialisiert sein. Beim Starten des Addons wird die Verfügbarkeit einer angeschlossenen LMK color und des BLH Farbfilterglases überprüft. Andernfalls wird der Start abgebrochen und ein Hinweis über fehlende LMK Kalibrierdaten angezeigt.

Nach dem Start des Addons wird der folgende Dialog angezeigt:

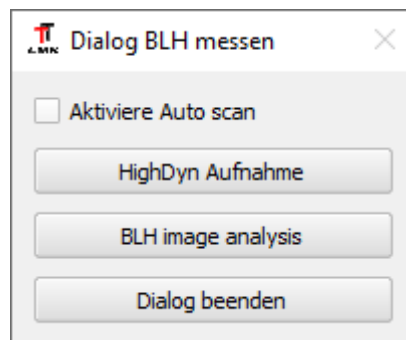


Bild 3: Dialog des BLH Addon

Gleichzeitig erstellt das Addon ein zusätzliches Bild „BLH-Bild“, welches für die Bildaufnahme verwendet wird. Die Messgröße und -einheit dieses BLH-Bildes ist die Strahldichte $L_{e(BLH)}$ in $[\text{W} / \text{sr} \cdot \text{m}^2]$. Da der Blaulichtgefährdungsmessablauf auf Basis von Messwinkeln arbeitet, wird das BLH-Bild mit einem polar ausgerichteten Winkelkoordinatensystem eingestellt. Dieses Winkelkoordinatensystem zeigt die geometrischen Kalibrierdaten des initialisierten Objektivs an. Zudem stellt das Addon die Position des Farbfilterrades der LMK color auf die BLH-Filterglasposition.

Übersicht der Dialogelemente

1. „Aktiviere Auto scan“ - Mit dieser Option kann das Addon einen Auto Scan durchführen, bevor das BLH gewichtete Messbild aufgenommen wird. Falls in der Labsoft über den

Belichtungszeitdialog eine Modulationsfrequenz eingestellt worden ist, wird diese bei der Autoscanoption ebenfalls berücksichtigt. Diese Option wird empfohlen, wenn die Lichtleistung des Testmusters (Lichtquelle) instabil ist oder sich ändert und die Belichtungszeit unmittelbar vor der Bildaufnahme angepasst werden muss.

2. „HighDyn Aufnahme“ - Mit dieser Schaltfläche führt das LMK LabSoft Programm eine monochrome hochdynamische Bilderfassung mit dem BLH-Filterglas durch. Es werden die Programmeinstellungen für diesen Aufnahmetyp und die zuletzt eingegebene Belichtungszeit als Startwert verwendet.
3. „BLH Bild auswerten“ - Mit dieser Schaltfläche wird das BLH Messbild mithilfe eines eigenen statistischen Parametersatzes analysiert, um die relevanten Informationen für die Klassifizierung der Testprobe gemäß der Norm EN 62471 zu bewerten. Weitere Details hierzu werden im folgenden Abschnitt erläutert.
4. "Dialog beenden" - Mit dieser Schaltfläche wird der Dialog geschlossen und das Addon beendet. Beim Beenden wird das Farbfilterrad auf das photopische Farbfilterglas $V(\lambda)$ zurückgesetzt. Alle im Vorfeld gemessenen Daten (Bilder, Tabellen) bleiben im LMK LabSoft Programm zur weiteren Analyse verfügbar.

Hinweis: Während des Startvorgangs überprüft das Addon auch die Verfügbarkeit vorhandener BLH Messdaten und -bilder in der laufenden LMK LabSoft Programmsitzung. Diese Daten werden weiterverwendet und ggf. überschrieben, wenn die Schaltflächen „HighDyn Aufnahme“ oder „BLH Bild auswerten“ genutzt werden.

