

# Ableit-/Fehler- und/oder Differenzströme?

## Vergleich verschiedener Mess- und Prüfverfahren

K. Bödeker, Berlin; R. Kindermann, Nürnberg

In [1] sind die in elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln fließenden Ableit-/Fehlerströme sowie ihre Summe, der Differenzstrom, ausführlich erläutert. Zu klären bleibt noch, wo und wann zu messen ist (ständig oder gelegentlich), um die gewünschten Informationen zu erhalten, und wie hoch der Aufwand für das Messen, Überwachen und Auswerten sein wird. Festzustellen ist für die jeweilige Anlage außerdem, ob sich diese Maßnahmen positiv auf den Betriebsablauf und die Anlagensicherheit auswirken.

### 1 Mess- und Prüfverfahren

Der Einsatz von Schutzeinrichtungen, die das **Überwachen und Abschalten** der Ableit-/Fehlerströme (Differenzströme) bewirken (RCD), wird in den Errichtungsnormen [2] der elektrischen Anlagen verbindlich vorgegeben, wenn

- dies zum Schutz gegen elektrischen Schlag oder als
- Schutz gegen elektrisch gezündete Brände erforderlich ist. Bei vorgegebenen Werten des Ableit-/Fehlerstroms (Differenzstrom; siehe **Kasten** auf Seite 1011) muss dann eine Abschaltung des betreffenden Stromkreises durch einen Fehlerstrom-Schutzschalter (RCD) oder ein gleichwertiges Schutzgerät erfolgen. Im Gegensatz dazu wird eine Ableit-/Fehlerstrom-**Überwachung ohne Abschaltung** in den Errichtungsnormen [2] nicht gefordert. Für eine solche, sogenannte „Differenzstromüberwachung“ durch RCM, besteht aus der Sicht der Sicherheitsnormen keine allgemeine Notwendigkeit. Der Grund hierfür ist, mit ihr allein kann kein eindeutig definierter Schutz gegen elektrischen Schlag [2] oder Brandschutz erreicht werden. Soll eine Schutzmaßnahme mit einer RCM errichtet werden, muss sie mit einer die jeweiligen Abschaltbedingungen erfüllenden Abschalteinrichtung kombiniert, also zum RCD qualifiziert werden.

#### 1.1 Notwendige Maßnahmen

Über die Notwendigkeit einer Überwachung der Ableit-/Fehlerströme aus betrieblichen Gründen entscheidet der Errichter oder der Betreiber einer elektrischen Anlage. Das heißt:

**Festgestellt** werden muss,

- ob eine solche Überwachung notwendig ist, um das ordnungsgemäße und zuverlässige

Betreiben ihrer Anlage [1][2] zu ermöglichen und

- ob dann kritische Situationen (Überlast, Überhitzung, Störfelder) mit der Überwachung der Ableit-, Fehler-, Streuströme bzw. des Differenzstroms besser und dann rechtzeitig erkannt werden und
- ob der damit entstehende Nutzeffekt den zusätzlichen Aufwand rechtfertigt.

**Zu überlegen ist** in diesem Zusammenhang außerdem, ob diese Überwachung der Ableit-/Fehlerströme (Differenzströme)

- auch geeignet ist, um den Zustand der Isolierungen der Anlage (L-PE, N-PE) zu bewerten, so dass
- auf andere, dieser Bewertung dienende Maßnahmen – z. B. die Isolationswiderstandsmessung – verzichtet werden kann, wie in der Literatur vorgeschlagen wird [3].

**Zu entscheiden ist** weiterhin, ob die gewünschten Aussagen durch

- das gelegentliche Messen mit Strommesszangen oder
- eine ständige Überwachung mit Differenzstrom-Überwachungsgeräten (RCM) oder
- nur durch Kombination beider Methoden zu erhalten sind.

Dass heißt, die jeweils verantwortliche Elektrofachkraft (der Anlagenverantwortliche) hat – ebenso wie beim Überwachen/Messen der Temperaturen, der Neutralleiterbelastung, des Oberwellenanteils der Spannung oder der elektromagnetischen Felder und weiterer ähnlicher Sachverhalte – selbst zu entscheiden, ob und mit welcher Methode sowie in welchem Umfang diese Messungen (als Ergänzung der vorbeugenden Instandhaltung und/oder Wiederholungsprüfung [4]) vorgenommen werden sollten.

