

# Lichtbogen: Eine Übersicht neuer Technologieoptionen beim Gesichtsschutz, die sowohl Sicht als auch globale Sicherheitsstandards verbessern.

**Autor technisches Whitepaper:**

Herr Rod King  
Centurion Sicherheitsprodukte

Höheres nationales Zertifikat im Ingenieurwesen  
Ausschussmitglied von PH2 (britischer technischer Ausschuss für Augen- und Gesichtsschutz).  
Mitglied des Britischen Verbands für Industriesicherheit (Produktgruppen Augen- und  
Gesichts-, Gehör- und Kopfschutz)



**CENTURION**<sup>®</sup>  
WHEN CLARITY COUNTS

# Inhalt

Einführung	3
Dunkelziffer und fehlende Information – die echte Auswirkung von Lichtbögen	4
Ein Zustand der Verwirrung	8
Dinge deutlich sehen	12
Wer trägt die Verantwortung?	18
Quellenangaben	19
Autoren	19

# Einführung

In vielen Ländern gehören Lichtbogenvorfälle zu den Hauptursachen für Verletzungen und Tod von Elektroarbeitern, aber trotzdem gibt es immer noch Verwirrung und Kontroversen darüber, wie die Arbeitskräfte am besten geschützt werden können und wo aus regulatorischer Sicht die Verantwortung für diesen Schutz liegt.

Zweck dieses Papiers ist es, Ihnen wichtige Informationen über Lichtbögen und die geeignetsten Ausrüstungsoptionen für Gesichtsschutz zur Verfügung zu stellen.

Da mehr als die Hälfte aller Verletzungen/Risiken im Zusammenhang mit Lichtbögen den Kopf- und Nackenbereich betreffen, haben zwei der erfahrensten Spezialisten für diesen Körperbereich zusammengearbeitet, um eine innovative neue Schutzlösung einzuführen.

Centurion Safety Products, Entwickler und Hersteller fortschrittlicher Kopfschutzsysteme, und Paulson International, bekannt für die Entwicklung ausgezeichneter Schirme zum Schutz vor Lichtbögen, Feuer und anderen gefährlichen Einflüssen, haben zusammen eine fortschrittliche Gesichtsschutzlösung entwickelt, die für den Träger erstklassigen Schutz vor einem Lichtbogen bietet.

Diese Abhandlung konzentriert sich auf die am häufigsten von Lichtbögen betroffenen Branchen und die tatsächlichen Kosten für Leben und Geschäft (Kapitel 2); die verschiedenen Sicherheitsstandards beim Gesichtsschutz auf der ganzen Welt und die Herausforderungen, die durch eine mangelnde Konsistenz verursacht werden (Kapitel 3); einen Überblick über das Spektrum der verfügbaren Technologien für Gesichtsschutz (Kapitel 4); und die Bedeutung von Schulung und Ausbildung, um Informationen über die Gefahren von Lichtbögen und der am meisten geeigneten PSA bereitzustellen (Kapitel 5).

## 1.1 WAS IST EIN LICHTBOGEN?

Ein elektrischer Lichtbogen ist ein intensiver Blitz, der auftritt, wenn eine elektrische Entladung oder ein Kurzschluss sich durch die Luft bewegt und einen starken Energiestoß auslöst.

Ein Lichtbogen ist heißer als die Sonne und fähig, eine Splitterexplosion zu erzeugen, die schneller als eine Kugel ist. Er kann es auch zu großen Mengen elektromagnetischer Strahlung, giftiger Luft, extremem Lärm und einer explosiven Druckwelle führen.

## 1.2 WIE KANN EIN LICHTBOGEN AUFTRETEN?

Über 70 % der Lichtbogenvorfälle treten während oder unmittelbar nach der elektrischen Wartung auf.

Meistens ist es das Ergebnis eines losen Kabels oder Verbinders, Arbeiten mit schmutzigen oder rostigen Klemmen oder einfach ein Werkzeug, das in der Nähe einer Sammelschiene herunterfällt.

Andere Ursachen können unsachgemäße Arbeit, spannungsführende Kontakte, Überspannung oder Wassereintritt sein.

Es ist von entscheidender Bedeutung, dass wir sowohl bei Arbeitgebern als auch Arbeitnehmern ein besseres Verständnis dafür erreichen, wie diese Vorfälle auftreten, was getan werden kann, um sie zu verhindern, und wie man sich beim Auftreten eines Lichtbogens schützen kann.

# Dunkelziffer und fehlende Information – die echte Auswirkung von Lichtbögen

Es ist unmöglich, Lichtbogenvorfälle auf eine bestimmte Branche zu reduzieren. Die weit verbreitete Nutzung von elektrischer Energie in allen Arbeitsumgebungen bedeutet, dass Lichtbogenvorfälle ein verbreiteteres Risiko darstellen, als vielen Menschen bewusst ist.

## **2.1 WIE HÄUFIG TRETEN LICHTBOGENVORFÄLLE AUF?**

In den Vereinigten Staaten gibt es schätzungsweise 30.000 Lichtbogenvorfälle pro Jahr, was zu 7.000 Verbrennungen führt, bei denen mehr als 2.000 Menschen ins Krankenhaus eingeliefert werden. (Quelle: Nationaler Sicherheitsrat)

In Großbritannien gibt es jährlich schätzungsweise 400 Lichtbogenvorfälle, von denen zwei tödlich enden, durchschnittlich 36 Brandverletzungen und mehr als 230 Sieben-Tage-Verletzungen. (Quelle: HSE 2014/15)

## 2.2 DIE HÄUFIGSTEN VON LICHTBÖGEN BETROFFENEN ANWENDUNGEN

Die nebenan gezeigten Zahlen sind für einige überraschend, wenn wir aber die verschiedenen Situationen betrachten, in denen ein Lichtbogen auftreten kann, beginnen wir zu verstehen, warum sie häufiger auftreten, als bisher angenommen wurde.

Anwendungen, die zu einem Lichtbogenvorfall führen können, umfassen unter anderem:

- Verbindung von stromführenden Kabeln,
- Während des Einphasens im Betrieb (Hochspannung),
- Ein- und ausschalten von Schaltgeräten,
- Wiedereinschalten von elektrischen Schaltgeräten nach einem Fehler,
- Fehlbedienung oder Ausfall von Schaltgeräten,
- Aushub in der Nähe von Stromkabeln,
- Versehentlicher Kontakt mit stromführenden Leitern während der Wartung.

Es wird auch angenommen, dass die Dunkelziffer der Lichtbogenvorfälle um 60-70 % höher liegt (Quelle: HSE 2014/15), was bedeuten könnte, dass die Zahlen nicht das vollständige Bild wiedergeben.

