

# Software-gestützte Beurteilung der thermischen Gefährdung durch Störlichtbögen

**Thomas Jordan**

CERBERUS Anwendertreffen 2014  
05. November 2014, Chemnitz

BSD 1 Adapted Solutions 05.11.2014

Der starke  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit

## Geschäftsfelder



Werkzeuge /  
Ausrüstung / PSA



Ausbildung /  
Qualifikation



Technische  
Prüfungen

Ingenieurtechnische Dienstleistungen / Beratung / Consulting

BSD 2 Adapted Solutions 05.11.2014

Der starke  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit

## Mitarbeit von BSD GmbH

- **DKE 214/3, Körperschutzmittel (PSA) und schmiegbare Abdeckungen**
- **DKE 214/5, Arbeitsgeräte und starre Schutzvorrichtungen für AuS**
- **ETG- Fachausschuss V 2.2 Arbeiten unter Spannung**
- **IEC-Arbeitsgruppe, Störlichtbogenschutz (TC 78 WG 15)**

BSD 3 Adapted Solutions 05.11.2014

## Agenda

- **Grundlagen des Störlichtbogenschutzes beim Arbeiten an elektrischen Anlagen**
  - Gefahren
  - Anwendungsbereich
  - PSAGS
  - Normen
- **Auswahl von PSAGS**
  - DGVV I 203-077 (BGI 5188)
  - Softwareunterstützung BSD Lichtbogen-Software
- **Umsetzungsstrategien**
  - Kategorisierung von Arbeitsplätzen
  - Segmentierung von Kabelstrecken

BSD 4

Adapted Solutions 05.11.2014

# Elektrische Gefahren

## - Störrichtbogen -



- Gefahren von Störrichtbögen:
  - Heiße, toxische Gase
  - Heiße Partikel, Metallspritzer und Metalldämpfe
  - Wärmefluss
  - Optische Strahlung
  - Schallwirkung
  - Kraftwirkungen auf den Körper
- Für den Menschen besteht vorrangig Verbrennungsgefahr!

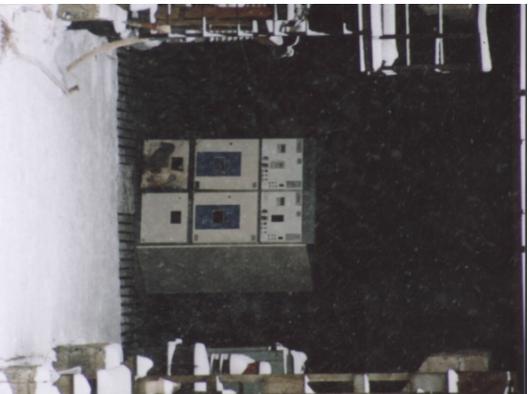


BSD 5 Adapted Solutions 05.11.2014

Der starke  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit

# Elektrische Gefahren

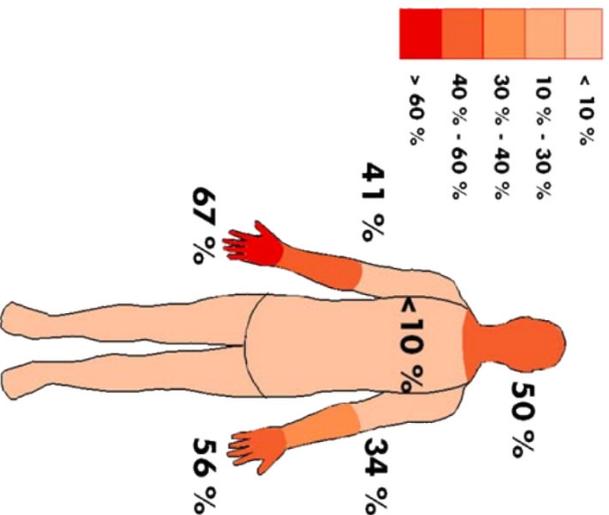
## - Störrichtbogen -



BSD 6 Adapted Solutions 05.11.2014

Der starke  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit

# Elektrische Gefahren - Störlichtbogen -



Störlichtbogenunfälle:  
Verteilung der thermischen  
Schädigungen (IVSS)

Aussage:

Die Körperteile, die sich unmittelbar am Fehlerort befinden (Hände) und die Körperteile, die ungeschützt sind (Kopf), sind am häufigsten betroffen!

Die Gefährdung ist in der Nieder-  
spannung durch den geringeren Ab-  
stand zum Fehlerort noch größer!