**Ohne jede Ausnahme gilt:**

**Eine Differenzstrom-Überwachung (Ableit-/Fehlerstrom-Überwachung), die lediglich eine Meldung bewirkt – egal wie, wo und wie oft sie erfolgt – ist kein Ersatz für Schutzmaßnahmen, die eine Abschaltung bewirken müssen [2][5] und somit den Einsatz von Fehlerstrom-Schutzschaltern erfordern.**

#### Autoren

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

**Es gilt aber auch diese Feststellung:**

**Das Überwachen der Differenzströme bzw. der Ableit- und Fehlerströme ist letztlich auch eine der Sicherheit von Sachwerten und Personen dienende Maßnahme, die zunehmend Bedeutung erlangt.**

Wer in dieser Weise über die Zweckmäßigkeit des Errichtens und Betreibens einer Ableit-/Fehlerstrom-Überwachung (Differenzstrom-Überwachung) in seiner Anlage zu entscheiden hat, kommt nicht umhin, sich sehr gründlich zu informieren [1] über

- die technologischen Abläufen der Anlage,
- die dabei zu erwartenden betriebsmäßigen Ableitströme und ihre Wege in den verschiedenen Anlagenteilen (s. Bilder in [1]) sowie
- die Auswirkungen der möglicherweise auftretenden Fehlerströme auf den zu messenden Ableit-Fehlerstrom (Differenzstrom) und
- möglicherweise nötige Konsequenzen, z. B. Änderungen an der Anlage.

Er ist ja schließlich derjenige, der dem nicht-fachkundigen Unternehmer/Betreiber den Griff in den Geldbeutel zu empfehlen und dies letztlich zu verantworten hat. Er muss durch eine kluge Planung gewährleisten, dass der mit der Ableit-/Fehlerstrom(Differenzstrom)-Überwachung entstehende, zweifellos recht erhebliche Aufwand, dann durch eine bessere Betriebsführung gerechtfertigt werden kann.

## 1.2 Schlussfolgerungen

Die technischen oder wirtschaftlichen Schlussfolgerungen ergeben sich nicht bereits durch das Messen der Ableit-/Fehlerströme (Differenzströme). Das Messergebnis kann nur ein mehr oder weniger bedeutendes Warnsignal sein. Erst durch

- die Analyse der gemessenen Ströme (siehe Bilder 7 bis 11 und Tafel 1 in [1]),

- das Erkennen ihrer Teilströme und deren Wege sowie
- das Umsetzen der gewonnenen Erkenntnisse in die Betriebspraxis der eigenen Anlage können praktikable Ergebnisse gewonnen werden.

Praktikable Ergebnisse wären z. B.:

- Schnelles Erfassen und Beseitigen von Störungen (sehr grober Isolationsfehler L-PE, Verbindungen N-PE, s. Tafel 1) in der elektrischen Anlage.
- Erkennen von zu hohen betriebsmäßigen Ableitströmen auf den Schutzleitern (Schutzleiterströme) und damit von unerwarteten betriebsmäßigen Zuständen bestimmter Anlagenteile/Betriebsmittel.
- Vermeiden oder Vermindern der durch Störungen entstehenden Produktionsausfälle und ein besserer Einblick in die betrieblichen Abläufe der betreffenden technologischen und elektrischen Anlagen.
- Das mit dieser Überwachung entstehende elektronische Tagebuch der Ableit-/Fehlerströme (auch Neutralleiterströme) ermöglicht es, erforderliche Änderungen an der Anlage oder in der Betriebsführung zu erkennen.

Diese unverkennbaren Vorteile rechtfertigen eine solche Überwachung vor allem bei modernen elektrischen Industrieanlagen, die sich durch die eigenen Ableit-/Fehlerströme selbst empfindlich stören und somit ihre eigenen Ausfälle provozieren.

**Achtung!** Es ist sehr viel fachliche Kompetenz erforderlich, um im konkreten Fall die technischen Zusammenhänge ausreichend genau übersehen und die wirtschaftlichen Konsequenzen richtig voraussehen zu können.

Eine der zu klärenden Fragen ist dabei, ob die durch diese Überwachung entstehenden Aussagen den Verzicht auf eine andere Maßnah-

me der vorbeugenden Instandhaltung bzw. der Wiederholungsprüfung rechtfertigen.

## 2 Überwachung oder Isolationswiderstandsmessung

### 2.1 Allgemeine Situation

Der Nutzen einer Ableit-Fehlerstrom(Differenzstrom)-Überwachung sowie die Grenzen ihrer sinnvollen Anwendung wurden im vorstehenden Abschnitt bzw. in [1] dargelegt. Nutzen und Grenzen der Isolationswiderstandsmessung können aus den reichlich vorhandenen Erfahrungen – besonders denen der letzten Jahre – ziemlich exakt eingeschätzt werden.

Zu klären ist aber,

- ob bei den Wiederholungsprüfungen einer Anlage auf die Isolationswiderstandsmessung (L/N - PE) verzichtet werden kann, weil
- durch das regelmäßige Messen/Überwachen der Ableit-/Fehlerströme (Differenzströme; s. **Kasten**) die gleichen Aussagen erbracht werden wie bei der Isolationswiderstandsmessung.

