

Sachstandsbericht der KAN-Arbeitsgruppe „PSA gegen Störlichtbögen“

Inhaltsübersicht

A)	Ziel der Arbeitsgruppe und Würdigung des gegenwärtigen Diskussionsstands	2
B)	Ausgangssituation	3
C)	Schwierigkeiten bei der Gefährdungsbeurteilung	5
	C.1 Bemessung der thermischen Gefährdung	5
	C.2 Bewertung weiterer Gefährdungen	7
	C.2.1 Quantifizierung der Lichtbogenspektren	7
	C.2.2 Erfassung thermisch freigesetzter Gefahrstoffe	8
	C.2.3 Kenntnis der Lärmspitzenpegel	9
D)	Simulation von thermischen Einwirkungszenarien für PSA-Baumusterprüfungen	10
E)	Weitere anzustrebende Ziele	14

Teilnehmer

Herr **Bamberg**, KAN-Geschäftsstelle – Arbeitnehmerbüro, Sankt Augustin

Herr **Beier**, Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V., Chemnitz

Herr **Dr. Borneburg**, RWE Eurotest GmbH, Dortmund

Herr **Dr. Eichinger**, DuPont Protection Technologies, Meyrin / Genève

Herr **Heit**, Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (DKE), Frankfurt

Herr **Karsten**, Ministerium für Gesundheit und Soziales des Landes Sachsen-Anhalt, Magdeburg

Herr **Klosowski**, Köhl GmbH, Berlin

Herr **Dr. Lichtenstein**, IFA – Institut für Arbeitsschutz der DGUV, Sankt Augustin
(nur am 22.9.2010 zum Thema Erfassung von Pyrolyseprodukten)

Herr **Mattiuzzo**, KAN-Geschäftsstelle, Sankt Augustin (Moderation, Redaktion)

Herr **Mehlem**, BG ETEM, Prüf- und Zertifizierungsstelle Elektrotechnik, Köln

Herr **Metze**, KAN-Geschäftsstelle - Arbeitgeberbüro, Sankt Augustin

Herr **PD Dr. Schau**, Technische Universität, Fakultät für Elektro- und Informationstechnik, Ilmenau

Herr **Schulze**, Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Bonn

Herr **Strasse**, Vattenfall Europe Berlin AG & Co. KG, Berlin

Frau **Veit**, DuPont International Operations Sarl., Genf

Herr **Vogler**, IngenieurBüro Vogler, Berlin
(bis 22.09.2010)

Herr **Dr. Wachholz**, IPH - Institut "Prüffeld für elektrische Hochleistungstechnik" GmbH, Berlin

Frau **Walther**, IFA, Sankt Augustin

Herr **Weber**, Seibersdorf Labor GmbH, Seibersdorf (Österreich), *ab 30.06.2011 zum Thema Optische Strahlung*

A) Ziel der Arbeitsgruppe und Würdigung des gegenwärtigen Diskussionsstands

1. Beispielsweise durch Fehler beim Arbeiten an oder in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen, nach Blitzeinschlägen oder durch Fremdkörper in den Isolierstrecken elektrischer Anlagen können Kurzschlüsse zwischen aktiven Teilen entstehen und Störlichtbögen verursachen. Dabei werden enorme Energiemengen frei, die die betroffene Anlage erheblich zerstören und in der Nähe befindliche Personen sehr schwer verletzen oder sogar töten können.

Die Arbeitsgruppe der KAN wurde gebildet, nachdem im Rahmen der KAN-Sitzung 1/2009 unterschiedliche Auffassungen zum Thema Schutz vor Störlichtbögen erörtert wurden. Sie sollte der KAN einen Überblick über die technische Situation verschaffen und Erwartungen aus Sicht der Prävention definieren. Falls erforderlich, sollte der eventuell bestehende Handlungsbedarf (nicht nur) bei Normen aufgezeigt und dessen Umsetzung unterstützt werden. Zwischen Juni 2009 und Februar 2012 haben 8 Sitzungen der KAN-AG stattgefunden.

Normung – und damit der Einflussbereich der KAN – wirkt sich unmittelbar auf die anlagentechnische Seite sowie die Prüfmethoden für persönliche Schutzausrüstung aus. Anfängliches Ziel der KAN-Arbeitsgruppe war daher, die unterschiedlichen Auffassungen hinsichtlich der Parameter und Bedingungen zu diskutieren, die den Baumusterprüfungen für Schutzkleidung gegen Störlichtbögen zu Grunde liegen sollten. Schon die anfänglichen Diskussionen haben gezeigt, dass die Vielfalt und Komplexität der bei einem Störlichtbogen auftretenden Gefährdungen noch genauer untersucht werden müssen. Ebenso schnell wurde deutlich, dass Arbeitgeber bei der Gefährdungsbeurteilung sowie der damit verbundenen Auswahl geeigneter PSA noch besserer Unterstützung bedürfen.

2. Gegenwärtig beschreiben die Teile -1-1 und -1-2 der Normenreihe EN (IEC) 61482 zwei unterschiedliche Prüfverfahren zur Bestimmung des Schutzgrades vor den thermischen Auswirkungen eines Störlichtbogens des in den PSA verwendeten Materials. Die Arbeitsgruppe hat festgestellt, dass es bei beiden Prüfverfahren bestimmte Aspekte gibt, die noch weiter zu untersuchen und zu verbessern sind. Es wurde demgegenüber aber auch festgestellt, dass diese Prüfverfahren innerhalb der ihnen zugrunde liegenden Annahmen und Begrenzungen den gegenwärtigen gesicherten Wissensstand und damit die Schutzwirkung der Materialien vor thermischen Einwirkungen in hinreichender Weise abbilden.

Es müsste künftig allerdings noch weitere Forschung durchgeführt und daher auch finanziert werden. Dazu gehört u. a. auch die Frage, ob mit thermisch – nach bisher nicht genormten Verfahren – härter geprüfter PSA Arbeiten unter Spannung in energieintensiveren Anlagen verantwortet werden können, die durch die beiden normierten Prüfverfahren nicht oder nur unzulänglich abgedeckt sind. Weiterer Forschungsbedarf besteht außerdem insbesondere bezüglich der Strahlungsexposition bei Störlichtbögen.

Die Arbeitsgruppe hält zudem fest, dass mit der künftigen BGI/GUV-I 5188 sowie nach IEEE 1584, NFPA-70E Methoden vorliegen, mit deren Hilfe der

Zusammenhang zwischen der Beurteilung der thermischen Gefährdung durch einen Störlichtbogen am konkreten Arbeitsplatz und den Eigenschaften der PSA, die nach den beiden genormten Verfahren geprüft wurden, hergestellt werden kann.