Da viele Menschen die Lichtbogenphänomene nicht verstehen, werden viele Lichtbogenvorfälle statistisch als normale Brände kategorisiert. Daher können Vorfälle häufiger vorkommen oder schwerwiegender sein als berichtet wird, und wir sollten nicht den Fehler machen, zu denken, dass sie auf Hochspannungsumgebungen beschränkt sind.

Ein Lichtbogen ist im Grunde ein Effekt, der durch einen sehr hohen Fehlerstrom verursacht wird - Tausende von Ampere, die sich durch ionisierte Luft bewegen - und der auch in Niederspannungsumgebungen leicht auftreten kann. Es ist unerlässlich, dass zu jeder Zeit die richtigen Vorkehrungen getroffen werden. Auch wenn an etwas so „Einfachem“ wie einer Haussteckdose gearbeitet wird, sollte der Ingenieur einen Schutzschirm verwenden, der ihn entsprechend vor einem potenziellen Lichtbogen schützen kann.

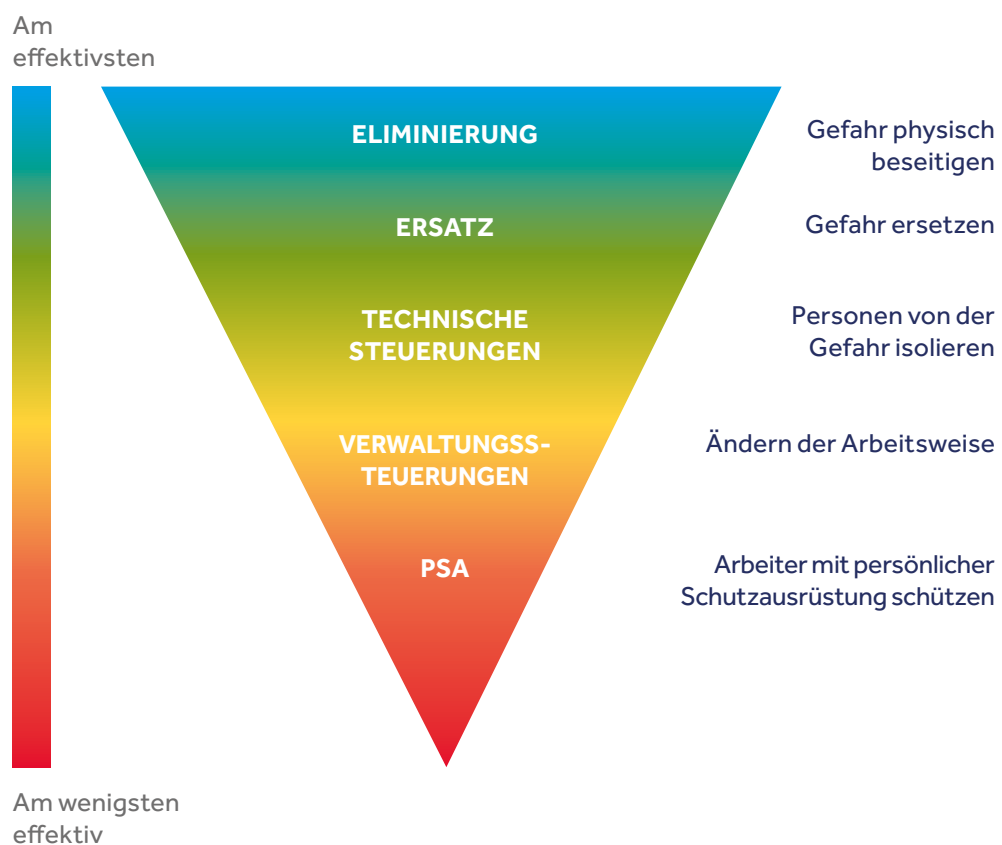
### 2.3 RISIKOBEWERTUNG LICHTBÖGEN

Wie bei den meisten Dingen im Leben ist Vorbeugen fast immer besser als Heilen, daher ist es wichtig, dass immer eine Risikobewertung in solchen Umgebungen durchgeführt wird, in denen man einem Lichtbogen ausgesetzt sein könnte.

Die Steuerungshierarchie sollte immer befolgt werden und es sollten Maßnahmen ergriffen werden, die für jede Situation spezifisch sind, um die Wahrscheinlichkeit eines Lichtbogens zu begrenzen. Diese umfassen:

- Regelmäßige Wartung und Reinigung
- Austausch von veralteten oder offenen Schränken
- Fortlaufende Schulung der Mitarbeiter
- Reduzieren der Versorgung, d. h. offene Ringversorgung
- Arbeitsabstand zu potenziellen Lichtbogenquellen vergrößern
- Einstellen der Unterbrecherzeit, um die resultierende Lichtbogen-Kalorie-Bewertung zu reduzieren
- Einrichtung eines Lichtbogenschutzes (Fotозellen an der Sammelschiene)
- Einrichtung eines Lichtbogenablegers (Energie über Leitungen geführt)
- Roboter-Fernschaltung
- Digitale Fernschaltung
- Lichtbogendecken bis 40 cal/cm<sup>2</sup>

Abbildung 2.3: Steuerungshierarchie



## 2.4 VERLETZUNGEN DURCH LICHTBÖGEN

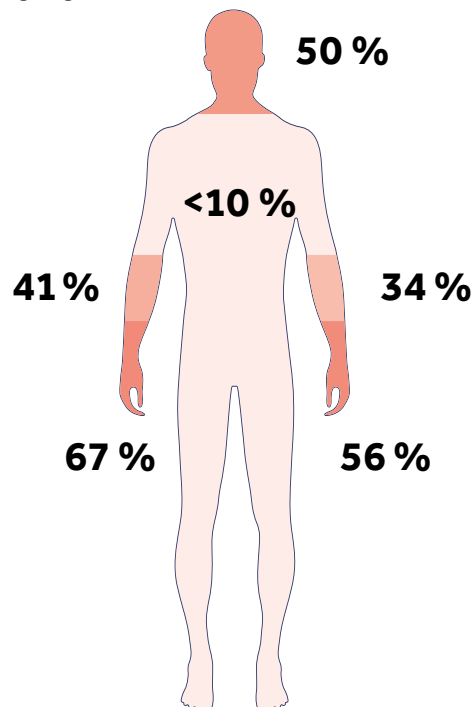
Es ist wichtig zu beachten, dass PSA das Risiko des Auftretens von Lichtbogen nicht reduziert. Es stellt schlicht die letzte Möglichkeit dar, da man selbst nach der Implementierung der obigen Steuerungshierarchie nicht vollständig garantieren kann, dass kein Lichtbogen auftritt. Ohne den Gebrauch der richtigen PSA können Verletzungen durch einen Lichtbogen schwerwiegend sein, nämlich:

