

Ableit-/Fehler- und/oder Differenzströme

Ursachen, Probleme, Konsequenzen

K. Bödeker, Berlin; R. Kindermann, Nürnberg

Die Ursachen, Bezeichnungen, Zusammenhänge und Einwirkungen von Ableit- und Fehlerströmen sind leider oft ungenügend bekannt. Bei der Untersuchung derselben bleibt dann unklar, welcher der Ströme eigentlich gemessen wurde, welche Ursache dahinter steckt und wie die Messergebnisse, z. B. eines Differenz- oder Schutzleiterstroms, zu bewerten sind. Im Beitrag werden diese Zusammenhang übersichtlich dargestellt.

1 Ableit- und Fehlerströme

In unseren elektrischen Anlagen sind sie inzwischen „zu Hause“, die **Ableitströme**. Sie stören den Betriebsablauf und verursachen mitunter erhebliche Störungen und Schäden [1][2]. Leider sind sie zum größten Teil eine unvermeidbare Konsequenz der eingesetzten „modernen“ Technik und deren Bauelemente. Hinzu kommen die **Fehlerströme**. Auch sie sind eine praktisch unvermeidbare Folge der zwangsläufig auftretenden, mehr oder weniger „betriebsmäßigen“ Beanspruchungen und Beschädigungen der Isolationen [3].

1.1 Notwendigkeit von Messungen

Wer für eine elektrische Anlage verantwortlich ist tut gut daran, über Ableit- und Fehlerströme gut informiert zu sein. Genau daran hapert es leider oft.

Alle in diesem Zusammenhang interessierenden Ströme (Tafel 1), wurden nicht neu entdeckt. Sie haben allerdings erheblich an Bedeutung gewonnen. Um eine Anlage ordnungsgemäß betreiben und deren Zustand beurteilen zu können (Tafel 2), müssen diese Ströme rechtzeitig erkannt werden.

Es ist daher erforderlich, durch gelegentliches Messen und/oder durch ständiges Überwachen festzustellen,

- ob und wo sie in der jeweiligen elektrischen Anlage fließen,
- wo und wie sie entstehen – Bauelemente, Isolierungen, Isolationsfehler – sowie
- ob und welche Störungen sie verursachen könnten.

1.2 Ungenügende fachliche Vorgaben

Es fehlt nicht an Vorschlägen, wie gemessen und überwacht werden soll. Die erforderliche Gerätetechnik steht zur Verfügung (Bilder 1

5). Was dagegen fehlt, sind Vorgaben oder Vorschläge, die dem Praktiker zeigen, wie er diesen Strömen auf die Spur kommen kann und was er zu tun hat, um sie in den Griff zu bekommen. Dies wäre eigentlich Sache der dafür zuständigen Sicherheits-Normen [4][5] oder der Hersteller der Betriebsmittel/Geräte. Leider wird über die Notwendigkeit des Entdeckens und Messens dieser Ströme nur wenig, eigentlich fast gar nichts ausgesagt. Ebenso unbefriedigend ist die Information über die Fachpresse. In einigen Fachbeiträgen [1][2][6] werden zwar das technische Problem und die daraus abzuleitenden Aufgaben sachdienlich und neutral beschrieben. Es gibt jedoch vielfach Veröffentlichungen, in denen die Bezeichnungen der Ströme (Tafel 1) unrichtig verwendet und/oder Rezepte, Geräte, Messeinrichtungen, Systeme usw. empfohlen bzw. angepriesen werden, ohne die technischen oder ökonomischen Grenzen und Konsequenzen ihres Einsatzes ausreichend zu benennen. Offen bleibt dann auch,

- welche technischen Besonderheiten der einsetzbaren Gerätetechnik (Bilder 1 bis 5) sowie der zu überwachenden Anlagen zu beachten sind und
- welchen Aufwand das Errichten sowie das Betreiben einer ständigen Messung/Überwachung erfordern [7].

1.3 Erforderliches Fachwissen

Ein Elektropraktiker, der in seiner Anlage eine solche Überwachung einrichten und dann betreiben will, muss bis in das Detail wissen, wovon die Rede ist. Nur wenn er sich intensiv informiert und weiß, was in seiner Anlage durch die „Leiter strömt“, kann er die vorgeschlagenen Lösungen sowie die einzusetzende Gerätetechnik vor dem Hintergrund seiner konkreten Betriebsbedingungen richtig beurteilen und einsetzen.