Nicht zuletzt muss nach Auffassung der Arbeitsgruppe eine harmonisierte Norm für die als Schutz anzuziehende Kleidung zur Verfügung gestellt, d.h. die bisher nur als internationale Norm¹ veröffentlichte prEN 61482-2 sollte unbedingt fertiggestellt und europäisch harmonisiert werden.

B) Ausgangssituation

3. Auslöser von Störlichtbögen sind z.B. häufig, wie oben angedeutet, nicht ordnungsgemäß durchgeführte Wartungen und gelegentlich auch unkontrollierte Ergänzungen von Anlagen mit weiteren Betriebsmitteln. Daher sind organisatorische Maßnahmen bei den Anwendern sehr wirkungsvoll, um die Situation zu verbessern.
4. Von den möglichen Gefährdungen hat die thermische Exposition durch Hitze, Spritzer und Gase dabei die verheerendsten physiologischen Folgen. Sie stand und steht daher zunächst bei der Gefährdungsanalyse und der Entwicklung persönlicher Schutzausrüstung im Vordergrund. In unterschiedlicher Intensität treten darüber hinaus noch weitere Gefährdungen auf. Dazu gehören Druckwelle, Schall, Metaldämpfe, giftige Pyrolyseprodukte, sowie Schädigung von Haut und Augen durch UV-, IR- und sichtbare Strahlung. Es ist nicht auszuschließen, dass dabei sogar kurzweilige UV-Strahlung auftritt, was jedoch bisher noch nicht ausreichend untersucht ist.
5. Die Gefährdungen können jedoch nicht nur durch organisatorische, sondern auch durch anlagentechnische (z.B. durch Schottungen, Isolierungen oder Lichtbogenschutzsysteme) und persönliche Schutzmaßnahmen gemindert werden. Im Sinne der Prävention muss daher die übliche Hierarchie der Schutzmaßnahmen beachtet, d.h., die Gefährdung technisch soweit wie möglich reduziert werden und erst danach durch organisatorische oder persönliche Schutzmaßnahmen. Möglicherweise hat insbesondere im Bereich der Niederspannung der Trend zu immer kleineren Anlagen das Risiko von Störlichtbögen erhöht. Im Betrieb könnte die Gefährdungsbeurteilung seitens der für die Sicherheit der Anlage verantwortlichen Personen noch stärker benutzt werden, Einkäufer davon zu überzeugen, störlichtbogenfeste Anlagen zu beschaffen.
 - Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Niederspannungs-Richtlinie eine Binnenmarkt-Richtlinie ist, d.h., sie beschreibt, wie Produkte *in Verkehr gebracht* werden müssen. Wird eine Schaltgerätekombination (Schaltschrank) *komplett* in Verkehr gebracht oder *mit eindeutigen Hinweisen des Herstellers* wie sie ergänzt werden kann, so ist diese (beschriebene) Kombination ein Produkt im Anwendungsbereich der Niederspannungs-Richtlinie. Baut ein Betreiber jedoch eine Schaltgerätekombination *eigenverantwortlich vor Ort* zusammen oder lässt sie zu-

¹ IEC 61482-2:2009 „Live working - Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc - Part 2: Requirements“

sammenbauen, so fällt diese nicht in den Anwendungsbereich der Niederspannungs-Richtlinie (die Richtlinie betrifft dann nur die einzelnen verbauten Komponenten), sondern muss den national geltenden Sicherheitsvorschriften für Installationen entsprechen. Daraus lässt sich Folgendes ableiten:

Einige Teile der Normenreihe 61439-x erfordern eine Typprüfung² oder teilweise Typprüfung (**z.B.** für Schaltgerätekombinationen, zu denen Laien Zugang haben, oder Schaltgerätekombinationen in öffentlichen Energieverteilungsnetzen). Es ist daher davon auszugehen, dass die zuständigen Normungskomitees Schaltgerätekombinationen für solche Anwendungen nur dann für sicher halten, wenn sie typgeprüft sind. Da sie dann wie geprüft in Verkehr gebracht werden, dürften Schaltgerätekombinationen für solche Anwendungen i.d.R. unter die Niederspannungs-Richtlinie fallen.

- Gefährdungen, die durch das Arbeiten unter Spannung an einem Produkt entstehen, sind in der Regel *nicht* von der Niederspannungs-Richtlinie abgedeckt, da dies mit den Schutzziele aus Anhang 2 der Niederspannungs-Richtlinie prinzipiell nicht vereinbar ist (z.B. Schutz vor direkter und indirekter Berührung). Wird unter Spannung gearbeitet, so unter ausschließlicher Verantwortung des Arbeitgebers, der eine Schaltgerätekombination betreibt, und nicht etwa der des Herstellers. Dies bedeutet, dass Gefährdungen durch Störlichtbögen, die zwar *nicht* durch eine bestimmungsgemäße Verwendung, jedoch z.B. durch vernünftigerweise vorhersehbare Fehler bei der Wartung entstehen, nicht beim Inverkehrbringen von Schaltgerätekombinationen im Sinne der Niederspannungs-Richtlinie berücksichtigt zu werden brauchen.

Von diesen Erörterungen bleiben die Verpflichtungen des Arbeitgebers, die sich aus den nationalen Arbeitsschutzbestimmungen ergeben, jedoch unberührt. Es ergibt sich letztlich aus seiner Gefährdungsbeurteilung, ob er bei bestimmungsgemäßer Verwendung oder auch wegen vernünftigerweise vorhersehbarer Fehlanwendungen seiner Schaltgerätekombinationen mit Störlichtbögen rechnen muss. Es obliegt ihm, die daraus resultierenden Folgerungen zu treffen, hinsichtlich der technischen Anlagengestaltung (z.B. mehr inhärente Sicherheit der Anlage), der Arbeitsorganisation (Schulung, Arbeitsverfahren) und persönlicher Schutzausrüstungen.

6. Die Gefährdung durch Störlichtbögen ist für die Gefährdungsanalyse nicht leicht und, anders als etwa die Lärmexposition, vor allem nicht eindeutig zu *bemessen*. Insbesondere besteht die Schwierigkeit, von den Anlagencharakteristika bzw. den potenziell auftretenden Emissionen auf die auf den Menschen einwirkenden Immissionen und Einwirkungen zu schließen – und insbesondere diesbezüglich tolerierbare Grenzen festzulegen. Nur auf Grund solcher Anlagencharakteristika kann jedoch der Betreiber einer Anlage die Gefährdung analysieren und entscheiden, ob er seine Arbeitnehmer sicher arbeiten lassen kann oder nicht.