# Thermische Gefahren des Störlichtbogens



Maßgebliche Gefahr für den Menschen:  
**HAUTVERBRENNUNGEN**

Die Schwere der Verbrennung bei  
Störlichtbogenunfällen ist abhängig von:

## 1. LICHTBOGENENERGIE

= Lichtbogenleistung                    x    Einwirkzeit

= Lichtbogenstrom x Spannung        x    Einwirkzeit

## 2. ABSTAND zum Fehlerort und ANLAGEGEOMETRIE

# Anwendungsbereich von PSAgs



- ❑ Für welche Tätigkeitsbereiche benötige ich PSA zum Schutz vor den thermischen Gefahren eines Störrichtbogens (PSAgs)?

Tätigkeiten mit grundsätzlicher Störrichtbogensgefahr:

- Ziehen von NH-Sicherungen
- Messen und Prüfen
- Schalthandlungen
- Arbeiten in der Nähe
- Arbeiten unter Spannung (Aus)
- ...



→ Wichtig: Störrichtbogenschutz ist kein Privileg des AusI!

BSD 9 Adapted Solutions 05.11.2014

Der starke  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit

# Anwendungsbereich von PSAgs



- ❑ In welchen Spannungsebenen ist PSA zum Schutz vor Störrichtbögen erforderlich?

→ Der Fokus liegt im Niederspannungsbereich; höhere Spannungsebenen müssen aber ebenso betrachtet werden!



BSD 10 Adapted Solutions 05.11.2014

Der starke  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit

# PSAgS - Schutzbekleidung



- ☐ Schutzbekleidung



BSD 11 Adapted Solutions 05.11.2014

Der starke  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit

# PSAgS - Schutzbekleidung



- ☐ Schutzbekleidung



BSD 12 Adapted Solutions 05.11.2014

Der starke  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit

## PSAgS - Gesichtsschutz

- Visiere und Schutzhauben



BSD 13 Adapted Solutions 05.11.2014

Der starke  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit

## PSAgS - Handschutz

- Isolierende Handschuhe und „Schalthandschuhe“



BSD 14 Adapted Solutions 05.11.2014

Der starke  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit

## PSAgS - Normen

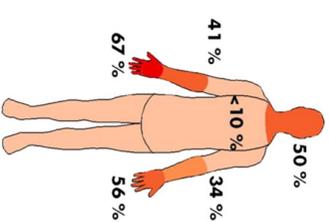
- ❑ Welche Normen beschreiben Anforderungen an den Störlichtbogenschutz von PSAgsS?

Schutzbekleidung: - EN 61482-1-2

Gesichtsschutz: - GS-ET-29

Handschuhe:

In Anlehnung an:  
EN 61482-1-2



→ Basis ist das europäische Box-Test-Prüfverfahren

BSD 15 Adapted Solutions 05.11.2014

## PSAgS - Normen

- ❑ In den Produkt- bzw. Prüfnormen sind zwei Schutzklassen festgelegt:

	Prüfpegel Lichtbogenenergie
<b>Schutzklasse 1</b> (Basisschutz)	158 kJ
<b>Schutzklasse 2</b> (erweiterter Schutz)	318 kJ

→ Der Unternehmer muss nun die korrekte Schutzklasse für die durchzuführenden Tätigkeiten bzw. Arbeitsplätze auswählen.

BSD 16 Adapted Solutions 05.11.2014

## Auswahl der PSAGs

- Die Auswahl des notwendigen Schutzpegels von PSA gegen die thermischen Gefahren des Störrichtbogens (PSAGs) erfolgt gemäß:



**DGUV I 203-077**  
(vormals BGI 5188)  
*„Unterstützung bei der  
Auswahl der  
Persönlichen  
Schutzausrüstung bei  
Arbeiten in elektrischen  
Anlagen“*

BSD 17 Adapted Solutions 05.11.2014

## DGUV I 203-077

- Formuliert einen Berechnungsalgorithmus zur Ermittlung eines Schutzpegels für PSAGs

Eingangsgrößen:

- Netzennennspannung  $U_{Nn}$
  - Kurzschlussleistung  $S_k$ ,
  - Schutzeinrichtungen / Abschaltdauer  $t_k$ ,
  - Anlagengeometrie  $k_t$
  - Arbeitsabstand  $a$
- Netzberechnung und Anlagenkenntnis notwendig
  - Exakte Berechnung möglich
  - Bisher nur für Drehstromnetze
  - Basiert auf dem Box-Test-Prüfverfahren
  - Ergebnis ist eine **arbeitsplatzbezogene Gefährdungsbeurteilung!**

BSD 18 Adapted Solutions 05.11.2014

## DGUV I 203-077

- Nwendige Voraussetzung: Kurzschlussstrom  $I_k$
- Durchführung mittels zweier Berechnungstypen:
  - Typ 1: „worst-case“
    - „Excel“-basiert, Ergebnisse mit hoher Reserve
  - Typ 2: exakte Berechnung
    - Aufwendigere Berechnung, genauere Resultate
- Gefährdungsbeurteilung erfolgt arbeitsplatzbezogen
  - Für ausgedehnte Netze große Zahl an Berechnungen notwendig