Um die genannten Forderungen umzusetzen, muss er

- die Möglichkeiten und Grenzen der zur Verfügung stehenden Messmethoden – besonders der Isolationswiderstandsmessung und der Differenzstrommessung/-überwachung – kennen sowie dann



1 RCM (Differenzstromüberwachung)
Gerät zum Erfassen/Anzeigen eines Wechselstroms (der Summe/Differenz mehrerer Wechselströme) auf der Grundlage des Erfassens des Magnetfelds des betreffenden Stroms (der Summe/Differenz der Magnetfelder mehrerer Ströme) Quelle: Bender



2 RCD (Fehlerstrom-/Differenzstromschutzschalter)
Gerät mit dem Messprinzip wie beim RCM (Bild 1), jedoch mit Kontaktapparat, der beim Überschreiten eines eingestellten Grenzwerts das Abschalten der überwachten Anlage vornimmt Quelle: ABB



3 Strommesszange
Messgerät zum Erfassen/Anzeigen eines Wechselstroms (der Summe/Differenz mehrerer Wechselströme) auf der Grundlage des Erfassens des Magnetfelds des betreffenden Stroms (der Summe/Differenz der Magnetfelder mehrerer Ströme) Quelle: LEM



4 Isolationswiderstandsmessgerät
Messgerät zum Ermitteln des Isolationswiderstands in elektrischen Anlagen Quelle: GMC



5 Prüfgerät für ortsveränderliche, vorzugsweise steckbare elektrische Betriebsmittel
Gerät zum Messen des Schutzleiter- und des Isolationswiderstands und der Ableitströme (Schutzleiterstrom, Berührungsstrom – unterschiedliche Messverfahren) Quelle: GMC

Autoren

Dipl.-Ing. Klaus Bödeker ist freier Fachjournalist, Berlin; Dipl.-Ing. Robert Kindermann ist Mitarbeiter der Firma Gossen-Metrawatt, Nürnberg.

- die Notwendigkeit des Messens/Überwachens der Ableit-/Fehlerströme in seiner Anlage feststellen,
- Orte, Zeitpunkte und Art der Messung dieser Ströme richtig auswählen und
- die mitunter „rätselhaften“ Messergebnisse entwirren und beurteilen können.

2 Ursache und Definition der Ableit- und Fehlerströme

Ausgangspunkte der in Tafel 1 genannten Ströme sind die Bauelemente der Anlage im normalen, d. h. betriebsmäßigen, und im fehlerhaften Zustand. Um sie vollständig und systematisch betrachten zu können ist es sinnvoll, am Anschlusspunkt der zu betrachtenden Anlage mit dem oder den in den Außenleitern fließenden Strömen zu beginnen (Bild 6). Aus ihnen werden dann in der jeweiligen Anlage

- nützliche Betriebsströme (I_L und I_N) sowie
- ungebetene Ableit- oder Fehlerströme (I_{PE} und I_{PA} , Tafel 1),

die dann auf unterschiedlichen Wegen zurück zum Anschlusspunkt oder zur Stromquelle gelangen.

Aus Bild 7 ist zu entnehmen, welcher Zusammenhang zwischen den Strömen in einem Betriebsmittel besteht, wie sie richtig benannt werden sollten bzw. warum sie ihre Namen tragen. Bild 8 zeigt den gleichen Sachverhalt für einen Anlagenteil.

Leider gibt es nicht für alle Ströme offizielle Definitionen. Zum Teil bestehen sogar „normgerechte“ Widersprüche [8][9]. Diese machen es oftmals erforderlich, beim Verwenden eines bestimmten Fachausdrucks – z. B. des **Schutzleiterstroms** (Tafel 1 – Nr. 4, Bild 6) – auch gleichzeitig deutlich zu machen, in welchem Zusammenhang er angewandt wird,

- als „Strom im Schutzleiter“ der Anlage oder
- als Kenngröße „Schutzleiterstrom“ eines Geräts.

Ebenso muss beim **Differenzstrom** beachtet werden, dass er in den Normen für einen ganz bestimmten Fall definiert wurde. Er ist die „Differenz der Ströme aller aktiven Leiter (3 L und N) am netzseitigen Eingang/Anschluss“ (Tafel 1 – Nr. 3; Bild 6). Technisch oder mathematisch gesehen ist aber auch die Differenz der Ströme anderer Leiter, z. B. der drei Außenleiter, ein „Differenzstrom“ und könnte ebenfalls so bezeichnet werden.

Zu beachten ist daher bei diesen Überlegungen auch, dass mit den Differenzstrom-Überwachungsgeräten (RCM, s. Bild 1) – und ebenso mit den nach dem gleichen „Differenz-Mess-Prinzip“ funktionierenden Strommesszangen (Bild 3) – auch

- andere Stromdifferenzen, z. B. die der Außenleiter $L1 + L2 + L3$ oder der Außenleiter und des PEN-Leiters, und
- die Ströme in einem einzelnen Leiter, z. B. die Schutz- oder Neutraleiterströme, gemessen werden können.

Der Umstand, dass es den Differenzstrom eigentlich gar nicht gibt, erschwert es, einen Überblick zu gewinnen. Er ist eine durch die Messgeräte (Bilder 1, 3 oder 5) indirekt messbare oder, wenn die Teilströme bekannt sind, durch die Addition der Stromvektoren (Bilder 7 und 8) zu errechnende Größe.