BLH-Datenauswertung nach EN 62471

Für die vollständige Beurteilung der photobiologischen Sicherheit sind folgende Messparameter erforderlich:

1. Bestrahlungsstärke $E_{e(BLH)}$
2. Strahldichte $L_{e(BLH)}$
3. Verlängerung α (Winkelgröße)

Gemäß der Norm müssen alle gemessenen Blaulicht-Gefahrenwerte in einem Abstand von 200 mm angegeben werden, sofern es sich nicht um Produkte für die Allgemeinbeleuchtung handelt- in diesem Fall müssten die Messungen in einem Abstand durchgeführt werden, der eine Beleuchtungsstärke von 500 lx ergibt. Zur Allgemeinbeleuchtung werden in der Regel alle festinstallierten Beleuchtungsanlagen wie Straßen- und Gebäudebeleuchtung, Stadionbeleuchtungsanlagen oder Bühnenscheinwerfer gezählt. Für portable Lichtquellen wie beispielsweise Taschenlampen, Fahrzeugscheinwerfer oder Stirnlampen gilt die 200mm Abstandsregel.

Hinweis: Die mitgelieferte Software unterstützt die BLH-Datenauswertung unter der Voraussetzung eines im Vorfeld korrekt eingestellten Messabstands, wie im ersten Schritt in Abschnitt „Messablauf – EN62471“ beschrieben. Mit anderen Worten - es unterstützt den in EN62471 beschriebenen Messablauf erst ab dem zweiten Schritt.

"BLH-Bild auswerten" - BLH-Datenauswertung mit dem Addon-Programm

Sobald die „BLH-Bildanalyse“ im BLH-Dialog gedrückt wird, führt das Addon-Programm eine Bildverarbeitung und statistische Analyse durch, um die erforderlichen Messwerte für die Klassifizierung in Risikogruppen abzurufen. So wird das „BLH-Bild“ analysiert und drei zusätzliche Hilfsbilder erstellt. Dieser Vorgang benötigt abhängig von der Systemgeschwindigkeit und dem LMK Typ (Bildgröße) einige Zeit. Die Verarbeitungszeit wird über den Mauszeiger als beschäftigt im LMK LabSoft Programm angezeigt.

Nach der Verarbeitung wird die folgende Tabelle angezeigt (s. Bild 4). In dieser Tabelle sind alle notwendigen Daten zur Klassifizierung der photobiologischen Sicherheit des Testmusters nach EN 62471 verfügbar.

Stat.Nr.	Parameter	Bild	Region	Klasse	Fläche pix ²	Min W/sr ²	Max W/sr ²	Mittelwert W/sr ²	Streuung W/sr ²	BLH Bestrahlungsstärke (W/m ²)	BLH Winkelausdehnung (mrad)
1	Lum_Gr[88]	BLH Bild 100 mrad	S(BLH) analysis	> 212,75 W/sr ²	519900	212,8	425,5	296,9	61,31	7,053	174
2	Lum_Gr[89]	BLH Bild 11 mrad	S(BLH) analysis	> 1203,0 W/sr ²	11880	1203	2406	1678	318,6	0,911	26,29
3	Lum_Gr[90]	BLH Bild 1,7 mrad	S(BLH) analysis	> 1528,5 W/sr ²	46090	1529	3057	1847	300,7	3,888	51,78

Bild 4: Messwerte und Auswertungsergebnisse des BLH Addon

Diese Ergebnistabelle enthält nach der BLH-Analyse die relevanten Daten für die Klassifizierung der gemessenen Testprobe in die Risikogruppen gemäß dem Standard. Im folgenden Abschnitt wird erläutert, wie die Software im Prinzip funktioniert.

Schritt für Schritt-Anleitung der BLH Auswertung – anhand eines Testmusters

In dieser Stelle wird die Bilddatenanalyse erläutert, welche mit der Schaltfläche „BLH Bild auswerten“ gestartet wird. Das zuvor aufgenommene „BLH-Bild“ wird für diese Auswertung verwendet.

Hinweis: Alternativ können zuvor aufgezeichnete und gespeicherte BLH gewichtete Messbilder geladen werden. Um sie zu analysieren und das Addon „Measure BLH“ zu starten, müssen auch die richtigen LMK Kalibrierdaten im LMK LabSoft Programm geladen sein.

