

Störlichtbogenschutz-System – DEHNarc Geräte-System und Anwendung in der Praxis

Teil 1: Geräte-System

Gerhard Rotter, Arnd Ehrhardt, Michael Rock,
DEHN + SÖHNE GmbH + Co.KG., Neumarkt

Teil 2: Anwendung in der Praxis

Rolf Bähnsch, SWK Setec GmbH, Krefeld

1. Geräte-System

1.1 Schutz von Personen beim AuS vor den Auswirkungen eines Störlichtbogens

Im Arbeitsschutzgesetz ArbSchG, in der Betriebssicherheitsverordnung BetrSichV und in der Berufsgenossenschaftlichen Vorschrift BGV A3 sind die Pflichten des Arbeitgebers verankert, den Beschäftigten geeignete Arbeitsmittel zur Benutzung zur Verfügung zu stellen, die deren Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit gewährleisten. Dies trifft im Speziellen auch auf das Arbeiten unter Spannung (AuS) zu.

Beim AuS in Schaltanlagen verbleibt trotz größter Sorgfalt ein geringes Restrisiko für das Auftreten eines Störlichtbogens [4]. Bei Arbeiten in offenen bzw. geöffneten Schaltanlagen kommt es bei einem Störlichtbogen zur direkten Exposition von Personen. Der Störlichtbogen erzeugt eine intensive Strahlung und es kommt zur direkten thermischen Einwirkung aufgrund hoher Lichtbogentemperaturen. Zugleich treten eine Druckwelle mit entsprechender Kraftwirkung und Schallemissionen mit hohen Pegeln auf. Aufgrund der hohen thermischen Beanspruchung von Materialien in einer Schaltanlage kommt es zur Pyrolyse, heiße toxische Gase entstehen und heiße Partikel sowie Metaldämpfe erhöhen die Brandgefahr und die Einwirkung auf Personen. [1], [3], [5] Damit kann es beim Auftreten eines Störlichtbogens zu massiven Schädigungen von Personen und Anlagen kommen.

Beim AuS ist der Personenschutz unbedingt erforderlich, der im wesentlichen auf zwei Maßnahmen beruht. Zum Einen soll eine Begrenzung der Einwirkenergie auf eine Person durch Schutzkleidung und Körperschutzmittel erreicht werden [3]. Die Persönliche Schutzausrüstung (PSA), die aus isolierendem Helm mit Gesichtsschutzschirm, lichtbogengeprüfter Kleidung, isolierenden Handschuhen und Sicherheitsschuhen besteht ([2]), besitzt eine Schutzwirkung, die durch Prüfungen nachgewiesen wurde [1]. Die angewendeten Prüfklassen mit Prüfströmen von 4 kA bzw. 7 kA (Boxtest) über 500 ms ([7]) zeigen zugleich die Grenzen der Schutzwirkung von Persönlichen Schutzausrüstungen auf. Die PSA, die beim AuS unerlässlich ist, kann den Störlichtbogen nicht aktiv beeinflussen. Deshalb ist zum Anderen die Begrenzung der Störlichtbogenenergie sinnvoll, die vor allem durch eine Reduzierung der Lichtbogendauer erreicht werden kann [3]. Ein Störlichtbogenschutz-System mit Kurzschließer dient in dieser Weise als zusätzlicher Schutz, denn es verringert drastisch die Störlichtbogenwirkungen, vor allem die thermischen und toxischen Wirkungen.

Auch bei prospektiven Kurzschlussströmen größer als 7 kA wird mit einem solchen Schutzsystem eine vergleichbar gute Schutzwirkung bei Störlichtbögen erzielt. In diesem Beitrag wird das Störlichtbogenschutz-System DEHNarc, eine transportable Schutzeinrichtung, für den Personenschutz beim AuS vorgestellt.

1.2 Wirkprinzip des Störlichtbogenschutzes mittels Kurzschließer

Zur Begrenzung der Einwirkdauer eines Störlichtbogens ist die schnelle Herstellung eines Kurzschlusses besonders effizient. Diese Aufgabe übernimmt der Kurzschließer als zentrales Element im Schutzsystem. Das Prinzip beruht hierbei auf der schnellen Kommutierung (t_{Kom}) des Lichtbogenstromes in den Kurzschließer, was zur schnellen Löschung (t_{SLB}) des Störlichtbogens führt (**Bild 1.1**).

