

Farb- und Leuchtdichtekorrektursystem

für Softedge-Projektionen

Das Farb- und Leuchtdichteabgleichsystem PT-D Match kann die für eine Zwei-Projektor-Softedge-Projektion benötigten Anpassungen automatisch und über ein Spektralradiometer mit hoher Genauigkeit durchführen. In der den Abgleich steuernden Computersoftware ist ein iteratives, rückgekoppeltes Korrekturverfahren implementiert, das in das Farbmanagement der Projektoren eingreift. Der zugespielte Content bleibt dabei unverändert.

The PT-D Match colour and luminance calibration system presented in this diploma thesis centers on the use of a spectral photometer to calibrate a two-projector-multi-screen display automatically and accurately. Calibration is supervised by an iterative feedback loop implemented in the calibration software which interacts with the projectors' colour-management interface.

1. Motivation

Multiscreenanwendungen, bei denen eine Projektionsfläche aus mehreren Einzelprojektionen zusammengesetzt ist, sind aus der Präsentationstechnik nicht mehr wegzudenken. Im Optimalfall sind die Übergänge zwischen den einzelnen Projektionen nicht sichtbar. Um das zu erreichen, müssen die stets leicht divergierenden Farb- und Leuchtdichtedarstellungen der verwendeten Projektoren einander angepasst werden.

Hierzu bieten digitale Projektoren mittlerweile umfangreiche Möglichkeiten an. Allerdings sind diese von einer Person (aufgrund begrenzter und subjektiver visueller Wahrnehmung) nur eingeschränkt auszuschöpfen. Weiterhin ist die manuelle bestmögliche Anpassung, nur mit erheblichem Zeitaufwand zu realisieren. Ziel eines automatischen Farb- und Leuchtdichteabgleichs ist, die Farb- und Leuchtdichtewiedergabe der Projektoren einer Softedge-Projektion

unter Ausnutzung aller technischen Möglichkeiten in möglichst kurzer Zeit optimal aneinander anzupassen.

2. Grundlagen

2.1 Farb- und Leuchtdichteabweichungen von Projektoren

Selbst typgleiche, fabrikneue Projektoren weisen Abweichungen in der Gesamtleuchtdichte, der Leuchtdichte der Grundfarben Rot, Grün und Blau sowie den Farborten der Grundfarben auf. Hierfür sind vor allem Herstellungstoleranzen folgender Komponenten verantwortlich:

- Lampe(n),
- Integrator,
- Farbteiler mit dichroitischen Spiegeln bei 3-Chip-Technik bzw. Farbrad bei 1-Chip-Technik,
- Lichtventil(e) und
- Objektiv.

Zudem ändern sich das Gamut und die Leuchtdichte eines Projektors über die Laufzeit: Je mehr Betriebsstunden die Projektionslampeneinheit aufweist, und je öfter sie gezündet wird, desto geringer wird ihre Leuchtdichte und desto stärker filtert das am Lampenkolben niederschlagende Gas das abgegebene Licht gelblich oder hellbräunlich.

Auch das optische System ist Alterungseffekten ausgesetzt, deren Auswirkungen auf die Projektion ähnlich sind, es kommt zu einer Gelbstichigkeit. LCD-Panels zeigen nach einiger Zeit ebenfalls einen Alterungseffekt, der auf die hohen thermischen Belastungen aufgrund der Transmission des Lichts durch das Lichtventil zurückzuführen ist [2].

Farb- und Leuchtdichteabweichungen wirken sich nicht immer gleichmäßig auf die Projektionsfläche aus. **Tabelle I** zeigt die Leuchtdichteabweichungen an vier Messpunkten bei sieben Testfarben eines DLP-Projektors. Die Abweichungen fallen für alle Farben sehr unterschiedlich aus: So sind bei Blau und Magenta nur geringe Abweichungen festzustellen, bei Gelb kommt es zu einer Abweichung von 15 % [1].