Nach DIN VDE 0105-100 wäre es zulässig, bei der regelmäßigen Wiederholungsprüfung auf einen Prüfgang – hier die Isolationswiderstandsmessung – zu verzichten, wenn eine andere, ebenso aussagekräftige Messung angewandt wird.

In Tafel 1 werden die mit beiden Verfahren feststellbaren Zustände/Aussagen gegenübergestellt und miteinander verglichen. Dabei ist zu beachten:

- Beide Messverfahren haben infolge der verschiedenen Messspannungsarten (AC oder DC) eine völlig andere Messaufgabe. Ihre Messergebnisse beschreiben unterschiedliche Kennwerte.

## Differenz- und Leckstrom

Der mit Differenzstrom-Überwachungsgeräten ([1], Bild 1) bzw. ihren Sonden oder mit Strommesszangen ([1], Bild 3) gemessene

### Differenzstrom

ist eine Bezeichnung für die **Summe der Ableit- und Fehlerströme**, die in der betreffenden Anlage bzw. dem Anlagenteil/Betriebsmittel entstehen und an der Messstelle fließen. Dieser Ableit-/Fehlerstrom ist die eigentliche Ursache von Störungen.

**Bemerkung 1:** Die Bezeichnungen **Differenzstrom** und **Differenzstromüberwachung** lassen nicht deutlich werden, um welchen technischen Sachverhalt es geht und welche Zusammenhänge bestehen. Es wäre vor allem im Interesse der Praktiker, nicht von einer Differenzstromüberwachung, sondern – korrekter und eindeutiger – von einer Ableit-/Fehlerstromüberwachung zu sprechen.

**Bemerkung 2:** Ähnlich unkorrekt ist die allgemein gebräuchliche Bezeichnung **„Fehlerstrom“-Schutzschalter**, da von diesem Schutzgerät nicht nur der jeweils vorhandene Fehlerstrom, sondern die Summe von Ableit-/Fehlerströmen (Differenzstrom) erfasst wird.

### Leckstrom

ist eine in Deutschland nicht definierte Bezeichnung. Ihre Anwendung führt daher zu Irritationen. Auch ihre Verwendung im Zusammenhang mit Messgeräten ist nicht korrekt. So kann mit einer „Leckstrommesszange“ natürlich jeder in einem Leiter fließende Strom gemessen werden, egal ob es sich um einen Betriebs-, Fehler-, Ableit- oder sonstigen Strom handelt.

- Beide Verfahren liefern andere Aussagen über den Zustand der Anlage bzw. der in die Messung einbezogenen Bauelemente.
- Die Isolationswiderstandsmessung hat infolge der vorgegebenen hohen Messnennspannung von 500 V (bis 750 V Leerlaufspannung) DC bei manchem Prüfling den Charakter einer möglicherweise zerstörenden Spannungsprüfung. Sich daraus ergebende Eigenschaften/Vorteile/Nachteile bzw. entstehende Auswirkungen dürfen bei dem hier vorzunehmenden Vergleich nicht mit in die Bewertung einbezogen werden.

## 2.2 Bewertung der Messergebnisse/Messaussagen

Beim Bewerten der beiden Messverfahren ist zu bedenken, dass sie völlig unterschiedliche Eigenschaften/Aufgaben haben. Es wäre darum abwegig, ihre unterschiedlichen Fähigkeiten/Eigenschaften (Tafel 1) als Vor- oder Nachteile zu bezeichnen. Vielmehr ist festzustellen (Tafel 1), für welche Prüf-/Messaufgabe jedes der beiden Verfahren

- überhaupt geeignet ist oder

- mit einem besseren Wirkungsgrad eingesetzt werden kann.

Mit dem Messen des Isolationswiderstands kann das Absinken des Isoliervermögens (Isolationswiderstand) eines Anlagenteils/Stromkreises von einem Ausgangswert von z. B. 20 M $\Omega$  oder weniger auf z. B. den Wert  $R_{ISO}$  gleich 1 M $\Omega$  ( $I_F \sim 0,2$  mA) bzw. auf Werte um die 0,3 M $\Omega$  ( $I_F \sim 1$  mA) [4][7] festgestellt werden. Dies ist mit der Ableit-/Fehlerstromüberwachung/-Messung durch RCM und auch beim Einsatz anderer Messmittel nicht ebenso genau möglich, da

- diese geringen Stromwerte durch die Messeinrichtungen nicht exakt erfasst werden können und
- infolge der erfahrungsgemäß an den gleichen Messstellen zu erwartenden Summe der betriebsmäßigen kapazitiven Ableitströme  $I_{AC}$  von weit mehr als 1 mA – bis zu einigen Ampere und bei speziellen Betriebsmitteln mehr als 20 A – das Erkennen der ohmschen Fehlerströme  $I_F$  im mA-Bereich ( $I_{AC}/I_F$ ;  $I_{AC} \gg I_F$ ), praktisch unmöglich ist und
- ein plötzlich entstehender Isolationsfehler/Fehlerstrom je nach Anlagenart und je nach Belastung/Schaltzustand des überwachten Objekts andere und sehr unterschiedliche Auswirkungen auf den Messwert hat und somit vom Beobachter nur sehr schwer erkannt werden kann.

