

# Einhaltung der Grenzerwärmung in NS-Schaltanlagen (2)

H.J. Rübsam, Meerbusch

**Steigende Anforderungen an die Betriebswärmeabfuhr und das Isolationsvermögen eingesetzter Betriebsmittel sowie an die in den Folgejahren zu erwartende höhere Anlagenauslastung durch eine weitere Energiebedarfssteigerung machen die Berücksichtigung zunehmender Sicherheitsanforderungen, eine laufende Bewertung des potentiellen Risikos und daraus abzuleitende Maßnahmen zur Schadensverhütung bereits bei der Planung, Herstellung und Errichtung von Schaltanlagen notwendig. Auch der zweite Teil des Beitrages stellt Lösungen aus der Praxis vor, die eine hohe Funktionsfähigkeit sicherstellen.**

## 3.5 Kalibrationstemperatur bimetal-behafteter Schalt- und Schutzgeräte

Während eine Kapselung in hoher Schutzart, z.B. IP54/IP55, Staub und Wasser von den eingebauten Betriebsmitteln fernhält und damit die Einsatzbedingungen zunächst verbessert, verschlechtert sich gleichzeitig die Wärmeableitung/Lüftung. Damit reduziert sich die Strombelastbarkeit. Schaltschränke in geschlossener Bauart hoher Schutzart beinhalten so gut wie keine Luftzirkulation, keinerlei Wärmetransport/-strömung und unterstützen damit die Bildung von „gefährlichen Wärmeneuern“.

**Beispiel aus der Praxis:** In einer Textilmaschinenfabrik erfolgte innerhalb eines isolierstoffgekapselten Schrankverteilersystems in Schutzart IP54 eine Überlast-Abschaltung von Leitungsschutzschaltern mit einem Nennstrom von 16 A bereits bei einem niedrigen Betriebsstrom von  $\leq 12$  A, bedingt durch eine Umgebungstemperatur von  $\geq 55^\circ\text{C}$  innerhalb des Schaltschranks. Tafel 1 zeigt die korrigierten Werte des Nennstroms in Abhängigkeit von anderen Umgebungstemperaturen.

Für das thermische Auslöseverhalten gilt für Leitungsschutzschalter eine Bezugstemperatur von  $+30^\circ\text{C}$  für den angegebenen Nennstrom  $I_N$  (A).

**Empfehlung:** Berücksichtigung der Kalibrationstemperatur bimetal-behafteter Schalt- und Schutzgeräte, wie Leitungsschutz- ( $30^\circ\text{C}$ ), Fehlerstromschutz- ( $30^\circ\text{C}$ ), Motorschutz- ( $35^\circ\text{C}$ ) und Leistungsschalter ( $45^\circ\text{C}$ ) innerhalb der Schaltschrank-Umgebungstemperatur. Gegebenenfalls muss in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur eine Reduzierung der Stromtragfähigkeit beachtet werden.

Autor

Dipl.-Ing. Hans J. Rübsam ist beratender Ingenieur in Meerbusch.

**Anmerkungen:** Der Vergleich beider Darstellungen in Bild 5 und Tafel 1 zeigt, dass die übliche Typprüfung der Schaltgeräte für die Beurteilung der Erwärmung in einer geschlossenen Schaltgerätekombination nicht oder nur wenig hilfreich ist, da auch die Schaltgeräte ihren Nennstrom und ihre Erwärmung auf eine Umgebungstemperatur von durchschnittlich  $35^\circ\text{C}$  beziehen und nicht, wie für den Einbau in einem Schrank/Gehäuse erforderlich, auf mindestens  $+55^\circ\text{C}$ . Die zulässigen Grenzwerte bei  $+55^\circ\text{C}$ , teilweise auch darüber, und in Abhängigkeit der in Schaltgerätekombinationen üblichen Leitungslängen müssen beim Schaltgerätehersteller erfragt werden. Wenn die Schaltgeräte nicht über entsprechende thermische Reserven verfügen, muss ihr Bemessungsstrom soweit gesenkt werden, dass die zulässigen Grenzerwärmungen (Bezugstemperaturen) nicht überschritten werden, um eine einwandfreie Abschaltfunktion zu gewährleisten.