Am Rande sei vermerkt, dass auch die seinerzeit eingeführte Bezeichnung des nach dem gleichen Differenzstromprinzip arbeitenden „Fehlerstrom-Schutzschalters“, als schlechter Kompromiss anzusehen ist.

Wer sich in dieser Stromvielfalt nicht verirren will, muss erkennen, dass alle behandelten Ströme (Tafel 1, Nummer 1 bis 9) letztlich Ableitströme und/oder Fehlerströme sind (Bild 6). Sie wurden lediglich mit unterschiedlichen Bezeichnungen ausgestattet, weil sie

- auf bestimmten, aber unterschiedlichen Wegen fließen **oder**
- mit einer bestimmten Mess-Methode ermittelt werden **oder**
- an bestimmten unterschiedlichen Orten gemessen werden **oder**
- eine ganz bestimmte Ursache haben.

3 Durchführen von Ableit-/ Fehlerstrom-Messungen

3.1 Ableitstrom

Der Ableitstrom eines Betriebsmittels kann aus zwei Anteilen bestehen:

- Über ordnungsgemäße Isolierungen der Leitungen/Bauelemente fließende Ableitströme I_A (Tafel 1 – Nr. 1.1).

Der Wert dieser Ströme ist gering und liegt meist weit unter 1 mA. Er hat auch einen kapazitiven Anteil, der jedoch sehr sehr klein ist und in der Darstellung (Bild 7) vernachlässigt wird.

- Hinzu kommen die Ableitströme I_{AC} der gegebenenfalls vorhandenen EMV-Beschaltungen (Tafel 1 – Nr. 1.2).

Ihre Werte liegen bei Geräten im Bereich von 1 bis zu 20 mA und bei Maschinensteuerungen mitunter bei 1 A und noch darüber.

Wichtig ist die Feststellung, dass

- diese beiden Ableitströme im normalen, d. h. im ungestörten Betrieb (betriebsmäßig) vorhanden sind und
- sich in einem Stromkreis oder Anlagenteil geometrisch addieren.

Ihr Gesamtwert kann sehr groß werden und, wie Tafel 2 zeigt,

- den betrieblichen Ablauf stören oder/und
- Schäden verursachen.

Das heißt: Dem Betreiber einer elektrischen Anlage bleibt gar nichts anderes übrig, als sich über das Vorhandensein und die Werte dieser an den verschiedensten Stellen der Anlage betriebsmäßig vorhandenen Ableitströme gründlich zu informieren. Nur wer sich dieser „Herausforderung“ stellt, kann seine Anlage im Griff behalten.

