

# **BMU-Umweltinnovationsprogramm**

## **Abschlussbericht**

zum Vorhaben:  
„Energieeffiziente LED-Fluter“

KfW-AZ  
MBc3-001933

Fördernehmer/-in:  
Arena Ulm / Neu-Ulm Betriebsgesellschaft mbH

Umweltbereich:  
Energie

Laufzeit des Vorhabens:  
September 2011 – Dezember 2011

Autor/Ansprechpartner:  
Dipl.-Ing. Dietrich Krüger

Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und  
Reaktorsicherheit

Datum der Erstellung:  
23.08.2013



# Berichts-Kennblatt

KfW-AZ: MBc3-001933	FKZ: 3890129
Titel des Vorhabens: <h2 style="text-align: center;">Energieeffiziente LED-Fluter</h2>	
Autor; Name, Vorname Dipl.-Ing. Dietrich Krüger	Vorhabenbeginn: 12.09.2011 Vorhabenende: 09.12.2011
Fördernehmer/-in (Name, Anschrift) Arena Ulm/Neu-Ulm Betriebsgesellschaft mbH Postfach 1120 – 92301 Neumarkt	Veröffentlichungsdatum: 22.11.2011 Seitenzahl: 17
Gefördert im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms des Bundesumweltministeriums	
Kurzfassung / „Entwurf für eine Pressenotiz“ <p>Die LED-Beleuchtung hat Einzug in nahezu alle Bereichen unserer Lichttechnik gehalten, kommend von der Akzentbeleuchtung über die Kontur- und Hinweisbeleuchtung bis hin zur heutigen Möglichkeit, LEDs für die Straßenbeleuchtung einzusetzen.</p> <p>In Bereichen, in denen tageslichtähnliche Beleuchtungen bei langen Einschalt Dauern und hohen erforderlichen Lichtstärken notwendig werden, müssen bisher noch die nicht gerade als energie-sparend bekannten Halogen-Metaldampf lampen eingesetzt werden.</p> <p>Für lichtintensive Flächenausleuchtungen gab es - bis dato - keinen vielversprechenden Ansatz für eine LED Beleuchtungstechnologie.</p> <p>Energieressourcen zu sparen und umsichtig einzusetzen ist ein notwendiger Aspekt, dem sich unsere Gesellschaft mehr denn je stellen muss. In einem Segment des Portfolios der Firmengruppe Max Bögl werden schlüsselfertige Sportstätten und Fußballstadien angeboten. Im späteren Betrieb solcher Objekte fällt der Energieaufwand für entsprechende Ausleuchtungen der Sportflächen besonders ins Gewicht. Eine sehr intensive Nutzung erfahren die heutzutage sehr populären Multifunktionshallen, die neben den eigentlichen Sportaktivitäten eine Vielzahl an Veranstaltungen anbieten, für die eine sehr intensive Ausleuchtung der Aktionsflächen notwendig ist.</p> <p>Letztendlich wird eine Beleuchtung benötigt, die:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stromsparend ist,</li> <li>• flexibel auf verschiedene Veranstaltungen reagieren kann,</li> <li>• HDTV-tauglich für Fernsehübertragungen ist und</li> <li>• universell in die EDV der Veranstalter zu integrieren ist.</li> </ul> <p>Diese Aufgabenstellung beschäftigt die Firmengruppe Max Bögl bereits seit 2008. Die Ergebnisse der damaligen Grundlagenforschungen bestätigten eine Machbarkeit. In der SiTeco Beleuchtungstechnik GmbH fand Max Bögl einen Partner, der zuerst erstaunt, überrascht und dann überzeugt reagierte, nachdem unsere Ergebnisse unabhängig vom SiTeco Labor bestätigt wurden. Diese neu entwickelte LED-Beleuchtungstechnik der beiden kooperierenden Unternehmen Max Bögl und SiTeco wurde in der neuen Multifunktionshalle im Ulm/Neu-Ulm (RatiopharmArena) installiert und ist seit dem 10.12.2011 in ständiger Nutzung.</p>	
Schlagwörter: HDTV-gerechte LED-Fluter, Verbesserung der Lichtqualität, Energieeinsparung, LED Beleuchtung, Energieeffizienz, LED-Fluter für Multifunktionshallen, DMX Lichttechnik	
Anzahl der gelieferten Berichte  Papierform: 10  - Projektskizze 1x - Zwischenbericht 1x - Abschlussbericht 10x - Abschlussbericht 2. Abgabe 10x - Abschlussbericht 3. Abgabe 10x - Entwurf Pressenotiz 1x  Elektronischer Datenträger: 1x	Sonstige Medien: <a href="http://www.osram.de/osram_de/trends-und-wissen/globale-licht-expertise-sportbeleuchtung-von-osram/led-sportbeleuchtung-in-der-ratiopharm-arena/index.jsp">http://www.osram.de/osram_de/trends-und-wissen/globale-licht-expertise-sportbeleuchtung-von-osram/led-sportbeleuchtung-in-der-ratiopharm-arena/index.jsp</a> <a href="http://www.siteco.de/de/service/presse/meldungen/refere nzen/pressarticle/313.html">http://www.siteco.de/de/service/presse/meldungen/refere nzen/pressarticle/313.html</a> <a href="http://www.ratiopharmarena.de/news/archiv/540-news20111125.html">http://www.ratiopharmarena.de/news/archiv/540-news20111125.html</a> <a href="http://ledblog.big.de/tag/ratiopharm-arena/">http://ledblog.big.de/tag/ratiopharm-arena/</a> <a href="http://www.stadionwelt-business.de/index.php?head=HD-taugliche-LED-Beleuchtung-fuer-neue-Arena&amp;rubrik=ausstattung&amp;site=news_view&amp;news_id=7420&amp;kat=beleuchtung&amp;ukat=flutlicht">http://www.stadionwelt-business.de/index.php?head=HD-taugliche-LED-Beleuchtung-fuer-neue-Arena&amp;rubrik=ausstattung&amp;site=news_view&amp;news_id=7420&amp;kat=beleuchtung&amp;ukat=flutlicht</a>




# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>7</b>
1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens	7
1.2. Ausgangssituation	7
<b>2. Umsetzung des Vorhabens</b>	<b>7</b>
2.1. Ziel des Vorhabens	7
2.2. Darstellung der technischen Lösung	9
2.3. Darstellung der Umsetzung des Vorhabens	10
2.4. Behördliche Anforderungen	12
2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten	12
<b>3. Ergebnisse</b>	<b>13</b>
3.1. Bewertung der Vorhabensdurchführung	13
3.2. Stoff- und Energiebilanz	13
3.3. Umweltbilanz	14
3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse	15
3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren	17
<b>4. Empfehlungen</b>	<b>18</b>
4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung	18
4.2. Modellcharakter	19
4.3. Zusammenfassung	19
<b>5. Anlagen</b>	<b>20</b>
5.1. Auflistungen für die Aufstellung der Energiebilanz	20
5.2. Videoaufzeichnungen auf beigefügten Datenträger	20
5.3. ARUP – Lighting Report	20



# 1. Einleitung

## 1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens

Der Fördernehmer ist die Arena Ulm/Neu-Ulm Betriebsgesellschaft mbH, der die Multifunktionshalle  für die Dauer von 20 Jahren - inkl. des Eventmanagements - bewirtschaftet.

Für die Städte Ulm und Neu-Ulm wurde von der Max Bögl Projektentwicklung GmbH eine Multifunktionshalle für 5.000 – 6.000 Zuschauer und den Basketball-Bundesligisten „ratiopharm ulm“ als Hauptnutzer entwickelt.



Die Max Bögl Bauunternehmung GmbH & Co. KG hat im Auftrag der Max Bögl Projektentwicklung GmbH & Co. KG diese Multifunktionshalle „schlüsselfertig“ errichtet. In der SiTeco Beleuchtungstechnik GmbH wurde ein Partner gefunden, der eine neue Generation von LED-Flutern, mit besonderen Eigenschaften für den Innenraum der Halle, entwickeln und produzieren konnte.

## 1.2. Ausgangssituation

Die Anforderungen an die Spielfeldbeleuchtung in einer Multifunktionsarena sind sehr hoch, wenn TV-Produktionsgesellschaften dort regelmäßig Aufzeichnungen vornehmen. Letztendlich profitieren Vereine von TV-Produktionen und den damit verbundenen Werbeeinnahmen.