## 3.6 Be- und Entlüftungsstutzen

Bei Temperaturschwankungen, die beim Übergang von tagsüber betriebener und nachts abgeschalteter Anlage oder bei täglicher Sonneneinstrahlung und nächtlicher Abkühlung auftreten, entsteht das Problem einer Betauung über die Schaltschrankdichtung. Beim Abkühlen entsteht im Innern der Schaltanlage ein Unterdruck und damit wird feuchte Außenluft in das Innere gesogen und kondensiert. Gerade beim Einsatz kompakter Schaltgeräte mit sehr engen Kontaktabständen zwischen den Außenleitern und damit sehr beengten Verhältnissen zur Verschienung/Verdrahtung und zusätzlich bei einer Montage dieser Betriebsmittel auf Montageplatten können Staub- und Schmutzablagerungen zwischen den Kontakten bei zusätzlicher Kondenswasserbildung das Isolationsvermögen deutlich herabsetzen. Beim Schalten entstehen Schaltüberspannungen und damit ionisierte leitende Gase, die eine Lichtbogenzündung verursachen können.

**Beispiel aus der Praxis:** Bei einer im Außenbereich eines Hüttenwerkes errichteten Stahlblechgehäuseverteilung in Schutzart IP55 wurde ständig Kondenswasser innerhalb der Verteilung festgestellt. Trotz vollständiger Abdichtung und zusätzlichem Regen- und Sonnenschutzdach konnte die Kondenswasserbildung nicht eliminiert werden, Korrosion und Überschläge waren die Folge. Ein Druckausgleichsstutzen mit Insekten-Schutzgitter in der Schutzart IP44 wurde an der Unterseite der Verteilung angebracht, sodass ein Unterdruck vermieden wurde und mögliches Kondenswasser ablaufen konnte.

### Empfehlung:

- Druckausgleichsstutzen oder Be- und Entlüftungsstutzen bei Gehäusesystemen oder Lüftungskümmenbleche – auch Luftein- und Luftaustrittsfilter – in Schutzart

**Tafel 1 Belastbarkeit von Leitungsschutzschaltern in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur**

| Nennstrom<br>$I_N$ (A) | Umgebungstemperatur |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|
|                        | 30°C                | 35°C | 40°C | 45°C | 50°C | 55°C | 60°C |
| 0,5                    | 0,5                 | 0,47 | 0,45 | 0,4  | 0,38 | -    | -    |
| 1                      | 1                   | 0,95 | 0,9  | 0,8  | 0,7  | 0,6  | 0,5  |
| 2                      | 2                   | 1,9  | 1,7  | 1,6  | 1,5  | 1,4  | 1,3  |
| 3                      | 3                   | 2,8  | 2,5  | 2,4  | 2,3  | 2,1  | 1,9  |
| 4                      | 4                   | 3,7  | 3,5  | 3,3  | 3    | 2,8  | 2,5  |
| 6                      | 6                   | 5,6  | 5,3  | 5    | 4,6  | 4,2  | 3,8  |
| 10                     | 10                  | 9,4  | 8,8  | 8    | 7,5  | 7    | 6,4  |
| 16                     | 16                  | 15   | 14   | 13   | 12   | 11   | 10   |
| 20                     | 20                  | 18,5 | 17,5 | 16,5 | 15   | 14   | 13   |
| 25                     | 25                  | 23,5 | 22   | 20,5 | 19   | 17,5 | 16   |
| 32                     | 32                  | 30   | 28   | 26   | 24   | 22   | 20   |
| 40                     | 40                  | 37,5 | 35   | 33   | 30   | 28   | 25   |
| 50                     | 50                  | 47   | 44   | 41   | 38   | 35   | 32   |
| 63                     | 63                  | 59   | 55   | 51   | 48   | 44   | 40   |

IP54 bei Schranksystemen vermeiden einen Unterdruck in der Kapselung und ermöglichen so einen Luftaustausch (Druckausgleich) mit der Umgebung; eine Kondenswasserbildung wird verhindert.