Tafel 1 Definition und Besonderheiten der Ableit-, Fehler- und weiterer Ströme

Nr.	Benennung	Definition	Zusammenhang	Besonderheit
1.1	Ableitstrom	Strom der über eine einwandfreie Isolation fließt	Summe der Ableitströme z. B. der über die gesamte Länge einer Leitung gleichmäßig verteilten Isolationswiderstände und -kapazitäten	Der Strom hat einen ohmschen und einen kapazitiven Anteil. Er ist praktisch nicht messbar ($< 1 \text{ mA}$), die Ströme addieren sich in Drehstromsystemen zu Null.
1.2		... durch EMV-Beschaltungen betriebsmäßig hervorgerufen wird		Kapazitiver Strom I_{AC} (1 ... 10 mA ... einige A), er ist wesentlich höher als der Strom der Leitungskapazitäten. In Drehstromsystemen addieren sich die Ströme bei symmetrisch angeordneten Beschaltungen zu Null.
2	Fehlerstrom	... über eine defekte Isolation (Fehlerstelle) fließt	fließt immer gemeinsam mit den Ableitströmen der Isolierung/Beschaltungen in einem Leiter	Sich anbahnende Isolationsfehler mit ihren im Vergleich zu I_{AC} geringen Fehlerströmen lassen sich durch eine Strommessung nicht lokalisieren.
3	Differenzstrom (dieser Strom existiert nicht, er ist eine Mess- bzw. Rechengröße)	... die Summe der Ströme ist, die am netzseitigen Anschluss z. B. eines Anlagenteils durch alle aktiven Leiter fließen	Summe der Ableit- und Fehlerströme, die von den Außenleitern des Anlagenteils zu zu PE- oder PA-Leitern fließen	Im Drehstromsystem werden infolge ihrer Phasenlage • die sich zu Null addierenden symmetrischen Ableit-/Fehlerströme und • die sich teilweise aufhebenden Ableit-/Fehlerströme der einphasigen Gebrauchsgeräte nicht erfasst.
3.1	Ableit-/Fehlerstrom	... eine mögliche Bezeichnung für den Differenzstrom ist	Diese Bezeichnung weist darauf hin, dass es sich bei dem Differenzstrom zumeist um eine Summe von Ableitströmen aus verschiedenen Quellen, mit unterschiedlicher Phasenlage und oft um ein Gemisch von Ableit- und Fehlerströmen handelt.	
4.1	Schutzleiterstrom	... in einem Schutzleiter (PE) fließt	Summe von Ableit- und Fehlerströmen	Allgemeine Definition nach DIN VDE 100-200.
4.2		... im Gerät zum Schutzleiter (SL) fließt		Definition gilt speziell für Geräte. Nach DIN VDE 0702 ein Kennwert für den Zustand eines Geräts.
5	Potentialleiterstrom	... in einem PA-Leiter fließt		Enthält möglicherweise Streuströme anderer Anlagen.
6	Berührungsstrom	... von berührbaren leitfähigen Teilen über die bedienende/berührende Person zur Erde fließt	Summe von Ableit-/Fehlerströmen, die jedoch erst im Moment des Berührens auftreten können	Im Prinzip ist natürlich auch jeder andere durch eine Berührung z. B. von zwei aktiven Leitern entstehende Strom ein Berührungsstrom. Bei elektrischen Geräten ist der Berührungsstrom ein Kennwert für deren Zustand.
7	Körperstrom	... auf beliebigem Weg und aus beliebigem Anlass durch den Körper einer Person oder eines Nutztieres fließt		Ursache muss nicht immer eine Berührung leitfähiger Teile sein.
8	Leckstrom (aus der engl. Sprache falsch übernommen)	... in den DIN-VDE-Normen nicht definiert ist	international definiert als Fehlerstrom	Bezeichnungen wie „Leckstromzange“ sind falsch und irreführend.
9	Streustrom	... als Ableit-/Fehlerstrom aus einer fremden Anlage kommt und als Ableit-/Fehlerstrom wieder verschwindet	erhebliche Stromwerte möglich, Korrosions- und Brandgefahr	Der Streustrom kann auch den Schutzleiter der Anlage belasten.
10	Neutralleiterstrom	... im Neutralleiter fließt		Summe des/der Außenleiterstroms/ströme, vermindert um die Ableit-/Fehlerströme, die zu PE- und PA-Leitern fließen. Notwendig ist diese Messung vor allem in Anlagen, deren Anlagenteile/Betriebsmittel Belastungen mit Strömen der 3. Oberschwingung zur Folge haben. Im Drehstromsystem • kann der Neutralleiterstrom bei symmetrischer Belastung der Außenleiter Null sein, • die Ströme 3. Oberschwingung der Außenleiter addieren sich im Neutralleiter.
11	Rückstrom	verwirrende Sammelbezeichnung für alle Ströme, die vom Außenleiter kommend über N-, PE- und PA-Leiter zurück zur Stromquelle fließen		Nicht verwenden! Wenn die Sammelbezeichnung „Rückstrom“ benutzt wird, ist eine exakte Darstellung zu verlangen.

Tafel 2 Auswirkungen der Ableit-/Fehlerströme

Auswirkungen	Einschätzung
• Erwärmung der PE-/PA-Leiter	• meist nur geringfügig
• Erwärmung von Klemmstellen oder ungewollten Kontaktstellen	• auch deutlich erhöhte Temperaturen sind möglich – Brandgefahr!
• Funkenbildung an schlechten Kontaktstellen und beim Öffnen von Klemmen	• Erschrecken, Lichtbogen, Entzündungen möglich
• Spannungsfälle	• in der Regel unter 5 V und nicht störend
• elektromagnetische Felder	• technische Störungen elektronischer Einrichtungen bis zu deren Funktionsversagen • biologische Störungen bei Lebewesen
• Datenverluste	• Ursache: – Übergang von Ableitströmen in elektronische Komponenten – elektromagnetische Felder
• Beeinflussung des Auslöseverhaltens und vorzeitiges Abschalten der Fehlerstrom-Schutzschalter	• kann zur Notwendigkeit einer Umstellung der Schutzmaßnahmen der betreffenden Anlageteile führen