Dies gilt selbst dann, wenn der Ableit-/Fehlerstrom (Differenzstrom) eines jeden Endstromkreises bzw. für jedes einzelne seiner Betriebsmittel über eine einzelne Sonde einer RCM gemessen wird. Das heißt:

- Mit der Isolationswiderstandsmessung ist – sofern die Art des Prüflings ihre (vollständige/teilweise) Anwendung gestattet –
  - eine sehr genaue Bewertung des Zustands der Isolation einschließlich etwa entstehender Isolationsfehler/Fehlerströme möglich sowie
  - das Erkennen der jeweils vorhandenen bzw. möglichen Gefährdung von Personen und Sachen.
- Mit der Differenzstromüberwachung/-Messung (RCM)
  - kann – bei jeder Prüflingsart – zwar die Summe der jeweils vorhandenen, den Betriebsablauf störenden Ableit-/Fehlerströme (Differenzströme) mit ausreichender Genauigkeit erkannt werden,
  - aber zumeist nur eine sehr ungenaue oder keine Bewertung der jeweils durch Isolationsfehler entstehenden bzw. möglichen Gefährdung von Personen und Sachen erfolgen.

Dann ist auch kein sofortiges Erkennen/Beurteilen/Lokalisieren eines Isolationsfehlers (Fehlerstromquelle) möglich.

Die genannten Einschränkungen ergeben sich, weil die als Folge eines Isolationsfehlers plötzlich entstehenden oder dann ständig vor-

handenen Fehlerströme aus den bereits genannten Gründen (z. B.  $I_F \ll I_{AC}$ ) nicht immer oder nicht sicher erkennbar sind.

### 2.3 Konsequenzen

Die Aussagen der Tafel 1 machen deutlich:

- Keines der beiden Messverfahren kann das andere ersetzen.
- Durch eine Ableitstrom-/Fehlerstrom(Differenzstrom)-Überwachung/-Messung werden die mit einer Isolationswiderstandsmessung erreichbaren Aussagen nicht erbracht.

Eine globale Aussage, wie: „Das Überwachen des Differenzstroms führt zu Einsparungen bei der Wiederholungsprüfung“, ist somit fachlich nicht zu begründen [5]. Somit kann das Durchführen der Ableit-Fehlerstrom(Differenzstrom)-Überwachung/-Messung **nicht** als Begründung dafür dienen, die Isolationswiderstandsmessung entfallen zu lassen. Den Verzicht auf eine Isolationswiderstandsmessung – also auf die Möglichkeit, Isolationsfehler der Anlage zu finden – kann der jeweils Verantwortliche nur mit den eigenen Besonderheiten dieses Messverfahrens begründen. Dieses sind vor allem:

- Wirkungslosigkeit des Verfahrens an bestimmten Prüflingen (netzspannungsabhängige Schaltelemente, keine berührbaren leitfähigen Teile).
- Nicht zu akzeptierendes Abschalten des Prüflings zum Zweck der Messung.
- Durch das Adaptieren oder die zu hohe Leerlaufspannung entstehende Schäden am zu prüfenden Objekt.

Wer sich trotzdem dazu entschließt, die Isolationswiderstandsmessungen an der nunmehr hinsichtlich ihrer Ableit-/Fehlerströme überwachten Anlage einzuschränken, der muss auf folgendes achten:

- Er kann sich bei dieser Entscheidung nicht auf die Normen- oder Literaturangaben beziehen.
- Im Zusammenhang mit einer Gefährdungsbeurteilung muss er sich darüber Klarheit verschaffen, ob und welchen Verzicht auf Informationen und auf Sicherheit er damit bewirkt und somit verantworten muss.

Außerdem muss er dann annähernd wissen,

- welche anderen Methoden er anwenden kann, um Isolationsfehler zu finden,
- ob und welche Isolationsfehler L-PE (Werte von  $R_{ISO}/I_F$ ) durch die Differenzstromüberwachung/-messung entdeckt werden können (Tafel 1).

Möglich wäre z. B., die in einer Anlageninstallation vorhandenen Isolationsfehler mit Hilfe der Ableit-/Fehlerstrom(Differenzstrom)-Überwachung/-Messung zu entdecken, indem diese im Leerlauf, d. h. nach der allpoligen Abschaltung aller Betriebsmittel betrieben wird. Dies aber ist nicht die eigentliche Aufgabe dieser Überwachung und könnte ebenso durch die Isolationswiderstandsmessung – mit der gleichen Konsequenz: Abschaltung der Anlage – erfolgen.