- Innenbeheizung (Heizventilator) mit geringer Leistung bei größeren Schranksystemen, möglichst mittels elektronischem Thermometer und kombiniertem Hygrometer gesteuert. Aber: Mögliche Abschaltung der Energieversorgung (z.B. bei Nacht) beachten.

### 3.7. Festlegung des Leiterquerschnitts

Die Verlustleistung der inneren Verdrahtung ist teilweise mit über 50% an der Wärmeentwicklung innerhalb einer Schaltanlage beteiligt. Sie ist über die Leitungsquerschnitte wesentlich zu beeinflussen (Tafel ②). Entsprechend der VDE 0660 Teil 507 / A2 (Entwurf), Anhang -B- wird der Betriebsstrom in Abhängigkeit zur zulässigen Leitertemperatur, zur Lufttemperatur innerhalb der Kapselung um den Leiter und zur möglichen Leiterinstallation festgelegt; im Schaltanlagenbau üblich nutzt man hier zur Auswahl die Gruppe 3 – frei verlegte Leitungen.

**Beispiel aus der Praxis:** Bei einer Auswahl und Festlegung von Querschnitten nach Gruppe 3 der VDE 0660 Teil 507 (kleinster Querschnitt bei höchstem Betriebsstrom) und anschließender Verlegung der stromführenden Leitungen ( $\geq 10$  A) in Kabelkanälen besteht die Gefahr außergewöhnlicher Erwärmung und damit Wärmestau, Schwelbrand oder Rauch.

### 3.8 Wärmebeständige Isolierstoffe

Die obersten Gebote bei der Errichtung von Starkstromanlagen in Neubauten wie auch bei der Sanierung von Altbauten heißen:

- Vermeidung von Bränden
- Einsatz schwerentflammbarer, selbstverlöschender Werkstoffe und
- Verwendung chlorfreier (halogenfreier) Kunststoff-Basisprodukte.

Die Richtlinien für den Brandschutz, speziell in Kabel- und Leitungsanlagen, hat der Verband der Sachversicherer e.V. (VdS) überarbeitet. Die Fassung 09.94 unter dem Aktenzeichen VdS 2025 schreibt für bestimmte Bereiche den Einsatz von halogenfreien Kabeln und Leitungen vor (selbstverlöschend, raucharm, keine giftigen und korrosiven Halogenverbindungen).

**Beispiel aus der Praxis:** EN 61082 schreibt vor, dass elektrische Betriebsmittel, Schaltanlagen und insbesondere Berührungsschutzabdeckungen wie auch zu verlegende Leitungen mit eindeutigen Kennzeichnungen hinsichtlich der verwendeten Kunststoffe zu versehen sind. Es gilt, bei der Anwendung und dem Einsatz von Kunststoffen in der Elektrotechnik den Trend zu „Billiglösungen“ gerade bei Erstinvestitio-

nen und hier speziell bei Abdeckungen, Blenden, Schottungen, Isolierbändern und -schläuchen zu stoppen sowie die Kosten und Risiken bei der späteren Nutzung nachhaltig zu bewerten und zu berücksichtigen.