- Schwere Hautverbrennungen durch direkte Hitzeeinwirkung
- Schwere Verbrennungen durch Tröpfchen aus geschmolzenem Metall
- Augenschäden durch den hochintensiven Blitz
- Verlust von Gedächtnis oder Gehirnfunktion durch Gehirnerschütterung
- Hörverlust durch gerissene Trommelfelle
- Schrapnellwunden durch fliegende Metallteilchen
- Sonstige körperliche Verletzungen, wie Knochenbrüche, verursacht durch Abstürzen von Leitern oder in Wände
- Sekundäre Auswirkungen, wie soziale Isolation und Depression, durch irreparable Entstellungen oder die Notwendigkeit einer langfristigen Versorgung mit damit verbundenen finanziellen Auswirkungen

Rod King, Testingenieur bei Centurion, sagte:

„ Wir müssen beachten, dass die PSA keine endgültige Lösung darstellt. Zuerst sollten Risikobewertungen durchgeführt und präventive Schritte eingeleitet werden. Die PSA sollte dann entsprechend dem verbleibenden Risiko bereitgestellt werden. PSA ist die Schutzbarriere, wenn alles andere versagt. Es ist daher unerlässlich, dass sowohl Arbeitgeber als auch Elektroingenieure die richtigen Entscheidungen treffen.“

Beweise deuten auf die Tatsache hin, dass immer dann, wenn ein Arbeitnehmer thermische Verletzungen erleidet, in mindestens 50 % der Fälle diese Verletzungen oder Risiken im Gesicht oder am Kopf auftreten. Als Experten im Bereich des Kopf- und Nackenschutzes wollten wir uns auf die bestmögliche Lösung konzentrieren, als wir mit einem Lichtbogenexperten zusammengearbeitet haben, um diesen Bereich anzugehen.“



# Ein Zustand der Verwirrung:

Der Unterschied in den Sicherheitsstandards für den Kopf- und Nackenschutz und der Bedarf für einen aktualisierten und konsistenten Regulierungsrahmen

Ein Mangel an Bewusstsein für die Lichtbogenphänomene bedeutete jahrelang, dass diese Gefahr bei der Festlegung von PSA für diejenigen, die an energiebetriebenen elektrischen Einrichtungen wie Schaltschränken und Transformatoren arbeiten, nicht berücksichtigt wurde.

Ein elektrischer Schlag wurde bisher als das einzige wichtige Risiko im Zusammenhang mit elektrischer Arbeit unter Spannung betrachtet, wobei mögliche Verletzungen, die im Gesicht oder am Kopf auftreten könnten, kaum oder gar nicht berücksichtigt wurden.

Bis Ralph Lee den Artikel „Die andere elektrische Gefahr: Lichtbogenverbrennungen“ im Jahr 1982 veröffentlichte.

Seitdem wurden Verbesserungen sowohl bei der Regulierung als auch bei den implementierten Sicherheitsstandards vorgenommen, aber das Thema Lichtbogen wird noch immer nicht umfassend verstanden.

Während die offensichtlichen Auswirkungen wie Hitze, Spritzer aus geschmolzenem Metall und Fragmente, die durch die Explosionsenergie freigesetzt wurden, zunächst in Betracht gezogen wurden, wurden die elektromagnetische Strahlung und das Plasma, das den Blitz begleitet, mehr oder weniger ignoriert. Auch wenn es für das Auge unsichtbar ist, kann Infrarotstrahlung die Augen und das Gesicht hinter dem Gesichtsschirm verbrennen, ohne den Gesichtsschirm selbst anzutasten.

Und auf einer breiteren Fläche ist das Thema, wie man den besten Kopf- und Nackenschutz beim Auftreten eines Lichtbogens bietet, etwas, das in der ganzen Welt variiert und aufgespalten wurde.

## 3.1 EUROPÄISCHE EN 166 – OPTION 8

Die europäische Norm für Augen- und Gesichtsschutz ist EN 166. Im Abschnitt 7.2.7 gibt es eine Option zum „Lichtbogenfehlerschutz“ - Option 8. Die einzigen Anforderungen, dies zu erreichen, sind in der folgenden Tabelle beschrieben, die aus einer Reihe von Lichtbogentests (von 12kA, 380-400V, 50Hz für eine Dauer von einer Sekunde) mit unterschiedlichen Materialien und nach anschließenden Sichtprüfungen abgeleitet wurden. Es wurde angenommen, dass ein Gesichtsschutz, der bei einem Lichtbogenfehlerstest nicht schmilzt, brennt oder andere schwere Schäden aufweist, auch den Träger ausreichend schützt.

Anforderungen	
Material	Polycarbonat, Celluloseacetat oder Cellulosepropionat, mit UV-Schutz. Keine freiliegenden Metallteile, alle Außenkanten abgerundet, abgeschrägt
Dicke	Minimal 1,4 mm
Skala	2-1,2 oder 3-1,2
Höhe	Mindesttiefe der vertikalen Mittellinie des Schirms 150 mm
Visuelle Lichtdurchlässigkeit (VLT)	≥ 74,4 %

Dies wiederum bringt seine eigenen Probleme mit sich, wie Rod King, Testingenieur bei Centurion, erklärt:

„Die aktuelle Norm EN 166 – Option 8 verweist darauf, dass das Produkt aus einem von drei Materialien hergestellt werden sollte. Bei verschiedenen Forschungsprojekten und Testverfahren bei Centurion in den letzten Jahren haben wir festgestellt, dass nur Polycarbonat geeignet war. Wir fanden heraus, dass Celluloseacetat sogar stark schmelzen würde. Obwohl Polycarbonat mittlerweile weit verbreitet für den Lichtbogen-Gesichtsschutz ist, gibt die Norm EN 166 auch noch „Acetat“ an, das in allen neuen Sicherheitsstandards korrigiert werden sollte.“



Folgende Versuche mit hinter dem Schirm angeordneten Sensoren haben gezeigt, dass die ursprünglich für die EN 166 8 getroffene Vermutung nicht vertretbar ist, da ohne zusätzliche Versuche nicht nachgewiesen werden kann, ob ein hoher Strahlungsanteil durch einen Schirm dringen und Augen und Gesicht verbrennen kann oder nicht, ohne den Schirm selbst zu beschädigen.