Die Lichtqualitäten für Sportübertragungen werden letztendlich vom Fernsehzuschauer vorgegeben. Mit dem Einzug der HDTV-Geräte in unsere Wohnzimmer besteht der unbändige Wunsch der Verbraucher, Übertragungen in entsprechender hochauflösender Qualität von den Fernsehsendern zur Verfügung gestellt zu bekommen.


Bei Sportübertragungen sind „ruckelfreie“ Übertragungen der minimale Qualitätsanspruch. Besonders Zeitlupen-Szenen stehen hier im Focus, damit kein Detail einer unklaren Situation übersehen wird und entsprechende Schiedsrichterentscheidungen im Nachgang erklärt bzw. diskutiert werden können.

In Ermangelung alternativer Beleuchtungstechnologien - bis dato - für diese Anwendungsfälle ist eine Lichtqualitätsverbesserung nur über die Erhöhung von Beleuchtungsstärken zu erreichen. D.h. Broadcasting-Unternehmen geben in Bezug auf ihr technisches Equipment Beleuchtungsstärken vor, bei denen ihre Super Slow Motion-Kameras Bewegungen ohne pulsierenden Hintergrund aufnehmen können.

In der Folge geben Veranstalter von Sportevents wiederum entsprechende Vorgaben in ihren Reglements an, mit welcher Beleuchtungsstärke die Austragungsorte aufwarten müssen.

Allen Voran die bekannten Verbände wie FIFA, UEFA, DFB, FIVB, Toyota HBL, FIBA ... usw.

Wo man vor 2-3 Jahren auf einem Fußballfeld noch mit 800 Lux ausgekommen ist, wurden in den letzten Jahren stufenweise die Beleuchtungsstärken von 1.200 lx, 1.400 lx, 2.000 lx bis zu den zur Zeit üblichen 2.400 lx für FIFA Stadien der Klasse V erhöht. Äquivalent zum Fußball gibt es in nahezu allen anderen Ballsportverbänden ähnliche Entwicklungen.

In der  wurde, um alle Eventualitäten in den nächsten 20 Jahren meistern zu können, aber auch einen direkten Vergleich in den Beleuchtungsstärken zu herkömmlichen Technologien vornehmen zu können, die Spielfeldbeleuchtung auf eine Beleuchtungsstärke von 2.000 Lux [lx] ausgelegt. Der Internationale Basketballverband fordert in seinen Reglements von 2007 nur 1.800 lx, wobei in den heute gültigen Reglements der FIBA für 2012 bereits bis zu 3.000 lx (horizontal) für Spiele im Level 1 zu Grunde gelegt werden.

## 2. Umsetzung des Vorhabens

### 2.1. Ziel des Vorhabens

Energieressourcen zu sparen und umsichtig einzusetzen ist ein notwendiger Aspekt, dem sich unsere Gesellschaft mehr denn je stellen muss. Der Unternehmensgruppe Max Bögl ist es ein großes Anliegen, energieeffizient zu bauen und einen energiesparenden späteren Betrieb der Objekte zu ermöglichen. Im Betrieb solcher Multifunktionshallen fällt der Energieaufwand für entsprechende Ausleuchtungen der Sport- und Eventflächen besonders stark ins Gewicht.

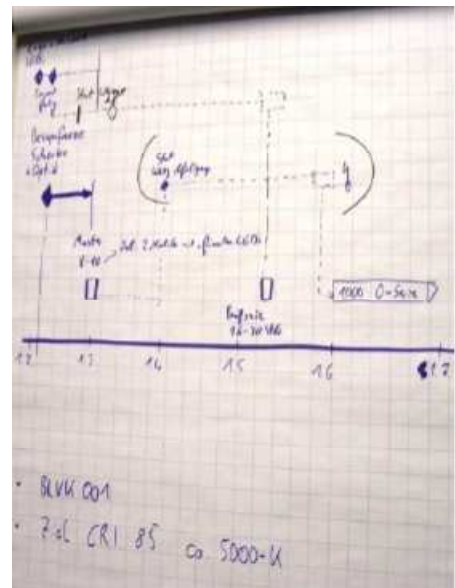
Diesen Aspekt im Focus, wurde beschlossen, einen Versuch zu unternehmen, an dieser Stelle Energieeinsparungen zu generieren. Die Vorstellung war, die herkömmlichen energieintensiven Beleuchtungsanlagen gegen ein anderes bzw. andere Systeme zu ersetzen. Die Frage, die beantwortet werden musste, lautete: „Ist es möglich, hier die voranschreitende LED-Technologie nutzen zu können?“.

Die Besonderheiten der Lichtqualitäten für Fernsehübertragungen geht einher mit der Notwendigkeit sehr hoher Lichtintensitäten. Die einzigen für diesen Einsatz gebräuchlichen Leuchten waren Halogen-Metaldampfstrahler, die den erforderlichen Lichtstrom je Watt [lm/W] leisten konnten.

Im Hinblick auf einen langen Bewirtschaftungszeitraum der Liegenschaft sollte diese herkömmliche Leuchtentechnologie durch eine energieeinsparende LED-Technologie ersetzt werden, die zu diesem Zeitpunkt bislang auf dem Markt, als komplette Leuchte/Strahler/Fluter bzw. als Beleuchtungssystem, nicht verfügbar war.

Mit der Überlegung, die erforderlichen Lichtmengen, -farben und -qualitäten mit Hilfe der LED-Technologie darzustellen, kamen weitere Aspekte zu unserer Zielsetzung hinzu:

- Anders als bei Halogen-Metaldampflampen können LED-Leuchten mehr spektrale Anteile im Frequenzspektrum des sichtbaren Lichts belegen. Gelingt es, die Ansteuerung der LED-Fluter so zu gestalten, dass keine bzw. kaum spektrale Anteile verloren gehen, so würde nicht nur ein energiesparender Fluter, sondern auch ein qualitativ besserer, dem natürlichen Tageslicht näher kommender LED-Fluter als Alternative geschaffen. D.h. eine Diskussion ist anzuregen, ob wir uns in Zukunft weiter nur über Beleuchtungsstärken (Lux) unterhalten sollten oder über Beleuchtungsqualitäten, um letztendlich diese hohen, energieintensiven Beleuchtungsstärken zu reduzieren.



- Das strategisch wichtigste Ziel war, die notwendigen Lichtintensitäten mit den im Markt zur Verfügung stehenden LED-Bauelementen zu erreichen. Physikalisch entsteht bei der LED Wärme am Sockel des Bauelements. Je lichtintensiver (Erhöhung des Lichtstroms [lm/W]) die LED wird, desto höher ist die Wärmeentwicklung am Sockel der LED. Entwirft man für eine stark strombelastete LED ein entsprechend thermisch ausgelegtes Gehäuse, so kann die Wärme relativ gut abgeführt werden. Schwierig stellt sich nun die Umsetzung dar. Für die benötigte Lichtintensität der Spielfeldfläche wäre es nicht praktikabel, unzählige einzelne LEDs jeweils in einem separaten Gehäuse unter der Hallendecke zu installieren, sondern es müssen mehrere einzelne LEDs in einem Gehäuse zusammengefasst werden. D. h., es stellen sich folgende grundlegende Fragen: Wie muss ein Gehäuse für eine Vielzahl von Hochleistungs-LEDs entwickelt werden, das die benötigte Wärmeabführung sicherstellt, und wie viele dieser LEDs sind maximal in einem Gehäuse unterzubringen?

- Die Dimmbarkeit von LED-Leuchten lässt ein größeres Anwendungsspektrum zu. Wenn es möglich wäre, mit der gleichen Technologie nicht nur die Spielflächenausleuchtung zu ermöglichen, sondern zusätzlich auch die Tribünen- und Tribünenstiegenbeleuchtung mit einzubeziehen, so steht dann ein energieeffizienter, multifunktionaler Einsatz der gesamten Innenraumbeleuchtung für jegliche Anforderungen zur Verfügung.

- Um individuell auf LED-Leuchten einwirken zu können, müssen diese mit entsprechenden Ansteuerungen ausgestattet werden. Für unseren Anwendungsfall wurde sich für eine DMX-Steuerung entschieden, da die meisten Nutzer solcher Eventhallen mit diesem Protokoll vertraut sind. Es muss aber auch möglich sein, die LED-Fluter mit anderen Ansteuerungsmöglichkeiten, wie aus einem Baukastensystem mit KNX, Dali u. ä., auszustatten.