**Empfehlung:** Die in Schaltgeräten und Schaltgerätekombinationen verwendeten technischen Kunststoffe müssen insbesondere den Anforderungen zur Gewährleistung der Brandschutz- und Funktionssicherheit entsprechen. Angaben zur „Güte“, z.B. von Abdeckungen/-platten und Schottungen werden dargestellt in

- Glühdraht-Prüfung nach VDE 0471 Teil 2-1 mit Prüftemperatur von min. 650°C;
- Prüfung auf Entflammbarkeit (Glühstab-Prüfung) nach VDE 0304 Teil 3 in der Stufe BH 2-30 (früher Stufe II b);
- Flammbeständigkeit nach UL-Standard 94, z.B. Einstufung nach V-O, bedeutet: Prüfkörper müssen innerhalb von 5 Sekunden verlöschen, die Watte darf nicht entzündet werden und ein Nachglimmen darf 30 s nicht überschreiten;
- Prüfung auf Brandverhalten nach DIN 4102 Teil 1: Baustoffe der Klasse B1 = „schwerentflammbar und selbstverlöschend“;
- Prüfung auf Halogenfreiheit nach VDE 0472 Teil 815 bedeutet: Masse-Anteile betragen für die Halogene Chlor  $<0,2\%$ , Brom, Jod und Fluor  $<0,1\%$ . Spätestens seit der Brandkatastrophe im Düsseldorfer Flughafen weiß jeder, wie gefährlich Rauchgase sein können. Insofern werden deshalb halogenfreie oder zumindest halogenarme Bauteile verlangt.

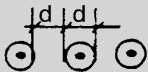
Bei der Wahl von Kunststoffwerkstoffen sind also Flammbeständigkeit, günstiges Verhalten bei einer Lichtbogenzündung, hohe Kriechstromfestigkeit und eine hohe UV-Beständigkeit ausschlaggebend, und das ohne Halogenzusätze. Der Schutz von Leben, Gesundheit und Umwelt tritt in den Vordergrund.

### 3.9 Anschlussschrauben und -klemmen an Schienen und Geräten

Gemäß VDE 0660 Teil 500, Abschnitt 8.1.2 befreit die Durchführung einer Stückprüfung beim Hersteller den Errichter der Schaltgerätekombination nicht von der Verpflichtung zu einer Überprüfung der Schaltgerätekombination nach dem Transport und nach dem Errichten (z.B. in Bezug auf Lockerung von Schrauben oder dergleichen).

Keinesfalls sollten die Anschlussschrauben und Anschlussklemmen an Stromschienen, Schaltgeräten und sonstigen Betriebsmitteln weder bei der Herstellung noch nach dem Transport und nach dem Errichten (Aufstellen u. Anschließen) „bis zum Anschlag“ mit dem Schraubendreher oder Schraubenschlüssel angezogen werden. Lose bzw. unsachgemäß (zu fest!) ausgeführte Klemm- und Quetschverbindungen gehö-

**Tafel 2 Strombelastbarkeit isolierter Leitungen im geschlossenen Schaltschrank bei einer Luftumgebungstemperatur um den Leiter von 55°C**