**Tafel 1 Vergleich der Ableit-/Fehlerstrommessung (Differenzstrommessung) und der Isolationswiderstandsmessung hinsichtlich ihrer Kennwerte sowie der Möglichkeiten zur Beurteilung einer elektrischen Anlage**

| Kennwerte                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Ausgangsgrößen                                                                                                            | Ableit-/Fehlerstrommessung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Isolationswiderstandsmessung                               |
| Messspannung                                                                                                              | AC, mit Betriebsspannung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | DC, mit 500 V (750 V Leerlaufspannung ) auch 250 V         |
| Art des Messergebnisses                                                                                                   | Strom unbekannten Phasenwinkels, der durch <ul style="list-style-type: none"><li>• die Widerstände der Isolierungen (<math>I_A</math>) und</li><li>• EMV-Beschaltungen (L/N – PE) (<math>I_{AC}</math>) hervorgerufen wird (<math>I_{AC} \gg I_A</math>)</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Widerstand (ohmscher) der Isolierungen                     |
| Messobjekt (erfasste Komponenten)                                                                                         | <div><div><b>Ableit-/Fehlerstrommessung mit Betriebsspannung <math>U_B</math></b><br/><math>I_{AC} \gg (I_A + I_F)</math><br/><p>PE</p><p><math>I_A</math> Ableitstrom (ohmscher) der Isolierung (kein Isolationsfehler vorhanden!)</p><p><math>I_F</math> Fehlerstrom über den Isolationsfehler</p><p><math>I_{AC}</math> kapazitiver Ableitstrom der Beschaltung</p><p><math>I_P</math> Prüfstrom bei der Isolationswiderstandsmessung</p></div><div><b>Isolationswiderstandsmessung mit Prüfspannung <math>U_P</math></b><br/><p>PE</p></div></div> |                                                            |
| Möglichkeiten zur Beurteilung                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                            |
| Eigenschaften, Zustände, die ermittelt werden sollen                                                                      | erreichbare Aussagen durch Auswertung der Messwerte von: Ableit-/Fehlerstrom (Differenzstrom)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Isolationswiderstand                                       |
| Ableit-/Fehlerstrom (L-PE), der eine Gefährdung hervorrufen kann                                                          | ja                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>nein</b> (teilweise indirekte Schlussfolgerung möglich) |
| ohmscher Widerstand der Isolierungen zwischen den aktiven Leitern (L/N) und dem Schutzleiter (PE)                         | <b>nein</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | ja                                                         |
| ständige Anwendung ohne Betriebsunterbrechung                                                                             | ja                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>nein</b>                                                |
| im Entstehen begriffene und grobe Isolationsfehler L-PE ( $I_{AC} \gg I_F$ )                                              | <b>nein</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | ja                                                         |
| sehr grobe Isolationsfehler L-PE ( $R < 0,2 \text{ M}\Omega$ ) ( $I_{AC} > I_F$ )                                         | ja in Stromkreisen mit ausschließlichen Ds-Betriebsmitteln<br><b>nein</b> in Stromkreisen mit Ws-Betriebsmitteln                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ja                                                         |
| Kurzschluss L-PE ( $I_{AC} < I_F$ )                                                                                       | ja                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | ja                                                         |
| Kontakte N-PE <ul style="list-style-type: none"><li>• bei der Messung</li><li>• während des Betriebs</li></ul>            | ja<br>ja                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ja<br><b>nein</b>                                          |
| Zeitraum der Anwendung                                                                                                    | ständig oder nur gelegentlich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>nur gelegentlich</b>                                    |
| Anwendung an <ul style="list-style-type: none"><li>• Leistungsteilen/-stromkreisen</li><li>• Steuerstromkreisen</li></ul> | ja<br>möglich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ja<br>praktisch nicht möglich                              |
| Erfassen von verminderten Luft- und Kriechstecken                                                                         | <b>nein</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>nein</b>                                                |
| Erfassen von symmetrischen Fehlern in Drehstromkreisen                                                                    | <b>nein</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | ja                                                         |
| Erfassen von Fehlern des Schutzleiters                                                                                    | <b>nein</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>nein</b>                                                |
| Erfassen von Fehlern der Schutzisolierung                                                                                 | <b>nein</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | möglich                                                    |

### 2.4 Fazit

Beide Messverfahren ergänzen sich hinsichtlich der Aussage über den Zustand einer elektrischen Anlage/eines Betriebsmittels. Dem

Betreiber einer Anlage bietet sich somit die Möglichkeit, beide Verfahren zu benutzen, um so eine möglichst hohe, auf rationelle Weise erzielte Sicherheit zu gewährleisten. Er sollte

beim Festlegen seiner Prüf- und Instandhaltungsstrategie darüber entscheiden,

- ob und inwieweit er beide Verfahren und/oder
- welches von beiden er wo und wann einsetzt oder
- ob er auf das eine und/oder das andere verzichtet.