² Hinweis: Eine Typprüfung nach EN 61439 ist nicht mit einer EG-Baumusterprüfung zu verwechseln, die für Niederspannungsprodukte ohnehin nicht vorgesehen ist

7. Die demnächst erscheinende BGI/GUV-I 5188 „Unterstützung bei der Auswahl der Persönlichen Schutzausrüstung bei Arbeiten in elektrischen Anlagen“ gibt, basierend auf technisch-wissenschaftlichen Erkenntnissen des Boxtest nach EN 61482-1-2, eine Auswahlempfehlung von PSA gegen thermische Gefährdungen bei Störlichtbögen. Darüber hinaus zeigt sie auf, dass die Gefährdungen nicht nur durch PSA, sondern möglichst bereits durch technische Maßnahmen an der Anlage und/oder organisatorische Maßnahmen durch den Betreiber auf ein Mindestmaß begrenzt werden sollten. Bei höheren Einwirkenergien gibt die BGI keine Auswahlempfehlungen für PSA. Es sollte untersucht werden, ob mit thermisch härter geprüfter PSA ein wesentlich größerer Bereich energieintensiver Anlagen abgedeckt werden kann.
8. Sollte eine PSA wirkungsvoll vor hoher thermischer Gefährdung schützen können und damit in Anlagen mit entsprechend hoher Gefährdung gearbeitet werden, müssen auch die physiologischen Folgen der anderen Gefährdungen verstärkt in den Vordergrund der Gefährdungsanalyse rücken.
9. Es ist wegen der Summe aller durch einen Störlichtbogen ausgelöster Gefährdungen eine wichtige Frage, ob Arbeitnehmer – selbst mit thermisch wirkungsvoll schützender PSA – überhaupt solchen Gefährdungen (beispielsweise der Druckwelle oder der optischen Strahlung) ausgesetzt werden sollten.

C) Schwierigkeiten bei der Gefährdungsbeurteilung

C.1 Bemessung der thermischen Gefährdung

10. Die grundlegende Größe zur Bestimmung der thermischen Gefährdung durch Störlichtbögen ist die maximale thermische Einwirkenergie. Beim Box-Test nach EN 61482-1-2 ist der Zusammenhang zwischen elektrischer Lichtbogenenergie und der maximalen thermischen Einwirkenergie bei den dabei bestehenden extremen Wärmeübertragungsbedingungen bekannt. Der Fachausschuss Elektrotechnik der DGUV entwickelt derzeit eine auf diesen Erkenntnissen aufbauende BGI/GUV-I 5188, in der den Betreibern die Gefährdungen durch Störlichtbögen geschildert und Hilfen zur Risikobewertung gegeben werden. Anhand dieser BGI kann aus Kennwerten elektrischer Anlagen, die vom Betreiber mit vertretbarem Aufwand ermittelt werden können (z.B. Nennspannung des Netzes, Höhe des Kurzschlussstroms, Abschaltzeit, Elektrodenabstand), die mögliche *elektrische Lichtbogenenergie* eines Störlichtbogens abgeschätzt und damit auch geeignete persönliche Schutzausrüstung ausgewählt werden.
11. Der in der BGI/GUV-I beschriebene Ansatz zur Bemessung der Gefährdung basiert auf den Normen EN (IEC) 61482-1-2³ und IEC 61482-2, denn die zu erwartende Lichtbogenenergie ist der entscheidende Faktor, um in der Gefährdungsbeurteilung für den Anwendungsfall die erforderliche Prüf- bzw. Schutzklasse einer PSA nach EN 61482-1-2 zu bestimmen. Im in dieser

³ DIN EN 61482-1-2:2007 „Arbeiten unter Spannung – Schutzkleidung gegen die thermischen Gefahren eines elektrischen Lichtbogens – Teil 1-2: Prüfverfahren – Verfahren 2: Bestimmung der Lichtbogen-Schutzklasse des Materials und der Kleidung unter Verwendung eines gerichteten Prüflichtbogens (Box-Test)“

Norm verwendeten Boxtest wird der Nachweis erbracht, dass die Schutzwirkung einer PSA bis zu derjenigen thermischen Einwirkenergie besteht, die die betreffende Prüf- bzw. Schutzklasse kennzeichnet. Denn aus dem statistisch gesicherten Zusammenhang zwischen der Einwirkenergie und der elektrischen Lichtbogenenergie des Prüfkreises beim Boxtest ist *die Lichtbogenenergie bekannt, die dieser Einwirkenergie unter den Abstands- und Transmissionsbedingungen der Prüfung entspricht*. Für abweichende Verhältnisse lässt sich mit Hilfe von Korrekturgrößen eine *äquivalente Lichtbogenenergie* ermitteln, die zum Vergleich mit der *zu erwartenden Lichtbogenenergie* des Anwendungsfalls herangezogen wird. Die *zu erwartende Lichtbogenenergie* darf nicht größer als die *äquivalente Lichtbogenenergie* sein. Bei dem auf der Verwendung der Norm EN 61482-1-1⁴ beruhenden Ansatz der Gefährdungsbemessung nach IEEE 1584 ist ebenfalls die thermische Einwirkenergie der entscheidende Faktor. Die im Anwendungsfall zu erwartende Einwirkenergie darf nicht größer sein als das der Schutzkleidung zugeordnete ArcRating, oder umgekehrt gesagt: Die auszuwählende Schutzkleidung muss ein ArcRating haben, das größer ist als die etwa nach IEEE 1584 berechnete, im Anwendungsfall zu erwartende Einwirkenergie.

12. Aus der BGI/GUV-I kann im zweiten Schritt eine Norm zur Auswahl von PSA gegen Störlichtbögen entwickelt werden. Letzteres ist auch deshalb notwendig, da die BGI/GUV-I in anderen Ländern, die ebenfalls die internationalen bzw. europäischen PSA-Normen anwenden, keine Bedeutung hat. Darüber hinaus liegen Verfahren aus NFPA 70E zur Gefährdungsanalyse vor. Dabei werden für die Auswahl der PSA Prüfergebnisse aus EN (IEC) 61482-1-1 benutzt.
13. In der ehemaligen DDR orientierte man sich nicht an der zu berechnenden Einwirkenergie, sondern am Kurzschlussstrom I_K ¹¹ und der Gesamtabschaltzeit t_{ag} wie er bei der so genannten ISA-Kennlinie⁵ verwendet wird. Diese wurde in den siebziger Jahren ermittelt, indem die damals dort verfügbaren Schutzanzüge direkt unter den üblicherweise verwendeten ISA-2000 Schaltanlagenkonstellationen ganzheitlich geprüft wurden. Expositionsgrenzen ergeben sich unter Berücksichtigung der ermittelten thermischen Widerstandsfähigkeit der damals eingesetzten Schutzkleidung und der Druckwirkung der ausgelösten Störlichtbögen. Das Risiko für das Auftreten von Hautverbrennungen 2. Grades wird dabei nicht explizit gemessen oder bewertet. Die ermittelten Kenngrößen sind die Anlagencharakteristika *aufretender Lichtbogen-Kurzschlussstrom* (als primäre Größe) und die *Dauer des Störlichtbogens*. Die ISA-Kurve ist allerdings an die Wirksamkeit des damals konzipierten Schutzkleidungs- bzw. Schutzausrüstungstyps sowie an die damaligen Anlagencharakteristika gebunden und kann die technischen Entwicklungen der letzten 30 Jahre im Bereich der Schutzausrüstungen und der Schalt- und Verteilungsanlagen nicht abbilden. Darüber hinaus differenziert sie nicht zu von 690 V bzw. 760 V abweichenden Nennspannungen (z.B.