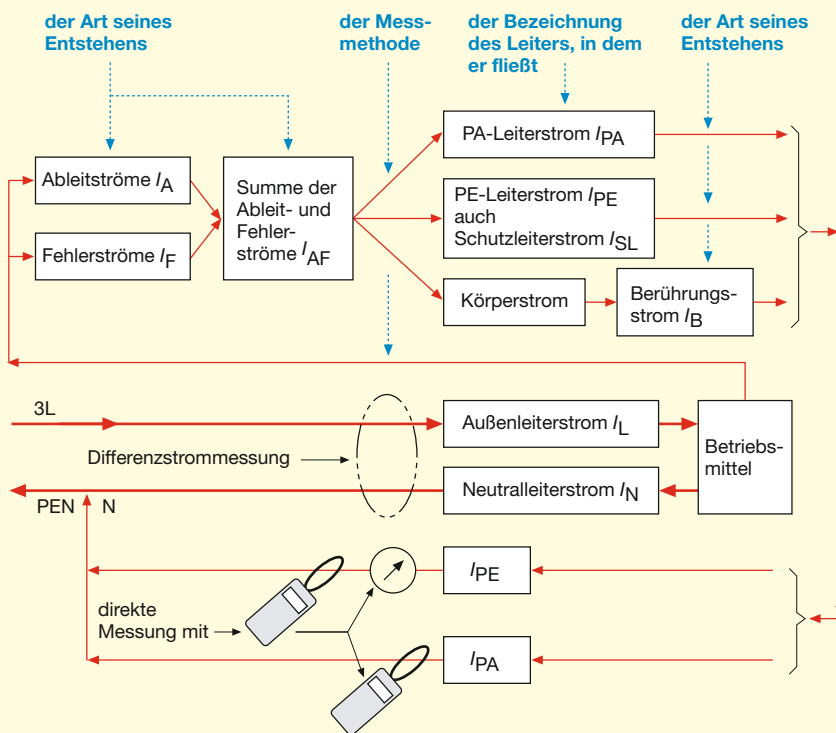
3.2 Fehlerstrom

Der Fehlerstrom (Tafel 1 – Nr. 2) eines Betriebsmittels oder Anlagenteils unterscheidet sich gegenüber dem Ableitstrom dadurch, dass er

- nicht betriebsmäßig entsteht, sondern das Ergebnis eines plötzlich oder in einem bestimmten Zeitraum entstehenden Isolationsfehlers ist, und
- keinen bestimmten Wert hat, sondern kleiner, ebenso groß oder im Kurzschlussfall wesentlich größer als der Ableitstrom sein und sich jederzeit ändern kann, sowie
- eine andere Phasenlage als der durch die EMV-Beschaltungen entstehende (kapazitive) Ableitstrom hat (Bild 7).

Um ihn bzw. seine Ursache, den Isolations-

Bezeichnung des Stroms bzw. des gemessenen Anteils des Ableit-/Fehlerstroms nach



⑥ Erläuterungen zur Bezeichnung der Ströme sowie zum Zusammenhang zwischen dem Differenzstrom einer Anlage und deren Ableit-, Fehler- und weiteren Strömen Achtung! Bitte beachten:

Es gilt $I_A + I_F = I_{AF} = I_A = I_L - I_N = I_{PE} + I_{PA}$ (geometrische Addition)

fehler, bereits beim Entstehen erfassen zu können,

- müssten Messmittel zum Einsatz kommen, die Ströme bzw. Stromänderungen mit Werten $\ll 1$ mA messen können – möglich ist das, aber nur bei Werten von bestenfalls 1 mA (Strommesszangen) oder etwa 5 mA (Differenzstromüberwachungsgeräte), und
- diese Messungen ständig oder zumindest regelmäßig vorgenommen werden.

Erschwert wird das Erfassen außerdem, weil

- die Fehlerströme I_F oftmals kleiner sind als die Ableitströme I_{AC} der Beschaltungen und sich praktisch hinter diesen verstecken,
- Ströme aus anderen Anlagen (Streuströme) das Messergebnis beeinflussen,
- nach den Normenvorgaben betriebsmäßige Ableitströme von 3,5 mA und mehr je Betriebsmittel [7] oder je Stromkreis auftreten dürfen.

Es ist somit gar nicht immer möglich, Fehlerströme „rechtzeitig“ und exakt, mit einer ausreichenden Gewissheit, zu ermitteln. Sie können mit den üblichen Messmitteln und einem vertretbaren Aufwand erst dann sicher entdeckt werden, wenn die betroffene „Isolierung“ bereits schwer geschädigt ist¹⁾.

Es wird außerdem deutlich, dass bei den meisten Messungen eine Summe von Strömen gemessen wird, bei denen es sich fast immer um ein Gemisch von

- mehreren Ableitströmen unterschiedlicher Phasenlage und
- Fehlerströmen

handelt. Alle Ströme fließen immer zur gleichen Zeit und in den gleichen Leitern (Bild 7). Sie können praktisch auch immer nur als gemeinsame Summe – als Ableit-/Fehlerstrom (Differenzstrom) – erfasst werden. Es ist technisch/praktisch nicht möglich, die in einem Betriebsmittel auftretenden oder dann in der Anlage fließenden Ableit- und/oder Fehlerströme jeweils getrennt für sich zu messen.