### 3 Wiederholungsprüfungen oder ständige Instandhaltung

Es zeigt sich bei allen Überlegungen zum Messen des Ableit-/Fehlerstroms (Differenzstroms), dass heutzutage die Ableit-/Fehlerströme (Differenzströme) in jeder Anlage unter Kontrolle gehalten, d. h. mehr oder weniger oft gemessen werden müssen. Allein damit wird schon deutlich, dass es für den Betreiber einer modernen und oft schwer zu überblickenden Anlage,

- um eine ganz neue Qualität seiner Betriebsführung und nicht um den Austausch von Messverfahren geht
- und es weder sinnvoll noch möglich ist, die bisher übliche klassische Trennung zwischen einer regelmäßigen Wiederholungsprüfung und einer ständigen Instandhaltung aufrecht zu erhalten.

Notwendig ist für ihn eine einzige und einheitliche Sicherheitsstrategie, die so weit wie nötig, alle nötigen/möglichen Prüf-Aktivitäten

- von der kontinuierlichen Differenzstrom-(Ableit-/Fehlerstrom)-Überwachung durch RCM
- über die arbeitstäglichen Kontrollen z. B. der FI-Schutzschalter
- und der wöchentlichen oder monatlichen Kontrolle wichtiger Anlagenteile z. B. durch Ableit-/Fehlerstrom- und/oder Neutralleiterstrommessungen
- bis zu einer alle zwei oder mehr Jahre nötigen (Wiederholungs-)Prüfung bestimmter Anlagenteile

berücksichtigt. Nur durch eine solche umfassende, wohldosierte Kontrolle/Prüfung ist es bei den modernen Anlagen möglich, der nun schon fast uralten und immer wieder richtigen Forderung zu folgen „... entstehende Fehler rechtzeitig zu entdecken“ [3].

Auch hier sind allgemeingültige Aussagen wie: „Bei ständiger Überwachung durch eine EF kann auf die Wiederholungsprüfung verzichtet werden“ [3] wenig hilfreich. Die „ständige Überwachung“ und ebenso die „Wiederholungsprüfung“ sind ja hinsichtlich der einzelnen durchzuführenden Aktivitäten nirgendwo exakt definiert. Sie können somit gar nicht exakt gegeneinander abgegrenzt oder ausgetauscht werden.

Es ist auch nicht möglich bzw. nicht sinnvoll, eine einzelne Aktivität, z. B.

- das halbjährliche Betätigen von Prüftasten,
  - die ständige Differenzstromüberwachung,
  - die periodische oder ständige Messung des Isolationswiderstands,
  - das regelmäßige/gelegentliche Messen von Strömen/Temperaturen oder
  - andere messtechnische Maßnahmen,
- in eine der Schubladen „vorbeugende Wartung“, „ständige Überwachung“ oder „Wiederholungsprüfung“ zu stecken und dann vielleicht auszutauschen [6].

Derartige globale und somit ungenaue Empfehlungen irritieren die jeweils insgesamt für die Sicherheit verantwortliche Elektrofachkraft [6][7][8][9].

### 4 Überwachung der ortsveränderlichen Geräte

Die Ableit-/Fehlerstrom(Differenzstrom)-Überwachung eines Anlagenteils oder aller für ortsveränderliche Geräte vorgesehenen Anschlussstellen ersetzt bei weitem nicht alle nach DIN VDE 0702 [7] vorgegebenen Einzel-

prüfungen (Tafel 2). Insofern kann von vornherein festgestellt werden, dass eine Wiederholungsprüfung mit dem Prüfumfang nach [7] oder [4] trotz der Überwachung vorgenommen werden muss. Dies wird auch durch den diesbezüglichen Beschluss des zuständigen DKE-Komitees K 211 bestätigt (Tafel 3).

Eine Überwachung ist auch kein Grund dafür, die Prüffristen zu verlängern, da die Einzelprüfungen nach [7] jeweils andere Bauteile bzw. andere Schutzmaßnahmen betreffen. Die Notwendigkeit der Schutzleiterprüfung und deren Prüffrist beispielsweise, wird in keiner Weise vom Zustand der Isolierungen oder durch das Messen des Ableit-/Fehlerstroms (Schutzleiter- oder Berührungsstrom) beeinflusst.

Zu beachten ist außerdem, eine Überwachung des Ableit-/Schutzleiterstroms der einzelnen Geräte erfordert,

- das Anordnen von Mess-Sonden vor jeder Anschlussstelle und
- das Beobachten des Messwerts jeder dieser Sonden.