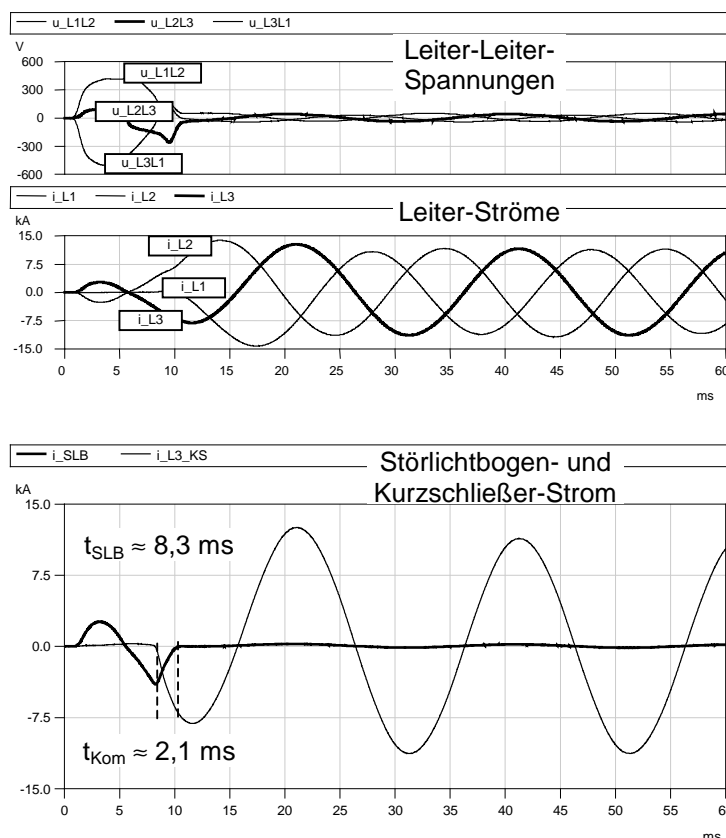


Bild 1.1: Störlichtbogenlöschung bei prospektivem Kurzschlussstrom von 8 kA

Für die Messung in **Bild 1.1** wurde ein Störlichtbogen in einem 400-V-Netz mit TN-C-System zwischen den Sammelschienen L2 und L3 gezündet.

Es bestanden ungünstige Kommutierungsbedingungen, da sich dieser einzelne Störlichtbogen (Fehlerort) in Energieflussrichtung vor dem Kurzschließer befand.

Der mit dem Kurzschließer hergestellte metallische Kurzschluss stellt einen definierten niederohmigen Zustand dar; es fließt nahezu der prospektive Kurzschlussstrom ($i_{\text{L3_KS}}$), der für den Netzknotenpunkt berechnet werden kann.

Diesen Kurzschlussstrom schaltet die vorgeordnete Überstromschutzeinrichtung, im vorliegenden Anwendungsfall eine Sicherung (**Bild 1.8**), definiert in wenigen Millisekunden ab.

1.3 Ausführung des Störlichtbogenschutz-Systems DEHNarc

Das Störlichtbogenschutz-System DEHNarc ist aus mehreren Komponenten aufgebaut. In der Prinzipdarstellung von **Bild 1.2** wird die Zusammenschaltung und die Funktionsweise ersichtlich.

Der Kurzschließer, bestehend aus zwei Kurzschließer-Patronen DEHNarc KSP und einem Trennmesser DEHNarc TRM, befindet sich in einer Sicherungslastschaltleiste, die unmittelbar an die Sammelschiene der Schaltanlage montiert ist.

Das Steuergerät DEHNarc STG, welches die elektr. Anzeige- und Steuereinheit sowie eine Spannungsversorgung enthält, ist über Steuerkabel mit dem Kurzschließer verbunden. Von der Auswerteeinheit im Steuergerät führen LWL-Verbindungen zu den Lichtsensoren, die in der Schaltanlage angeordnet werden.