Da es keine Lichtbogen-Bloßstellungsprüfung gibt, wie z. B. Arc Man oder den Arc-in-the-Box-Test (siehe 3.2 und 3.3), um die Eignung des Lichtbogen-Gesichtsschutzes nachzuweisen, wurden bei der Erteilung des CE-Kennzeichens für die neue europäische Lichtbogen-PSA (Option 8) zusätzliche Anforderungen erlassen - nämlich GS-ET-29, die alle thermischen Gefahren eines Lichtbogenfehlers und weitere arbeitssicherheitsrelevante Anforderungen, wie z. B. visuelle Lichtdurchlässigkeit abdeckt.

### 3.2 GS-ET-29

2008 veröffentlichte die deutsche Berufsgenossenschaft in der Präzisionstechnik, elektrische und textilverarbeitende Industrien (BGEM) GS-ET-29, „Zusätzliche Anforderungen an Prüfung und Zertifizierung des Gesichtsschutzes für Elektriker“.

Im GS-ET-29 wird der Arc-in-a-Box-Test verwendet, um zwei Schutzklassen zu unterscheiden: Klasse 1 und Klasse 2 wie im Folgenden beschrieben, sowie drei Klassen, um die visuelle Lichtdurchlässigkeit zu unterscheiden.

Zwei Schutzklassen:

Klasse	Durchgangsenergie	Cal/cm <sup>2</sup>
1	135 kJ/m <sup>2</sup> Durchgangsenergie	3,2 cal/cm <sup>2</sup> (4kA)
2	423 kJ/m <sup>2</sup> Durchgangsenergie	10,1 cal/cm <sup>2</sup> (7kA)

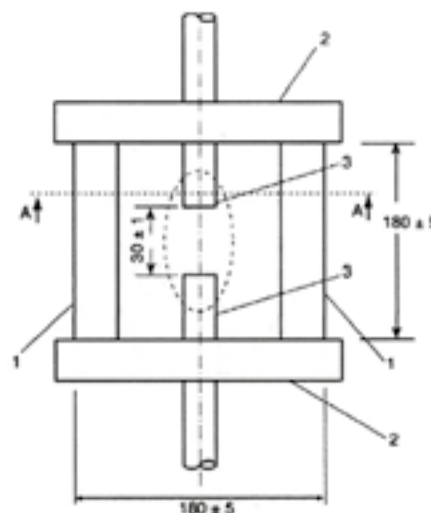
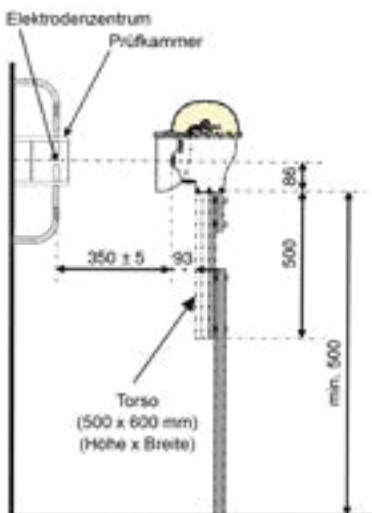
Klassen zur visuellen Lichtdurchlässigkeit

Klasse	VLT Rating
0	≥ 75 %
1	50 % ≤ VLT ≤ 75 %
2	VLT < 50 %

Der Arc-in-a-box-Test ist ein eingeschränkter Test mit der folgenden Methode:

- Erfordert ein Hochstromlabor
- Eine kontrollierte Lichtbogenquelle
- Ein flammbeständiger Kopf, der mit Sensoren ausgestattet ist und sich
- In einer Box befindet, die die reflektierenden Eigenschaften eines Schaltschranks simuliert
- Die Lichtbogenenergie wird auf die Mitte von Gesicht und Schirm gerichtet
- Erzeugt einen schmutzigen Lichtbogen, da zwei verschiedene Materialelektroden verwendet werden
- Der Effekt ist die Erzeugung von geschmolzenem Material und Bruchstücken
- Getestet bei 400 V AC für 500 ms

Bei der Beantragung der europäischen Norm EN 166 Option 8 ist es nun für neue Gesichtsschirme zwingend erforderlich, ausreichenden Lichtbogenschutz nachzuweisen, indem auch der oben beschriebene GS-ET-29 „Arc-in-a-Box-Test“ durchgeführt wird.



### 3.3 VEREINIGTE STAATEN NFPA 70E – ASTM F2178

Der US-Standard verlangt, dass für PSA, die zum Schutz vor Lichtbogen entwickelt wurde, ein Test durchgeführt werden muss, der entweder als „Arc Man“ oder „Open Arc“ bezeichnet wird.

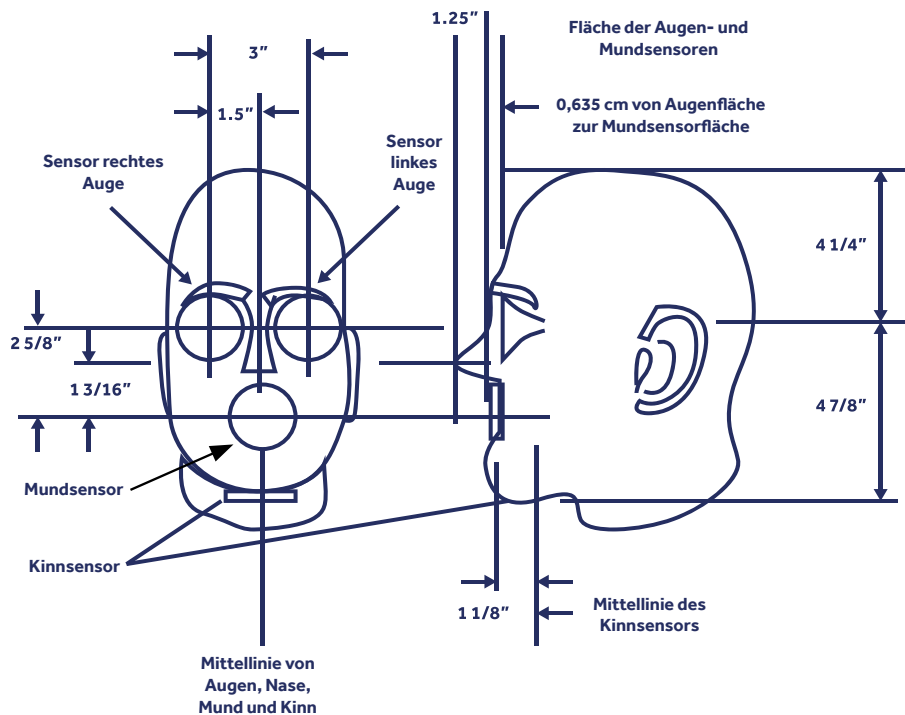
ASTM F2178 verwendet ein Hochstromlabor, in dem eine kontrollierte Lichtbogenquelle mit flammwidrigen Puppen und instrumentierten Überwachungssensoren verwendet wird, wobei sich vier Sensoren unter dem Kinn, im Augenbereich und im Mundbereich befinden. (Siehe folgendes Diagramm)

Dieser Test misst die gesamte Wärmemenge, die an der Sensoroberfläche empfangen wird, nämlich:

#### Konvektionswärme Elektromagnetische Strahlung

Während diese Testmethode in den USA seit vielen Jahren üblich ist, wird ASTM F2178 in der EU nicht akzeptiert, da hier eine 50%ige Wahrscheinlichkeit toleriert wird, dass sich der Benutzer Verbrennungen zweiten Grades zuzieht.