2.2 Farb- und Helligkeitsdiskriminierung

Das Auge setzt Lichtsignale, die als Farbreize in das Auge fallen, in Farbvalenzen um. Diese biochemischen Impulse werden von Nervenzellen im Auge umgeformt und als elektrische Signale über den Sehnerv zum visuellen Kortex weitergeleitet. Erst dort, im Sehzentrum des Gehirns, entsteht der Farbeindruck, der nicht linear zum ins Auge einfallenden Farbreiz ist. Der Mensch differenziert die Wahrnehmung einer Farbe nach Farbton, Sättigung und Helligkeit (technisch: Leuchtdichte). Die maximale Anzahl an unterschiedlich wahrnehmbaren Farben hängt von diesen drei Attributen ab.

Im sichtbaren Bereich des Spektrums kann der Mensch 200 Farbtonabstufungen unterscheiden, jede Stufe kann in etwa 500 Helligkeitsstufen differenziert und jede dieser Helligkeitsstufen eines Farbtons kann in 20 Sättigungswerte unterschieden werden.

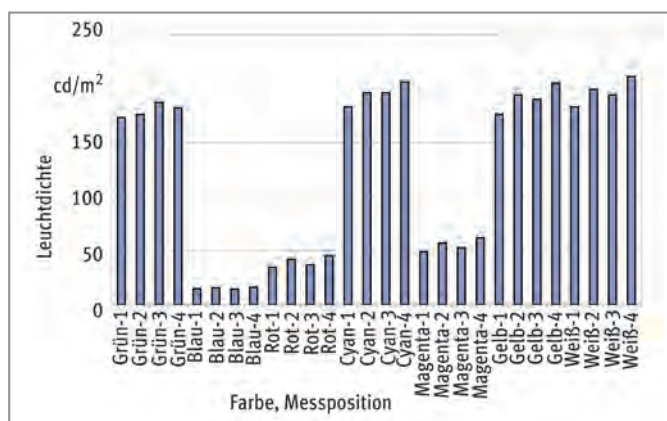


Tabelle I. Leuchtdichteabweichungen eines DLP-Projektors an vier Messpunkten (sieben Testfarben)

Dipl.-Ing. Medientechnik (FH) **Carsten Langerwisch** entwickelte im Rahmen seiner Diplomarbeit bei der Lang AG einen Prototyp zur automatischen Farb- und Leuchtdichtekorrektur von Projektoren.



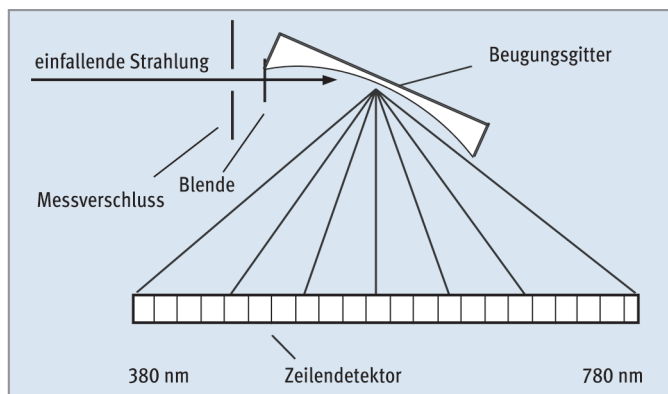


Bild 1. Dispersion in einzelne Wellenlängen (am Beugungsgitter oder durch Polychromator)

Somit beläuft sich die Zahl der unterscheidbaren Farben eines normalsichtigen Menschen auf etwa zwei Millionen. Es existieren divergierende Angaben zu der maximalen Anzahl der diskriminierenden Farben, da die menschliche Wahrnehmung sehr komplex und noch immer Gegenstand physiologischer und psychologischer Forschung ist [3].

2.3 Wahrnehmung von Farb- und Helligkeitsabweichungen

Aufgrund der Komplexität der Farb- und Helligkeitwahrnehmung des Menschen kommt es zu diversen Wahrnehmungsphänomenen. Die Ursachen der Phänomene liegen vor allem in der lateralen Inhibition (Signalbearbeitung innerhalb der Retina, die zu einer Kontrasterhöhung führt), der Anpassung der Fotorezeptoren an den Farbreiz und in der Farbumcodierung und -verarbeitung der Farbvalenzen im Sehzentrum, in dem auch die persönliche Wahrnehmungserfahrung des Betrachters in die Farbvalenzbewertung mit einbezogen wird.