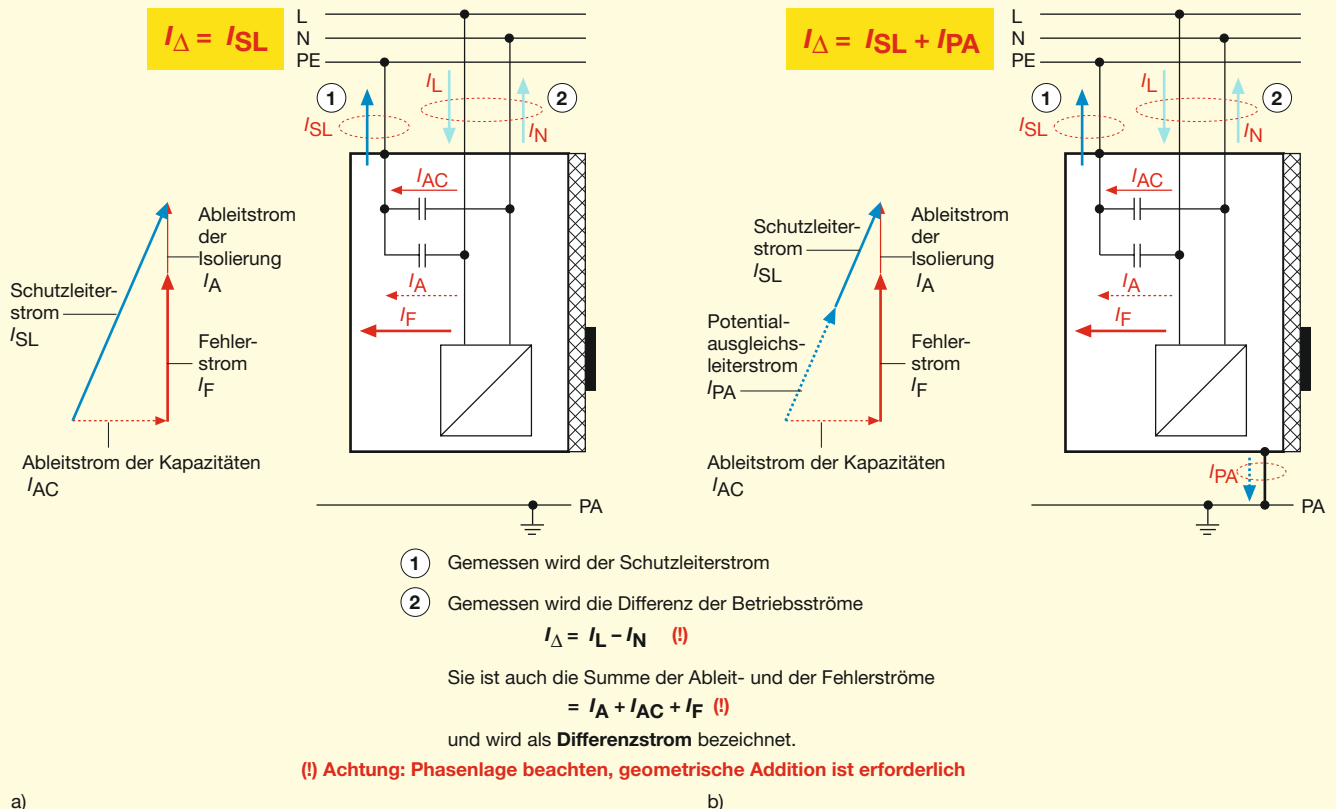
Das heißt dann aber auch: Selbst mit einer ständigen Überwachung der Ableit-/Fehlerströme ist es nicht möglich, entstehende Isolationsfehler oder solche mit Isolationswiderständen im Bereich über etwa 0,2 M exakt zu erfassen.

3.3 Differenzstrom

Beim Differenzstrom (Tafel 1 – Nr. 3), dem dritten der hier interessierenden Ströme, handelt es sich immer um diese eben genannte Summe von Ableitströmen und – sofern Isolationsfehler vorhanden sind – auch von Fehlerströmen. Das heißt, mit dem Differenzstrom-Messverfahren wird immer

- ein „Ableit-/Fehlerstrom“ (Tafel 1 – Nr. 3.1) des Messobjekts erfasst und
- dieser dann als Differenzstrom bezeichnet. Wenn ein Differenzstrom (Ableit-/Fehlerstrom) gemessen wurde oder sein Messwert angegeben wird, kann dies allein noch keine ab-

¹⁾ Ein solcher Isolationsfehler bewirkt einen Fehlerstrom von etwa ≤ 5 mA, der bei den in einer Anlage heutzutage üblichen/vorhandenen Ableitströmen von weit über 5 mA gar nicht bemerkt wird.