- Ein weiterer Aspekt kam von Seiten der Notbeleuchtungseinrichtungen, die für Versammlungsstätten dieser Größenordnung notwendig sind. LED-Leuchten eignen sich hervorragend für Notbeleuchtungen, da sie praktisch sofort zur Verfügung stehen und unproblematisch über eine Zentralbatterieanlage angesteuert werden können. In diesem Projekt konnten wir diese Eigenschaft der LED-Fluter nicht nutzen, da eine Zertifizierung bei

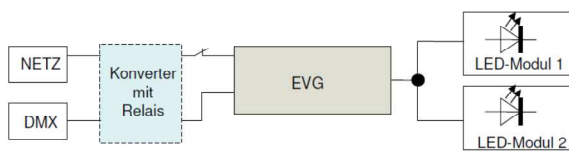


den offiziellen Behörden, im Rahmen unseres zur Verfügung stehenden Zeitrahmens, nicht möglich war.

- Die Separierungsmöglichkeit der Steuerungselektronik, zum einfacheren Leuchtenanschluss und einer besseren Lastverteilung kam als weiteres Ziel hinzu. Zudem sollte eine thermische Entkopplung beider Leuchtenkomponenten dadurch erfolgen.
- Weiterhin durfte eine Berücksichtigung der zukünftigen Eignung auch für andere Objekte und Industrieanlagen (IP65 sowie höhere Umgebungstemperaturen) nicht außer Acht gelassen werden.

## 2.2. Darstellung der technischen Lösung

Der LED-Fluter wurde nach dem Baukastenprinzip entwickelt. Die Lichtverteilungsoptik wurde für Höhen von 15 bis 25 m ausgelegt. Eine Anordnung von 32 Stück High-Power LEDs zusammengefasst auf einer Platine (LED-Modul) hat sich bewährt, um auch zukünftig flexibel verschieden große LED-Leuchteneinheiten zur Verfügung stellen zu können, aber auch die entstehenden Wärmelasten an den Sockeln der LEDs thermisch im Griff zu behalten.



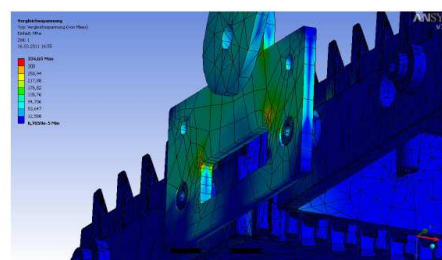
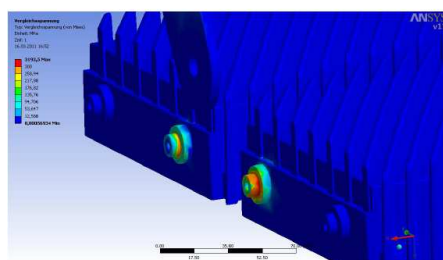
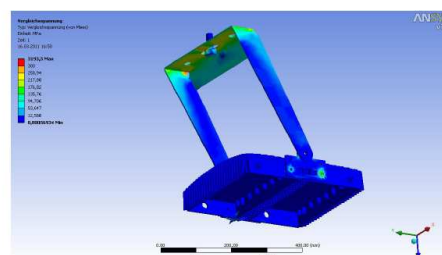
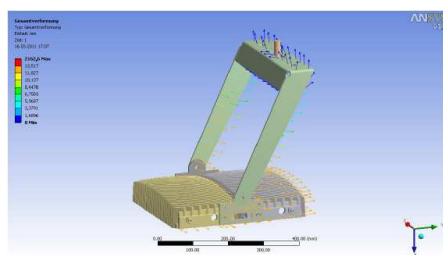
Mit dieser Ansteuerung und Anordnung der LEDs konnte ein CRI Wert (Color Rendering Index) von 85 und ein CCT Wert (Correlated Color Temperature) von 5.000 K erreicht werden.

Für unseren Anwendungsfall wurden 2 Leuchtengrößen festgelegt.

Fluter	Module	Einsatz für:
150 W	2 LED Module zu je 75 W	Tribünen- und Tribünenstufenbeleuchtung
300 W	4 LED Module zu je 75 W	Spielfeldbeleuchtung

Das 2xLED-Modul (150 W) bildet die kleine Leuchteneinheit, zu verwenden als Tribünen- und Tribünenstufenbeleuchtung. Das 4xLED-Modul (300 W) ist die große Leuchteneinheit für die Spielfeldausleuchtung, die sich zukünftig mit den Halogen-Metaldampfstrahlern in den Ausführungen 2.000 W, 1.000 W und 400 W messen muss.

Speziell für diese beiden LED-Fluteraufbauten wurden 3D Simulationen für die Gehäuseformen und deren Wärmeabführung entwickelt. Hier beispielsweise eine Konstruktionsanalyse für die 150 W-LED-Fluter Variante:



### 2.3. Darstellung der Umsetzung des Vorhabens

In der Siteco Beleuchtungstechnik GmbH fanden wir einen Partner, der gewillt war, mit uns gemeinsam eine Neuentwicklung von LED-Flutern anzugehen. Nach anfänglicher Skepsis überzeugten unsere Grundlagenforschungen bezüglich der Machbarkeit dieses Vorhabens. Durch die im Hause Siteco zur Verfügung stehenden Möglichkeiten wurde es möglich, den LED-Fluter innerhalb kürzester Zeit zu entwickeln. Die war erforderlich, da der Eröffnungstermin der Multifunktionsarena bereits feststand.

Analog zu der oben beschriebenen technischen Lösung wurden mit Hochdruck zwei Prototypen der beiden Gehäuseformen entwickelt, um die theoretisch angenommenen Werte nun auch praktisch nachweisen zu können.



Nachdem die Prototypenerstellung erfolgreich verlaufen ist, wurden in zahlreichen Tests unsere Erwartungen bestätigt. TV-Aufzeichnungen mit Super Slow Motion-Kameras überzeugten letztendlich auch die letzten Skeptiker.

Es folgte eine erste Musterserie, damit die LED-Fluter in der mittlerweile entstehenden Multifunktionshalle - zu Testzwecken - in Betrieb genommen werden konnten.

Je ein LED-Fluter, für die späteren Beleuchtungsanlagen Spielfeld-, Tribünen- und Tribünenstufenbeleuchtung, wurde unter realen Bedingungen montiert und die Ergebnisse der Ausleuchtung dokumentiert.

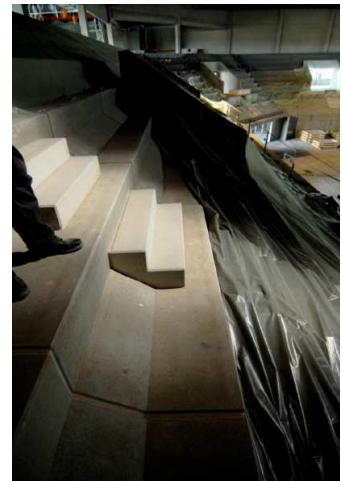
Im unten stehenden Bild ist sehr schön zu sehen, welche Farbe und Intensität das seitlich einfallende Tageslicht aufweist, im Kontrast zu dem 500W Baustellenfluter und unserem 300W LED-Fluter (Spielfeldbeleuchtung) aus der Musterserie.

Ein LED-Fluter alleine kann es mit der Lichtintensität des Tageslichts nicht aufnehmen, jedoch kommt die Lichtqualität dem natürlichen Tageslicht wesentlich näher als der Baustellenfluter. Der Baustellenfluter erzeugt Licht im Frequenzspektrum des gelblichen Lichts, es fehlen ihm die entsprechenden Frequenzanteile, die ein nahezu weißes Licht benötigt.



Prototyp Beleuchtungstest in der MultifunktionsArena

Anhand dieser Musterserie konnten nun auch die Tribünen- und Tribünenstufenbeleuchtungen in der Halle erprobt werden. Wie im mittleren Bild sehr schön zu erkennen ist, mussten am Aufsatz für die Tribünenstufenbeleuchtung, als Ergebnis dieses Feldversuchs, noch Veränderungen vorgenommen werden, da die äußersten Sitze an den Stufen noch nicht blendfrei waren.