| Querschnitt<br>(Cu) | Leiter-Grenztemperatur 70 °C                                                         |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        |                                                                                   |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        |                                                                                     |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                     |  1) |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        |  |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        |  |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        |
|                     | Luftumgebungstemperatur im Schaltschrank um den Leiter 55 °C                         |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        |                                                                                   |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        |                                                                                     |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        |
|                     | Verlegungsbedingung: <b>Im geschlossenen Schaltschrank</b>                           |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        |                                                                                   |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        |                                                                                     |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        |
|                     | Strombelastbarkeit<br>Überlastschutz, therm.<br>Leistungsschalter                    | Überlastschutz, therm.<br>Leitungsschutzschalter<br>Sicherung | Kurzschlußschutz, magn.<br>Leitungsschutzschalter<br>Sicherung | Kurzschlußschutz, magn.<br>Leistungsschalter<br>(Sofort-Auslöser) | Strombelastbarkeit<br>Leitung<br>nach VDE 0298, Teil 4 | Strombelastbarkeit<br>Überlastschutz, therm.<br>Leistungsschalter                 | Überlastschutz, therm.<br>Leitungsschutzschalter<br>Sicherung | Kurzschlußschutz, magn.<br>Leitungsschutzschalter<br>Sicherung | Kurzschlußschutz, magn.<br>Leistungsschalter<br>(Sofort-Auslöser) | Strombelastbarkeit<br>Leitung<br>nach VDE 0298, Teil 4 | Strombelastbarkeit<br>Überlastschutz, therm.<br>Leistungsschalter                   | Überlastschutz, therm.<br>Leitungsschutzschalter<br>Sicherung | Kurzschlußschutz, magn.<br>Leitungsschutzschalter<br>Sicherung | Kurzschlußschutz, magn.<br>Leistungsschalter<br>(Sofort-Auslöser) | Strombelastbarkeit<br>Leitung<br>nach VDE 0298, Teil 4 |
| mm <sup>2</sup>     | A                                                                                    | A                                                             | A                                                              | A                                                                 | A                                                      | A                                                                                 | A                                                             | A                                                              | A                                                                 | A                                                      | A                                                                                   | A                                                             | A                                                              | A                                                                 | A                                                      |
| 1,5                 | 8                                                                                    | 6                                                             | 20                                                             | 120                                                               | 8                                                      | 8                                                                                 | 6                                                             | 20                                                             | 120                                                               | 10                                                     | 8                                                                                   | 6                                                             | 20                                                             | 120                                                               | 15                                                     |
| 2,5                 | 11                                                                                   | 10                                                            | 25                                                             | 165                                                               | 11                                                     | 12                                                                                | 10                                                            | 25                                                             | 180                                                               | 14                                                     | 12                                                                                  | 10                                                            | 25                                                             | 180                                                               | 20                                                     |
| 4                   | 14                                                                                   | 10                                                            | 25                                                             | 210                                                               | 14                                                     | 18                                                                                | 16                                                            | 32                                                             | 270                                                               | 18                                                     | 20                                                                                  | 20                                                            | 35                                                             | 300                                                               | 26                                                     |
| 6                   | 18                                                                                   | 16                                                            | 32                                                             | 270                                                               | 18                                                     | 23                                                                                | 20                                                            | 35                                                             | 345                                                               | 23                                                     | 25                                                                                  | 25                                                            | 40                                                             | 375                                                               | 33                                                     |
| 10                  | 25                                                                                   | 25                                                            | 40                                                             | 375                                                               | 25                                                     | 31                                                                                | 25                                                            | 40                                                             | 465                                                               | 31                                                     | 32                                                                                  | 32                                                            | 50                                                             | 480                                                               | 45                                                     |
| 16                  | 34                                                                                   | 32                                                            | 50                                                             | 510                                                               | 34                                                     | 42                                                                                | 40                                                            | 80                                                             | 630                                                               | 42                                                     | 50                                                                                  | 50                                                            | 100                                                            | 750                                                               | 60                                                     |
| 25                  |                                                                                      |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        | 55                                                                                | 50                                                            | 100                                                            | 825                                                               | 55                                                     | 65                                                                                  | 63                                                            | 125                                                            | 975                                                               | 79                                                     |
| 35                  |                                                                                      |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        | 67                                                                                | 63                                                            | 125                                                            | 1005                                                              | 67                                                     | 85                                                                                  | 80                                                            | 160                                                            | 1275                                                              | 96                                                     |
| 50                  |                                                                                      |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        | 85                                                                                | 80                                                            | 160                                                            | 1275                                                              | 85                                                     | 115                                                                                 | 100                                                           | 200                                                            | 1725                                                              | 121                                                    |
| 70                  |                                                                                      |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        | 105                                                                               | 100                                                           | 200                                                            | 1575                                                              | 105                                                    | 149                                                                                 | 125                                                           | 250                                                            | 2235                                                              | 149                                                    |
| 95                  |                                                                                      |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        | 125                                                                               | 125                                                           | 250                                                            | 1875                                                              | 125                                                    | 175                                                                                 | 160                                                           | 315                                                            | 2625                                                              | 175                                                    |
| 120                 |                                                                                      |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        | 147                                                                               | 125                                                           | 250                                                            | 2205                                                              | 147                                                    | 210                                                                                 | 200                                                           | 400                                                            | 3150                                                              | 210                                                    |
| 150                 |                                                                                      |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        | 167                                                                               | 160                                                           | 315                                                            | 2505                                                              | 167                                                    | 239                                                                                 | 200                                                           | 400                                                            | 3585                                                              | 239                                                    |
| 185                 |                                                                                      |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        | 191                                                                               | 160                                                           | 315                                                            | 2865                                                              | 191                                                    | 273                                                                                 | 250                                                           | 500                                                            | 4095                                                              | 273                                                    |
| 240                 |                                                                                      |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        | 225                                                                               | 200                                                           | 400                                                            | 3375                                                              | 225                                                    | 322                                                                                 | 315                                                           | 630                                                            | 4830                                                              | 322                                                    |
| 300                 |                                                                                      |                                                               |                                                                |                                                                   |                                                        | 260                                                                               | 250                                                           | 500                                                            | 3900                                                              | 290                                                    | 371                                                                                 | 315                                                           | 630                                                            | 5565                                                              | 371                                                    |