Für die Farb- und Leuchtdichteabgleichung von Projektoren werden voll gesättigte Farbflächen der abzugleichenden Farben benötigt. Bei der Betrachtung dieser Farbflächen kann es zur Erscheinung des Maxwellflecks kommen, was die uniforme Farbwahrnehmung und somit den Farb- und Leuchtdichteabgleich stört.

Die Farb- und Helligkeitwahrnehmung wird stark beeinflusst durch die Umgebung der Farbflächen, durch deren Größe und Leuchtdichte sowie durch die Erfahrung des Menschen und die Farbe der Farbfläche selbst. Weiterhin verändert sich die Wahrnehmung der Farbflächen mit der Betrachtungszeit durch die Farbumstimmung. Eine zweimalige Bildung einer Relation zweier Farbflächen führt somit nie zu einem als gleich wahrgenommenen Unterschied der Flächen. Das führt stets zu unterschiedlichen Ergebnissen

eines Farb- und Leuchtdichteabgleichs. Die physiologischen und psychologischen Einrichtungen der menschlichen Wahrnehmung verbessern also die Erkennung von Strukturen und Objekten sowie das sichere Unterscheiden von Farben bei verschiedenen Beleuchtungssituationen, macht aber die neutrale, rationale Bewertung von Farben und Helligkeiten unmöglich [3,1].

2.4 Farbmessung

Die physikalische Bestimmung der physiologischen Farbempfindung ist nicht möglich. Es lässt sich aber die Farbvalenz bestimmen, die durch einen bestimmten Farbreiz φ hervorgerufen wird, der als Strahlung das Auge erreicht. Es gibt drei prinzipielle Verfahren der Farbmessung:

- Gleichheitsverfahren,
- Dreibereichsverfahren und
- Spektralverfahren.

Das *Gleichheitsverfahren*, bei dem die zu messende Farbe mit einer Referenzfarbe verglichen wird, sowie das *Dreibereichsverfahren*, bei dem mit Filtern die spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges simuliert und mit Fotosensoren die vorgefilterten Spektralbereiche gemessen werden, dienen vor allem in der Drucktechnik zur schnellen Messung der spektralen Remission von Farbproben. Um die spektrale Emission von digitalen Projektoren zu messen, wird das *Spektralverfahren* angewendet. Es ist in zwei Arbeitsschritte gegliedert:

1. Spektralphotometrie zur Bestimmung des Farbreizes und
2. valenzmetrische Auswertung des Farbreizes.

Die Spektralphotometrie ist ein rein physikalisches Messverfahren, das von biologischen Einflüssen der menschlichen Wahrnehmung unbeeinflusst bleibt. Hierbei wird die spektrale Emission der zu messenden Quelle entweder durch Brechung mit einem

Prisma, durch Dispersion an einem Beugungsgitter oder durch einen Polychromator in einzelne Wellenlängen zerlegt (**Bild 1**). Anschließend wird mit einem Zeilendetektor eine spektrale Quantisierung und Auswertung der Strahlungsintensität vorgenommen. Die spektrale Quantisierungsschrittweite beträgt hierbei 5 bis 20 nm, je nach Güte des Messgeräts.

Nach einer Verstärkung und Analog-Digital-Umsetzung erfolgt die valenzmetrische Auswertung des Farbreizes. Daran schließt sich, extern mit Hilfe eines Computers oder mit dem internen Mikroprozessor des Messgeräts, die valenzmetrische Auswertung des Farbreizes φ an, wobei seine Wirkung auf das durch den 2°-/10°-Normalbetrachter festgelegte Auge berechnet wird. Dadurch entstehen die Farbmaßzahlen X, Y, Z, die in weiteren Operationen in verschiedene farbmetrische Systeme umgerechnet werden können.

Die Messergebnisse eines Farbmessgeräts sind reproduzierbar, wenn es sich um ein hochwertiges Messgerät handelt, das regelmäßig recalibriert wird. Die Reproduzierbarkeit trifft auf die menschliche Wahrnehmung nicht zu. Im vorgestellten System wird das Spektroradiometer 'Spectrascan 650' von Photo Research eingesetzt (**Bild 2**), das folgende Messgenauigkeiten aufweist:

- ± 0,0015 % für CIE XYZ x,
- ± 0,001 % für CIE XYZ y und
- ± 2,00 % für Luminanz.