⁴ DIN EN 61482-1-1:2009 „Arbeiten unter Spannung - Schutzkleidung gegen thermische Gefahren eines Lichtbogens - Teil 1-1: Prüfverfahren - Verfahren 1: Bestimmung der Lichtbogenkennwerte (ATPV oder EBT50) von schwer entflammaren Bekleidungsstoffen“

⁵ Montage-, Bedienungs- und Wartungsvorschrift ISA-2000SF, -SG, SK, SS Nr.13-990-00/00.41.00 09-4 Magdeburg: VEB Starkstrom-Anlagenbau, Magdeburg

400 V), sondern machte eine Extremwertbetrachtung. Zudem ist der Lichtbogen-Kurzschlussstrom auch hier nur näherungsweise und mit Aufwand bestimmbar und daher durch den Anwender ebenfalls nicht leicht zu handhaben.

C.2 Bewertung weiterer Gefährdungen

C.2.1 Quantifizierung der Lichtbogenspektren

14. Die BG ETEM hat seit Juli 2011 ein Spektrometer an die TU Ilmenau geliehen. Damit sollen bei den in Ilmenau üblicherweise durchgeführten Lichtbogenprüfungen (d.h. bei Verwendung einer Elektrode aus Aluminium und der zweiten Elektrode aus Kupfer) jeweils auch Strahlungsmessungen zu unterschiedlichsten Zwecken mit durchgeführt und auf diese Weise umfangreiche Daten gesammelt werden. Zunächst werden dabei allerdings spezielle Spektralanalysen, wie etwa bezüglich des Anteils kurzwelliger UV-Strahlung, nicht im Vordergrund stehen. Sobald diesbezügliche Erkenntnisse für den von diesem Gerät abgedeckten Wellenlängenbereich von 300 nm bis 800 nm vorliegen, könnte dann in die Wege geleitet werden, die pathophysiologischen Wirkmechanismen auf Haut, Hornhaut des Auges und der Retina bei Lichtbogeneinwirkungen < 1s aufzuklären. Darüber hinaus sind weitere Untersuchungen für die angrenzenden Frequenzbereiche nötig.
15. Im Auftrag der AUVA wurde eine Forschungsarbeit *Optische Strahlung bei unerwünschten Lichtbögen bei Elektroarbeiten und Schutzwirkung der persönlichen Schutzausrüstung* durchgeführt⁶. Von den oben hervorgehobenen Gefährdungen durch Strahlung wurde dabei nur die untersucht, die durch den *optischen* Strahlungsanteil ausgelöst wird. Ursprünglich sollten auch nur Probleme im Zusammenhang mit Visieren betrachtet werden, Schutzkleidung wurde im Laufe des Projekts aber teilweise auch miteinbezogen. Grundsätzlich orientierte sich der Versuchsaufbau an den Festlegungen des von der DGUV Test herausgegebenen Prüfgrundsatzes GS-ET-29 für Elektrikergesichtsschutz. Allerdings wurde in einigen Parametern (z.B. Elektrodenmaterial und -abstand) davon abgewichen, da der Prüfaufbau so rascher verfügbar war. Bisher ergab sich nach Informationen von Herrn Weber Folgendes:
 - Grenzwerte existieren nur bis zu einer Wellenlänge von 3 µm, das heißt, etwa die Hälfte der emittierten Strahlung (sehr grob gesagt der Anteil der Wärmestrahlung) ist davon nicht abgedeckt.
 - UV-Strahlung tritt in wesentlich geringerem Maße auf als beim Schweißen. Trotzdem besteht die Gefahr, dass die Netzhaut durch thermische Schädigungen, verursacht durch intensives sichtbares Licht, irreversibel geschädigt wird.
 - Der (für längere Expositionen vorgesehene) Arbeitsschutz-Grenzwert „Netzhaut thermisch“ wird deutlich überschritten. Dies gilt auch bei ande-

⁶ Bericht demnächst bestellbar unter <http://www.sozialversicherung.at> ► Service ► Für Versicherte ► Publikationen ► Informationen bei: AUVA ► Reports

ren gepulsten intensiven Quellen optischer Breitbandstrahlung wie Fotoblitzern oder intensiv gepulster Lichttechnologie (IPL).

- Visiere müssten daher unbedingt auch vor sichtbarem Licht schützen, insbesondere im Bereich zwischen 400 und 500 nm. Störlichtbogenvisiere gemäß EN 166 schützen jedoch nicht ausreichend vor sichtbarem und infrarotem Licht, da diese Norm bisher keine diesbezüglichen Anforderungen enthält.
- Weitere Versuche mit Aluminium-, Kupfer-, und ggf. auch mit Stahlelektroden wären notwendig, um die bisherigen Aussagen zu überprüfen. Denn es ist sehr wahrscheinlich, dass unterschiedliche Elektrodenmaterialien auch unterschiedliche Lichtbogenspektren erzeugen. Wellenlängen unterhalb von 300 nm, die aufgrund der verfügbaren Messtechnik nicht untersucht wurden, sind zwar wahrscheinlich trotz der stärker gewichteten Grenzwerte aufgrund der guten Schutzwirkung im UV-Bereich für Visiere und für heute in Schutzkleidung üblicherweise verwendete Textilien nicht so interessant. Möglicherweise aber für neuartige Textilien, die mit dem Ziel, ergonomischere oder elegantere Schutzkleidung herzustellen, künftig auf den Markt kommen könnten.
- Es wäre zudem für eine bessere Vergleichbarkeit der Daten wünschenswert, Prüfungen auch nach den Vorgaben der EN 61482-1-2 durchzuführen. Auch eine entsprechende Untersuchung mit einem Aufbau nach EN 61482-1-1 wäre interessant.