ren zu den typischen Schwachstellen in NS-Schaltanlagen.

**Beispiel aus der Praxis:** Nach dem Transport und nach dem Errichten wurden sämtliche Anschlussschrauben und Anschlussklemmen der Schaltgerätekombination auf der Baustelle durch den Installateur „bis zum Anschlag“ nachgezogen. Eine durch Federelemente vorhandene Federwirkung wurde damit wirkungslos. Während des Betriebs erwärmten sich die Kupferschienen, nach abendlicher Abschaltung trat eine Abkühlung ein. Bei den Kupferschienen trat ein Materialfluss ein, die Federwirkung reichte nicht aus und somit war an dieser Stelle ein ordentlicher Kontaktübergang nicht mehr gewährleistet – ein Ausglühen war die Folge.

**Empfehlung:** Sämtliche Anschlussschrauben und Anschlussklemmen mit einem Drehmomentenschlüssel unter Berücksichtigung der empfohlenen Anzugsdrehmomente für Anschlussschrauben und Anschlussklemmen an Stromschienen und Schaltgeräten nach DIN 43673 Teil 1 befestigen. Damit wird die Aufrechterhaltung einer genügenden Vorspannkraft sichergestellt und ein Selbstlockern der Schraubverbindungen verhindert.

Mit einem schmalen Farbanstrich über Schraube/Mutter und Gegenstück sollte

vom Schaltanlagenhersteller die „richtige“ Montage quittiert werden. Damit kann sich eine Überprüfung nach dem Transport und nach dem Errichten in Bezug auf die Lockerung von Schrauben auf eine optische und ggf. auf eine Stichprobenkontrolle beschränken; das gilt ebenso für die Gründlichkeit anlässlich der Wartung.

### 3.10 Aufstellen vor einer Wand

Bei einer Innenraum-Aufstellung beträgt die angenommene Raumtemperatur -5 bis +40°C und der Mittelwert über 24 Stunden +35°C. Die relative Luftfeuchte liegt mit 50% bei +40°C oder 90% bei +20°C in Grenzen, die bei langsamen Temperaturänderungen im Innenraum nur gelegentlich zu einer Kondenswasserbildung führen. Die Verlustleistung muss teilweise über die Umhüllung/Kapselung an die Umgebung abgeführt werden. Die Wärmemenge, die aus einem Schrank oder Gehäuse abgeführt werden kann, ist von der Differenz der Temperatur im Innern der Kapselung zur Umgebung abhängig. Je nach Schutzart des Schrankes/Gehäuses und der Höhe der in der Schaltgerätekombination installierten Verlustleistung ist die Lufttemperatur im Innern der Kapselung um einige 10° höher als die äußere Umgebungstemperatur.