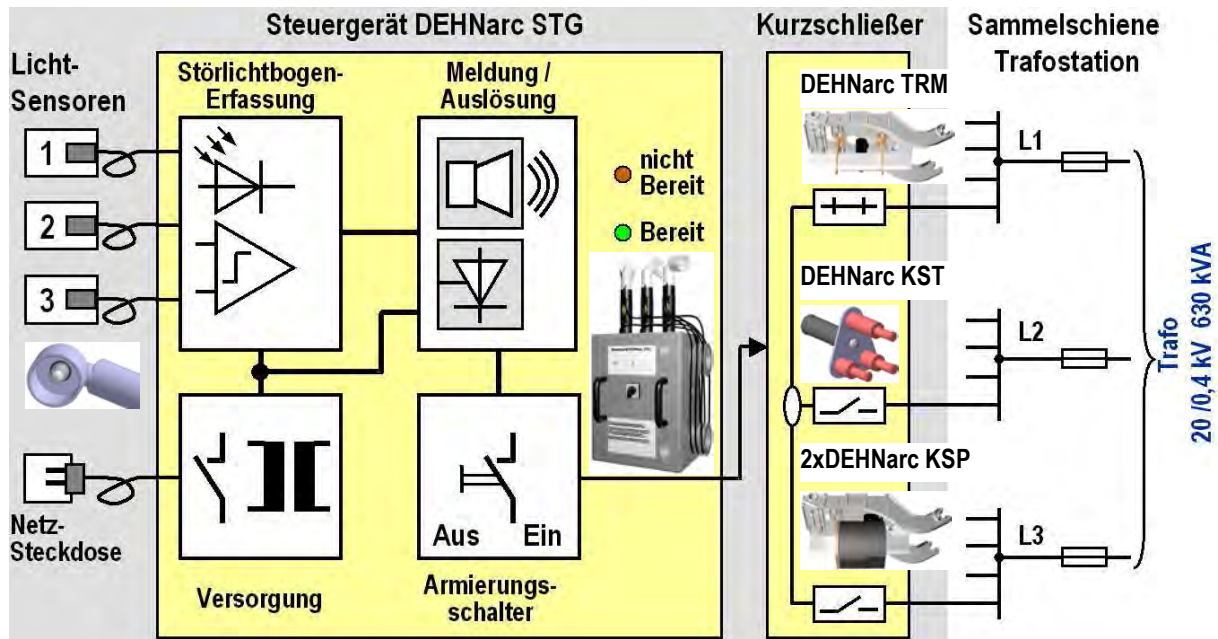


Bild 1.2: Prinzipdarstellung Störlichtbogenschutz-System DEHNarc

Das Störlichtbogenschutz-System DEHNarc arbeitet mit einer rein optischen Störlichtbogen-Erfassung, deren maximale spektrale Empfindlichkeit im sichtbaren Bereich liegt. Die Erfassung bewertet das auf die Sensoren einfallende Licht und erkennt einen Lichtbogen, wenn ein Schwellwert der Beleuchtungsstärke eine feste Zeitdauer überschritten ist oder eine Beleuchtungsstärkeänderung mit bestimmter Änderungsgeschwindigkeit auftritt. Bei zahlreichen Versuchen in einem realen NS-Schaltfeld konnte nachgewiesen werden, dass eine hohe Auslösesicherheit vorliegt. Auslösesicherheit bedeutet die sichere Erkennung von Störlichtbögen, bis hin zu stromschwachen Lichtbögen (1 kA) bei gleichzeitig vorhandener Fremdbeleuchtung. Zudem ist eine hohe Störsicherheit gegen Fehlauslösung beim Einsatz in Innenräumen gegeben. Intensive Fremdlichtquellen, wie Fotoblitzlichtgeräte, Bauscheinwerfer, Leuchtstoff-, Xenon- und Halogenlampen, die bei den Versuchen auch zu- und abgeschaltet wurden, führten nicht zu einer Fehlauslösung der Erfassung. [6]

Beim AuS im Schaltfeld kann es zur Verdeckung oder zur Abschattung der auf das Schaltfeld ausgerichteten Lichtsensoren durch Anlagenteile oder eine arbeitende Person kommen. In einem realen Schaltfeld wurden umfangreiche Versuche mit stromschwachen Lichtbögen (1 kA) durchgeführt, um die minimal erforderliche Anzahl sowie die optimale Positionierung und Ausrichtung der Sensoren zu ermitteln. Dazu wurden Lichtbögen an bestimmten Stellen gezündet und ein Dummy stehend, hockend oder kniend an verschiedenen Positionen vor dem Schaltfeld platziert. Im Ergebnis sind drei optimal positionierte Lichtsensoren zur sicheren Erfassung von Störlichtbögen im Bereich des Schaltfeldes notwendig, deren Anordnung sowie Erfassungsbereiche in **Bild 1.3** bzw. **Bild 1.4** zu sehen ist.

Die Lichtsensoren sind über Lichtwellenleiter (LWL) fest mit dem Steuergerät DEHNarc STG verbunden. Im Steuergerät ist ein Auswertesystem integriert, über das eine Ansteuerung des Kurzschließers bei detektiertem Störlichtbogen erfolgt.