Erst diese sehr hohen Messgenauigkeiten ermöglichen eine erfolgreiche Farb- und Leuchtdichteabgleichung.

2.4 7-Color-Matching

Eine tiefgreifende Möglichkeit zur Farbenanpassung von Projektoren bietet das 7-Color-Matching-System, das in fünf zurzeit erhältlichen Projektorentypen der Firma Panasonic zur Anwendung kommt. Das System ermöglicht die Anpassung/Beeinflussung der drei Primärfarben Rot, Grün und Blau, der Sekundärfarben Gelb, Cyan und Magenta sowie Weiß in der additiven Mischung aus roten, grünen und blauen Anteilen, die im Folgenden 7c-Werte und als Satz 7c-Tipel genannt werden.

Die Beeinflussung der Farben geschieht unabhängig voneinander, die Veränderung der Farbe Magenta hat beispielsweise keine Auswirkung auf die Darstellung von Blau und Rot. Das geschieht nach dem Prinzip der Farbortverschiebung. Die Farborte der Grundfarben eines Projektors, Rot, Grün und Blau, werden durch die dichroitischen Spiegel des Farbteilers bei 3-Chip-Projektoren oder die



Bild 2. Spektroradiometer 'Spectrascan 650' von Photo Research

Farbradfilter bei 1-Chip-Projektoren eindeutig festgelegt. Der Farbort einer Farbe kann aber nach den Gesetzen der additiven Farbmischung durch Mischung mit anderen Grundfarben verschoben werden.

Betrachtet man die xy-Ebene der CIE-XYZ-Normfarbtafel (**Bild 3**), kann beispielsweise durch Hinzufügen von Grünanteilen der Farbort von Rot in x- und y-Richtung verschoben werden. Farborte können jedoch nicht beliebig verschoben werden: Der Farbort von Blau kann beispielsweise nicht in die Richtung des Koordinatenursprungs verschoben werden, er ist in Richtung kleiner x- und y-Werte eingeschränkt. Alle Grundfarben weisen mindestens eine Einschränkung der Farbortverschiebung auf. Die Farbortverschiebung wirkt sich stets auf beide Farbortkoordinaten aus.

Auch die Farborte der Sekundärfarben können verschoben werden, das geschieht durch Veränderung der Mischung der beiden Grundfarben. Bei den drei Sekundärfarben gibt es, ebenso wie bei Weiß, keine Einschränkung der Farbortverschiebung. Daneben können, in gewissem Umfang, auch die Helligkei-

ten aller sieben Farben des 7-Color-Systems getrennt voneinander geregelt werden, indem die drei 7c-Werte einer Farbe unter Beibehaltung der Proportionalitäten untereinander erhöht oder verringert werden.

Da alle 7c-Manipulationen auf der digitalen Ebene der Signalbearbeitung geschehen, kommt es bei der Leuchtdichteangepassung zu einer Verringerung des Kontrastumfangs. Es ist zu beachten, dass ein Projektor in der Regel ab Werk seine maximale Leuchtdichte aufweist und diese ausschließlich abgesenkt werden kann. Beim Angleichen der Leuchtdichte mehrerer Projektoren muss also der Projektor mit der geringsten Leuchtdichte als Referenz dienen.

Deshalb und aufgrund der vorgenannten Einschränkungen bezüglich der Farbortverschiebung müssen Referenzen definiert werden, die den kleinsten gemeinsamen Nenner für einen Farbort, eine Farbleuchtdichte und eine globale Leuchtdichte darstellen und von allen Projektoren des Projektorensets erreicht werden können. Dieser Vorgang wird im Folgenden Referenzierung genannt.

Der Wertebereich der 7c-Werte ist 0 bis 2¹¹ (2048) in Ganzzahlschritten (**Tabelle II**). Das 7-Color-Matching-System ist nur für fortgeschrittene Anwender von Nutzen, da die Bedienoberfläche des Projektormenüs, über den die 7c-Werte manipuliert werden können, keine intuitive Bedienung bietet, wie sie etwa die Darstellung der Veränderungen als Farbortverschiebung in einer Farbtafel ermöglichen würde. Das ist ein Grund, warum die umfangreichen Möglichkeiten der Anpassung von Farbe

Tabelle II. Wertebereich der 7c-Werte in Ganzzahlschritten

	Rot	Grün	Blau
Rot	2048	0	0
Grün	0	2048	0
Blau	0	0	2048
Cyan	0	2048	2048
Magenta	2048	0	2048
Gelb	2048	2048	0
Weiß	2048	2048	2048

und Leuchtdichte mit dem 7-Color-Matching-System (Panasonic) in Branchenkreisen (noch) nicht bekannt sind.