Im Vergleich mit der gegenwärtigen gelegentlichen und bekanntlich ausreichenden Prüfung entsteht ein erheblicher zusätzlicher Aufwand, obwohl z. B. der nach [7] auch zu ermittelnde Berührungsstrom (Ableitstrom) der Geräte nicht erfasst wird.

Hinzu kommt, dass es mit dieser Überwachung erforderlich wird, jede Veränderung an jeder Anschlussstelle (Auswechseln, Abschalten, Umorganisieren des Betriebsablaufs usw.) an die überwachende Stelle zu melden, da damit auch die von ihr zu beachtenden Grenzwerte verändert werden. Die Betriebsführung wird auf diese Weise nicht erleichtert wie es mitunter vermutet wird [3], sondern erheblich kompliziert und verteuert.

Wenn eine solche Überwachung auch für ortsveränderliche Geräte sinnvoll sein soll, dann müsste jeder Anschlussstelle ein bestimmtes anzuschließendes ortsveränderliches Gerät –

**Tafel 2** Vorgaben für die Wiederholungsprüfung nach DIN VDE 0702 [7] und deren Erfüllung durch die Ableit-/Fehlerstrommessung (Differenzstrom-)Überwachung

| Vorgegebene Einzelprüfungen nach DIN VDE 0702                                | Differenzstromüberwachung                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Besichtigen                                                                  | nein                                                                                                                     |
| Schutzleiterdurchgang/-widerstand                                            | nein                                                                                                                     |
| Isolationswiderstandsmessung L/N - PE                                        | nein                                                                                                                     |
| Isolationswiderstandsmessung zwischen L/N und berührbaren leitfähigen Teilen | nein                                                                                                                     |
| Schutzleiterstrommessung                                                     | Voraussetzungen sind gegeben; eine exakte Erfassung ist nur bei Einzelgeräten mit einer ihnen zugeordneten Sonde möglich |
| Berührungsstrommessung                                                       | nein                                                                                                                     |
| Funktion der Schutzeinrichtungen                                             | nein                                                                                                                     |
| Funktion des Geräts                                                          | nein                                                                                                                     |

**Tafel 3** Protokollauszug der Sitzung des DKE-Komitees vom Oktober 2006**Die Diskussion führt zu folgendem Ergebnis:**

Die Überwachung durch Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen ersetzt nicht die Wiederholungsprüfung nach DIN VDE 0702, da neben der Isolationswiderstandsmessung/Ableitstrommessung weitere wichtige Prüfungen (s. Tafel 2) erforderlich sind, um die Sicherheitsanforderungen einzuhalten.

praktisch ortsfest – zugeordnet und das Einhalten dieser Zuordnung auch ständig kontrolliert werden. Solche Vorgaben sind praktisch nicht umzusetzen.

Auch das Überwachen einer Gruppe von ortsveränderlichen Geräten, die alle ihren Anschlussstellen fest zugeordnet wurden, erbringt keine Änderung der vorstehend genannten Nachteile. Im Gegenteil, das Überwachen des „Summengrenzwerts“ der betreffenden Gerätegruppe, das Erkennen der Ursache einer Differenzstromänderung und Lokalisieren eines Isolationsfehlers wird dann praktisch unmöglich. Das nach [7][8] geforderte Beurteilen des einzelnen Betriebsmittels ist dann gar nicht möglich.

Die Zwecklosigkeit einer solchen Prüfstrategie wird nochmals deutlich wenn man bedenkt, dass in einem Unternehmen dann

- zwischen den im Einsatz befindlichen und den als Reserve vorhandenen ortsveränderlichen Geräten zu unterscheiden ist und
- Geräte, die an diese Anlage angeschlossen sind, vor einer eventuellen Inbetriebnahme an einer anderen, nicht überwachten Anlage einer Wiederholungsprüfung unterzogen werden müssen und
- hinsichtlich der Erfassung und Kennzeichnung zwischen den Geräten mit verschiedenen Prüfzuständen zu unterscheiden ist, wenn die Sicherheit lückenlos gewährleistet werden soll.

Und außerdem: Da mit der Differenzstromüberwachung nur die Betriebsmittel der Schutzklasse I erfasst werden, ist für die der Schutzklassen II und III auch noch ein gesondertes Prüfregime erforderlich.

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass auch einige technische Sachverhalte den Sinn einer solchen Überwachung des Ableit-/Fehlerstroms (Schutzleiterstroms) der ortsveränderlichen Geräte in Frage stellen:

- Bei Anlagenteilen/Stromkreisen, die mehrere/wechselnde/verschiedene ortsveränderliche Geräte versorgen, können den Ableit-/Fehlerstrom(Differenzstrom)-Überwachungsgeräten bzw. ihren Messstellen keine bestimmten Soll- oder Grenzwerte für den Ableit-/Fehlerstrom zugeordnet werden.
- Um die Überwachung überhaupt möglich zu machen, müssten die betreffenden Strom-

kreise und Anschlussstellen der ortsveränderlichen Betriebsmittel strikt von denen der ortsfesten getrennt werden.