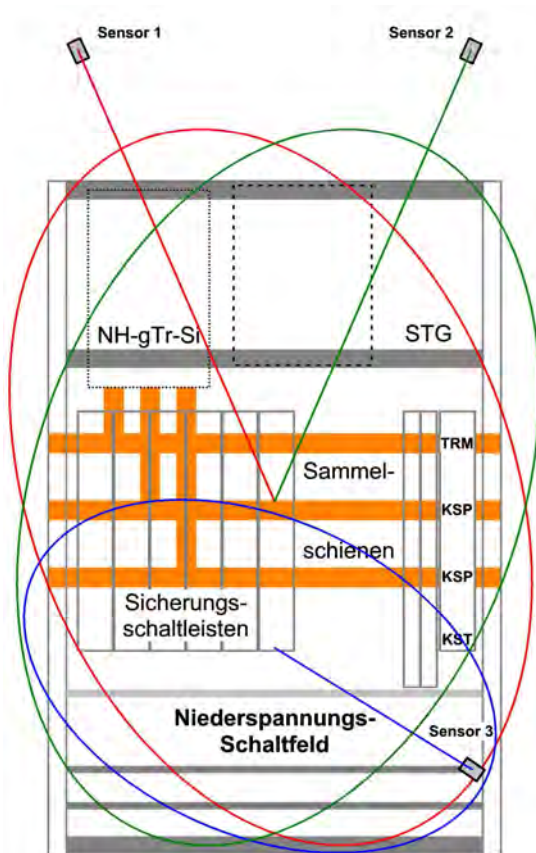


Bild 1.3: NS-Verteilung mit Erfassungsbereichen der Sensoren

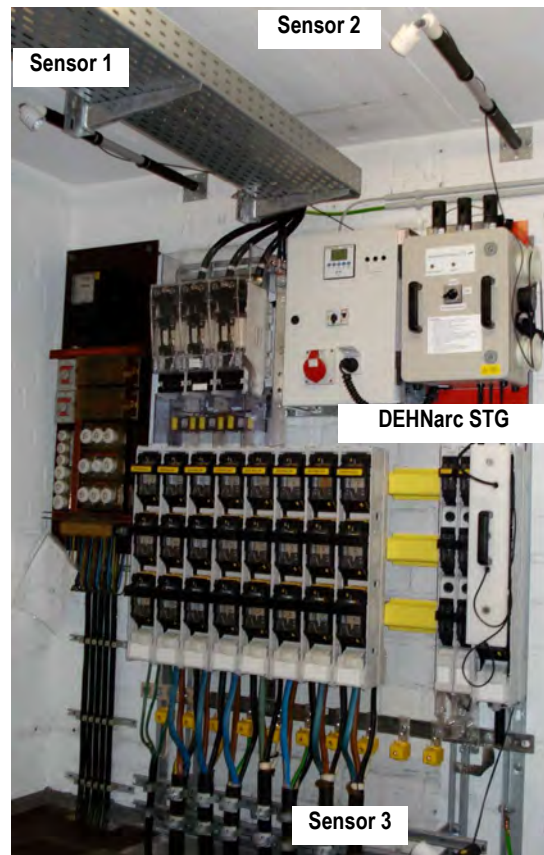


Bild 1.4: DEHNarc in NS-Verteilung installiert

Beim Störlichtbogenschutz-System DEHNarc wird die nahezu unverzügerte Ausbildung eines Parallelpfades zum Störlichtbogen durch die Kombination von antiparallelen Thyristoren mit mechanischen Kurzschließer-Patronen DEHNarc KSP realisiert. Der Kurzschließer besitzt dadurch eine sehr kleine Eigenzeit und kommt ohne wesentliche Hilfsenergie aus. Die eingesetzten Kurzschließer-Patronen DEHNarc KSP (**Bild 1.5**) sind Einwegelemente, die nach einem Kurzschlussfall einfach ausgetauscht werden können. [3], [4], [5]

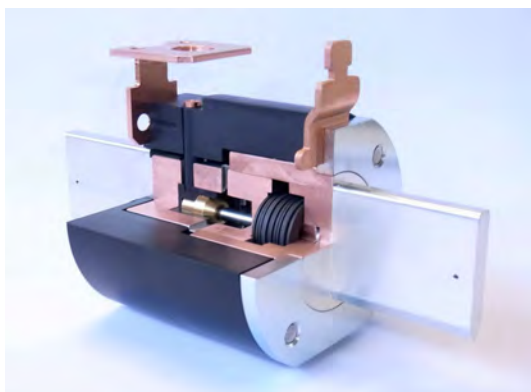


Bild 1.5: Schnitt durch Kurzschließer-Patronen DEHNarc KSP der Baugröße NH3

Zur Herstellung eines 3-poligen Kurzschlusses werden in eine spezielle NH-Sicherungslastschaltleiste mit Verriegelung zwei Kurzschließer-Patronen DEHNarc KSP und ein Trennmesser DEHNarc TRM eingesetzt. Damit wird die Stromkommutierung und das sichere Löschen von Störlichtbögen in allen Netzformen (TN, TT und IT) gewährleistet. Die notwendige Verriegelung der Schaltleiste ist zwangsgeführt und dient dem sicheren Betrieb bei hohen Kurzschlussstromkräften.

1.4 Schutzwirkung des Störlichtbogenschutz-Systems DEHNarc

Die hohe Schutzwirkung des Störlichtbogenschutz-Systems DEHNarc wird durch kurze Lichtbogenzeiten erreicht, die:

- bei großen Kurzschlussströmen bis 25 kA_{eff} typisch 5 ms,
- bei mittleren Kurzschlussströmen um 8 kA_{eff} typisch 8 ms und
- bei kleinen Kurzschlussströmen von 1 kA_{eff} (Existenzgrenze stabiler Lichtbögen in Niederspannungsanlagen) typisch 20 ms betragen.

Dadurch treten nur minimale thermische Wirkungen bei einem Störlichtbogen auf. Mit Hilfe von Box-Tests ([1]) konnte nachgewiesen werden (**Bild 1.6**, **Bild 1.7**), dass beim Einsatz des Störlichtbogenschutz-Systems die Temperaturerhöhung, die Einwirkenergie und der Wärmestrom in einem Abstand von 300 mm zum Lichtbogen weit unter den Grenzwerten für das Auftreten von Hautverbrennungen 2. Grades liegen (sogenannte STOLL-Kurve). Zudem werden die Strahlungs- und Schallwirkungen in ihrer Einwirkdauer begrenzt. Eine mechanische Druckwirkung wird in ihrer Einwirkdauer und absoluten Höhe reduziert. [4]