3. Abgleichsystem PT-D Match

Das vorgestellte System befindet sich zurzeit im Prototyp-Status und ermöglicht den Abgleich zweier Projektoren der Modelle PT-D 5100, PT-D 5700, PT-D(W) 7700 und PT-D(W)

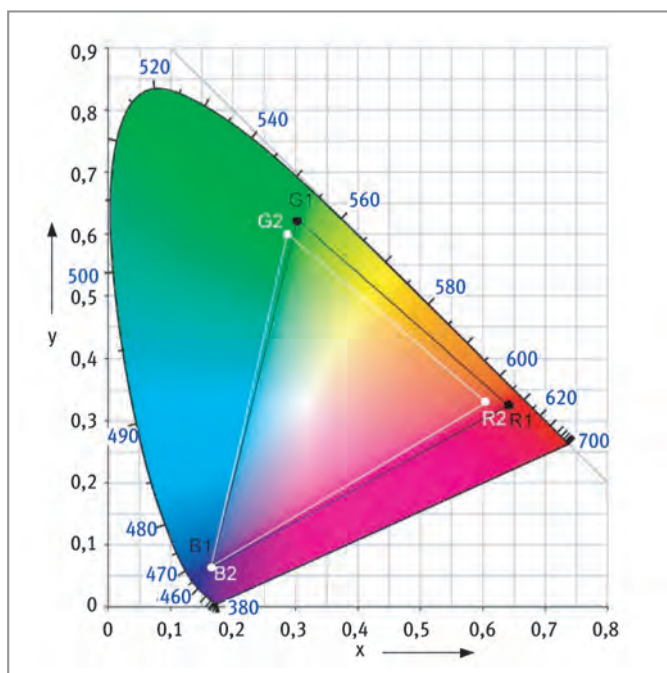


Bild 3. CIE-XYZ-Normfarbtafel



Studio Hamburg

MCI

Broadcast & Media-Systems

Alles aus einer Hand

Vom Rollrack bis zum Ü-Wagen
Vom NLE bis zum Sendezentrum
Vom Storage bis zum Archivsystem



NDR SatKa
4 Kamera SNG

Studio Hamburg MCI GmbH
Tel.: +49 (0)40 6688 3206
info@mci-systems.de | www.mci-systems.de





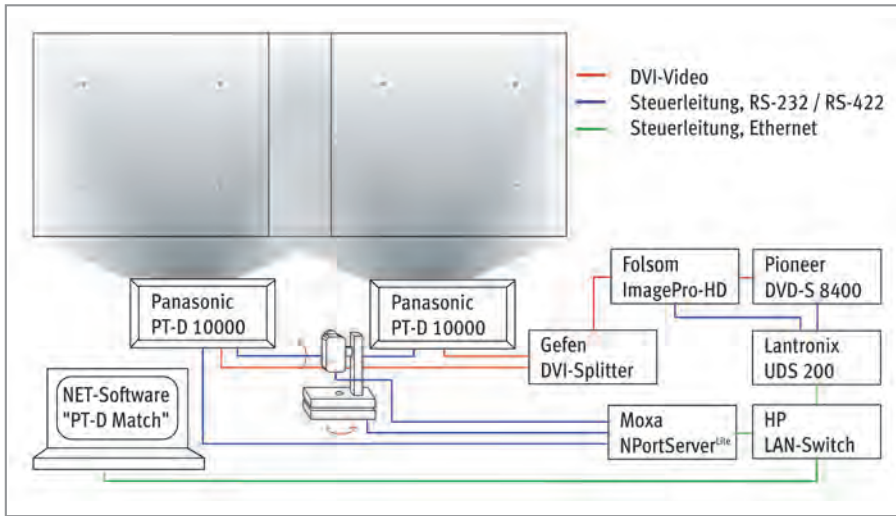



Bild 4. Systemkomponenten und -aufbau

10000. Es umfasst neben einer Steuersoftware das vorgenannte Spektroradiometer 'PR 650' von Photo Research, mit dem an vier Messpunkten pro Projektor Messwerte erhoben werden. Durch arithmetische Mittelung werden die stets auftretenden Inhomogenitäten innerhalb einer Projektion ausgeglichen.