BSD 19 Adapted Solutions 05.11.2014

## BSD Lichtbogen-Software



$$k_p = \frac{0,29}{(R/X)^{0,17}}$$

$$k_f = (1 \dots 2,4)$$

$$k_p = f(U_n; d; R/X)$$

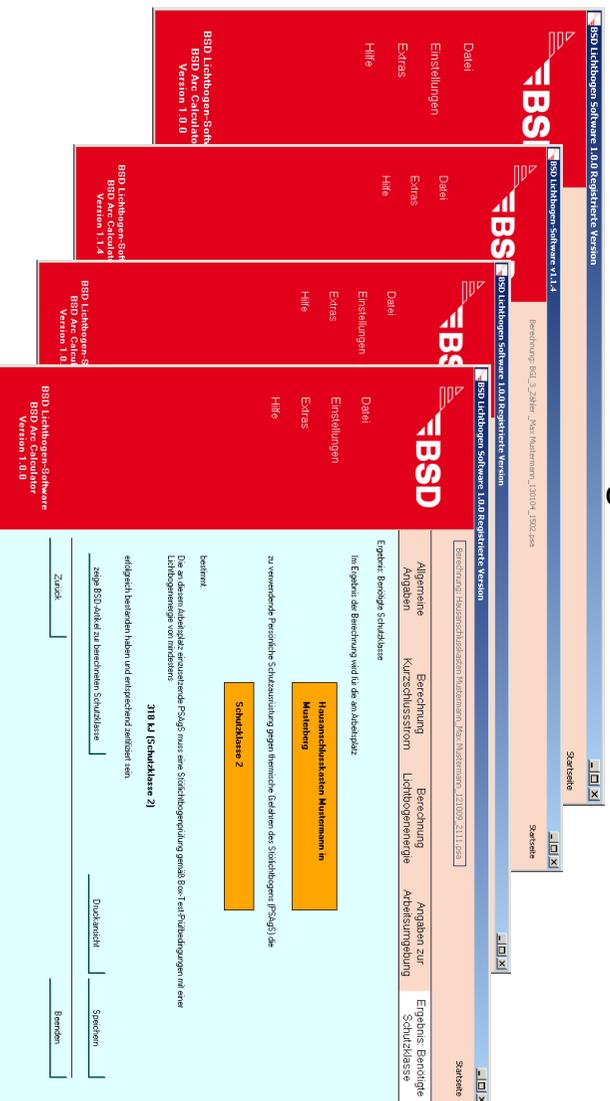
$$k_b = f(U_n; d; R/X)$$

$$W_{LB} \leq W_{LBä}$$

BSD 20 Adapted Solutions 05.11.2014

# BSD Lichtbogen-Software

## Software-Unterstützung

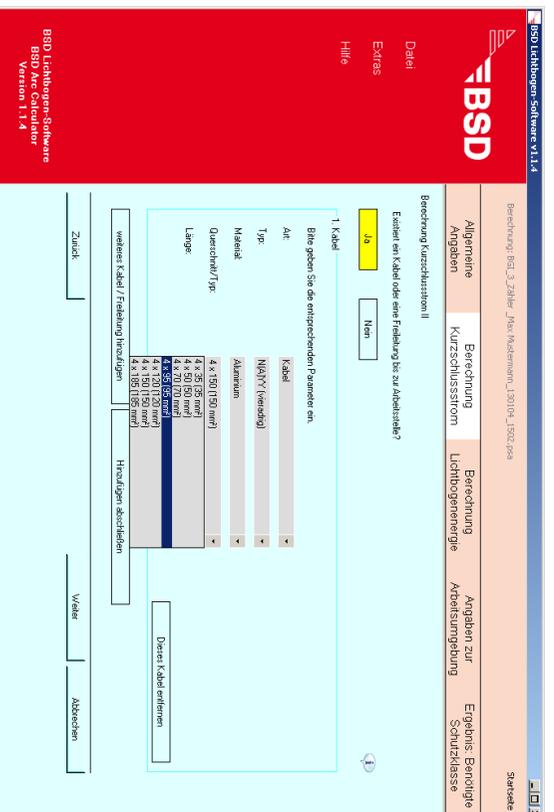


BSD 21 Adapted Solutions 05.11.2014

Der starke Partner für Ihre Sicherheit

# BSD Lichtbogen-Software Funktionen

## Betriebsmittel-Datenbank für einfache EVU-Netze



BSD 22 Adapted Solutions 05.11.2014

Der starke Partner für Ihre Sicherheit

# BSD Lichtbogen-Software Funktionen

- Umsetzung des „exakten“ Berechnungsverfahren

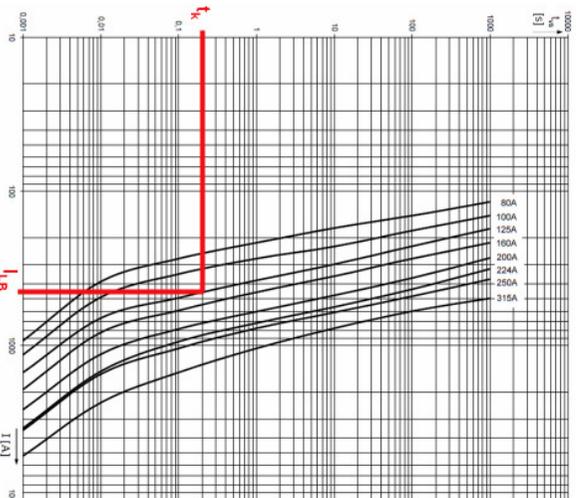
Beispiele aus BGI 5188	Berechnungstyp I „worst case“ $W_{LB}$	Berechnungstyp II „exakt“ $W_{LB}$