Aus dieser Musterserie entstand die erste Serie der neuen LED-Fluter für Anwendungen, die Lichtverhältnisse benötigen, die dem natürlichen Tageslicht in Qualität und Intensität nahekommen.



## 2.4. Behördliche Anforderungen

Die normalen behördlichen Anforderungen, wie CE-Kennzeichnungen, sowie die Anforderungen der Vereine, Verbände und der TV-Produktionsfirmen waren zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme erfüllt.

## 2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Die Elektroinstallation inkl. der Beleuchtungsanlagen in der Halle sowie deren Lichtsteuerung wurden durch einen Nachunternehmer (NU) der Max Bögl Bauunternehmung GmbH & Co. KG ausgeführt. Dieser NU hat es versäumt, die geplanten Zwischenzähler für die LED-Fluter zu errichten. In einer Ersatzvornahme wurden dann durch einen Dritten Mitte August 2012 Zwischenzähler installiert. Die Arena Ulm/Neu-Ulm Betriebsgesellschaft GmbH hat seitdem täglich vom 15.08. bis zum 23.10.2012 (die Messperiode wurde auf Wunsch der KfW mit Schreiben vom 14.11.2012 bis auf den 31.01.2013 erweitert) Protokoll über die Einschaltdauer und der Lichtintensitäten geführt, gesplittet nach den drei LED-Beleuchtungsanlagen.

Rechnerisch über die Beleuchtungsdauern sowie mithilfe der Einschätzung der verwendeten Beleuchtungsstärken je Veranstaltung und Tag wurde ein zu erwartender Stromverbrauch von 51.086 kWh ermittelt. Die nachträglich installierten Energiezähler zeigen jedoch zur 1. Abgabe dieses Abschlussberichtes nur einen Verbrauch von 584,5 kWh an. Der Fehler, der aufgetreten ist, war ein Ablesefehler. Auf dem Energiezähler ist vermerkt, dass der angezeigte Wert mit dem Faktor 30 zu multiplizieren ist. In diesem Abschlussbericht wurde der Fehler korrigiert.

Annahmen für einen Energievergleich mit herkömmlichen Beleuchtungssystemen:

Bei den Beleuchtungsstärken haben wir Annahmen für die 0 – 100% Dimmbarkeit der LED-Fluter treffen müssen, um eine Vergleichbarkeit zu den herkömmlichen Beleuchtungen zu erreichen, die sich nicht dimmen lassen. Für die Energiebetrachtung legen wir für die Metallhalogen-Metaldampfstrahler eine 25%, 50%, 75% und 100%-Schaltung fest. Eine Beleuchtungsstärkenveränderung dieser Strahler lässt sich nur durch ein Ab- bzw. Zuschalten einzelner Leuchten realisieren, wobei die Beleuchtungsstärke von 100% (2.000lx) auf der Fläche eines Basketballspielfeldes den Ausgangspunkt der notwendig zu erbringenden Anforderung markiert. Hinweis: 50% Beleuchtungsstärke ist nicht gleichzusetzen mit 1.000lx auf diesem Spielfeld!



Für die Tribünenbeleuchtung wurde eine 1/3, 2/3 und 3/3 Schaltung festgelegt, die sich aus der Anordnung der Leuchtstoffleuchten ergibt, die sonst zur Ausführung gekommen wären. Für die Tribünen- und Treppenbeleuchtung wurde nur die Schaltung Ein bzw. Aus vorgesehen, um die Auflagen aus der Versammlungsstättenverordnung zu erfüllen.



### **3. Ergebnisse**

#### **3.1. Bewertung der Vorhabensdurchführung**

Der damals vorherrschenden Meinung im Markt „Die Zeit ist noch nicht reif für LED Fluter mit solchen enormen Lichtströmen!“ konnten wir das Gegenteil beweisen. Nicht nur, dass für Anwendungen mit sehr hohen erforderlichen Beleuchtungsstärken nun eine wesentlich energiesparendere Alternative geschaffen wurde; dadurch, dass durch die stufenlose Dimmbarkeit eine flexible Anwendbarkeit möglich wird, eröffnen sich nun auch über die Lichtqualitäten der LED-Fluter weitere Möglichkeiten, Energieeinsparungen im Betrieb vorzunehmen.

Die PLAZAMEDIA GmbH TV & Film Produktion aus Ismaning, verantwortlich für Sportaufzeichnungen in Deutschland im Auftrag für Sport1, Sky u. a. m., hat einen Test unserer LED-Fluter im Vergleich zu herkömmlichen Halogen-Metaldampflampen durchgeführt. Es wurde festgestellt, dass selbst bei 1.500 Bildern/s kein Hintergrundflackern bemerkbar ist, wohingegen die Halogen-Metaldampfleuchten bereits bei 200 Bildern/s keinen flackerfreien Hintergrund mehr aufweisen können. Erstaunlicherweise waren die Super-Slow-Motion-Aufnahmen - bei den LED-Flutern - selbst noch bei 30%-iger Reduzierung der Beleuchtungsstärke einwandfrei für den HDTV-Standard zu verwenden.

Auf ganzer Linie ist die Entwicklung dieser neuen HDTV-gerechten LED-Fluter ein großer Erfolg und für unsere Umwelt ein weiterer Schritt in die richtige Richtung!

#### **3.2. Stoff- und Energiebilanz**

Es wurden für die LED-Fluter handelsübliche High-Power-LEDs verwendet. Die Kunst bei dieser Fluterentwicklung ergab sich aus dem Zusammenspiel der LEDs als Bauelemente in Kombination mit dem sockelkühlenden Gehäuse und der speziell entwickelten Ansteuerungselektronik. Eine Energiebilanz über den Effekt der Stromeinsparung ist nur im Vergleich mit den herkömmlich verfügbaren Beleuchtungstechnologien festzustellen. Einzelne Leuchten miteinander lassen sich nur schwer vergleichen. Vielmehr muss für einen Vergleich die auszuleuchtende Fläche mit der entsprechend geforderten Beleuchtungsstärke von 2.000lx auf

der Spielfläche, 200lx auf den Tribünen und 100lx auf den Tribümentreppen zu Grunde gelegt werden.

Um in diesem Fall eine Vergleichbarkeit darstellen zu können, wurde der Halleninnenraum in drei zu beleuchtende Bereiche eingeteilt:

- a) Beleuchtung der Spiel- und Eventfläche,
- b) Beleuchtung der Tribünen,
- c) Beleuchtung der Tribümentreppen.

Als Vergleichsleuchten wurden folgende herkömmliche Leuchten angesetzt:

- a) Halogen-Metall dampflampen 1.000 W. Für eine Beleuchtungsstärke von 2.000 lx haben wir 104 Leuchten angesetzt. Wie der Betrieb zeigt, benötigt die Eventfläche nicht zu jedem Anlass die volle Beleuchtungsstärke. In dieser Beleuchtungsanlage haben wir die im Punkt 2.5 erwähnte 4/4 Schaltung in unsere Vergleichsdarstellung aufgenommen. Im direkten Vergleich zu den dimmbaren LED-Flutern, die sich jeder Helligkeitsanforderung anpassen können, ist es schwierig, hier eine Abgrenzung zu finden. Ein weiteres Beleuchtungssystem für die Spiel- / Eventfläche für niedrigere Beleuchtungsstärken wollten wir nicht in Betracht ziehen, da dieses den Vergleich in Richtung der Umweltbilanz beeinflussen würde. In der Energiebilanz müssten dann zusätzliche Einflüsse, wie die Herstellung weiterer Leuchten, Kabel, Kabelverlegesysteme, Ansteuerungen und zugehöriger Energieverteilungskomponenten berücksichtigt werden.
- b) Für den Tribünenbereich wurden 90 Stück Feuchtraumwannenleuchten 2x80 W angenommen, die aber wahrscheinlich zu wenig sind, wenn die mobilen Tribünen ausgezogen werden.
- c) 84 Stück 42 W Punktstrahler wurden für die Treppenaufgänge und die zugehörigen Mundlöcher (Aus-/Eingänge in den Halleninnenraum) zu Grunde gelegt.



Unsere Amortisationsberechnung von vor 2 Jahren, bei der alle preisrelevanten Einflüsse berücksichtigt wurden, hat sich vollumfänglich bestätigt. Energieeinsparungen sind sehr stark abhängig von den benötigten Lichtintensitäten und der Brenndauer der Fluter.