Das Messgerät wird mit einem Schwenk-Neigekopf AW-PH 350 (Panasonic) automatisch auf die Messpunkte der Multiscreen-Projektionsfläche ausgerichtet. Die für den Abgleich benötigten voll gesättigten Farbflächen werden von einem über die Software gesteuerten DVD-Spieler (Pioneer DVD-V 8000) den Projektoren zugeführt. Von den Projektoren eingegenerierte Testbilder können nicht verwendet werden, da sich das projektorinterne Softedge-Blending-Feature nicht auf die Testbilder auswirkt, was die Messung und die visuelle Bewertung des Abgleichergebnisses unmöglich macht. Die Steuersoftware wird auf einem Laptop ausgeführt und ist über einen LAN-zu-RS-232-Konverter mit allen Systemkomponenten über serielle Schnittstellen verbunden (Bild 4).

3.1 Funktionsweise

Nach dem Start von PT-D Match werden die 7c-Werte aus den Projektoren ausgelesen. Anschließend kann eine automatische Referenzanalyse gestartet werden. In ihr werden alle sieben Farben beider Projektoren nacheinander in Farbe und Leuchtdichte gemessen, aber noch nicht verändert. Anschließend wird der Referenzprojektor anhand der Farbortverschiebungseinschränkungen für jede Farbe bestimmt und als Vorschlag dem Benutzer mitgeteilt: Dieser kann angenommen, verän-

dert oder verworfen werden. Aufgrund vorgenannter Unzulänglichkeiten der Farbwahrnehmung ist die Verwendung der Vorschläge der automatischen Referenzanalyse empfehlenswert.

Grundsätzlich können alle sieben Grundfarben des Projektors einzeln oder sequentiell aneinander angepasst werden. Die Manipulation der 7c-Tripel und somit der Farb- und Leuchtdichtewiedergabe der Projektoren wird durch ein iteratives Korrekturverfahren realisiert, dessen einzelne Korrekturschritte in einer Rückkopplungsschleife überprüft und als Grundlage für den nächsten Korrekturschritt verwendet werden (Bild 5). Maßgeblich für die Anpassung der Projektoren ist die Differenz der „die Performanz der Projektoren bestimmenden Werte“, wobei x (die x-Koordinate) und y (die y-Koordinate) den Farbort einer der sieben abzugleichenden Farben in der CIE-1931-Farbtabelle definiert, die der Farbortverschiebung zugrundeliegt. Die Leuchtdichte (Luminanz) wird mit h abgekürzt und „Slave“ bezeichnet den an den Referenzprojektor anzupassenden Projektor:

$$\Delta x = x_{\text{Referenz}} - x_{\text{Slave}}$$

$$\Delta y = y_{\text{Referenz}} - y_{\text{Slave}}$$

$$\Delta h = h_{\text{Referenz}} - h_{\text{Slave}}$$

Aufgrund physikalischer Bedingungen, wie Messungenauigkeiten, veränderte Umgebungslichtbedingungen, leichte Positionierungsfehler, Rundungsfehler oder auch Nicht-linearitäten des 7-Color-Matching-Systems, können diese Differenzwerte niemals exakt null sein. Sie liegen im Zielwertbereich um Null, der von der Iterationsfunktion der Software erreicht werden muss.

Die Größe des zu erreichenden Zielwertbereichs kann vom Benutzer für jede Farbe se-

parat festgelegt werden. Der Abgleich von Farbe und Helligkeit beider Projektoren dauert umso länger, desto kleiner die Zielwerte Δx , Δy und Δh gewählt sind, da mehr Iterationsschritte benötigt werden.