Ortsnetzstation	<b>608,2 kJ</b>	<b>243,4 kJ</b>
Muffenloch	<b>189,9 kJ</b>	<b>94,2 kJ</b>
NS-Verteiler (Industrie)	<b>69,4 kJ</b>	<b>15,9 kJ</b>

BSD 23 Adapted Solutions 05.11.2014

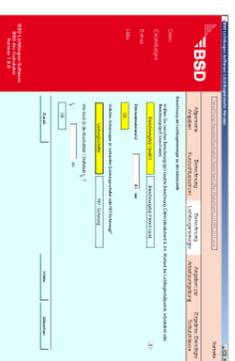
Der starke  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit

# BSD Lichtbogen-Software Funktionen

- Digitalisierte Sicherungskennlinien



gG  
gL  
gTr  
aM  
gR (ASS)  
HH



BSD 24 Adapted Solutions 05.11.2014

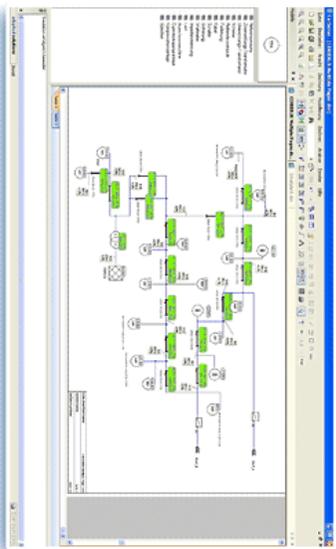
Der starke  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit



# BSD Lichtbogen-Software Funktionen



- demnächst: Datenimport von CERBERUS!



Start	Erweiterungen	Help
Algorithmen	Benennung	Apparatur
Angaben	Kurzfunktionen	Leitungsnetze
Eigene Bauelemente	Leitungsnetze	Auflösung
Ergebnisse	Leitungsnetze	System