7 Darstellung der in einem einphasigen Gerät fließenden Ableit-/Fehler- bzw. Differenzströme mit Angabe ihrer Bezeichnungen

- a) Der Gerätekörper **hat keinen** direkten Kontakt mit einem das Erdpotential führenden Teil. Damit gilt für den Schutzleiterstrom I_{SL} im zum Gerät führenden Schutzleiter der Versorgungsanlage:
- Er ist **identisch** mit der Summe aller Ableit-/Fehlerströme im Gerät und
 - hat **den gleichen Wert** wie der Messwert des Differenzstroms I_{Δ} .
- Es gelten: $I_{SL} = I_A + I_{AC} + I_F$ und $I_{\Delta} = I_{SL}$
- b) Der Gerätekörper **hat einen** direkten Kontakt mit einem das Erdpotential führenden Teil (PA), über den der Strom I_{PA} fließt. Damit gilt für den Schutzleiterstrom I_{SL} im zum Gerät führenden Schutzleiter der Versorgungsanlage:
- Er ist **nicht identisch** mit der Summe der Ableit-/Fehlerströme im Gerät und
 - hat **nicht den gleichen Wert** wie der Messwert des Differenzstroms I_{Δ} .
- Es gelten: $I_{SL} = I_A + I_{AC} + I_F - I_{PA}$ und $I_{\Delta} = I_{SL} + I_{PA}$

schließende Aussage über seine Teilströme (Ableit- oder Fehlerstrom) und über den Zustand des Messobjekts, des betreffenden Anlagenteils oder Betriebsmittels sein. Es ist festzustellen:

- Ein hoher Differenzstrom kann auch schon im normalen, ungestörten Betrieb entstehen.
- Auch ein geringer Differenzstrom kann bereits einen fehlerhaften Zustand signalisieren.

Der gemessene Differenzstrom (Ableit-/Fehlerstrom) muss daher von einer mit den betrieblichen Umständen bestens vertrauten Elektrofachkraft analysiert werden, bevor eine Bewertung vorgenommen wird und Schlussfolgerungen abgeleitet werden. Die am jeweiligen Messort vorhandenen Messbedingungen, der Betriebszustand und die Anzahl der eingeschalteten Betriebsmittel, etwaige Isolationsfehler und andere Einflussfaktoren sind dabei zu berücksichtigen.

3.4 Sonstige Ströme

Ebenso ist es mit den Schutzleiter-, Potentialausgleichsleiter- oder Berührungsströmen. Mit ihnen verlässt ein Gemisch von Ableit-

und/oder Fehlerströmen den betreffenden Anlagenteil oder ein Betriebsmittel (Bild 7b). Wird einer dieser Ströme in einer Anlage gemessen, so ist es Sache der dafür zuständigen Elektrofachkraft, einzuschätzen und zu entscheiden,

- welche Anteile die Ableit- und/oder die Fehlerströme an dem Messergebnis haben,
- woher sie kommen,
- welche Ursachen ihnen zu Grunde liegen und
- ob etwas gegen sie und/oder ihre Auswirkungen getan werden muss.

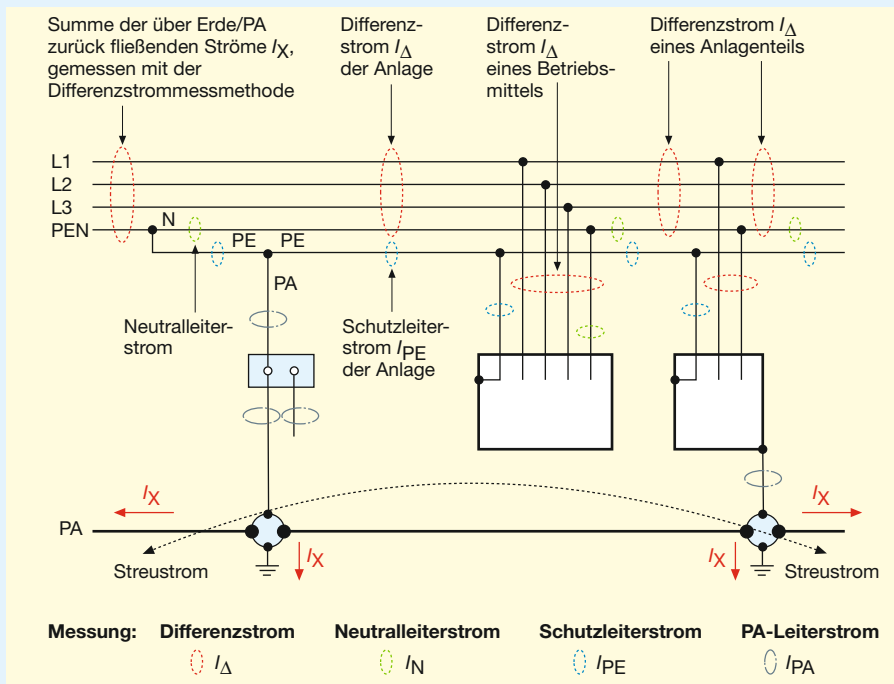
3.5 Wahl der Messpunkte

Da es nicht möglich bzw. nicht sinnvoll ist, Ableitströme oder Fehlerströme der Betriebsmittel direkt im Betriebsmittel zu messen, besteht somit nur die Möglichkeit, zusätzlich zur zentralen Messung weitere Messungen von Differenz- und Schutzleiterströmen an geeigneten Messstellen innerhalb der Anlage und vor einzelnen Stromkreisen oder Betriebsmitteln vorzunehmen (Bild 8). Es hängt von den Kenntnissen der jeweils verantwortlichen Elektrofachkraft und ihren Erfahrungen im Umgang mit ihrer elektrischen Anlage ab, ob sie