C.2.2 Erfassung thermisch freigesetzter Gefahrstoffe

16. Es ist kaum möglich, die Pyrolyseprodukte, die vorwiegend aus (pyrolysetechnisch häufig bisher noch nicht untersuchten) Kunststoffen des Isoliermaterials der elektrischen Anlagen und der vom Anwender getragenen PSA entstehen, nur auf Grund ihrer chemischen Zusammensetzung vorherzusagen. In der Regel ist es nötig, auch wegen ggf. unterschiedlicher Randbedingungen der Pyrolyse, den Einzelfall experimentell zu untersuchen. Dies ist aber bei unfallartigen Ereignissen wie Lichtbögen und den dabei auftretenden Randbedingungen sehr viel schwieriger, als bei Pyrolyseprodukten, die unter normalen Arbeitsbedingungen auftreten. Gleichwohl hat das Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) im Auftrag des Fachausschusses Elektrotechnik Messungen während einer Störlichtbogendemonstration (65 kA / 400 V, 300 ms) im Prüflabor I²PS in Bonn mit einem Schaltschrank durchgeführt, der offene Leistungsschalter und Kunststoffabdeckungen enthielt. Die Messergebnisse⁷ bestätigten erwartungsgemäß, dass die Komponente, von der die größte Gefährdung ausgeht, das beim Lichtbogen verdampfte *Metall* des Schienenmaterials ist, also Kupfer. Diese Gefährdung war bekannt, die gemessenen Mengen bestätigen sie sehr deutlich. Aus Kunststoffmaterial gebildete organische Pyrolyseprodukte konnten nicht nachge-

⁷ Buchwald, K.-E.; Kleine, H.: Untersuchung der Freisetzung von Rauchgasen nach Auslösung eines Störlichtbogens in einer elektrischen Schaltanlage; Auftraggeber Fachausschuss Elektrotechnik der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV); 28.02.2012

wiesen werden (Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze). Es ist anzunehmen, dass unter ungünstigeren Bedingungen, bei größeren Kunststoff- oder Gummianteilen im Schaltschrank, höhere Konzentrationen auftreten können. Allerdings handelt es sich höchstwahrscheinlich auch dann bei dieser Gefährdung um eine Größenordnung, die nicht mit denen anderer Gefährdungen (Hitze, Druck, Lärm, etc.) verglichen werden kann. Die Konzentrationen für nitrose Gase und Kohlenmonoxid lagen unterhalb der gegenwärtig gültigen Arbeitsplatzgrenzwerte. Die KAN-AG verständigte sich daher darauf, dass das Problem der Pyrolyseprodukte für einen schweren Unfall, d.h. keine Regel-, sondern außergewöhnliche Ausnahmesituation, nach augenblicklichem Kenntnisstand nicht vorrangig weiterverfolgt werden muss.

C.2.3 Kenntnis der Lärmspitzenpegel

17. Der vom Thüringer Landesamt für Arbeitsschutz und technischem Verbraucherschutz vorgelegte Bericht über Lärmmessungen an der TU Ilmenau⁸ bestätigte erwartungsgemäß, dass bei Boxtestprüfungen der obere Auslösewert nach § 6 der LärmVibrationsArbSchV für den statistisch abgesicherten Spitzenschalldruckpegel von $L_{pC, peak} = 137 \text{ dB(C)}$ weit überschritten wird. Bei Lichtbögen mit prospektiven Prüfströmen von 4 kA und 7 kA wurde ein Mittelwert von ca. 151 dB bzw. 152 dB im Abstand von 1 m ermittelt. Die Pegelabnahme bei einer Entfernung von 1 m im Vergleich zu 0,5 m entspricht bei Lichtbögen mit prospektiven Prüfströmen von 4 kA und 7 kA offenbar auch unter Laborbedingungen in etwa der im freien Feld (bei aller Vorsicht wegen der wenigen Messwerte). Kaum einen Einfluss auf den Pegel scheint die Brenndauer (untersucht wurden Zeiten von 100, 200 und 300 ms) der untersuchten Lichtbögen zu haben.
18. Die Größenordnung der bei Messungen bei der RWE Eurotest GmbH in Dortmund ermittelten Werte stimmen – auch unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Abstände und Lichtbogenparameter – im Wesentlichen mit den Messungen in Ilmenau überein. Zudem wurde deutlich, dass die Stromstärke die ohnehin extremen Lärmspitzenpegel offenbar kaum mehr beeinflusst. Bei RWE ergab sich in 4 m Abstand ein Mittelwert von $L_{pC, peak}$ von etwa 137 dB, was in 1 m Abstand einem Wert von 149 dB entspräche. Der Beschäftigte, der den Störlichtbogenunfall erleidet, wäre demzufolge bei den dabei häufig auftretenden Abständen von unter 0,5 m sogar 155 -157 dB ausgesetzt.
19. Die Untersuchungen in Ilmenau und Dortmund zeigen übereinstimmend, dass die Lärmexposition im Falle eines Lichtbogenunfalls Spitzenpegel erreicht, bei denen eine Schädigung des Gehörs nicht auszuschließen ist. Nur hocheffektive Kapselgehörschützer könnten in diesem Falle einen weitgehenden Schutz bieten. Diese Situation stellt die Arbeitgeber vor Schwierigkeiten bei der Risikobeurteilung. Zum einen dürfte die Akzeptanz von hochwirksamen Gehörschützern für den sehr seltenen Fall eines Störlichtbogens bei den Arbeitnehmern eher gering sein, zum anderen wäre abzuwägen, ob

⁸ Thüringer Landesbetrieb für Arbeitsschutz und technischen Verbraucherschutz: Ergebnisbericht zur orientierenden Lärmmessung gemäß DIN EN ISO 9612 an der TU Ilmenau vom 19.10.-21.10.2012; Suhl, 24.01.2011

die durch Gehörschützer eingeschränkte Kommunikationsfähigkeit nicht andere Gefahren mit sich bringt. Um so wichtiger erscheinen daher alle Maßnahmen, die der Entstehung von Störlichtbögen besser vorbeugen. Die AG empfiehlt dem Fachausschuss Elektrotechnik, auf diese Erkenntnisse in der neuen BGI/DGUV-I 5188 hinzuweisen.