In der **ratiopharm arena** konnte eine Energieeinsparung von ca. 45.000 kWh von Dez. 2011 bis Feb. 2013 (Nutzungszeit der Beleuchtungsanlagen etwa 3.400 Std.) erzielt werden.

### 3.3. Umweltbilanz

Mit Blick auf die Daten des Umweltbundesamtes von 2010 ([www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/4488.html](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/4488.html)) in welchen ein Strommix fossiler, nuklearer und erneuerbarer Energieträger mit einer CO<sub>2</sub> Emissionseinsparung von 0,563 kgCO<sub>2</sub>/kWh für jede nicht verbrauchte kWh angesetzt wird, ergibt sich somit eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von ca. 25 Tonnen innerhalb von etwa 5,5 Monaten. Bleibt die Halle weiterhin so stark frequentiert, so können annähernd 55 Tonnen CO<sub>2</sub> in einem Jahr im Vergleich eingespart werden.

Monate	tatsächlicher Verbrauch	vergleichbarer HIT Verbrauch	Differenz der kWh	Einsparung in kgCO <sub>2</sub>
Aug 2012	6.789 kWh	12.693 kWh	-5.904 kWh	3.323,88
Sep 2012	5.880 kWh	16.305 kWh	-10.425 kWh	5.869,14
Okt 2012	6.669 kWh	12.929 kWh	-6.260 kWh	3.524,14
Nov 2012	10.899 kWh	19.742 kWh	-8.843 kWh	4.978,45
Dez 2012	9.291 kWh	14.114 kWh	-4.823 kWh	2.715,12
Jan 2013	8.634 kWh	15.781 kWh	-7.147 kWh	4.023,80
Überhöhungsfaktor Gesamt*		1.559 kWh	-1.559 kWh	877,72
<b>5,5 Monate</b>	<b>48.162 kWh</b>	<b>93.122 kWh</b>	<b>-44.960 kWh</b>	<b>25.312,25</b>
12 Monate	105.081 kWh	203.174 kWh	-98.094 kWh	55.226,73

\* Die Werte sind der Tabellarischen Aufstellung im Anhang "Energiebilanz zum Abschlussbericht" zu entnehmen!

Der große Vorteil von LED gegenüber Metaldampflampen ist, dass sie nach derzeitigem Wissenstand kaum Schwermetalle enthalten (z.B. Quecksilber). Sie benötigen zur Herstellung zwar die seltenen Metalle wie Indium, Gallium und Arsen, die wie alle seltene Metalle durch den relativ hohen Energieaufwand im Gewinnungsprozess wiederum die Umwelt belasten. Der extrem geringe Mengenanteil dieser Stoffe in einer LED sowie die Technologieentwicklung in Richtung Organischer LED lassen diesen Aspekt zukünftig eine untergeordnete Rolle spielen (Siehe hierzu auch: Umwelt- und Ressourcenaspekte einer verstärkten Nutzung von Leuchtdioden (LED) – Dez 2010 Johannes Thema – Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH). Bei der Herstellung der Leuchtgehäuse, Linsen und Glasabdeckungen gibt es in der Herstellung keine merklichen Unterschiede.

Im Außeneinsatz (IP65 geschützt) werden die LED-Fluter den wesentlichen Vorteil haben, dass eine erhebliche Reduktion ungewünschter Lichtemissionen im Gegensatz zu den Halogen-Metall dampflampen vermieden wird. Durch die vollkommen unterschiedliche Lichterzeugung haben LEDs den Vorteil, Licht nicht wahllos um das Leuchtmittel zu emittieren, sondern gezielt durch die Lichtverteilungsoptik genau den gewünschten Bereich auszuleuchten.

Folgende Aspekte müssen hier auch Berücksichtigung finden:

- Eine Lebensdauer der LEDs (als Bauelement) von ca. 50.000 h werden zzt. von den Herstellern garantiert. Die Leuchtmittel der Halogen-Metall dampflampen erreichen unter häufigen Ein- und Ausschaltzenarien etwa 4.000 h. Leuchtstofflampen mit herkömmlichen Vorschaltgeräten haben etwa eine Lebenszeit von 6.000 – 8.000 h. D. h. letztendlich werden unter dem Gesichtspunkt eines langjährigen Betriebs enorme Einsparungen von Ressourcen für nicht zu produzierende Leuchtmittel möglich.
- Bei einem Leistungsvergleich beider Beleuchtungssysteme unter Volllast werden bei der herkömmlichen Beleuchtungsanlage ca. 196 kW benötigt, wohingegen die LED-Beleuchtungsanlage mit einer max. Gesamtleistung von ca. 79 kW auskommt. Dieser Leistungsunterschied hat eine reduzierende Auswirkung auf das benötigte Material der gesamten Beleuchtungsanlage (z. B.: dünnere Kabelquerschnitte, kleinere Kabeltrassenwege, kleinere Verteilungen, eventuell kleinere Transformatoren usw.).

Hinzu kommen Aspekte, die auf Seiten der Energieversorgungsunternehmen eine Rolle spielen. Für die EVUs ist die Angabe der Spitzenlasten entscheidender Bedeutung, um die entsprechenden Energieanforderungen in Gänze und unabhängig von Ein- bzw. Ausschaltzyklen von Stromverbrauchern gewährleisten zu können.

- Ein kleiner Mehraufwand kommt bei den LED-Flutern hinzu. Um eine individuelle Steuerung jedes LED-Fluters zu ermöglichen, wird eine Busverkabelung von Leuchte zu Leuchte benötigt.
- Bei Verwendung der LED-Fluter auch als Notbeleuchtungssystem, gibt es - bei zukünftigen Projekten - Einsparpotentiale in der Verlegung von Kabel- und Leitungen sowie eine Reduktion in den Zentralbatterie- und/oder Netzersatzanlagen.

### 3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die Leistung beider Beleuchtungssysteme stellt sich unter Volllast wie folgt dar:

a) Herkömmliche Beleuchtungstechnologie:

104 Halogen-Metall dampfstrahler zu 1.000W	=>	104.000 W
90 Tribünenwannenleuchten zu 2x80W	=>	14.400 W
84 Tribünenstufenstrahler zu 42W	=>	3.528 W
		-----

normale Leistungsaufnahme 121.928 W

zzgl. einer Stromüberhöhung mit dem Faktor von 0,7 in der Aufwärmphase der Halogen-Metall dampfstrahlern sowie einer Stromüberhöhung mit dem Faktor von 0,1 in der Einschaltphase der Tribünenleuchten

104 x 700W	=>	72.800 W
90 x 16W	=>	1.440 W

Die maximale Leistungsaufnahme dieses Beleuchtungssystem beträgt **196.168 W.**

b) LED-Fluter Beleuchtungstechnologie:

220 Spielfeldfluter zu 300W	=>	66.000 W
30 Tribünenfluter zu 150W	=>	4.500 W
59 Tribünenstufenfluter zu 150W	=>	8.850 W
		-----

Die maximale Leistungsaufnahme dieses Beleuchtungssystem beträgt **79.350 W.**

Wie aus der Energiebilanz zum Abschlussbericht (siehe Anlage) ersichtlich, erhalten wir bei Betrachtung der getätigten Beleuchtungsszenarien im Zeitraum von 5,5 Monaten folgende Energieverbräuche.

a) Herkömmliche Beleuchtungstechnologie - theoretische Ermittlung:	93.122 kWh
b) LED-Fluter Beleuchtungstechnologie – theoretische Ermittlung:	51.086 kWh
c) LED-Fluter Beleuchtungstechnologie – tatsächlicher Verbrauch:	48.162 kWh

Dies entspricht einer Energieeinsparung von 44.960 kWh - 48% zur theoretisch ermittelten Leistung einer herkömmlichen Halogen-Metall dampf Technologie.

Die Abweichung zwischen dem theoretischen und dem tatsächlichen Verbrauch von ca. 3.100 kWh lässt sich wie folgt erklären:

Wie aus der Anlage „Übersicht der Erfassung der Energiemengen“ ersichtlich, liegt die Differenz eindeutig bei den Aufzeichnungen im September 2012. Hier wurden vom Betreiberpersonal falsche Annahmen bzgl. der Brenndauer der Anlagen getroffen. Offensichtlich waren die Beleuchtungsanlagen in diesem Monat nicht so lange eingeschaltet, wie es die Aufzeichnungen wiedergeben. Allerdings hat es zum Ende September eine Schulung gegeben, das Aufzeichnungsprozedere wurde verfeinert und dem Personal erläutert, wie wichtig eine präzise Dokumentation der Beleuchtungsdauern für eine korrekte Auswertung ist.