In der Praxis, die einen Kompromiss aus Abgleichgenauigkeit und visueller Qualität darstellt, bewährten sich die in Tabelle III dargestellten Werte. Der prinzipielle Ablauf der Anpassungen ist bei allen sieben Grundfarben gleich:

- Messung des 'Status Quo' des Projektors
- Berechnung von Δx , Δy , Δh
- Minimierung von Δx
- Minimierung von Δy
- Minimierung von Δh
- Leuchtdichtemaximierung
- Benutzerinformation der Ergebnisse

Zwischen den einzelnen Minimierungsschritten wird der Status Quo erneut gemessen, da sich die Auswirkungen dieser Schritte gegenseitig beeinflussen. Durch die Farb- und Leuchtdichteanpassung erreichen beide abzugleichenden Projektoren unter Umständen nicht mehr die maximale Helligkeit. Daher führt die Steuersoftware nach dem erfolgreich durchgeführten Farb- und Leuchtdichteab-

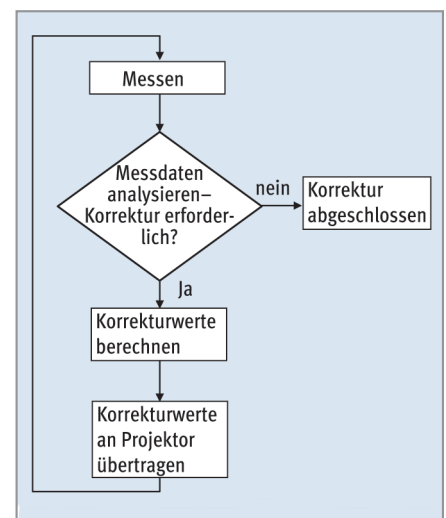


Bild 5. Iterative Rückkopplungskorrektur

Tabelle III. Zielwerte

	Δx	Δy	Δh
Rot	0,06	0,06	6
Grün	0,03	0,03	3
Blau	0,04	0,04	4
Cyan	0,02	0,02	2
Magenta	0,03	0,03	3
Gelb	0,03	0,03	3
Weiß	0,02	0,02	2



Bild 6. Softedge-Projektion auf der ISE

gleich eine Helligkeitsmaximierung auf die größte gemeinsame Helligkeit durch. Nach dem erfolgreichen Farb- und Leuchtdichteabgleich der beiden Projektoren wird der Benutzer über die erzielten Werte von Δx , Δy und Δh und die für den Abgleich benötigte Zeit informiert. Nachdem der Benutzer die Abgleichergebnisse zur Kenntnis genommen hat, werden alle 7c-Werte der Projektoren neu eingelesen und das System befindet sich wieder im Ausgangszustand, sodass weitere Anpassungen anderer Farben gestartet werden können.

3.2 Öffentliche Präsentationen

Im Januar 2007 wurde PT-D Match am Stand der Lang AG auf der 'ISE 2007' in Amsterdam erstmals vorgestellt. Auf einem speziellen Präsentationstisch waren die zwei 'PT-D 10000'-Projektoren (Panasonic), die Bestandteile von PT-D Match und sämtliche Peripherie (EIA 232 Konverter, DVI-Splitter und Stromversorgung) positioniert (**Bild 6**).

Durch die Integration eines 'Image Pro HD'-Videokonverters (Folsom) wurde die Möglichkeit geschaffen, schnell für Präsentationszwecke zwischen dem Messestandprogramm, das über HD-SDI angeliefert wurde, und der 'PT-D Match'-System-DVD mit den Testbildinhalten umzuschalten. Die beiden Projektoren wurden mit 'ET-D 75LE1'-Objektiven (1,4 bis 1,8:1) betrieben und so konfiguriert, dass sie bei einer nativen Auflösung von 1400×1050 Pixeln (SXGA+) pro Projektor und einem Überlappungsbereich von 300 Pixel eine Auflösung von 1920×1050 Pixeln nativ darstellen können. Rechts und links der Softedge-Projektion mussten dafür je 290 Pixel schwarz 'geblendet' werden. Die horizontale Bildausrichtung jedes Projektors musste angepasst werden, damit aus beiden Einzelprojektionen eine Gesamtprojektion im Format 1920×1050 Pixeln entstand. So war es

möglich, hochauflösende Inhalte im 1080p-Format nativ darstellen zu können, wenn man von den vertikal fehlenden 30 Pixeln absieht. Zu diesem Zweck gab der Videokonverter ein DVI-Signal im 1080p-Format an den DVI-Splitter, der es duplizierte und an die Projektoren weiterreichte.