D) Simulation von thermischen Einwirk Szenarien für PSA-Baumusterprüfungen

20. Angeregt durch einen Vortrag des CEN/CENELEC-Consultants für PSA, Herr José Bahima, beim CENELEC/TC 78 hebt die KAN-AG folgende Aufgaben und Grenzen harmonisierter Normen für PSA hervor:
 - Allein die Grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie für PSA sind zwingend zu erfüllen, nicht die (harmonisierten) Normen.
 - Die durch eine harmonisierte europäische Norm gegebene Konformitätsvermutung ist beschränkt auf den Anwendungsbereich der Norm und die tatsächlich abgedeckten Grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie für PSA.
 - Die Anwendung der harmonisierten Normen muss reproduzierbare Ergebnisse liefern, d.h. Prüfungen müssen eindeutig und vollständig beschrieben sein.
 - Die Anforderungen und Prüfungen müssen, soweit möglich, repräsentativ für die Gefährdungen sein, gegen die der Benutzer unter den vorhersehbaren Bedingungen geschützt werden soll.
21. Prüfanforderungen bilden in vielen PSA-Normen die in der Praxis auftretenden Situationen nicht spiegelbildlich ab, sondern erzeugen die Einwirkungen, vor denen die PSA schützen soll, durch andere, prüftechnisch geeignetere Parameter, z.B. hinsichtlich der Reproduzierbarkeit. (Mit dieser Aussage ist nicht gemeint, dass generell in diesen Normen die in der Realität auftretenden Belastungen schlecht abgebildet werden, obwohl dies jedoch leider auch gelegentlich geschieht).
22. Auch die in den Normen EN 61482-1-1 und EN 61482-1-2 (zusammen mit IEC 61482-2) verwendeten Parameter entsprechen nicht den einfach nachvollziehbaren Anlagencharakteristika wie Kurzschlussstromstärke, Dauer der auftretenden Störlichtbögen, Wechsel- bzw. Drehstrom usw. Davon lassen sich Betreiber und andere Betroffene häufig verwirren, denn sie identifizieren Parameter der Prüfapparatur fälschlicherweise mit realen Anlagencharakteristika. Dabei wird ignoriert, dass die Norm ausschließlich physiologisch wirksame Einwirkenergien auf die Haut simuliert, die theoretisch durch verschiedenste Prüfkonstellationen erzeugt werden können. Demzufolge wird die Eignung der normgeprüften PSA irrtümlich auf Anlagen mit den Charakteristika der Prüfapparatur beschränkt, obwohl die simulierten Einwirkenergien tatsächlich einen großen Teil praktisch möglicher Expositionen abdecken.

Es ist daher ein Anliegen der Prävention, dass die bestimmungsgemäße Verwendung der nach der Normenreihe 61482-x geprüften PSA unmissver-

ständig kommuniziert wird. Die häufig gebräuchliche Ausdrucksweise, die sich auf die Parameter der Prüfapparatur bezieht, ist irreführend und sollte dahingehend geändert werden, dass die Einwirkenergie im Vordergrund steht.

23. Alternativ zur Bewertung von PSA (ohne Bestimmung und Bewertung der Einwirkenergie) gibt es auch visuelle Verfahren, wie z.B. in der zurückgezogenen ENV 50354 oder vergleichbaren Verfahren niedergelegt. Dabei wird hinter der geprüften PSA durch Augenschein mit oder ohne Unterkleidung festgestellt, ob sie standgehalten hat oder gebrochen bzw. verbrannt worden ist. Die visuellen Verfahren führten jedoch zu falschen Schlüssen, so dass man in den nationalen, europäischen und internationalen Normungsgremien bereits vor einigen Jahren einvernehmlich beschloss, nicht mehr ausschließlich auf subjektive Bewertungsverfahren zu vertrauen, sondern die Wärmedurchgangsmessung als entscheidendes Kriterium zur Bewertung der Schutzwirkung der PSA zu nutzen. Zudem ist der physiologische Effekt der Verbrennung der Haut so, im Gegensatz zur kalorimetrischen Messung, nicht festzustellen.
24. Hinsichtlich der in EN 61482-1-1 und EN 61482-1-2 verwendeten Kalorimeter aus runden Kupferscheiben und Thermoelementen aus Kupfer-Konstantan wurde diskutiert, ob diese Messtechnik für Kurzzeitphänomene wie Störlichtbögen geeignet ist und die Stollkurve, deren Zeitbereich erst ab 1s beginnt, als Bewertungsgrundlage verwendet werden könne. Untersuchungen von Privette⁹ sowie Neal et al.¹⁰ weisen jedoch darauf hin, dass die menschliche Haut bei einer Expositionsdauer unter 1s höheren Wärmemengen ausgesetzt werden kann, als bei Expositionen der Dauer von 1s, ohne Verbrennungen 2. Grades zu erleiden. Das heißt, dass man bei Anwendung des Stoll-Chianta-Wertes für 1s bei der Bewertung von Einwirkenergien, die weniger als 1s andauern, auf der sicheren Seite ist. Den Bedenken steht zudem entgegen, dass die verwendeten Kalorimeter eine Zeitkonstante von ca. 0,5 s besitzen und die Kupferscheibe gewählt wurde, um die thermische Aufnahmefähigkeit der menschlichen Haut zu simulieren, die ihrerseits eine vergleichbare zeitliche Verzögerung aufweist. Zudem absorbiert das verwendete Material die ankommende Energie kumulativ und gibt sie an das Thermoelement weiter, weswegen nicht von thermischen Messverlusten ausgegangen werden kann. Die in der Norm verwendeten Prüfbedingungen sind ausführlich auf Unwägbarkeiten und messtechnische Korrektheit untersucht worden und stellen die augenblicklich bestmögliche Technik dar, die Einwirkenergie quantitativ zu erfassen. Ob jedoch die anfänglich auftretende Strahlung im Kurzzeitbereich Schädigungen in der Tiefe der Haut und des Auges hervorrufen kann und daher separat erfasst werden

⁹ Privette, A.: Progress Report for ASTM Burn Study. Report Prepared for the ASTM F-18, Committee Task Force F18.10.07 on Electric Arc Test Method Development, Duke Power Comp., June 10, 1992

¹⁰ Neal, T. E.; Bingham, A. H.; Doughty R. L.: Protective Clothing Guidelines for Electric Arc Exposures. : Petroleum and Chemical Industry Conference, 1996, Record of Conference Papers. The Institute of Electrical and Electronics Engineers Incorporated Industry Applications Society 43rd Annual 23-25 Sep 1996, Philadelphia, PA, USA, Paper No: PCIC-96-34, pp. 281-298, ISBN 0-7803-3587-2

muss, ist noch zu untersuchen. Man muss sich zudem darüber klar sein, dass mit Kalorimetern keine Temperaturen gemessen werden. Die vom Kalorimeter angezeigte maximale Temperaturerhöhung wird nur benutzt, um die kumulierte Wärmeenergie zu bestimmen. Mit der direkt, ohne Material/Kleidung durchgeführten so genannten „nackten“ Kalorimetermessung wird zwar möglicherweise die als Referenz herangezogene Einwirkenergie unterschätzt; das hat jedoch zur Folge, dass man mit der Bewertung der Schutzwirkung hinter dem Material auf jeden Fall auf der sicheren Seite ist. Wollte man die „nackte“ Einwirkenergie genauer bestimmen, wären ggf. andere Messmethoden anzuwenden. Eine gewisse „Totzeit“, die zwischen dem Durchdringen der Kleidung durch die Energie und dem Ansteigen der Kalorimeter bestehen könnte, mag möglich sein, stellt aber kein primäres Problem dar.