Die Definition der Annahmen für eine vergleichbare „herkömmliche“ Beleuchtungsanlage ist immer diffizil. Es lassen sich immer Argumente finden, wie ein Vergleich richtiger wäre.

Wir haben hier einige Punkte aufgelistet, die kontrovers diskutiert wurden, ob diese nicht in einem Vergleich zu einem herkömmlichen Vergleichs-Beleuchtungssystem Berücksichtigung finden müssen.

- Die Schaltung der Spielfeldbeleuchtung könnte feiner gewählt werden!

Eine Verfeinerung der Schaltstufen bis maximal je eine Ein- bzw. Ausschaltmöglichkeit je Strahler ist technisch problemlos möglich, verteuert aber extrem die Herstellungskosten auf Grund längerer Kabel- und Leitungswege sowie der Verteilungen. Es ist keine Beleuchtungsanlage in Multifunktionshallen oder Stadion bekannt, die so ausgeführt wurde. Selbst eine Verfeinerung der Schaltung von 4/4 auf eine 5/5 oder 6/6 Schaltung (Möglichkeit, die Spielfeldbeleuchtung in 6 separaten Teilen zu schalten, um die Lichtintensitäten zu reduzieren) treibt die Energieeinsparungen im Vergleich nicht unter 45%.

- Es wird sich zugetraut, mit weniger als 104 Strahlern die geforderte Beleuchtungsstärke von 2.000 lx zu erreichen!

Im Gegensatz zu den LED-Flutern gibt es bei den herkömmlichen Strahlern und Leuchten eine Alterungserscheinung von etwa 10% in den ersten 3 Monaten. D. h. die Spielfeldbeleuchtung muss eigentlich auf 2.200 lx ausgelegt werden, damit die 2.000 lx auch nach 3 Monaten noch zur Verfügung stehen. Eine frei wählbare Befestigungsmöglichkeit, für eine optimale Positionierung der Strahler an der Hallendecke, steht nicht zur Verfügung, so dass Installationen nur an den vorhandenen Catwalks vorgenommen werden können und somit die Kompensation der Beleuchtungsstärkedefizite mit Mehrungen von Leuchten ausgeglichen werden müssen. Angenommen, es findet sich trotzdem eine Möglichkeit, die Strahler auf 95 Stk. zu reduzieren, so kann immer noch eine Energieeinsparung von über 40% realisiert werden.

In unserem Vergleich wurden eventuelle Mehraufwendungen für weitere notwendig werdende Halogen-Metall dampflampen, z.B. für eine Vergrößerung der Spielfläche auf ein Handballspielfeld mit einer Beleuchtungsstärke gem. den nationalen Richtlinien der HBL von 1.200 lx nicht berücksichtigt.

Eine Energieeinsparung von 45 - 50% ist so richtungsweisend, dass die Wirtschaftlichkeit dieser neuen LED-Fluter Generation nicht in Frage zu stellen ist.

Zu den reinen Energieverbräuchen gesellen sich weitere Punkte, die in einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Berücksichtigung finden:

- Durch die etwa 12-fach längere Lebensdauer der LEDs werden Wartungszyklen an den Leuchten entsprechend weniger. Eine etwa vergleichbare, herkömmliche Beleuchtungsanlage wird von uns in der Arena Nürnberg betrieben. Hier fallen jährliche Kosten im fünfstelligen Euro-Bereich an.
- Eine Erhöhung der Beleuchtungsqualität kann zu einer Reduktion der Beleuchtungsstärke führen (siehe Aufzeichnungsvergleich der PLAZAMEDIA GmbH TV & Film Produktion).
- Durch die enorme Leistungsreduzierung, in unserem Fall von ca. 117 kW (mehr als die benötigte Gesamtleistung der LED-Beleuchtungsanlagen), sind Reduktionen in Kabel- und Leitungswegen sowie der zugehörigen Stromversorgungskomponenten zu erzielen.



- Strom wird zukünftig nicht mehr so günstig wie heute zu beziehen sein. Durch die Leistungsreduzierung werden die Strombereitstellungskosten der EVUs geringer ausfallen.
- Durch die Flexibilität des Systems lässt sich schnell auf jede neue Anforderung mit einer möglichst minimalen Lichtintensität reagieren.
- Die Gesamtwärmeentwicklung der LED-Fluter ist geringer als die der herkömmlichen Halogen-Metaldampf-Leuchtensysteme. Bei einer Ansammlung von vielen Leuchten hat dies große energetische Auswirkungen auf die Lüftungs- und Klimaanlage.
- Zukünftig können die LED-Fluter auch als Notbeleuchtungen genutzt werden, so dass eine erhebliche Reduzierung der Notbeleuchtungsanlage im Halleninnenraum vorgenommen werden kann.

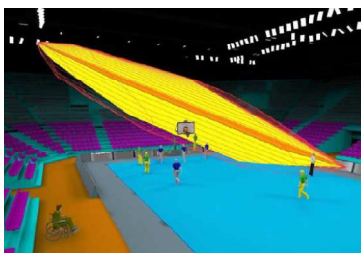
Alle hier aufgelisteten Punkte führen dazu, die oben aufgeführten Einsparungsmöglichkeiten gegenüber einer herkömmlichen Beleuchtungstechnik weiter zu maximieren. Letztendlich überwiegen die Vorteile und die Effizienz dieser Beleuchtungsanlage, die den Nutzer in die Lage versetzt, äußerst effektiv und flexibel die Lichtverhältnisse den Erfordernissen anzupassen.

### 3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

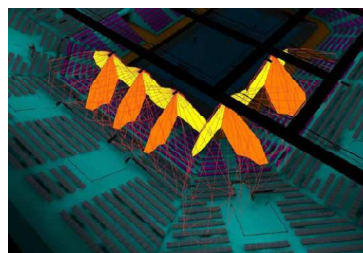
Wie schon im Punkt 3.3 angedeutet, lässt sich ein direkter Vergleich zu konventionellen Verfahren nicht direkt herleiten. Die einzige Gemeinsamkeit beider künstlicher Lichterzeugungen ist die Beleuchtungsstärke auf eine Fläche bezogen. Eine erste Einschränkung gibt es schon bei der Betrachtung der Grenzen der zu beleuchtenden Fläche.

Die zur Verfügung stehenden konventionellen Beleuchtungserzeugungen haben ihren Ursprung in einem Medium bzw. Glühdraht, welche Licht rundherum um diesen Ursprung emittieren. Durch seitliche Einfassungen (meistens gut reflektierende Oberflächen) werden die Lichtemissionen in eine bestimmte Richtung gebündelt. Diese Bündelung lässt sich aber auf große Distanzen nicht genau eingrenzen oder gar rechteckig gestalten. Die Lichtstrahlen werden mehrfach gebrochen und emittieren starke diffuse Lichtanteile über die gewünschte Beleuchtungsfläche hinaus.

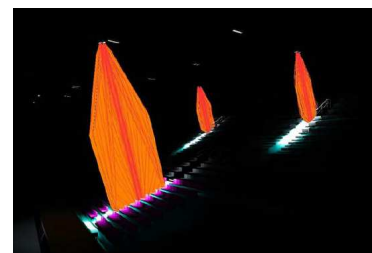
Im Gegensatz gibt die LED (als Bauelement) einen nahezu punktförmigen Lichtstrahl ab. Erst unter Einsatz von Linsen und Prismen wird dieser Strahl ausgebreitet. Mit dem Einsatz von ausgetüftelten Reflexions- und Verstärkungsoptiken ist es möglich, auch auf weite Entfernungen exakt einen gewünschten Bereich auszuleuchten (siehe die Entwicklungen der Automobilscheinwerfer). D. h. unerwünschte Lichtemissionen über die auszuleuchtende Fläche hinaus lassen sich mit der LED Beleuchtungstechnologie drastisch vermindern. Das führt dazu, dass Zuschauer in den ersten Reihen um die Spielfläche nicht mehr so stark geblendet werden.