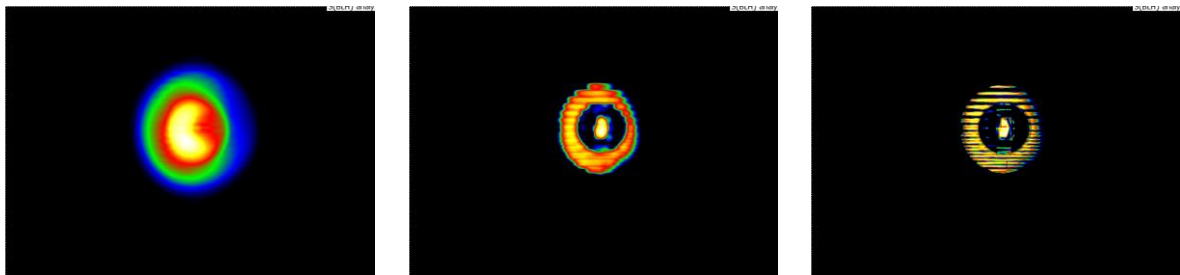
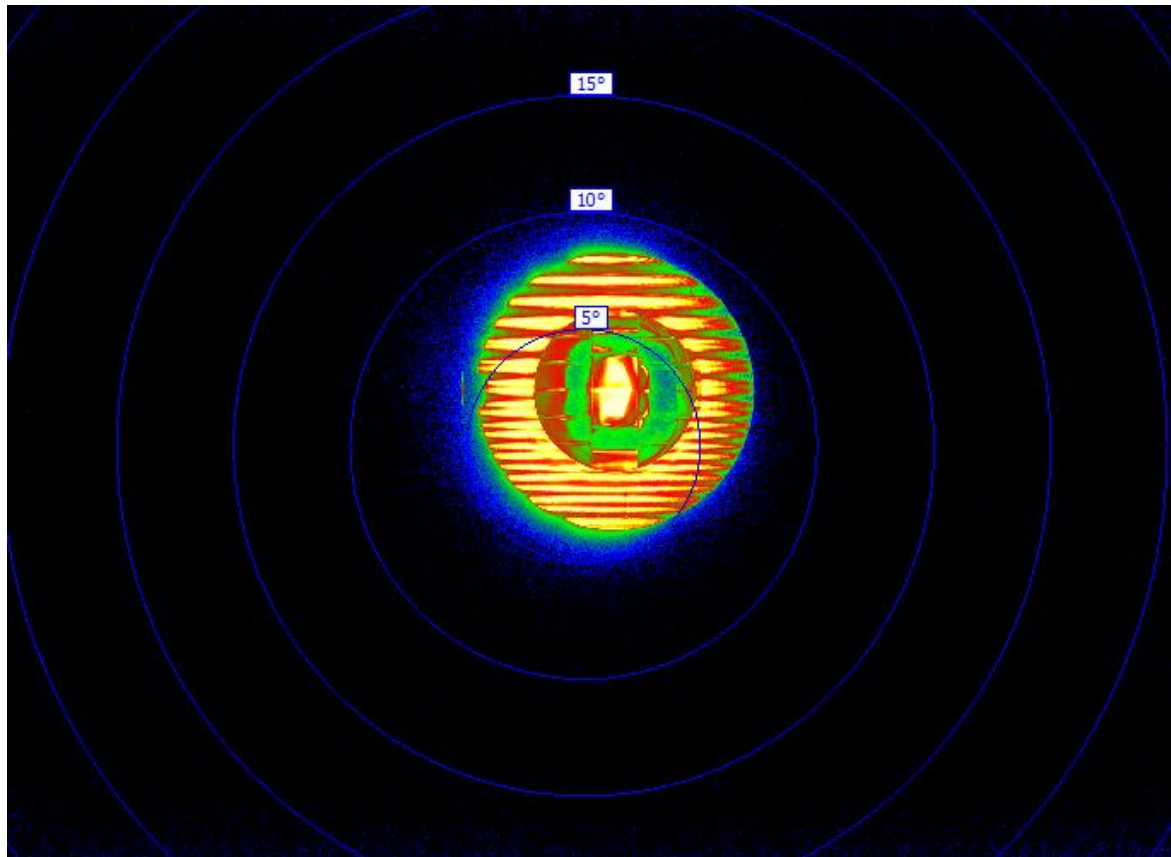


Bild 5: BLH-gefiltertes / gewichtetes Bild eines Fahrradscheinwerfers (oben), gemittelte Bilder (logarithmische Skalen) mit einer Blende von 100 mrad (links), 11 mrad (Mitte) und 1,7 mrad (rechts)

Im ersten Schritt werden drei weiteren Analysebilder erstellt: "BLH Bild 100mrad"; "BLH Bild 11mrad" und "BLH Bild 1,7mrad". Diese Bilder werden mit einem auf die jeweilige Betrachtungsöffnung in mrad zugeschnittenen Unschärfefilter berechnet (siehe Bild 5).