25. Mit Vergleichsmessungen zur Übertragbarkeit von kalorimetrische Verfahren wie sie in EN 61482-1-2 durchgeführt werden und dem RWE-Verfahren, konnte mehr Klarheit über den Zusammenhang zwischen der Lichtbogenenergie der Anlage und der prüftechnisch gemessenen Einwirkenergie hergestellt werden. Dabei wurde deutlich, dass bei gleicher Lichtbogenenergie die resultierende Einwirkenergie beim Box-Test im Verhältnis zum RWE-Prüfverfahren am größten ist. Es ist außerdem nicht möglich, die Ergebnisse eines Tests mit bestimmten Prüfbedingungen (exotherme Verbrennungsenergien, Konvektion usw.) zur Extrapolation von Kennwerten, die mit völlig anderen Prüfbedingungen ermittelt wurden, zu verwenden.
26. Obwohl der in den üblichen dreipoligen Anlagen auftretende Lichtbogen eine anders pulsierende Dynamik aufweist, spricht die Reproduzierbarkeit und die messtechnisch günstigere Erfassbarkeit des zweipolig gezündeten Lichtbogens nach Auffassung der Mehrheit der Arbeitsgruppe für dessen Verwendung in einer Prüfnorm.
27. Der Einsatz von Kalorimetern, die Prüfgeometrie und der Einfluss anderer Strahlungsarten müssen weiter untersucht werden. Die BG ETEM hat daher die TU Ilmenau mit einem Forschungsvorhaben beauftragt, um das Boxtest-Verfahren nach EN 61482-1-2 weiterzuentwickeln. Untersucht werden z.B. thermische Auswertekenngrößen, Gründe für Inhomogenitäten der Temperaturverteilung, Einfluss von Metaldampf- und Rauchbildung auf kalorimetrische Messung, Messungen mit Wärmebildkamera, Messungen mit Strahlungs-Spektrometer und Lärm- bzw. Schallmesstechnik. Bisher können folgende Aussagen gemacht werden¹¹:
 - Die konventionellen Kupferkalorimeter bilden die mittels Strahlung übertragene Wärme gut ab.
 - Das Thermoelement eines Kupferkalorimeters hat eine thermische Zeitkonstante von 0,1 bis 0,13 s, die geschwärzte Kupferplatte hat eine Zeitkonstante von knapp unter 0,5 s; die Kalorimeter-Zeitkonstante ist folg-

¹¹ Schau, H.; Novitzkij, A.: Gefährdungen durch Störlichtbögen. Technischer Abschlussbericht, Bericht Nr. 2010-02/BG, Auftraggeber Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM), 18.11.2010.

lich $< 0,5$ s. Die Kupferplatte bildet gemäß Stoll-Chianta-Kriterium das Hautverhalten in der Basalschicht annäherungsweise nach.

- Es wurden Messungen der zeitlichen Änderung und örtlichen Verteilung der Temperatur auf der Rückseite der Kupferplatte von 3 Kalorimetern mit einem IR-Messsystem FLIR SC7200-MB (mit gekühltem Indium-Antimon-Sensor) mit einer Zeitauflösung von bis zu 7700 Hz (d. h. 0,13 ms) durchgeführt. Es handelt sich dabei um das am Markt befindliche System größtmöglicher Zeitauflösung. Gleichzeitig wurden auf konventionelle Weise der zeitliche Temperaturverlauf der Messung mit Thermoelementen aufgezeichnet. Die auf beiden Wegen gemessenen Verläufe zeigen gleiche Charakteristika: Anstiege und Endwerte (Maximalwerte) sind annähernd gleich und liegen im üblichen Abweichungsbereich (übliche Streuung). Es gibt Inhomogenitäten in der örtlichen Temperaturverteilung.
- Die Messungen bestätigen die Erwärmungscharakteristik, die mit konventionellen Kalorimetern gemessen wird. Infrarotmesssysteme können in Prüfungen eingesetzt werden und erlauben eine Auswertung größerer sensorischer Flächen für die Maximaltemperaturermittlung (Einwirkenergieermittlung). Ein routinemäßiger Einsatz des verwendeten IR-Systems scheidet aus Kostengründen aus ($> 50.000,-$ €).
- Die konventionellen Kalorimeter ermöglichen ausreichende Aussagen.
- Beim Boxtest erfolgt Wärmeübertragung in Form von Strahlung, reflektierter Strahlung (Box), Strahlung der erwärmten Umgebung (Gas- und Plasmawolke, Plasmastrahlen, Box etc.) und Konvektion (strömende Gas- und Plasmawolke, abreißende Plasmaschwaden, Metaldampf). Hinzu kommen Wärmebeiträge durch abgeschmolzene Metallpartikel und -spritzer, kondensierenden Metaldampf sowie Verbrennungswärme und exotherme Reaktionen von Elektrodenmaterialien (Aluminium). Im Kupfermaterial (Hautsimulator) spielen sich Wärmeleitungsprozesse ab. An Grenzschichten kommt es zu Wärmeübergängen. Bei Prüfungen von PSA spielen deshalb weiterhin Wärmeübergangsprozesse eine Rolle. Außer der direkten Strahlung, der Lichtbogensäule und Plasmastrahlen, die nur während der Brenndauer von 0,5 s vorliegt, bestehen alle anderen Wärmequellen und Wärmemechanismen längere Zeit, d.h. z. T. deutlich über die 0,5 s hinaus.
- Die Energieaufnahme ist erst nach einigen Sekunden vollständig erfolgt, die gemessene Maximaltemperatur und Einwirkenergie erfüllen damit den gewünschten Zweck. Ob die Temperaturverhältnisse vor der Oberfläche des Kalorimeters (bei direkter Exposition) bzw. an der PSA-Oberfläche durch das Kalorimeter korrekt nachgebildet werden, kann nicht beurteilt werden. Es spielt für die Bewertung der thermischen Auswirkungen in der Haut keine Rolle, da hierfür der Energiefluss maßgeblich ist. Es ist allerdings zu vermuten, dass die thermische Oberflächenwirkung durch die gemessene Einwirkenergie bei direkter Exposition nicht vollständig abgedeckt ist. Das erklärt auch das unterschiedliche Abschneiden eines Tex-

tilmaterials im Boxtest und im Arc-Rating-Test (ATPV-Test), in dem die direkte Einwirkenergie fast ausschließlich aus der Strahlung des offenen Prüflichtbogens resultiert.