LED Ausleuchtung Spielfeld



LED Ausleuchtung Tribünen



LED Ausleuchtung Treppen

Die physikalischen Größen beider Technologien lassen sich recht einfach vergleichen.

#### Halogen-Metaldampfstrahler

- 1.000W
- Halogen-Metaldampflampe
- sehr effizient – ca. 90 lm/W
- Farbwiedergabeindex CRI 60...95
- Vorschaltgerät notwendig
- Vorglühphase notwendig (ca. 10 – 15 min.)
- Stromüberhöhungsfaktor in der Vgph ~ 1,7
- Heißwiederzündung aufwendig und leuer
- hohe Wärmeentwicklung in Strahlrichtung
- ø Lebensdauer ~ 4.000h bei häufigen Schalten
- Gewicht ca. 13kg



#### LED - Fluter

- 300W
- LED
- sehr effizient – ca. 120 lm/W
- Farbwiedergabeindex CRI 85
- Ansteuerungselektronik notwendig
- dimmbar von 0 – 100%
- Lichtelligkeit sofort verfügbar
- Schutzklasse IP65
- hohe Wärmeentwicklung am Sockel der LED
- ø Lebensdauer ~ 50.000h Schaltungsunabhängig
- Gewicht ca. 23kg

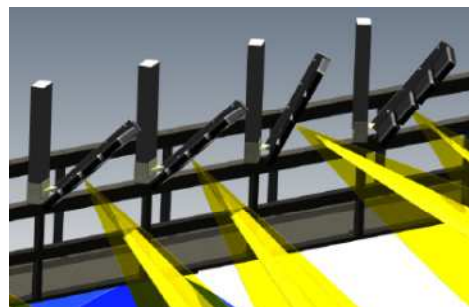
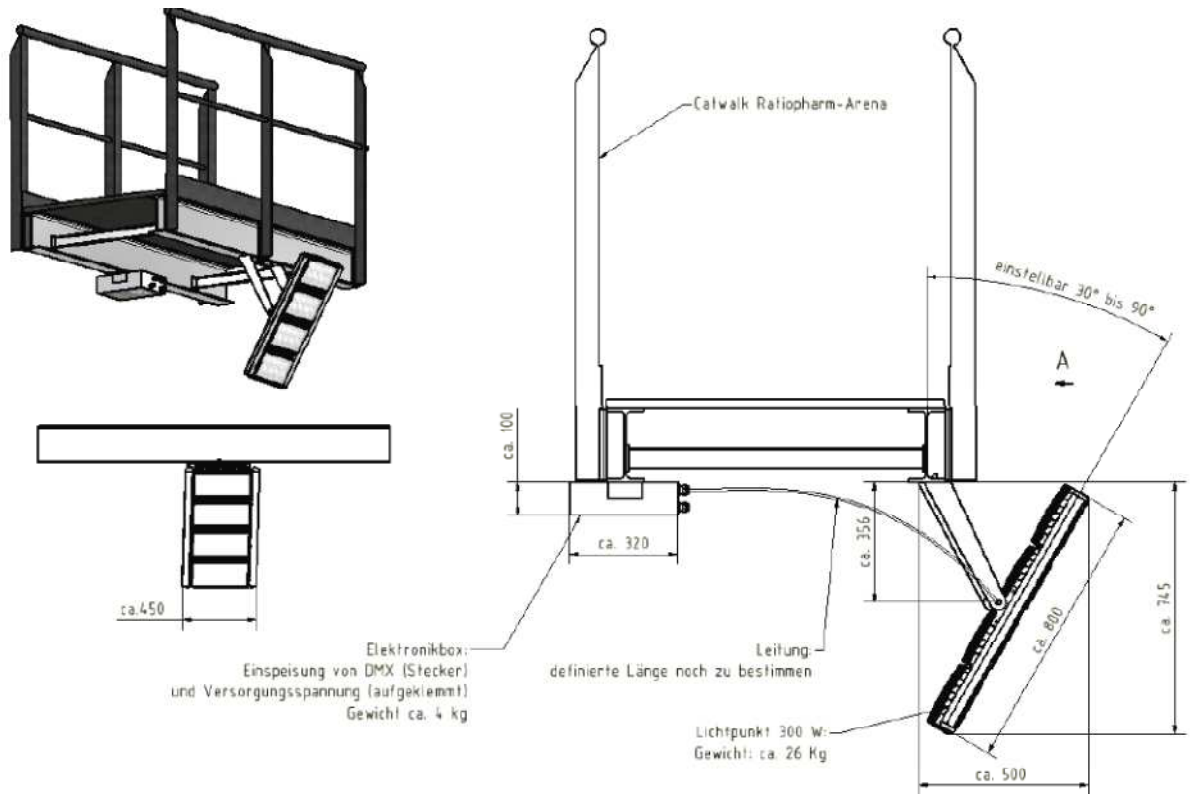


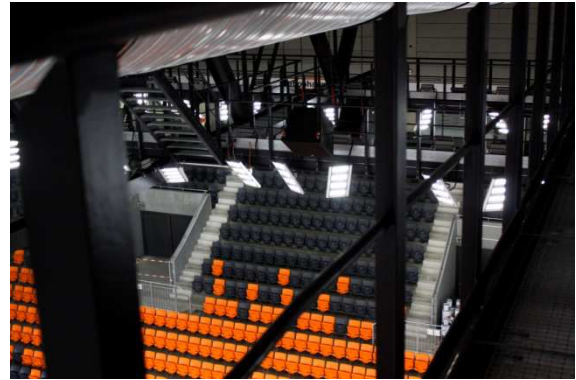
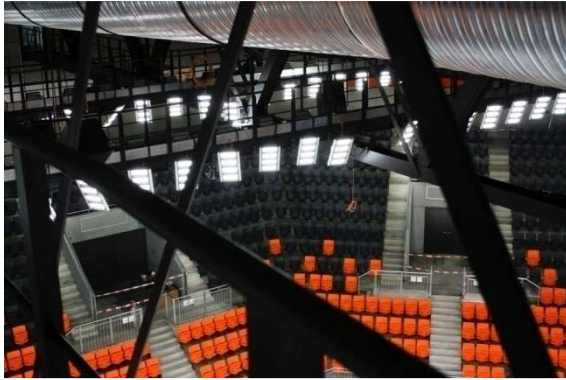
## 4. Empfehlungen

### 4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Die Montage der LED Fluter verlief reibungslos. Die getrennte Montage der LED-Fluter und deren Ansteuerungen waren praktisch. Zum einen sind die LED-Fluter dadurch leichter und konnten extrem einfach ausgerichtet werden, zum anderen kann sich die Wärmeentwicklung des Fluters nicht auf die Elektronik der Ansteuerung übertragen. Die abgesetzten Ansteuerungen wurden servicefreundlich in den Lauffebenen des unter dem Dach befindlichen Catwalks installiert. Die DMX-Ansteuerung/Programmierung (Lichtsteueranlage) der LED-Fluter wurde ohne nennenswerte Komplikationen in Betrieb genommen.

Des Weiteren hat sich die unter Punkt 2 angesprochene Wärmeableitung an den Sockeln der LEDs (Bauelemente) in der Praxis sehr gut bewährt. Temperaturmessungen an den außenliegenden Kühlrippen des Leuchtenkörpers haben ergeben, dass nach einer Stunde im Vollastbetrieb die LED-Fluter eine Oberflächentemperatur von 36 – 38°C nicht übersteigen, bei einer Hallenumgebungstemperatur von 25°C. Das Thermomanagement der LED-Fluter ist hervorragend gelungen und arbeitet einwandfrei.





#### 4.2. Modellcharakter

Dieses Beleuchtungssystem hat Modellcharakter für alle Anwendungsfälle, die ein sehr lichtintensives, künstlich erzeugtes Licht benötigen. Sei es, um menschliche Ermüdungerscheinungen zu minimieren, besondere Lichtqualitäten sicherzustellen (z.B. für Kameraüberwachungen oder TV-Übertragungen), um qualitativ gute Farbwiedergaben zu erreichen oder um individuell und flexibel auf unterschiedlichste Lichtbereitstellungen reagieren zu können.