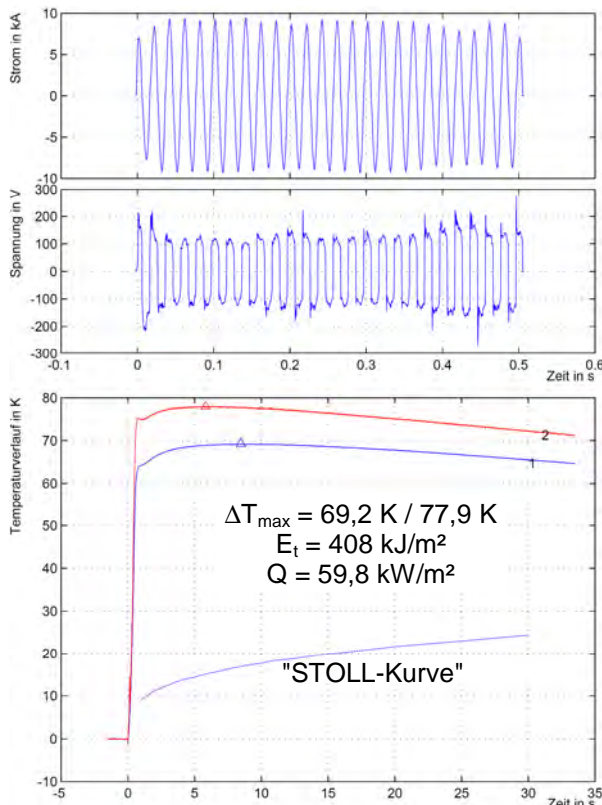


Bild 1.6: Fehlerstrom 8 kA über 500 ms ($t_{SLB} = 500$ ms) ohne Störlichtbogenschutz-System DEHNarc

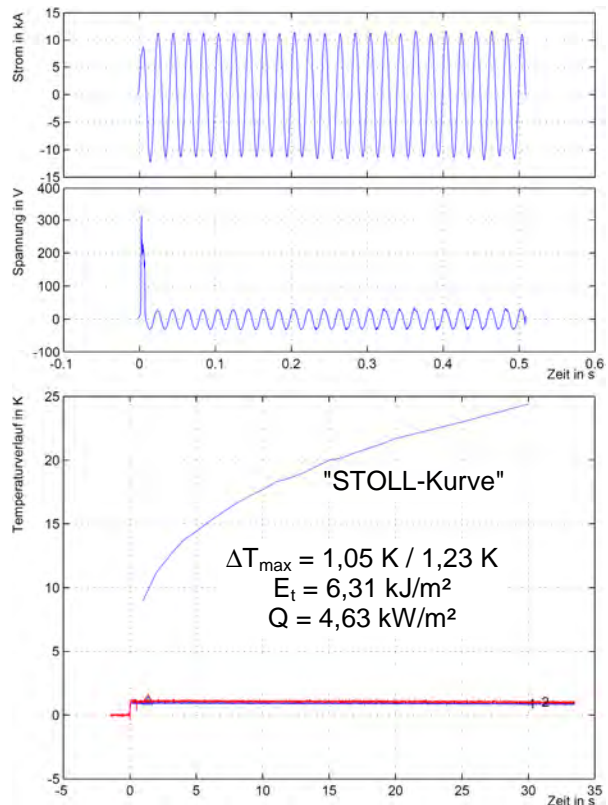


Bild 1.7: Fehlerstrom 8 kA über 500 ms ($t_{SLB} = 8,3$ ms) mit Störlichtbogenschutz-System DEHNarc

1.5 Einsatz von DEHNarc an NS-Verteilungen in Trafostationen

Das Störlichtbogenschutz-System DEHNarc ist vorrangig für den Einsatz in NS-Schaltanlagen höherer Leistung konzipiert. Beim Anschluss unmittelbar nach dem Einspeisetransformator (**Bild 1.8**), mit Leistungen bis 630 kVA, und bei einer Absicherung mit Transformatorsicherungen (gTr) beherrscht DEHNarc prospektive Kurzschlussströme bis 25 kA.

Für das Störlichtbogenschutz-System DEHNarc muss eine Lastschaltleiste, die eine nach [8] geprüfte Kurzschlussfestigkeit von 25 kA besitzt (Stoßkurzschlussstrom $i_p = n \cdot 25 \text{ kA} = 52,5 \text{ kA}$ mit $n = 2,1$), vorhanden sein oder frei gemacht werden. An den Abgängen der Schaltleiste wird das Knotenstück DEHNarc KST montiert. Der Platz für das Steuergerät DEHNarc STG muss verfügbar sein und Montagepunkte für die Halterungen der Lichtsensoren (**Bild 1.4**) müssen geschaffen werden.