Um die Funktionalität von PT-D Match zu demonstrieren, wurde bei einem der beiden Projektoren eine Farbverfälschung durch Filterung (s. Bild 6) mit einem Supergel-FarbfILTER (Rosco) realisiert, da die verwendeten Projektoren fabrikneu waren und deswegen zwar sichtbare, aber nur geringe Farb- und Leuchtdichteabweichungen aufwiesen.

Die Zeit, die das System für den Farb- und Leuchtdichteabgleich inklusive automatischer Referenzierung benötigte, betrug etwa dreizehn Minuten. Ohne Referenzierung betrug die Zeit weniger als elf Minuten. Auch wenn die Bildwand auf dem Messestand durch die Standbeleuchtung eine relativ hohe Grundhelligkeit hatte, war das Abgleichergebnis visuell sehr gut, sodass das System viel Zuspruch erhielt.

4. Schlussbemerkungen

Die Machbarkeit und die Funktionsfähigkeit eines automatischen Farb- und Leuchtdichteabgleichsystems für Softedge-Projektionen sind mit dem vorgestellten Prototyp erfolgreich nachgewiesen worden. Es gibt noch Optimierungspotentiale, um die für den Abgleich benötigte Zeit deutlich zu verringern. Dennoch kann es schon jetzt die Potentiale des 7-Color-Matching-Systems (Panasonic) voll ausschöpfen und kommt so den immer größer werdenden visuellen Qualitätsansprüchen nach, die an Softedge-Projektionen gestellt werden.

Da der Abgleichaufwand mit zunehmender Anzahl der Projektoren steigt, macht der Einsatz eines automatischen Systems umso mehr Sinn, je mehr Projektoren beteiligt sind. Zurzeit unterstützt das System zwei Projektoren, die Steuersoftware ist von ihrer Architektur aber auf den Abgleich von $n+1$ -Projektoren vorbereitet.

Ein Nebenprodukt der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu PT-D Match ist die Möglichkeit, einen Projektor auf ein ganz bestimmtes Gamut zu kalibrieren. Die Einzelprojektorcalibrierung könnte überall dort Anwendung finden, wo ein bestimmtes Gamut exakt wiedergegeben werden muss. Da die Einzelprojektorcalibrierung größtenteils auf Programmierbausteine aufsetzt, die auch für PT-D Match verwendet wurden, ist die Entwicklungsarbeit überschaubar.

Es bleibt zu hoffen, dass das vorgestellte System ermutigt, die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an automatischen Farb- und Leuchtdichteabgleichsystemen weiter voranzutreiben, da im Bereich der Projektionstechnik erhebliches Potential steckt.

5. Schrifttum

- [1] Langerwisch, C.: Untersuchung eines automatischen Bildabgleichs von Projektoren bei Multiscreen Installationen. Diplomarbeit, 2007.
- [2] Tidd, J. M.: Long Term Data Projector Display Technology & Performance Study. December 2005. Interim White Paper.
- [3] Goldstein, B. E.: Wahrnehmungspsychologie. 2. Auflage. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, 2002.
- [4] Wyszecki, W. S.; Günter & Stiles: Color Science: Concepts and Methods. Quantitative Data and Formulae, Volume 2. New York: John Wiley & Sons, 1982.

Der Autor dankt Hubertus Beckmann, Reimund Piechota und Sven Wohlgenuth und allen anderen Mitarbeitern der Lang AG für die Unterstützung während der Entwicklung des vorgestellten Systems. Weiterer Dank gilt Prof. Dr.-Ing. Thomas Bonse für die Betreuung der Diplomarbeit.

Studio Hamburg

MCI
Products

Darüber spricht man

Vollduplex, Drahtlosinterkom
Stand Alone oder Matrixintegriert

Clear-Com
COMMUNICATION SYSTEMS

Intercomsysteme

Studio Hamburg MCI GmbH
Tel.: 040-6688 33-68 / 82
info@mci-products.de | www.mci-products.de

SONY Broadcast Pix pharos AJA