Abbildung 3.2: Arc Man / Open Arc Test



### **3.4 DAS PROBLEM BEIM VERGLEICH VERSCHIEDENER LICHTBOGENTESTS**

Die Testergebnisse der „Arc Man“- und der „Arc-in-a-box“-Methode sind aufgrund vieler physikalischer und technischer Unterschiede der beiden Testmethoden, wie z. B. unterschiedliche Testaufbauten, die unterschiedliche Arten von Lichtbogen verursachen, im Allgemeinen nicht vergleichbar (Freifeld-/Freiluft-Lichtbogen im Vergleich zu begrenztem Lichtbogen).

Daher können Gesichtsschutz-PSAs, die eine Prüfung bestehen, in der anderen durchfallen und umgekehrt, auch wenn identische Energieemissionen berücksichtigt werden. Wie in 3.3 erwähnt, toleriert der Arc-Man-ATPV-Test eine 50 %ige Wahrscheinlichkeit einer Verbrennung zweiten Grades, wobei der Arc-in-a-box-Test nur PSAs akzeptiert, die ohne Wahrscheinlichkeit einer Verbrennung zweiten Grades getestet wurden.

Infolgedessen ist der regulatorische Rahmen für den Lichtbogenschutz für Personen, die versuchen, den richtigen Gesichtsschutz auszuwählen, häufig verwirrend. Während einige Länder keine Lichtbogen-Standards haben, haben andere Länder individuelle Standards entwickelt, die nicht unbedingt übertragbar sind.

Asien und Südamerika neigen dazu, stärker mit europäischen Standards in Einklang zu stehen, während sich Australien gegenwärtig in einem Zwischenstadium befindet, da keine Lichtbogen-Standards bestehen.

### **3.5 DRINGEN AUF EINEN ALLGEMEIN ANERKANNTEN SICHERHEITSSTANDARD**

Eine fragmentierte Landschaft also, die aber derzeit durch die Schaffung eines neuen, weltweit anerkannten Sicherheitsstandards für den Gesichtsschutz, einschließlich für Lichtbögen, angegangen wird.

Hersteller von Schutzschirmen wie Paulson haben sich mit 30 anderen Branchenexperten aus der ganzen Welt zu einem international ausgerichteten Team zusammengetan, um einen IEC-Standard zu implementieren, von dem die Sicherheit aller profitieren wird.

Der Prozess nähert sich der Vollendung, und in diesem Stadium wird davon ausgegangen, dass es keine Einwände geben wird. Es wird daher erwartet, dass die neuen Regelungen Anfang bis Mitte 2019 in Kraft treten.

# Dinge deutlich sehen:

## Die Herausforderungen und eine bessere Zukunft für Gesichtsschutztechnologien

Mit der bevorstehenden Annahme eines allgemein anerkannten Sicherheitsstandards ist es nun noch wichtiger, die Vielfalt der verfügbaren Gesichtsschutzoptionen zu verstehen und inwieweit jeder Schutz den Nutzer schützen kann oder nicht.

### 4.1 GESICHTSSCHUTZ OHNE LICHTBOGENSCHUTZKLASSE

In Märkten ohne bestehende Vorschriften oder in Märkten, die nicht über die Gefahren von Lichtbögen informiert sind, wird man sich auf spezielle Gesichtsschutzformen, wie sie häufig in Schweißanwendungen verwendet werden, als mögliche Lösung richten.

iese sind jedoch nicht problemlos zu verwenden, zumindest im Hinblick auf die in Bezug auf die visuelle Lichtdurchlässigkeit (VLT), und manchmal können sie sogar zusätzliche Gefahren bringen, die zuvor nicht berücksichtigt wurden.

**Lichtbogen-Schweiß-Gesichtsschirme** sind zu dunkel und bieten nicht genügend Absorption, während **metallisierte Gesichtsschirme** auch für die überwiegende Mehrheit der Anwendungen zu dunkel sind und die Neigung zeigen, dass die Metallbeschichtung bei hohen Lichtbogenstärken verdampft. Darüber hinaus erhalten metallisierte Gesichtsschirme und andere reflektierende Lösungen ihre Schutzeigenschaften von einer extrem dünnen Oberfläche, und wenn diese Oberfläche beschädigt wird, ist kein Schutz mehr vorhanden.

### 4.2 TRANSPARENTE POLYCARBONAT-SCHIRME (NICHT GEMÄSS LICHTBOGENKLASSE BEWERTETE ODER NIEDRIG BEWERTETE SCHIRME)

Polycarbonat-Gesichtsschirme (mit oder ohne Kinnschutz) sind unter den gebräuchlichsten Schirmen auf dem Markt und diese schützen vor Konvektionswärme und bis zu einem gewissen Maß vor Schrappnellen und geschmolzenen Partikeln, die bei einem Lichtbogenvorfall mit niedrigem Kalorienwert auftreten können.

Solange Polycarbonat-Schirme die in der Option 8 der EN 166 geforderte Dicke und Höhe aufweisen (siehe Abschnitt 3.2), bieten sie innerhalb der Europäischen GS-ET-29, Klasse 1 ausreichenden Schutz und eignen sich für elektrische Arbeiten bis zu einem Lichtbogenvorfall von 3,2 cal/cm<sup>2</sup> (wie beim Arc-in-the-box-Test festgestellt).

### 4.3 SPEZIALISIERTER LICHTBOGENSCHUTZ (HOCHBEWERTETE SCHIRME)

Ein hoher Lichtbogenvorfall erzeugt in der Regel auch hohe Mengen elektromagnetischer Strahlung sowie ultraviolettes Licht, Infrarotlicht und energiereiches sichtbares Licht.

Wie auf der Abbildung zu sehen ist, kann ein einfacher Polycarbonat-Schirm die Energie, die von höher kalorienbewerteten Lichtbogenvorfällen emittiert wird, nicht absorbieren und wird ausfallen, was den Träger in große Gefahr bringt.