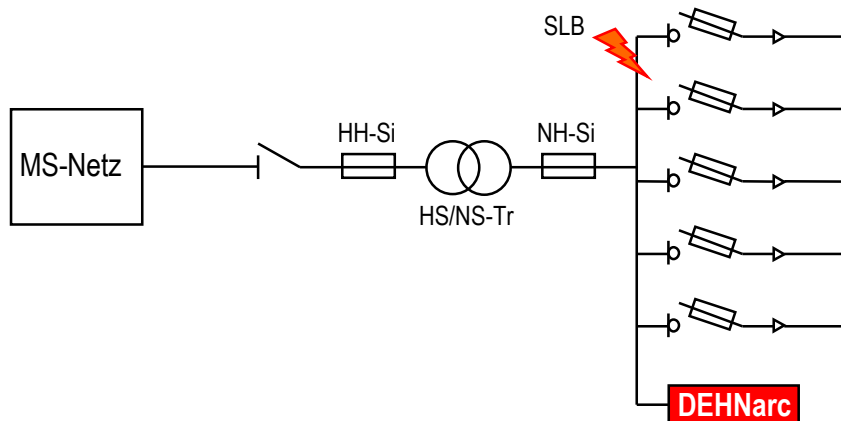


Bild 1.8: Einpoliges Schaltbild mit Einbauort DEHNarc

Die Mehrzahl der Komponenten wird unmittelbar vor der Inbetriebnahme überprüft und montiert. Funktionstests der Lichtsensoren, des Steuergerätes und der Kurzschließer-Patronen können mit Hilfe des Testgerätes DEHNarc TG durchgeführt werden. Bei der Montage in der NS-Verteilung werden das Steuergerät DEHNarc STG im Gerüst der NS-Verteilung eingehängt, die Lichtsensoren unverwechselbar auf Halterungen gesteckt, die Kurzschließer-Patronen DEHNarc KSP und das Trennmesser DEHNarc TRM in die vorbereitete Sicherungslastschaltleiste eingesetzt und mit Steuerleitungen eine Verbindung zum Steuergerät hergestellt. Wenn das Steuergerät an Netzspannung angeschlossen und eingeschaltet wird, dann führt es einen Selbsttest durch und startet automatisch die kontinuierliche Störlichtbogenerfassung. Die einfache Montage der entsprechend gestalteten Komponenten bedeutet das Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile, bei dem keine Berührung oder Überbrückung spannungsführender Teile möglich ist.

1.6 Technische Daten DEHNarc

Das Störlichtbogenschutz-System DEHNarc ist ein modulares Gerätesystem, welches in Niederspannungsschaltanlagen größerer Leistung zum Schutz bei Störlichtbögen eingesetzt wird. Die wichtigsten technischen Informationen zu DEHNarc sind:

- Netzspannung: 400 V / 50 Hz
- Störlichtbogenerfassung: 3 optische Sensoren mit LWL-Verbindung
- Kurzschließereinheit: 2 Kurzschließer-Patronen + 1 Trennmesser
in vorinstallierter, verriegelbarer
NH3-Si-Lastschaltleiste mit Knotenstück
- prospektiver Kurzschlussstrom: 25 kA_{eff} mit Stoßkurzschlussstrom 52,5 kA
- Störlichtbogenlöschung: 5 ms bei 25 kA_{eff} / 20 ms bei 1 kA_{eff}
- max. Dauer metallener Kurzschluss: 500 ms
- Selbsttest und zyklische Überwachung
- Funktionsfähigkeit in dreiphasigen NS-Netzsystemen TN, TT, IT

Durch seinen transportablen Aufbau ermöglicht das Störlichtbogenschutz-System DEHNarc den operativen Einsatz beim AuS [4].

2. Anwendung in der Praxis

2.1 Arbeiten unter Spannung (AuS) in Ortsnetzstationen

Die Planungsgrundsätze vieler EVU's, insbesondere die der Großen sehen vor, dass die Netze immer einfacher mit immer weniger Komponenten gebaut werden. Je weniger Komponenten, desto weniger potenzielle Störungen.

Das bedeutet:

- immer mehr Stichversorgungen,
- Stationen ohne Schalter in den Netzschleifen (nur jede 5. Station schaltbar),
- keine Kabelverteilerschränke.

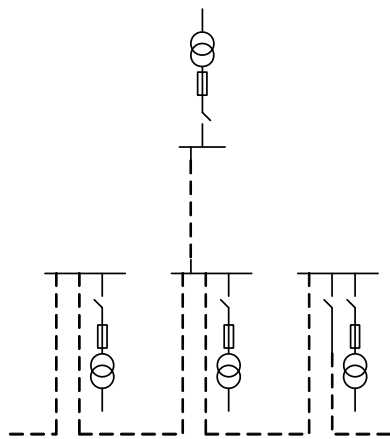


Bild 2.1: Ortsnetzstationen ohne Schalter in der Netzschleife

Für den Netzbetrieb bedeutet dies:

- die Möglichkeit für Entlastungsschaltungen nimmt dramatisch ab,
- Freischaltungen ohne Energieunterbrechung sind kaum noch möglich,
- der Einsatz von Netzersatzanlagen bei Freischaltungen wird immer häufiger notwendig,
- Verlagerung von Arbeiten in die lastschwachen Zeiten.

Zukünftig wird der Bundes Netz Agentur (BNA) jegliche Art von Energieunterbrechung gemeldet:

- planmäßige Abschaltungen,
- Störungen.

Die Netzverfügbarkeit hat zukünftig einen wesentlichen Einfluss auf die Durchleitungsentgelte. Somit wird der Druck auf die Netzbetreiber einen unterbrechungsfreien Betrieb der Anlagen und Netze durchzuführen immer größer. Hingegen wird die Akzeptanz von Energieunterbrechungen bei den Verbrauchern immer geringer.