- Deshalb wird geschlussfolgert, dass die direkte Einwirkenergie als Referenzgröße für vergleichende Betrachtungen geeignet ist und deshalb als Kriterium der Gültigkeit einer Prüfung genutzt werden kann. Als Basisgröße zur absoluten Charakterisierung der auftretenden thermischen Gefährdung (Risikobeurteilung) sollte diese Größe nicht genutzt werden. Hier ist die elektrische Lichtbogenenergie das besser geeignete Kriterium.
 - Es sollte darüber hinaus untersucht werden, ob die kurzfristig einwirkenden Strahlungen von dieser Messmethode ausreichend erfasst werden. Dazu wäre eine Parallelmessung mit einem Messsystem höherer zeitlicher Auflösung erforderlich.
28. Fünf Labors haben sich an einem Ringversuch zur Ermittlung der Genauigkeit des Prüfverfahrens nach IEC 61482-1-2 beteiligt. Der streng nach ISO 5725-2 ausgewertete Versuch ist erfolgreich verlaufen. Die Auswertung bezog sich auf die Kontrollparameter Lichtbogenenergie und direkte Einwirkenergie sowie den Ergebnisparameter $E_{It} - E_{IStoll}$. Die ermittelten Werte für Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit (Standardabweichungen) sind für Textilprüfungen üblich. Die Genauigkeitskennwerte sind angesichts der Lichtbogenstochastik als sehr gut einzuschätzen. Die Ergebnisse des Ringversuchs sollen bei der Überarbeitung der Norm in einen informativen Anhang einfließen. Die neue Norm könnte gegen Ende 2012/Mitte 2013 vorliegen.

E) Weitere anzustrebende Ziele

29. Informationen über die Gefahren durch Störlichtbögen und entsprechende Grenzen des Betriebs elektrischer Anlagen müssen bereitgestellt und verteilt werden.
30. Erfassung der maximalen Kurzschlussströme bei Unfallmeldungen. Die Unfallmeldungen sollten so gestaltet werden, dass die maximalen Kurzschlussströme – zumindest näherungsweise – genannt werden müssen. Dies würde den Überblick über die Gefährdungssituationen spürbar verbessern. Für die Betriebe ist das Ausfüllen der Unfallmeldebögen der BG aber sozusagen freiwillig. Da zudem der Kurzschlussstrom meist nicht angegeben wird, muss die Technische Aufsichtsperson dann ohnehin persönlich recherchieren. Die BG ETEM wird aber weiter versuchen, diesbezüglich so viele Informationen wie möglich zu gewinnen.
31. Es sollte untersucht werden, ob mit thermisch härter geprüfter PSA ein wesentlich größerer Bereich energieintensiver Anlagen abgedeckt werden kann (siehe Punkt 6.).
32. Der Einsatz von Kalorimetern, die Prüfgeometrie und der Einfluss anderer Strahlungsarten müssen weiter untersucht werden (siehe Punkt 27.).
33. Sobald Erkenntnisse für den vom in Ilmenau verwendeten Spektrometer abgedeckten Wellenlängenbereich von 300 nm bis 800 nm vorliegen, könn-

te in die Wege geleitet werden, die pathophysiologischen Wirkmechanismen auf Haut, Hornhaut des Auges und der Retina bei Lichtbogeneinwirkungen < 1s aufzuklären. Darüber hinaus sind weitere Untersuchungen für die angrenzenden Frequenzbereiche nötig (siehe Punkt 14.).

34. Störlichtbogenvisiere gemäß EN 166 schützen nicht ausreichend vor sichtbarem und infrarotem Licht, da diese Norm bisher keine diesbezüglichen Anforderungen enthält. Die Norm müsste daher dahingehend überarbeitet werden, dass die nach ihr geprüften Visiere auch vor sichtbarem Licht schützen, insbesondere im Bereich zwischen 400 und 500 nm (siehe Punkt 15.).
35. Zur Quantifizierung der Lichtbogenspektren wären weitere Versuche mit Aluminium-, Kupfer-, und ggf. auch mit Stahlelektroden notwendig, um die bisherigen Aussagen der in Österreich für die AUVA durchgeführten Untersuchungen zu überprüfen. Es wäre zudem für eine bessere Vergleichbarkeit der Daten wünschenswert, diese Prüfungen auch nach den Vorgaben der EN 61482-1-2 durchzuführen. Auch eine entsprechende Untersuchung mit einem Aufbau nach EN 61482-1-1 wäre interessant (siehe Punkt 15.).
36. Es sollte untersucht werden, ob die kurzfristig einwirkenden Strahlungen von der kalorimetrischen Messmethode ausreichend erfasst werden. Dazu wäre eine Parallelmessung mit einem Messsystem höherer zeitlicher Auflösung erforderlich (siehe Punkt 27.).
37. Ob die bei Störlichtbögen anfänglich auftretende Strahlung im Kurzzeitbereich Schädigungen in der Tiefe der Haut und des Auges hervorrufen kann und daher separat von der über Kalorimeter absorbierten thermischen Energie mit anderen Messmethoden erfasst werden muss, ist ebenfalls noch zu untersuchen (siehe Punkt 24.)
38. Es gibt immer noch keine harmonisierte Europäische Norm für die eigentlich als Schutz anzuziehende Kleidung. Bisher führt keines der diskutierten Prüfverfahren automatisch zu einer geeigneten Kleidung. Alle diese Normen sind reine Materialprüfstandards, die zwar die wesentlichsten, aber nicht alle Eigenschaften einer sicheren Kleidung bestätigen. So können z.B. ein Innenfutter aus nicht schwerentflammbarem Material oder eine Naht aus schmelzendem und brennendem Polyesternähfaden im Ernstfall erheblich schädigende Auswirkungen auf den Träger haben. Ebenso bietet ein zu geringer Durchgangswiderstand keinen Berührungsschutz gegenüber stromführenden Teilen und kann damit sogar weitere Sekundärgefährdungen hervorrufen. Darüber hinaus sind natürlich auch die klassischen textilspezifischen Anforderungen, wie z.B. Maßbeständigkeit beim Waschen sowie Höchst- und Weiterreißfestigkeit, für einen Anwender nicht nur qualitäts- sondern auch sicherheitsrelevant. Und letztendlich werden auch nur geeignete und entsprechend geprüfte Accessoires, wie schwerentflammbare Reflexstreifen, Embleme oder Logos, die Schutzfunktion einer Kleidung nicht negativ beeinflussen. Solange man diesbezüglich keine harmonisierte Sicht- und Handlungsweise in Europa erreicht und eine verbindliche Festlegung im Sinne der prEN 61482-2 herbeiführt, bleiben eine Reihe wichtiger Punkte offen. Dies gilt gleichbedeutend auch für die anderen Schutzkomponenten wie Handschuhe und Gesichtsschutz, für die auf europäischer Ebene noch weniger Normierungsabsichten zu erkennen sind.