**Beispiel aus der Praxis:** Die Vergrößerung der Abstrahlfläche von Schränken/Gehäusen lässt sich nur in Einzelfällen realisieren, da die Abmessungen, der Preis (!) und der Aufstellungsort bauseits fest vorgegeben sind.

### Empfehlung:

- Bei einer Aufstellung vor einer Wand empfiehlt es sich, die Errichtung der Schaltanlage mit einem Abstand von ca. 80...120 mm von der Wand vorzunehmen; es wird damit eine „Kaminwirkung“ zwischen Schaltschrankrückwand und Gebäudewand erzielt und eine deutlich günstigere Wärmeabstrahlung (über die großflächige Rückwand) und Wärmeleitung (durch Kaminwirkung) erreicht.

- Bei einem Nischen-Einbau empfiehlt sich, die Wärmeabfuhr über diagonal angeordnete Lüftungsklemmen sicherzustellen (vgl. Einbaukühlschrank in der Küche).

- Eventuell ist eine geringere Ausnutzung der Stromtragfähigkeit eingebauter Schaltgeräte zu berücksichtigen.

- Eine Senkung der installierten Verlustleistung ist auch durch die Erhöhung der Querschnitte der inneren Verdrahtung erreichbar.

#### 4 Zusammenfassung und Ausblick

Die thermische Überbeanspruchung ist noch immer die häufigste Ausfallursache in modernen Schaltanlagen und Verteilersystemen. Hier gilt es, sowohl bei der Beurteilung des Zustandes der Niederspannungsanlage und möglicherweise erforderlichen Nachrüstung zur Sicherstellung einer hohen Funktionstüchtigkeit wie auch bei der Berücksichtigung von Maßnahmen zur Einhaltung vorgegebener Grenzerwärmungen installierter bzw. noch zu installierender Betriebsmittel einzelne technische Möglichkeiten zu nutzen, um einem Schaden vorzubeugen.

**Aktiver Schutz** gegen zu hohe Schaltschränkerwärmung, Ansatzpunkte zur Begrenzung der Betriebstemperaturen auf der Basis der „10 Gebote“:

- Ermittlung und Festlegung des maximalen Bemessungsbetriebsstromes für die Schaltanlage
  - Angabe des  $I_{Bmax}$  auf dem Typenschild
  - u. U. Einbau eines Strombegrenzers (Leistungsschalter, Sicherung oder dergleichen).
- Ermittlung und Berücksichtigung möglicher Oberwellenströme/-frequenzen.
- Ermittlung und Berücksichtigung innerer Schaltschrank-Temperaturen.
- Auf innere und äußere Konvektion (Luftströmung) achten.
- Waagerechte Fachböden (Schottungen) in perforierter (gelochter) Ausführung, um innere Luftströmung zu gewährleisten.
- Senkrechte Trennwände (Schottwände) in geschlossener Ausführung, um Kaminwirkung innerhalb der Schaltanlage zu erzielen.
- Gegebenenfalls Schutzart einschränken (IP43 statt  $\geq$  IP54).
- Montage von Hochstrom-Schaltgeräten ( $\geq 100$  A) auf Montageschienen.
- Einbau wärmeempfindlicher Geräte und Bauteile an einem „sicheren“ (kühleren) Einbauplatz im unteren Teil des Schalt-

schranks; (Kalibrationstemperatur bimetall-behafteter Schaltgeräte beachten).

- Eventuell Erhöhung der Querschnitte der inneren Verdrahtung (Gruppe 2 statt 3).
- Besondere Beachtung bezüglich der Wahl von Kunststoffabdeckungen/Schottungen; Baustoffklasse „B1“ beachten; schwerentflammbar und selbstverlöschend.
- „Richtiges“ Anzugsdrehmoment bei Stromschienen- und Schaltgeräte-Anschlüssen.
- Errichtung der Schaltanlage mit einem Abstand von 80...120 mm vor der Wand.
- Berechnung der Grenzerwärmung nach VDE 0660 Teil 507 vornehmen, insbesondere nach Ergänzungen, Erweiterungen etc.