**Importieren**

Importieren

Importieren

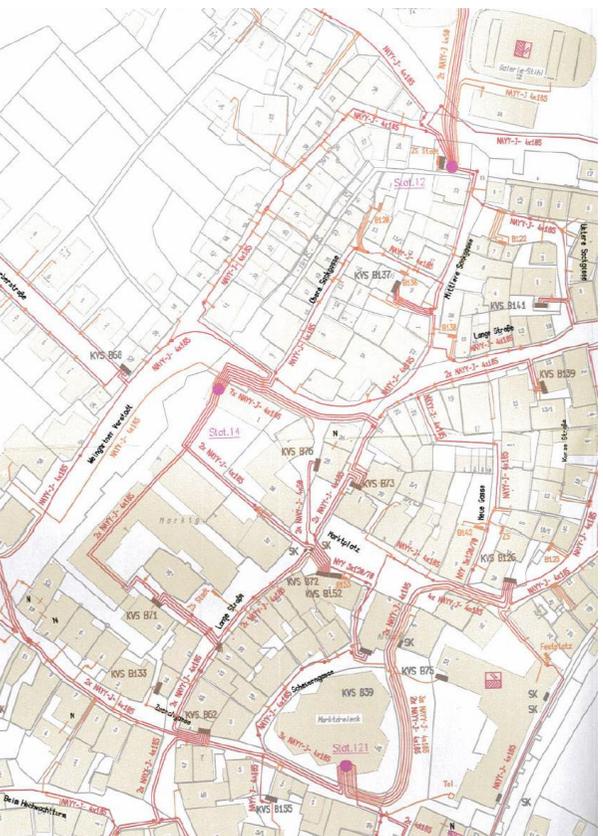
BSD 27 Adapted Solutions 05.11.2014

Der starke  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit

# Umsetzungsstrategien



- NS-Netz



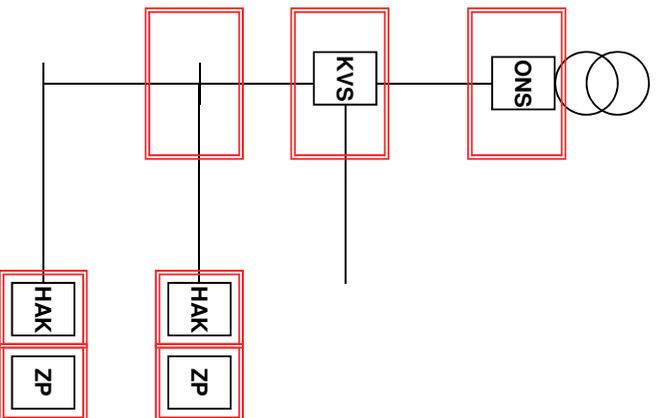
BSD 28 Adapted Solutions 05.11.2014

Der starke  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit

# Umsetzungsstrategien - Kategorisierung



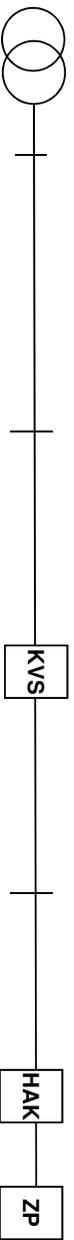
1. Identifikation sich wiederholender Strukturen des zu betrachtenden Netzes
2. Kategorisierung verschiedener typischer Arbeitsstellen
3. Bestimmung der notwendigen Schutz-klasse/Prüfpegel für mind. einen Beispiel-arbeitsplatz jeder Kategorie
4. Identifikation der Kategorie mit dem höchsten notwendigen Schutzniveau
5. Berechnung weiterer Arbeitsplätze dieser Kategorie
6. Auswahl der PSAGs auf Basis dieser Kategorie



BSD 29 Adapted Solutions 05.11.2014

Der stärkste  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit

# Umsetzungsstrategien - Kategorisierung



NH gTr 630 kVA  
NH gG 250 A

150 m NAVY	100 m NAVY	100 m NAVY	10 m NAVY
4 x 150 mm <sup>2</sup>	4 x 150 mm <sup>2</sup>	4 x 150 mm <sup>2</sup>	4 x 35 mm <sup>2</sup>

NH gG 200 A  
NH gL 100 A

W <sub>LB</sub> :	ONS	Muffe 1	KVS	Muffe 2	HAK	ZP
237 kJ	102 kJ	472 kJ	440 kJ	343 kJ	15,9 kJ	
Klasse 1	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 2	> Klasse 2	Klasse 1	
Prüfpegel:	158 kJ	158 kJ	318 kJ	318 kJ	343 kJ	158 kJ

\* Berechnungstyp exakt

BSD 30 Adapted Solutions 05.11.2014

Der stärkste  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit

# Umsetzungsstrategien - Kategorisierung



- Voraussetzung:**
- ❑ Möglichst hoher Standardisierungsgrad der Netztopologie und Betriebsmittel

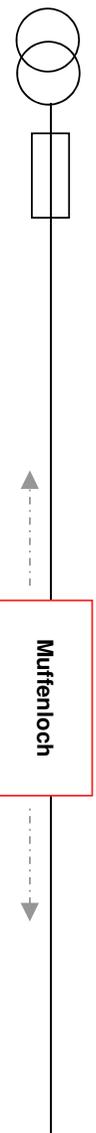
Extra Berechnung für die „Exoten“ und die Strukturen die sich durch ein „historisch gewachsenes“ Netz ergeben.