Energieunterbrechungen ob geplant oder ungeplant haben Auswirkungen auf:

- die Kundenzufriedenheit,
- das öffentliche Ansehen,
- die Gewinne der Energielieferanten und
- die Vergabe (Ausschreibung) von Konzessionsverträgen.

Bei den Stadtwerke Krefeld werden alle Arbeiten an den NS-Verteilungen der Ortsnetzstationen unter Spannung ausgeführt. Zu den Arbeiten gehören:

- Reinigung der Niederspannungsverteilung,
- auf- und ablegen von Kabeln und
- Montagen und Demontagen von Niederspannungsleisten bzw. –unterteilen.

Alle Montagen werden mit PSA der Klasse 2 nach DIN VDE 0682 Teil 306-1-2, störllichtbogengeprüft 7 kA (Boxtest) über 500 ms, durchgeführt.

Die Ortsnetzstationen werden zum Teil im Stich betrieben. Um einen Energieausfall zu vermeiden oder um keine Netzersatzanlage einzusetzen werden die Arbeiten unter Spannung durchgeführt.

2.2 Risikobewertung

Grundsätzlich werden die NS-Verteilungen unter Spannung gereinigt. Beim Reinigen unter Spannung müssen alle isolierenden Abdeckungen entfernt werden. Hierbei hat die Gefährdungsanalyse nach Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) ergeben, dass Gefahren durch Lichtbogeneinwirkung nicht ausgeschlossen werden können.

Die direkten Wirkungen von Störllichtbögen sind:

- Thermische Energieeinwirkung
 - Sehr hohe Temperaturen
- Lichtblitz
 - elektromagnetische Strahlung
- Druckwelle
 - Schall
- Pyrolyse
 - heiße toxische Gase
 - heiße Partikel
 - Metaldämpfe

Insbesondere im Bereich der Trafoeinspeisung direkt an den Sammelschienen können Kurzschlussströme von ca. 23 kA entstehen (siehe **Bild 2.2** und **Bild 2.3**). Die den Mitarbeitern zur Verfügung gestellte PSA der Klasse 2 ist jedoch nur mit einem elektrischen Lichtbogenkennwert = 7 kA; 0,5 sec geprüft. Somit besteht im Falle eines Kurzschlusses an der Sammelschiene ein nicht zu vernachlässigendes Risiko für den Monteur bei einem Lichtbogen, der die Schutzwirkung der PSA überfordert.



Bild 2.2: Sammelschienen



Bild 2.3: Sammelschienen-
verbindung mit Abdeckung

2.3 Wartungsarbeiten unter Spannung mit DEHNarc

Durch den Einsatz des transportablen Störlichtbogenschutz-Systems DEHNarc kann dieses Risiko fast gänzlich ausgeschlossen werden. Diese Art des Lichtbogenschutzes ist relativ preiswert zu erstellen und bietet einen hohen Schutz vor Störlichtbögen bei fast allen Arbeiten an der NS-Verteilung, sowohl beim Auflegen von Kabeln, dem Wechseln von Schaltleisten als auch beim Reinigen der NS-Verteilung.

2.3.1 Einbau der fest installierten Komponenten für DEHNarc.

Um das Störlichtbogenschutz-System DEHNarc in Stationen nutzen zu können, werden eine verriegelbare NH-Sicherungsschaltleiste und drei Aufnahmevorrichtungen für die Sensoren fest eingebaut (siehe **Bild 2.4** und **Bild 2.5**).



Bild 2.4: Einbau einer verriegelbaren
NH-Sicherungsschaltleiste



Bild 2.5: Montierte Sensoraufnahme – Sensor2

Die Aufnahmevorrichtungen sind so konzipiert, dass beim Anbringen der Sensoren kein Verdrehen bzw. Verwechseln möglich ist. Das Anbringen der Sensorhalterungen ist ein Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile (VDE 0105 Teil 100). Hierbei sind alle spannungsführenden Teile abzudecken, damit von eventuell herunterfallenden leitenden Teilen (Werkzeug, Hilfsmittel usw.) kein Lichtbogen entstehen kann.

Das Einbauen der NH3-Sicherungsschaltleiste ist ein Arbeiten unter Spannung. Entsprechend dem Regelwerk (BGR A3, VDE 0105 Teil 100) muss ein Arbeitsauftrag vorliegen und die PSA für AuS getragen werden. In der Regel werden die Leisten immer an der gleichen Stelle eingebaut und zukünftig farblich gekennzeichnet, um eine Verwechslung mit anderen, nicht verriegelbaren NH-Sicherungsschaltleisten auszuschließen.

2.3.2 Installation und Inbetriebnahme DEHNarc

Sind Arbeiten in der Station unter Spannung durchzuführen wird zunächst die Funktionstüchtigkeit des Störlichtbogenschutz-Systems DEHNarc geprüft (siehe **Bild 2.6**).