Erwähnt seien hier Objekte wie:

- Schwimm-, Eis- und Radsporthallen,
- Flughafenterminals & Vorfeldbeleuchtungen,
- Flugzeugwartungshangars,
- Messehallen,
- Cargo- und Speditionshallen,
- Außenlagerflächen mit Videoüberwachung,
- Hohe Atrien in Bürokomplexen und Shoppingcentern,
- Fernseh- und Filmstudios,
- Produktionshallen auch mit starken Schmutz-Entwicklungen während der Produktion,
- Autobahnbrücken und Tunnelanlagen,
- Bahnhöfe.

#### 4.3. Zusammenfassung

Die LED-Beleuchtung hat Einzug in nahezu alle Bereichen unserer Lichttechnik gehalten. Kommend von der Akzentbeleuchtung über die Kontur- und Hinweisbeleuchtung, bis hin zur heutigen Möglichkeit, LEDs für die Straßenbeleuchtung einzusetzen.

In Bereichen, in denen tageslichtähnliche Beleuchtungen bei langen Einschalt Dauern und hohen erforderlichen Lichtstärken notwendig werden, müssen bisher noch die nicht gerade als energiesparend bekannten Halogen-Metall dampflampen eingesetzt werden.

Für lichtintensive Flächenausleuchtungen gab es - bis dato - keinen vielversprechenden Ansatz für eine LED Beleuchtungstechnologie.

Energieressourcen zu sparen und umsichtig einzusetzen ist ein notwendiger Aspekt, dem sich unsere Gesellschaft mehr denn je stellen muss. In einem Segment des Portfolios der Firmengruppe Max Bögl werden schlüsselfertige Sportstätten und Fußballstadien angeboten.

Im späteren Betrieb solcher Objekte fällt der Energieaufwand für entsprechende Ausleuchtungen der Sportflächen besonders ins Gewicht. Eine sehr intensive Nutzung erfahren die heutzutage sehr populären Multifunktionshallen, die neben den eigentlichen Sportaktivitäten eine Vielzahl an Veranstaltungen anbieten, für die eine sehr intensive Ausleuchtung der Aktionsflächen notwendig ist.

Letztendlich wird eine Beleuchtung benötigt, die:

- stromsparend ist,
- flexibel auf verschiedene Veranstaltungen reagieren kann,
- HDTV-tauglich für Fernsehübertragungen ist und
- universell in die EDV der Veranstalter zu integrieren ist.

Diese Aufgabenstellung beschäftigt die Firmengruppe Max Bögl bereits seit 2008. Die Ergebnisse der damaligen Grundlagenforschungen bestätigten eine Machbarkeit. In der SiTeco Beleuchtungstechnik GmbH fand Max Bögl einen Partner, der zuerst erstaunt, überrascht und dann überzeugt reagierte, nachdem unsere Ergebnisse unabhängig vom SiTeco-Labor bestätigt wurden. Diese neu entwickelte LED-Beleuchtungstechnik der beiden kooperierenden Unternehmen Max Bögl und SiTeco wurde in der neuen Multifunktionshalle im Ulm/Neu-Ulm (RatiopharmArena) installiert und ist seit dem 10.12.2011 in ständiger Nutzung.

Im Hinblick auf unsere globalen Ressourcen ist die von uns vorgestellte Alternative ein nachhaltiger Beitrag zur Schonung unserer natürlichen Ressourcen. Nicht nur die Möglichkeit, für jede Nutzung die optimale Ausleuchtung bei (zur Zeit) geringstem Stromverbrauch zur Verfügung zu haben; wir sparen im Betrieb auf die angestrebte Laufzeit der Sporthalle - aus heutiger Sicht – die Kosten für eine komplette neue Beleuchtungsanlage ein. Die Lichtqualität stellt eine im Bereich des künstlich erzeugten Lichts unvergleichliche Brillanz zur Schau, die uneingeschränkt auf positive Resonanz bei Zuschauern, Basketballern sowie TV-Produktionsgesellschaften stößt.

## **5. Anlagen**

### **5.1. Auflistungen für die Aufstellung der Energiebilanz**

- Übersicht der Erfassung der Energiemengen
- Energieerfassung für die LED Beleuchtungsanlagen
- Energiebilanz zum Abschlussbericht

### **5.2. Videoaufzeichnungen auf beigefügten Datenträger**

- PLAZAMEDIA GmbH TV & Film Produktion  
*Sportbeleuchtung im Vergleich „Fluter LED vs. Konventionelle Beleuchtung bei Super Zeitlupen!“ – ca. 2 min.*

Beleuchtung: 5 x 300 W LED-Fluter gegen 5 x 400 W HIT Strahler

### **5.3. ARUP – Lighting Report**

Es wurde eine professionelle Bewertung unseres Beleuchtungssystems von Ove Arup & Partners Ltd. – Manchester UK vorgenommen. Dieser Report wird auf Grund seiner Länge nur auf dem Datenträger in elektronischer Form beigefügt.

Erfassung der Energiemengen der LED Fluter zum Nachweis der Energieeffizienz



Stand: 08.01.2013

			2012					2013				Gesamt	theoretische kWh	
			August	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April			
Leuchtdauer in Stunden [h]	LED-Fluter Spielplatz	1% 3 W	8,0 h	17,8 h	24,3 h	24,0 h	128,0 h	45,5 h				247,45 h	163,3 kWh	
		5% 15 W	56,5 h	95,0 h	67,5 h	123,5 h	148,8 h	46,5 h				537,75 h	1.774,6 kWh	
		10% 30 W		10,3 h	19,5 h	3,0 h		3,0 h				35,75 h	236,0 kWh	
		15% 45 W						1,5 h				1,50 h	14,9 kWh	
		25% 75 W			10,0 h							10,00 h	165,0 kWh	
		50% 150 W		26,5 h	25,0 h	84,0 h	86,8 h	62,8 h				285,00 h	9.405,0 kWh	
		75% 225 W												
		85% 255 W		13,0 h	15,0 h			26,5 h					54,50 h	3.057,5 kWh
	100% 300 W	94,0 h	85,5 h	53,3 h	83,3 h	34,2 h	82,5 h					432,70 h	28.558,2 kWh	
	LED-Fluter Tribünen	10% 15 W	24,0 h	3,0 h	28,0 h	34,3 h	10,5 h	21,3 h				121,00 h	54,5 kWh	
		15% 23 W						1,5 h				1,50 h	1,0 kWh	
		20% 30 W				21,5 h	12,5 h	17,3 h				51,25 h	46,1 kWh	
		25% 38 W			10,0 h							10,00 h	11,3 kWh	
		50% 75 W		3,0 h	7,0 h							10,00 h	22,5 kWh	
		60% 90 W												
		100% 150 W	56,5 h	95,0 h	67,5 h	123,5 h	148,8 h	46,5 h					537,75 h	2.419,9 kWh
	LED-Fluter Treppen	1% 2 W			15,0 h	12,0 h	14,3 h	18,3 h				59,50 h	5,3 kWh	
		5% 8 W	8,0 h	17,8 h	34,3 h	45,5 h	140,5 h	62,8 h				308,70 h	136,6 kWh	
		10% 15 W	24,0 h	3,0 h	8,5 h	31,3 h	10,5 h	18,3 h				95,50 h	84,5 kWh	
		25% 38 W			17,5 h	3,0 h		3,0 h				23,50 h	52,0 kWh	
		50% 75 W												
		100% 150 W	56,5 h	98,0 h	76,5 h	123,5 h	148,8 h	48,0 h					551,25 h	4.878,6 kWh
	<b>theoretische kWh</b>			7.185,6 kWh	8.953,1 kWh	6.796,6 kWh	10.448,7 kWh	9.256,4 kWh	8.446,2 kWh				3.374,6 h	<b>51.086,5 kWh</b>

Energie in [kWh]		August	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Gesamt
Zählerstand Ost		93,1 kWh	171,2 kWh	264,6 kWh	429,3 kWh	567,7 kWh	693,1 kWh				
Zählerstand West		133,2 kWh	251,1 kWh	380,0 kWh	578,6 kWh	749,9 kWh	912,3 kWh				
Zähler Gesamt		226,3 kWh	422,3 kWh	644,6 kWh	1.007,9 kWh	1.317,6 kWh	1.605,4 kWh				
Zähler Gesamt x30 *)		6.789,0 kWh	12.669,0 kWh	19.338,0 kWh	30.237,0 kWh	39.528,0 kWh	48.162,0 kWh				

\*) Die Anzeige auf dem Stromzähler ist mit dem Faktor 30 zu multiplizieren (Zählereichung)!