BSD 31 Adapted Solutions 05.11.2014

Der stärkste  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit

# Umsetzungsstrategien – Segmentierung von Kabelstrecken



## Einfluß auf Lichtbogenenergie:

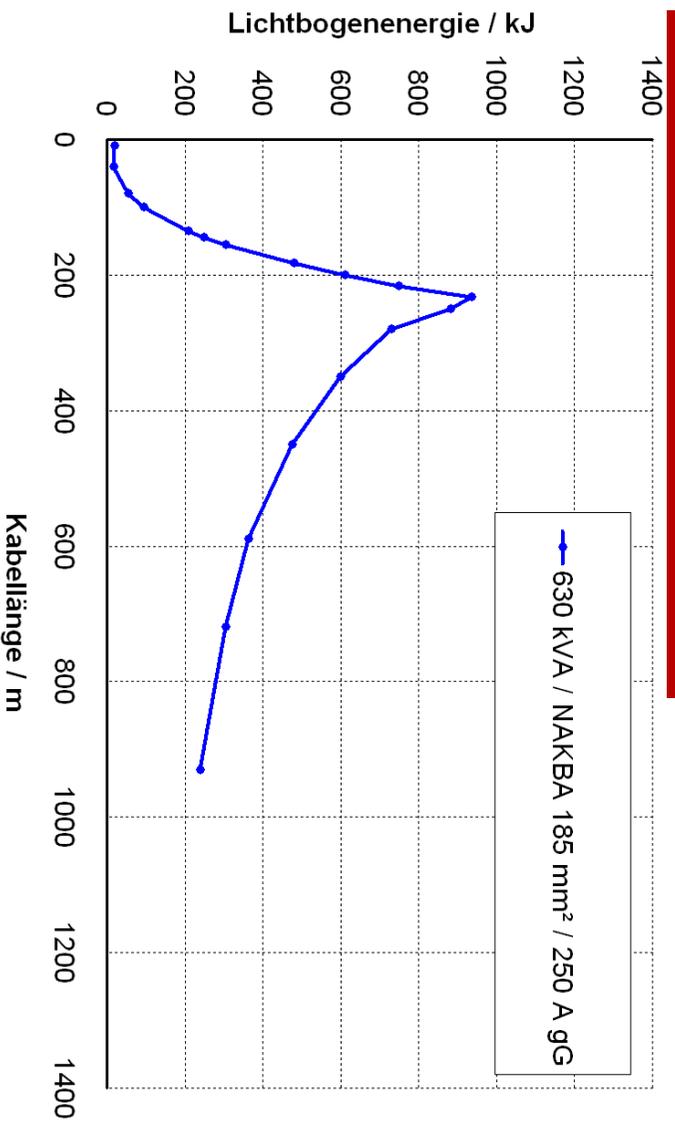
- ❑ Kurzschlussstrom
    - Abhängig von Impedanz (Kabellänge)
  - ❑ Abschaltzeit / Brenndauer
    - Abhängig Kurzschlussstrom
- **Lichtbogengefährdung am Kabel ist ortsabhängig!**



BSD 32 Adapted Solutions 05.11.2014

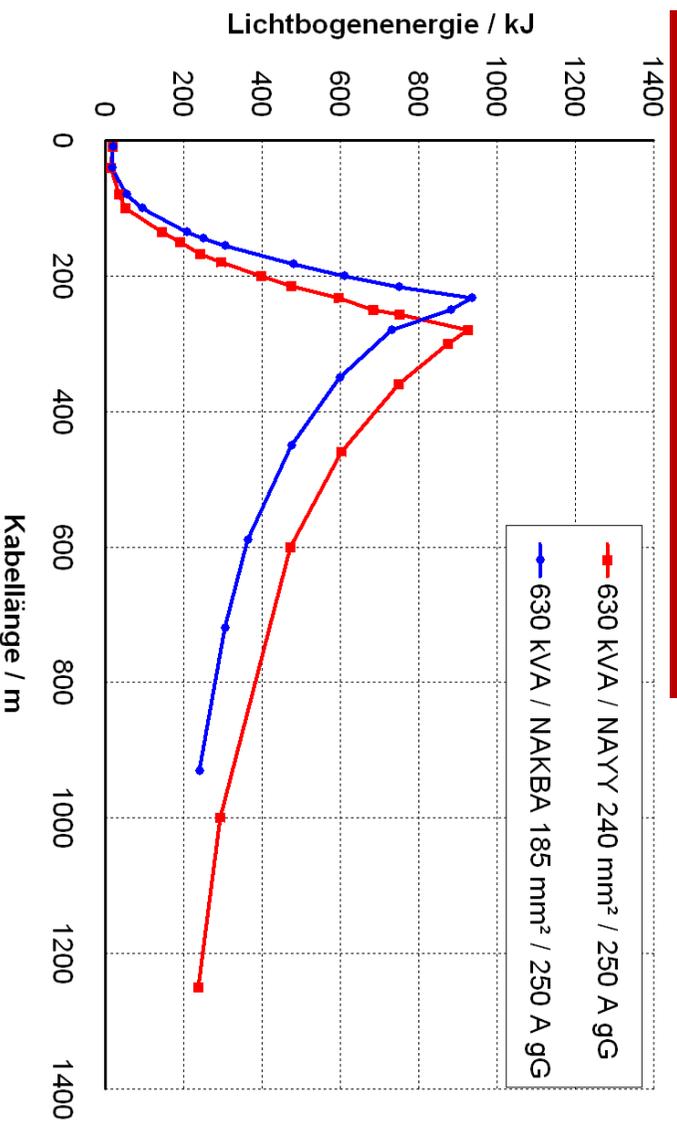
Der stärkste  
Partner  
für Ihre  
Sicherheit