Danach werden die Kabelanschlüsse der verriegelbaren NH-Sicherungsschaltleiste mit dem Knotenstück DEHNarc KST kurzgeschlossen (siehe **Bild 2.7** bis **Bild 2.9**).



Bild 2.6: Funktionsprüfung
Steuergerät DEHNarc STG



Bild 2.7: Montage Knotenstück
DEHNarc KST



Bild 2.8: 3-poliges Knotenstück
DEHNarc KST



Bild 2.9: DEHNarc KST an Kabelanschlüssen
der NH-Sicherungsschaltleiste montiert

Anschließend müssen die Kurzschließerpatronen DEHNarc KSP und das Trennmesser DEHNarc TRM in die Leiste eingesetzt und die Verriegelungen geschlossen werden (siehe **Bild 2.10**).

Danach wird das Steuergerät DEHNarc STG an der NS-Verteilung angebracht und die Sensoren montiert (siehe **Bild 2.11**). Jetzt wird das Gerät eingeschaltet und die AuS – Arbeiten können beginnen.



Bild 2.10: Einsetzen der Kurzschließerpatronen DEHNarc KSP und des Trennmessers DEHNarc TRM



Bild 2.11: Montage der Sensoren

2.4 Fazit und Visionen



Bild 2.12: DEHNarc montiert

Die Kosten für die Stationsvorrüstung für das Störlichtbogenschutz-System DEHNarc sind sehr gering. Die Mehrkosten für eine verriegelbare NH-Sicherungsschaltleiste sind marginal und der Einbau der Sicherungsschaltleiste sowie der Einbau der Halterungen für die Sensoren dauert ca. 45 Minuten. Die eingebaute Sicherungsschaltleiste kann für die Zeit, in der in der Station nicht unter Spannung gearbeitet wird jederzeit für temporäre Anschlüsse wie z. B. Bauanschlüsse oder Anschlüsse für Veranstaltungen genutzt werden.

Die Sensoraufnahmeverrichtungen und die NH-Sicherungsschaltleiste mit Verriegelung können in allen Ortsnetzstationen im Zuge von allen Wartungsarbeiten eingebaut oder bei Neubauten direkt vom Lieferant der NS-Verteilung vorinstalliert werden.

Das Störlichtbogenschutz-System DEHNarc (Steuergerät mit Sensoren, Kurzschließerpatronen, Trennmesser und Knotenstück) muss nur einmal angeschafft werden und findet seinen Einsatz in allen Stationen beim Arbeiten unter Spannung.

Für einen relativ geringen Aufwand erhält man mit dem Störlichtbogenschutz-System DEHNarc ein großes Plus an Personenschutz für Arbeiten unter Spannung.

Zukünftig soll dieses System auch in Kompaktstationen eingesetzt werden können. Hierzu müssen noch einige Untersuchungen und Versuche durchgeführt werden. Vielleicht ist es sogar möglich, das System so weiter zu entwickeln, dass es Funkgesteuert für die Montagen im Niederspannungskabelnetz einen wirksamen Lichtbogenschutz gibt.

Literatur

[1] Haase, J.; Schau, H.: Wirkungen von Störlichtbögen bei Fehlern in Niederspannungs-Anlagen, 5. Fachtagung "Arbeiten unter Spannung (AuS)", Dresden, 9. – 10. Oktober 2003, ETG-Fachbericht, Band 95, 2003, S. 67 – 79

[2] Hempel, M.; Köhler, W.; Tänzer, H.: Beherrschung von Störlichtbögen in NS-Anlagen, 5. Fachtagung "Arbeiten unter Spannung (AuS)", Dresden, 9. – 10. Oktober 2003, ETG-Fachbericht, Band 95, 2003, S. 81 – 87

[3] Schau, H.; Ehrhardt, A.: Einsatz von Kurzschließern zum Schutz von Personen beim AuS, 7. Fachtagung "Arbeiten unter Spannung (AuS)", Dresden, 19. – 20. September 2007, ETG-Fachbericht, Band 106, 2007, S. 83 – 90

[4] Schau, H.; Ehrhardt, A.: Quenching arcing faults via a short-circuiter during live working up to 1000 V, Session S3, 9th International Conference on Live Maintenance (ICOLIM), Torun, Poland, 04.-06. June 2008, proceedings pp. 72 – 84

[5] Schau, H.; Halinka, A.; Winkler, W.: Elektrische Schutzeinrichtungen in Industrienetzen und anlagen, Grundlagen und Anwendungen, Hüthig & Pflaum Verlag, München/Heidelberg, 2008, ISBN: 978-3-8101-0255-3

[6] Ehrhardt, A.; Schau, H.: Proving of the tripping safety of a novel device for arc flash protection, Session 6.5, 54. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium (IWK), Technische Universität Ilmenau, 07. – 10. September 2009, 8 Seiten

[7] DIN IEC 61482-1-2 (VDE 0682-306-1-2): 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), Dezember 2007

[8] DIN EN 60947-3 (VDE 0660-107): Niederspannungsschaltgeräte – Teil 3: Lastschalter, Trennschalter, Lasttrennschalter und Schalter-Sicherungs-Einheiten, Februar 2010