Dies hat daher zur Entwicklung spezieller Polycarbonat-Schirme geführt, die den Anforderungen der GS-ET-29, Klasse 2 für elektrische Arbeiten bis zu  $10,1 \text{ cal/cm}^2$  (wie beim Arc-in-the-box-Test festgestellt) entsprechen und ein höheres Schutzniveau bieten, wenn in Umgebungen mit einem höheren Niveau oder einem Lichtbogenrisiko gearbeitet wird.

Sie schützen vor Konvektionswärme, elektromagnetischer Strahlung (sehr wichtig) sowie ultraviolettem Licht, Infrarotlicht und energiereichem sichtbarem Licht.

Die oben genannten Aspekte skizzieren die Schutzstandards, von denen erwartet wird, dass sie den europäischen Vorschriften entsprechen. Wie wir aber in Abschnitt 3.3 gesehen haben, haben die Vereinigten Staaten einen eigenen NFPA 70E – ASTM F2178-Standard, der zum Schutz vor Lichtbogen entwickelt wurde (mit dem Test, der entweder als „Arc Man“ oder „Open Arc“ bekannt ist. Die ASTM-Prüfmethode umfasst vier PSA-Kategorien mit Lichtbogenwerten im Bereich von 4 bis  $40 \text{ cal/cm}^2$ , wie in Abbildung 4.3 unten gezeigt).



Abbildung 4.3 ASTM F2178 PSA-Kategorien

Kategorie der persönlichen Schutzausrüstungen	1	2	3	4
Minimale Lichtbogenbewertung in $\text{cal/cm}^2$	4	8	25	40

#### 4.4 SICHT ALS GRÖßERE PRIORITÄT BETRACHTEN

Die Frage der Sicht für den Benutzer ist ein Aspekt, dessen Bedeutung nicht unterschätzt werden sollte. Wenn wir zu den Grundlagen zurückgehen, können wir uns der Tatsache nicht entziehen, dass für die meisten Personen, die mit Strom arbeiten, die Sicht unglaublich wichtig ist. Und während das Tragen der richtigen Form von PSA von größter Bedeutung ist, haben sich viele ausschließlich auf den Schutz und nicht genug auf die Einschränkungen der Sicht konzentriert.

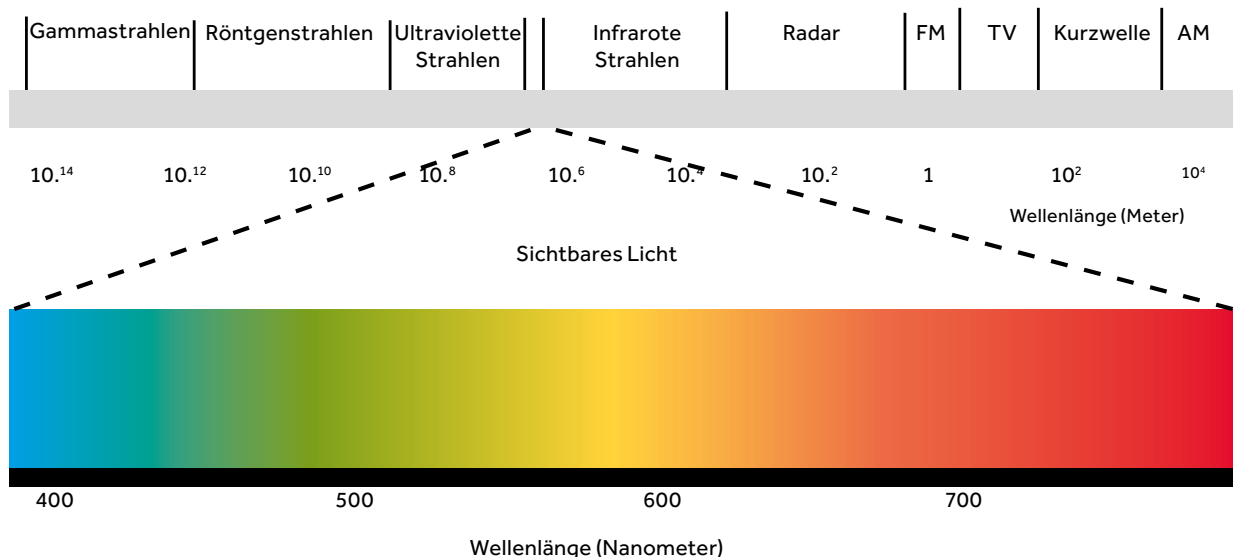
Wir sollten die optischen Eigenschaften wirklich als Priorität betrachten, denn sonst erschaffen wir eine Ausrüstung, die den Träger schützt, aber für den täglichen Gebrauch nicht praktisch ist. Sicherheit ohne Kompromisse wird die Konformität verbessern und für den Arbeitnehmer ein Hilfsmittel und keine Behinderung sein.

Rod King, Testingenieur bei Centurion, betont außerdem:

*„Ich habe oft den Vergleich zu einem Sicherheitsgurt im Auto gehört, der dazu bestimmt ist, uns im Falle eines Autounfalls sicher zu halten, obwohl dies ein Ereignis ist, das den meisten von uns realistisch gesehen in unserem Leben nicht zustoßen wird. Der Unterschied besteht jedoch darin, dass der Sicherheitsgurt uns nicht daran hindert, das Auto effektiv fahren zu können. Er schützt uns, aber beeinträchtigt uns nicht. Während herkömmliche Lichtbogenschirme den Schutz bieten, können sie sich auch auf die Sicht des Benutzers und möglicherweise auf ihre Fähigkeit, ihre Arbeit zu erledigen, auswirken. Die Schirme müssen sowohl sicher als auch effektiv sein.“*

Aus diesem Grund sollte das Aufbringen spezieller Filter oder Beschichtungen auf vorhandene Gesichtsschirme auch nicht als Lösung betrachtet werden. Einige führen dazu, dass es dem Benutzer zu heiß wird oder können bei Auftreten eines Lichtbogens schmelzen. Im Allgemeinen bieten alle Filter eine schlechte Durchlässigkeit von rotem und blauem Licht, was sie potenziell gefährlich für Benutzer macht, die in schlecht beleuchteten Umgebungen arbeiten, wie zum Beispiel das Abschließen eines Ausfahrtvorgangs in einem Schaltschrank.

Abbildung 4.4: Das elektromagnetische Spektrum



In einer solchen Situation muss der Benutzer mit riesigen Lichtvariationen fertig werden, von hell beleuchteten Fabrikräumen bis hin zum Spähen in die Dunkelheit des Schaltschranks, wo der Durchmesser des Lochs bis zu 1,5 m betragen kann. Diese Lichtveränderungen machen es für die Augen sehr schwierig, auch ohne das zusätzliche Hindernis eines beschichteten Schirms.