## Umsetzungsstrategien – Segmentierung von Kabelstrecken



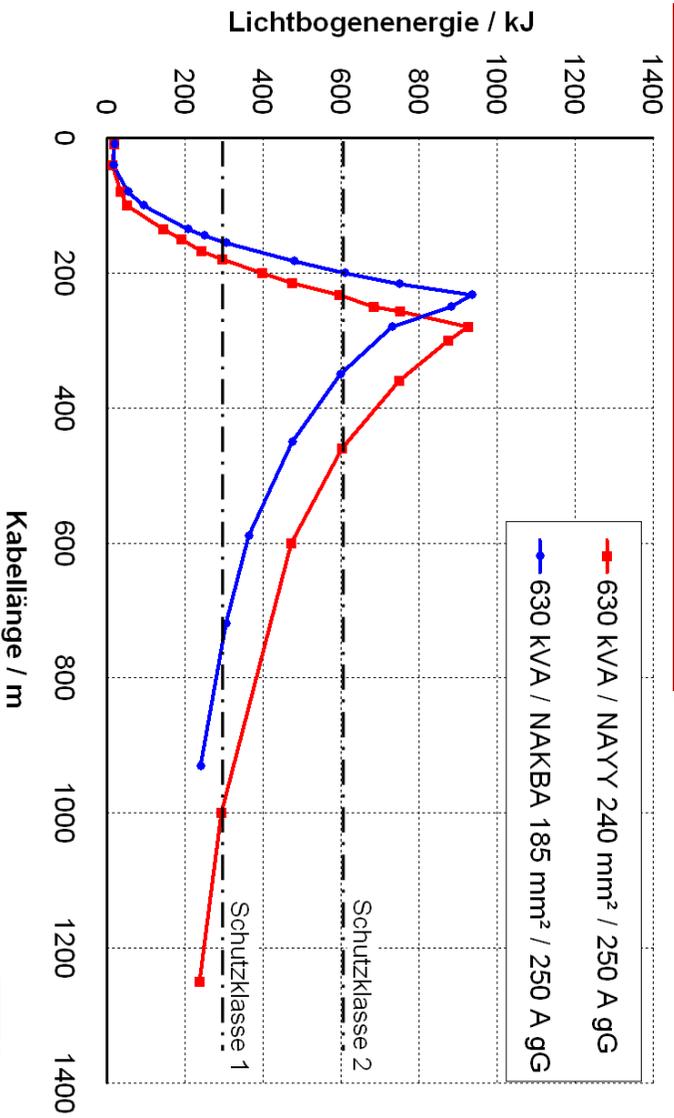
BSD 33 Adapted Solutions 05.11.2014

## Umsetzungsstrategien – Segmentierung von Kabelstrecken



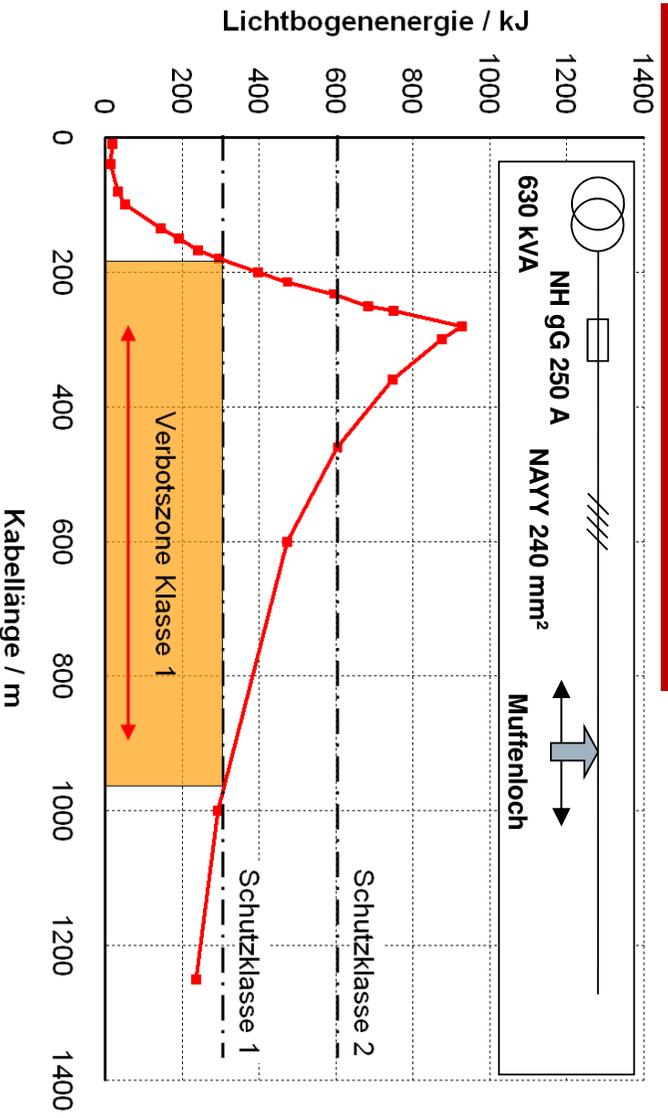
BSD 34 Adapted Solutions 05.11.2014

## Umsetzungsstrategien – Segmentierung von Kabelstrecken



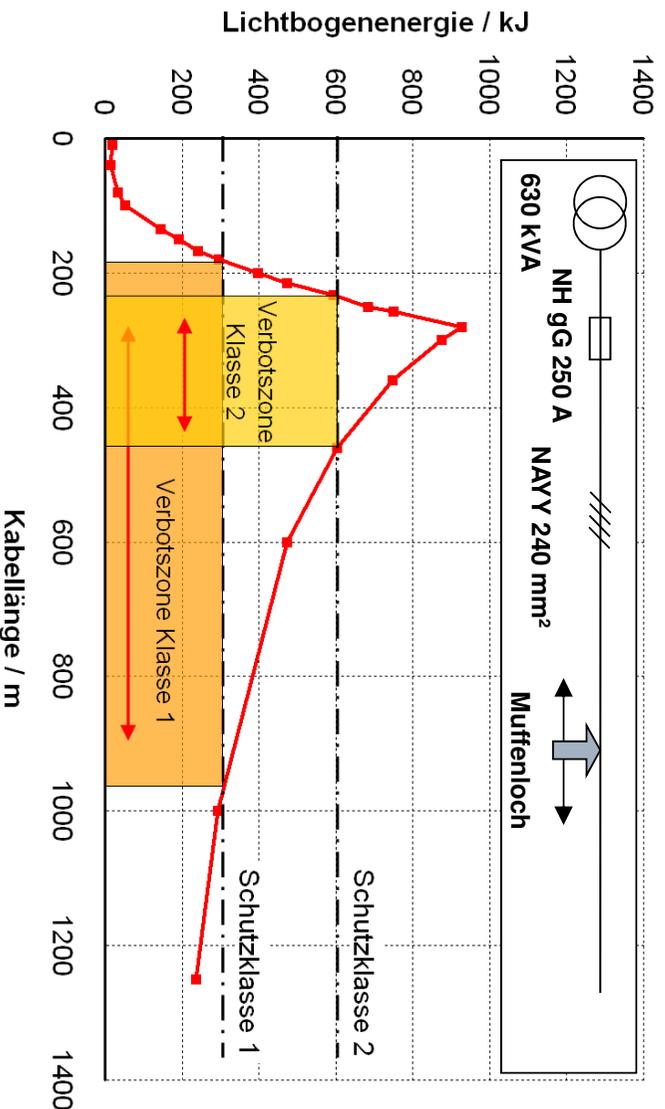
BSD 35 Adapted Solutions 05.11.2014

## Umsetzungsstrategien – Segmentierung von Kabelstrecken



BSD 36 Adapted Solutions 05.11.2014

# Umsetzungsstrategien – Einteilung von Kabelstrecken



BSD 37 Adapted Solutions 05.11.2014

## Zusammenfassung

- ❑ Die DGVV I 203-077 ermöglicht erstmalig eine genaue Bestimmung des notwendigen Schutzpegels von PSAGs für alle Tätigkeiten an elektrischen Anlagen bei der eine Lichtbogengefährdung vorhanden ist.
- ❑ Mit einer strategischen Vorgehensweise durch Identifikation und Kategorisierung typischer Arbeitsplätze sowie Segmentierung von Kabelstrecken lässt sich der Berechnungsaufwand für Industrie- und EVU-Netze minimieren.
- ❑ Die BSD Lichtbogen-Software ist das Werkzeug, welches Sie bei der Beurteilung der Störlichtbogengefährdung und der Auswahl des richtigen Schutzniveaus Ihrer PSAGs wirkungsvoll unterstützt.
- ❑ In Verbindung mit CERBERUS entsteht eine komfortable Kombination zur Unterstützung der verantwortlichen Personen.

---

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

[t.jordan@bsd-dresden.de](mailto:t.jordan@bsd-dresden.de)

---

Der starke  
**Partner**  
für Ihre  
**Sicherheit**

BSD 39 Adapted Solutions 05.11.2014