**Passiver Schutz** gegen zu hohe Schaltschränkerwärmung; ggf. sind weitere zusätzliche Maßnahmen zum Schutz gegen zu hohe Betriebstemperaturen erforderlich:

- Druckausgleich zur Verhinderung von Kondenswasserbildung (bei Gehäusesystemen).
  - Diagonal angeordnete Lüftungskiemungen für eine bessere innere Konvektion (Luftströmung) bei Schranksystemen.
  - Luftein- und Luftaustrittsfilter (Schutzart IP 54).
  - Etagenlüfter („Umluft-Quirl“) zur Vermeidung von Wärmenestern.
  - Fremdbelüftung (Filterlüfter, optimal je ein Lufteintritts- und ein Luftaustrittslüfter).
  - Klimatisierung der gesamten Schaltanlage.
- Ziel dieses zusätzlich erforderlichen Schutzes muss es sein, die Betriebserwärmung in Schaltanlagen und Verteilersystemen auf ein erlaubtes, ungefährliches Maß zu begrenzen und eine hohe Funktionstüchtigkeit auch unter Berücksichtigung einer zu erwartenden höheren Anlagenauslastung zu erreichen.

Die sich häufenden Schadensfälle sind auch der Anlass, ältere Niederspannungsanlagen

ständig in regelmäßigen Abständen zu überwachen und zu überprüfen und bei der Planung und Ausführung neuer Schaltanlagen und Verteilersysteme notwendige Maßnahmen zur Begrenzung bzw. Einhaltung vorgegebener Grenzerwärmung zu beachten. Bei Schaltfeldern, die an der Grenze ihrer Belastung liegen, ist ernsthaft und sehr gewissenhaft über eine Erweiterung oder einen Austausch der Schaltanlage nachzudenken, die dem heutigen technischen Stand entspricht.

Nur wer in die Schadensverhütung investiert (durch eine sichere Schaltanlagen-Technik), kann mit einer Kooperation der Schadensversicherung bei der Vertragsgestaltung rechnen.

#### Literatur

- [1] VDE 0660 T.500, EN 60439-1:1999, Ausg. 8.2000: Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen; Teil 1: Typgeprüfte und partiell typgeprüfte Kombinationen.
- [2] VDE 0660 T.507, Ausg. 11.1997, IEC 60890:1987, HD 528 S2:1987: Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen; Verfahren zur Ermittlung der Erwärmung von partiell typgeprüften Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen durch Extrapolation
- [3] VdS 2025 / 09.94: Richtlinien zur Schadensverhütung an Kabel- und Leitungsanlagen
- [4] DIN 43673 Teil 1, Ausgabe 2.1982: Empfohlene Anzugsdrehmomente für Anschlußschrauben und Anschlußklemmen an Stromschienen und Geräten
- [5] Zentgraf, L.: Niederspannung-Schaltgerätekombinationen, Erläuterungen zu DIN EN 60439-1 (VDE 0660 Teil 500), VDE-Schriftenreihe Bd. 28, 2. Auflage (1997), VDE-Verlag GmbH, Berlin/Offenbach
- [6] Rübsam, Hans J.: „Nichts anbrennen lassen“ / Vorbeugender Brandschutz in Niederspannungs-Schaltanlagen, Elektrische Energie Technik EET, Nr.4 (1997), Seite 52–54.
- [7] Rübsam, Hans J., Voß, G.: Nachrüsten älterer NS-Schaltanlagen und Verteilersysteme, ep Elektropaktiker, Berlin, 53 (1999) 5, S. 418–421.
- [8] Rübsam, Hans J.: Moderne Stromverteilungskonzepte bei NS-Anlagen, ep Elektropaktiker, Berlin, Heft 54 (2000) 9, S. 766 - 769.
- [9] Rübsam, Hans J., Voß, G.: VDE-Fachseminar: Aktuelles Update der Fachinformation über die Niederspannungs-Anlagentechnik für Hersteller und Anwender.