King fährt fort:

*„Es gibt ein Sprichwort: „nachts sind alle Katzen grau“, was bedeutet, dass wir im Dunkeln nicht zwischen Farben unterscheiden können, nur Varianzen in Weiß, Grau und Schwarz. Dies macht eine Aufgabe wie das Ausfahren besonders gefährlich.“*

## 4.5 SCHUTZ VOR ELEKTROMAGNETISCHER STRAHLUNG

Es gibt zwei Hauptmethoden, um den Träger vor der elektromagnetischen Strahlung zu schützen, die bei einem Lichtbogenvorfall vorkommt.

**Reflexion:** Dies funktioniert wie ein halbdurchlässiger Spiegel, an dem die bösartige Strahlung abprallt, um den Träger zu schützen. Sie wird typischerweise als dünne Oberflächenschicht aufgebracht, jedoch wird nach einer Beschädigung dieser Spiegelfläche der Schutz für den Träger verringert oder besteht gar nicht mehr.

Die Situation wird noch dadurch erschwert, dass eine solche Beschädigung nicht immer sichtbar ist und nicht funktionell überprüft werden kann. Infolgedessen sollte diese Methode als „Basis- oder Einstiegsebene“ der Lichtbogenschutztechnik angesehen werden.

**Absorption:** Mit dieser Technik unterstützt der Gesichtsschirm die Absorption aller beim Lichtbogenvorfall entstehenden Energie. Darüber hinaus wirken sich Oberflächenschäden am Schild durch Verschleiß nicht wesentlich auf das bereitgestellte Schutzniveau aus. Dies ermöglicht eine Funktionsüberprüfung durch einfache Sichtkontrolle.

Diese Methode der Lichtbogen-Schutztechnologie ist jedoch wissenschaftlich komplexer, nicht einfach zu replizieren und erfordert ein hohes Maß an technischem Fachwissen, um die absorbierte Energie handhaben zu können. Während grundlegende Absorptionstechnologien die Produktalterung beschleunigen könnten, sind Hightech-Lösungen sogar in der Lage, die Nutzungsdauer des Gesichtsschirms zu erhöhen.

#### 4.6 „AKTIVE ABSORPTION“- DIE EFFEKTIVSTE LICHTBOGENSCHUTZLÖSUNG

Basiert auf Beweisen und der Ansicht, dass Absorption der beste Weg ist, um den Träger vor elektromagnetischer Strahlung zu schützen, wurde die technische Herausforderung gestellt, einen Gesichtsschirm herzustellen, der dies erfüllen kann.

„Bisher ging es bei der Wahl des Schirms um Kompromisse,“

erläutert Centurions Testingenieur Rod King,

„Man konnte keinen guten Schutz und großartige Sicht durch den Schirm zusammen haben. Im Falle eines Lichtbogens blieb die Struktur des Schirms gleich und der bereitgestellte Schutz war „passiv“.“

Mit „aktivem Schutz“, wie er jetzt in Paulsons aktiven Smart-Technologie-Gesichtsschirmen erscheint, verbrauchen die Gesichtsschirme die Energie, und die Molekularstruktur der Gesichtsschirme ändert sich im Falle eines Lichtbogens.

##### Aktive Absorption - Paulson Klasse 2 Lichtbogen-Gesichtsschirmschutz Smart-Technologie

Nanotechnologie nutzt die Lichtbogenenergie, um die Gesichtsschirme zu modifizieren

Schützt mit Carbonisierungstechnologie

Erzeugt eine Kruste, die Wärme und Strahlung absorbiert

Der Schutz beginnt beim Auftreten des Lichtbogens

Die Lichtbogenenergie wird verbraucht und für die Modifizierung verwendet

Verwendet Ablation - Bedeutung: verbraucht die Lichtbogenenergie zur kontrollierten Oberflächendissoziation

Eine dicke Schicht blockiert dann Licht und Wärme durch zusätzlich erzeugte isolierende Luftzellen

Höhere VLT und bessere Farbenerkennung

King erläutert weiter:

„Die angewandte Nanotechnologie nutzt die Lichtbogenenergie, um den Gesichtsschirm zu modifizieren und eine Carbonitschicht darüber zu erzeugen; eine dunkle Kruste, die Wärme, Licht und elektromagnetische Strahlung absorbieren kann. Der Schutz beginnt bei Auftreten des Lichtbogens und der gesamte Prozess dauert nur einige Millisekunden.“

Es hat 25 Jahre an Forschung und Entwicklung gekostet, bis Paulson zu dieser Lösung kam und es ist nicht nur ein einfacher Schirm. Dies ist ein großer Fortschritt beim Schutz der Arbeitnehmer vor den verschiedenen Gefahren und Risiken, die durch einen Lichtbogen entstehen.“





#### 4.7 PAULSONS NEUE TRANSPARENT-GRAUE HT-TECHNOLOGIE – DIE ZUKUNFT DES SPEZIALISIERTEN LICHTBOGENSCHUTZES

Mit Nutzung der oben skizzierten aktiven Schutztechnologie beginnen wir, die nächste Generation von spezialisierten Schirmen zu sehen, die für den Träger den maximalen Schutz vor einem Lichtbogen bieten.

Das erste auf dem Markt ist das neue Contour XIII transparent-graue HT-System des Kopfschutz-Experten Centurion. Die Sicht steht hier als Sicherheitsaspekt, bei dem keine Kompromisse gemacht werden, im Mittelpunkt und das System umfasst Paulsons HT-Technologie, den klarsten Bildschirm der Europäischen Klasse 2 mit der höchsten visuellen Lichtdurchlässigkeit (VLT) von über 80 %.

Rod King, Testingenieur bei Centurion, erläutert die Vorteile für den Träger:

„Die Nanopartikeltechnologie im spritzgegossenen Schirm bietet vollständigen Schutz, und im Vergleich zu grünen, schattierten Lichtbogenschirmen überträgt der neue transparent-graue HT-Schirm mehr Wellenlängen, wodurch Farben aus dem gesamten Farbspektrum klarer und deutlicher sichtbar sind.

Dies bedeutet erhöhte Sicherheitsniveaus durch eine verbesserte Farberkennung, die durch die unvergleichlich hohe VLT auch bei schlechterer Beleuchtung gegeben ist, während der Kinnschutz ebenfalls aus dem gleichen transparent-grauen HT-Material besteht und somit auch eine hervorragende Sicht nach unten ermöglicht.