Anderenfalls entsteht an den Messkreisen/Messstellen,

- sowohl eines Wechselstromkreises
- als auch eines Drehstromkreises, mit ortsfesten Betriebsmitteln immer wieder eine andere und letztlich für die Überwachende Person unüberschaubare Situation.

- Diese Ableit-/Fehlerstrom- bzw. Differenzstrom-Überwachung kann auch nicht als eine Wiederholungsprüfung nach DIN VDE 0702 [7] angesehen werden, weil das Einhalten des geforderten Grenzwerts von 3,5 mA für den Schutzleiterstrom durch die Überwachungsgeräte nicht genau gewährleistet werden kann.

Die vorstehenden Überlegungen lassen nur die Schlussfolgerung zu, dass ein Einbeziehen der ortsveränderlichen Geräte in die Differenzstromüberwachung der Anlage technisch und ökonomisch nicht zweckmäßig ist (siehe auch Tafel 3).

## 5 Zusammenfassung

Es ist eine sorgfältige Vorbereitung des Einsatzes einer Ableit-Fehlerstrom(Differenzstrom)-Überwachung erforderlich, um die gewünschten Vorteile mit einem möglichst geringen Aufwand zu erreichen. Je nach Art der Anlage und ihrer Betriebsmittel wird sie anders zu gestalten sein.

Festgestellt wurde, dass eine solche ständige Überwachung der Ableit-/Fehlerströme wohl künftig zur Grundausstattung einer modernen elektrischen Industrieanlage und anderer automatisierter Prozesse gehören wird.

Nur so sind Betriebsführung, Wartung und Prüfung auf rationelle Weise zu gewährleisten. Deutlich wurde auch, dass der mit ihrem Errichten und Betreiben verbundene Aufwand nicht durch Einsparungen bei anderen Maßnahmen der Wartung oder Prüfung finanziert werden kann. Besonders muss darauf hingewiesen werden, dass diese Ableit-/Fehlerstrom-Überwachung

- in keiner Weise einen Verzicht auf die Isolationswiderstandsmessung der Wiederholungsprüfungen begründet und

- nicht geeignet ist, um auch die an die Anlage anzuschließenden ortsveränderlichen Geräte zu überwachen.

Ebenso wichtig ist, dass der Betreiber einer elektrischen Anlage sich nicht der Illusion hingibt, allein mit dem Einbau einer „Differenzstrom-Überwachung“ seien etwaige Probleme zu erkennen und zu lösen. Er muss berücksichtigen:

- Bereits das Planen einer solchen Überwachung erfordert einen erheblichen Aufwand und gediegene fachliche Kenntnisse.
- Das Umsetzen der Planung in die Realität kann – je nach Art der vorhandenen Anlage und ihrer Betriebsmittel – sehr teuer werden. Es ist zu empfehlen, sich einen Überblick über die bei ähnlichen Industrieanlagen mit dem Einführen der Differenzstromüberwachung entstandenen Kosten – und Erfahrungen – zu verschaffen.
- Das wirkungsvolle Überwachen und Auswerten der Messergebnisse ist nur durch den Einsatz einer erfahrenen verantwortlichen Elektrofachkraft möglich.

## Literatur

- [1] Bödeker, K.; Kindermann, R.: Ableit-/Fehler- und/oder Differenzströme? – Ursachen, Probleme, Konsequenzen. Elektropraktiker, Berlin 61(2007)9, S. 792–797.  
– Nur gelegentlich oder ständig überwachen? Elektropraktiker, Berlin 61(2007)10, S. 897–900.
- [2] DIN VDE 0100-410 (VDE 100-410):2007-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41 Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag.
- [3] Seibel, D.; Hofheinz, W.: Informationen zur Sicherstellung der Anforderungen gemäß § 5 UVV-BGV A3 SD 52.
- [4] DIN VDE 0105-100:2000-06 Betrieb von elektrischen Anlagen.
- [5] DIN VDE 0100-610:2004-08; bzw. DIN VDE 0100 Teil 600:2008 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6 Prüfung.
- [6] UVV BGV A3 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel.
- [7] DIN VDE 0702:2004-06 Wiederholungsprüfung an elektrischen Geräten.
- [8] BetrSichV – Betriebssicherheitsverordnung vom 27.09.2002.
- [9] VDE 1000-10:1995-05 Anforderungen an die im Bereich der Elektrotechnik tätigen Personen.