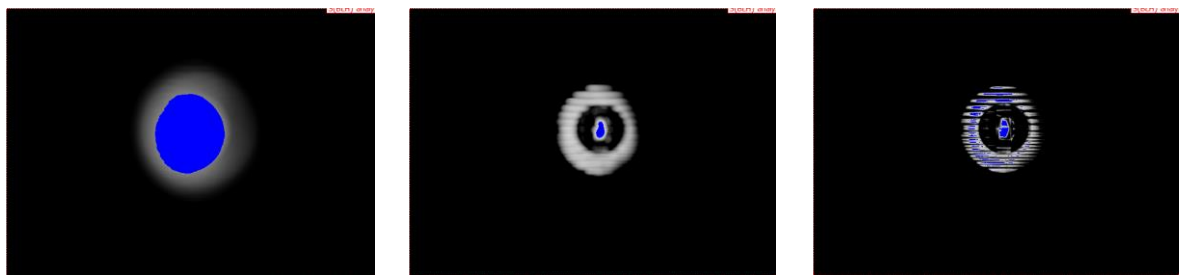


Bild 6: BLH-gefiltertes / gewichtetes Bild mit einer Blende von 100 mrad (links), 11 mrad (Mitte) und 1,7 mrad (rechts) kombiniert mit der Anzeige (blau markiert) der

50% -Emissionsschwelle zur Bestimmung der Größe der aktiven Winkelfläche α in mrad.

Der zweite Schritt ist die Bestimmung der BLH gewichteten Strahldichte, Bestrahlungsstärke und der Winkelgröße der Quelle unter Verwendung der drei neu berechneten Bilder. Dabei wird für jedes der Bilder eine spezifische "Leuchtdichteobjekt" -Statistik (siehe Labsoft Handbuch) erstellt. Für jedes Bild wird ein spezifischer Schwellenwert der BLH-Strahldichte verwendet, welcher sich aus der Klassifizierung der für die BLH-Bewertung relevante aktiven Größe des Testmusters ableitet. Dies ist in den Bildern 6 zu sehen. Hier sind die Bereiche blau markiert, die für die BLH-Bewertung genutzt werden.

Das Zusammenfassen aller als Quelle klassifizierten Bildpixel ermöglicht die Berechnung der "gemittelten" Winkelausdehnung α in mrad des Testmusters. Der berechnete Wert ist in der Tabelle in der Spalte „BLH Winkelausdehnung (mrad)“ angegeben. Als Einstiegswert für $\alpha > 11$ mrad für den Messablauf für die BLH strahldichtebasierte Risikogruppenbestimmung muss das Ergebnis der 3. Zeile für das Bild „BLH Bild 1,7 mrad“ verwendet werden (siehe rote Markierung in Bild 4).

Wenn $\alpha < 11$ mrad ist, muss die BLH Bestrahlungsstärke desselben Bildes (3. Reihe (1,7mrad)) verwendet werden - um für diesen Fall die Risikogruppe zu bestimmen. Der relevante Wert ist in der vorletzten Spalte - BLH Bestrahlungsstärke - zu finden.

Wenn $\alpha > 11$ mrad ist, können die BLH gewichteten Strahldichten (in der Spalte „Mittelwert“) für die drei Analysebilder mit unterschiedlichen Öffnungswinkeln verwendet werden, um das gemessene Testmuster gemäß EN 62471 in die Risikogruppen einzuteilen. Dazu kann diese Spalte der Tabelle von oben nach unten, angefangen mit dem 100 mrad Aperturbild, ausgelesen werden.