auf diese Weise den Messwert des Differenzstroms sachgerecht analysieren und die richtigen Schlussfolgerungen ableiten kann. Natürlich kommt es auch darauf an, dass in der jeweiligen Anlage die richtigen Messpunkte für den Einsatz der Sensoren und für das Anlegen der Strommesszangen vorhanden sind und letztere ordnungsgemäß positioniert werden können.

4 Auswertung sowie Ableitung von Konsequenzen

Mit dem Messen, Benennen, Notieren und Registrieren von Differenzströmen hat die Arbeit – das Erkennen der Störfriede und etwaiger Isolationsfehler – eigentlich erst begonnen. Die Differenz- und/oder Schutzleiterströme sind mit Geschick und Gespür zu analysieren. Das aber kann oftmals nur ein sehr erfahrener Praktiker, der schon vorher etwa weiß, was herauskommen muss. Mit dem Differenzstrom allein, dieser Summe vieler unterschiedlicher und unbekannter Stromanteile, kommt es zu keiner Aussage über den Zustand der einzelnen Betriebs-



8 Darstellung der Messorte, an denen in einer Wechselstromanlage zu messen ist, um die Ursachen des Differenzstroms bzw. der Ableit- und Fehlerströme der Anlage erkennen zu können

mittel oder Anlagenteile, die ihn verursachen. Notwendig ist es, den Zusammenhang zwischen den Strömen und das prinzipielle Vorgehen bei der Analyse der Differenzströme zu kennen. Die zuständige Elektrofachkraft muss, ausgehend von den jeweiligen betrieblichen Gegebenheiten, gründlich überlegen und dann klug entscheiden, um die Möglichkeiten der Differenzstromüberwachung richtig nutzen zu können.

Sicherlich werden sich immer auch praktische Überraschungen ergeben, deren Hintergründe in der hier angestellten mehr theoretischen Überlegung nicht erwähnt wurden.

- So sind die symmetrischen Kapazitäten der EMV-Beschaltung hinsichtlich ihrer Daten (Ableitströme) nicht immer völlig gleich.
- Es können infolge von Schiefast Sternpunktverlagerungen und somit unterschiedliche Spannungen/Ableitströme entstehen.
- Bei Maschinensteuerungen ergeben sich mitunter Schutzleiterströme von weit mehr als 1 ... 10 A.
- EMV-Beschaltungen werden bei einigen Erzeugnissen nicht zwischen L und SL, sondern zwischen L und N gelegt, da ja auch der Neutralleiter das gesuchte Erdpotential zur Verfügung stellt.

Dies alles führt zu Abweichungen von dem hier dargestellten „Idealzustand“ und zu weiteren Schwierigkeiten bei der Analyse der Ströme. Auch darauf muss sich der Betriebspraktiker einstellen, wenn er sich um die Ableit-/Fehlerströme und die Schutzleiter-/Differenzströme kümmert.

Literatur

- [1] Schmolke, H.: Prüfen und Bewerten des Brandschutzes. Elektropraktiker-Sonderheft „Prüfen und Messen“ 2007, S. 15–20.
- [2] Grapenthin, M.: Neutralleiter-, Schutzleiter- und PA-Leiter-Ströme. Elektropraktiker-Sonderheft „Prüfen und Messen“ 2007, S. 2–7.
- [3] Bödeker, K.; Kindermann, R.: Isolationsfehler ermitteln. Elektropraktiker-Sonderheft „Prüfen und Messen“ 2007, S. 8–14.
- [4] DIN VDE 0100-610 Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; Prüfungen, Erstprüfungen.
- [5] DIN VDE 0105-100 Betrieb von elektrischen Anlagen; Allgemeine Festlegungen.
- [6] Kaul, K.-H.: Technologien zur konstanten Isolationsüberwachung. Elektropraktiker, Berlin 59 (2005)2, S. 109–113 und 3, S. 206–208.
- [7] BGfE (SD 52); Information zur Sicherstellung der Anforderungen gemäß § 5 UVV-VBG A3.
- [8] DIN VDE 0100-200 Errichten von Niederspannungsanlagen; Begriffe.
- [9] DIN VDE 0702 Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten.
- [10] Bödeker, K.; Kindermann, R.: Verzicht auf die Wiederholungsprüfung. Elektropraktiker, Berlin 59(2005)6, S. 472–474.

Fortsetzung



ELEKTRO
PRAKTIKER

**Ableit-/Fehler- und/oder
Differenzströme?
Nur gelegentlich oder ständig
überwachen?**