Infolge intensiver Forschung und Entwicklung hat die verbesserte aktive Nanopartikeltechnologie, die im neuen transparent-grauen HT-Schirm verwendet wird, konsistente Schutzeigenschaften gegen Stöße und Lichtbögen gezeigt. Paulson ist daher zuversichtlich, eine verlängerte Nutzungsdauer von zehn Jahren (konstanter Produkteinsatz im Innen- oder Außenbereich) bestätigen zu können.

Indem wir eng mit dem Team zusammenarbeiten, das für die Steuerung der neuen, allgemein anerkannten Sicherheitsstandards für den Lichtbogenschutz verantwortlich ist, wissen wir, dass diese neuen Produkte nicht nur die neuen Standards erfüllen, sondern diese selbst übertreffen und für die kommenden Jahre das größte Schutzniveau bieten.“

King fügte hinzu:

„Diese neue Schirmentwicklung muss als Teil eines kompletten „Oberhalb-des-Halses“-Systems betrachtet werden. Durch die Kombination der neuen Schirme mit dem Nexus- oder Concept-Helm und dem Contour-Trägersystem, das exakt auf die Konturen des Helms abgestimmt ist, um verbleibende Bruchstücke vom Gesichtsbereich fernzuhalten, wurde das geschaffen, was wir für das wirksamste System auf dem Markt halten.“



# Wer trägt überhaupt die Verantwortung?

Das Bedürfnis, das Verständnis der oben genannten Standards und Lösungen für den Kopf- und Nackenschutz zu erhöhen

Die letzte Herausforderung besteht nun darin, sowohl für Arbeitgeber als auch für Arbeitnehmer die korrekte Anleitung zu diesen neuesten Entwicklungen im Bereich des Kopf- und Nackenschutzes sicherzustellen.

Es gibt oft einige Verwirrung darüber, wer in erster Linie in einer Organisation für die Aufklärung über die Gefahren von Lichtbögen verantwortlich ist.

Chris Tidy, technischer Schulungsspezialist bei Centurion glaubt, es müsste viel deutlicher sein:

*„Es ist für Arbeitgeber unerlässlich, ihre eigenen Gesundheits- und Sicherheitsrichtlinien zu gewährleisten, um den Risiken eines Lichtbogenvorfalles zu begegnen. Wir fordern auch diejenigen auf, die in Branchen arbeiten, in denen Risiken durch Lichtbögen bestehen, spezifische Sicherheitsverfahren zu Lichtbögen zu entwickeln.“*

*Dazu gehört die Beratung zu bewährten Verfahren, wenn es um eine angemessene PSA für verschiedene Situationen geht, sowie die Durchführung regelmäßig aktualisierter Schulungsprogramme für das Personal, um sicherzustellen, dass alle wichtigen Interessengruppen innerhalb eines Unternehmens die neuesten Branchenrichtlinien und -standards kennen.*

*Bei Centurion möchten wir dabei helfen und haben einen ganzen Lehrplan und dedizierte Ressourcen für Schulung und Ausbildung entwickelt. Als Experten sind wir der Meinung, dass wir am besten dabei helfen können, eine detailliertere und präzisere Schulung in Bezug auf den Kopf- und Nackenbereich zu bieten, den wir als den wichtigsten Schutzbereich des Körpers ansehen.“*

Mehr und mehr Arbeit wird jetzt an energiebetriebenen Systemen geleistet. Unsere 24/7-Gesellschaft lässt nicht immer Möglichkeiten für Abschaltungen oder Stilllegungen zu, um Wartungsarbeiten wie eine Reinigung durchzuführen. Soweit möglich, sollten Unternehmen einen Bereich durch Einhaltung der Steuerungshierarchie isolieren, um solche Arbeiten durchzuführen.

Wir können die Wahrscheinlichkeit eines Lichtbogens erheblich reduzieren, indem wir ein sauberes System beibehalten. Dies ist also offensichtlich von großer Bedeutung, aber die Arbeit an einem energiebetriebenen System wird immer einige Gefahren mit sich bringen. Es ist daher unerlässlich, dass die Spezialisten, die an solchen Systemen arbeiten, über die bestmögliche Sicherheitsausrüstung verfügen, die sie nicht nur schützt, sondern ihnen erlaubt, ihre Arbeit nach besten Kräften und auf sichere und effiziente Weise zu erledigen.

Rod King, Testingenieur bei Centurion, fasste zusammen:

*„Als Experten und Spezialisten in diesem Bereich ist es unser Ziel, den Branchen nicht nur die beste Lösung anzubieten, sondern auch mit diesem Papier zur Weiterbildung beizutragen. Wir wollen Arbeitgeber als auch Arbeitnehmer gemeinsam unterstützen – alles muss Hand in Hand gehen, um wirklich effektiv zu sein.“*

# Quellenangaben

- „Lichtbögen vermeiden“ – Nationaler Sicherheitsrat von Sarah Trotto (2015)
- „Elektrizität am Arbeitsplatz“ – Gesundheits- und Sicherheitsmanager (2013)
- „Lichtbogen: Entladungsrituale“ – Gesundheit & Sicherheit am Arbeitsplatz von Louis Wustemann (2011)
- „Elektrische Sicherheit und Sie“ – Gesundheits- und Sicherheitsmanager (1998)

## Autor



### **ROD KING, TESTINGENIEUR BEI CENTURION SAFETY PRODUCTS**

Rod ist ein vollständig qualifizierter Maschinenbauingenieur, der seine Karriere beim Verteidigungsministerium begann, wo er in diversen Bereichen wie Luftfahrt, Hydraulik, Kraftstoffsystemen und Filtration arbeitete.

Anschließend arbeitete er als Senior-Test- und Entwicklungsingenieur und trug die Verantwortung für die Zustandsüberwachung in vielen Wirtschaftssektoren wie Luftfahrt, Hydraulik, Energieerzeugung und Offshore-Öl und -Gas. In diesen Industrien wurde er Leiter der Produktprüfung gemäß den ISO-Standards, einschließlich der CE- und ATEX-Produktzertifizierungen, sowie der Entwicklung neuer Produkte. Rod war Vertreter im technischen Ausschuss TC6 der British Fluid Power Association (BFPA) zur „Kontaminationskontrolle“ und trug zur Ausarbeitung und Verbesserung britischer Standards und Richtlinien bei.

Seit seinem Eintritt bei Centurion ist Rod bei vielen neuen Projektentwicklungen zum technischen Vertreter für „Oberhalb-des-Halses-Sicherheitssysteme“ geworden und ist für die Tests in diesen Projektteams verantwortlich. Er ist ebenfalls Ausschussmitglied von PH2, dem Ausschuss für Augen- und Gesichtsschutz im Vereinigten Königreich.



**CENTURION**<sup>®</sup>  
WHEN CLARITY COUNTS