

2.2 Die grundlegende Fehlersituation

In einem ersten Schritt wird in diesem Abschnitt aus vielen denkbaren elektrischen Fehlersituationen eine Standard-Fehlersituation ausgewählt. Die Auswahl wird im Wesentlichen anhand von Ursachen elektrischer Fehler (siehe Kapitel 2.2.2) und Wirkungen elektrischer Fehler (siehe Kapitel 2.2.1) vorgenommen. Einen Überblick über die Auswahlkriterien und den Auswahlprozess bietet **Bild 2.3**.

In einem zweiten Schritt wird die ausgewählte Fehlersituation durch möglichst wenige elektrische Größen modelliert (siehe Kapitel 2.2.4). Das zunächst unhandliche Modell (siehe Gl. (2.1)) kann durch geeignete Annahmen stark vereinfacht werden. Die vereinfachte Modellierung bildet die Grundlage für die weiteren quantitativen Betrachtungen in dieser Arbeit (siehe insbesondere Gl. (2.5) und Gl. (2.6)). Die getroffenen Annahmen stellen dabei kennzeichnende Eigenschaften elektrischer Situationen dar und sind damit auch für die späteren Betrachtungen hilfreich (siehe dazu z. B. die Ungleichungen gemäß Gl. (2.3) und Gl. (2.7)).

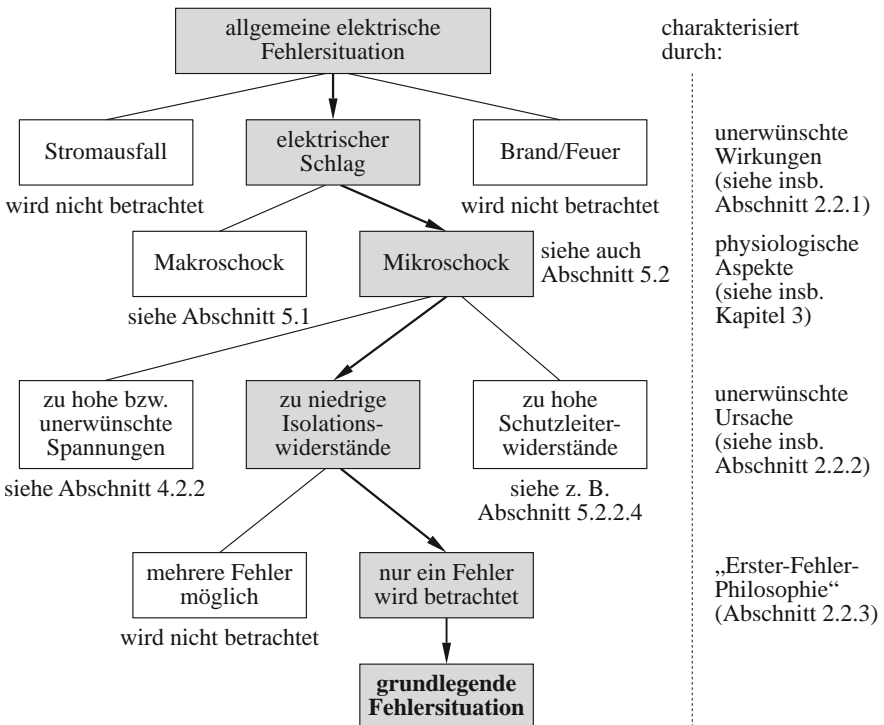


Bild 2.3 Spezifizierung der grundlegenden Fehlersituation

Die ausgewählte Fehlersituation wird im Folgenden als „grundlegende Fehlersituation“ bezeichnet. Vollständige Fehlersituationen umfassen noch weitere Details zum Patienten und zur allgemeinen Betriebssituation. Diese zusätzlichen Rahmenbedingungen werden in Kapitel 4 und in Kapitel 5.2 betrachtet.

2.2.1 Elektrische Sicherheit und Risiken

Gerade in kritischen Bereichen, wie z. B. Operationsräumen, erwartet man von der benötigten und eingesetzten Infrastruktur hohe Zuverlässigkeit und Sicherheit. Viele operative Eingriffe besitzen selber ein so hohes Risiko, dass eine Durchführung nur akzeptabel ist, wenn die notwendige Infrastruktur, wie z. B. die elektrische Stromversorgung, sicher ist. Knapp formuliert wird gefordert: Der Raum muss sicher sein. Das Gerät muss sicher sein. Die Anwendung muss sicher sein [4].

Sicherheit ist jedoch ein schwer zu definierender Begriff. Aus diesem Grund wird Sicherheit häufig indirekt als Abwesenheit von Gefährdungen definiert. Der Vorteil des Gefährdungsbegriffs ist, dass eine Gefährdung in der Regel konkret benannt werden kann. Der schwierige Sicherheitsbegriff wird also in eine Liste ausgewählter, konkreter Gefährdungen oder Risiken zerlegt, die zu vermeiden sind.

In einem ersten Schritt sind also Risiken zu identifizieren, zu charakterisieren und zu selektieren. Hierzu müssen in der Regel genau zu spezifizierende Szenarien betrachtet werden. Erst dann – in einem zweiten Schritt – können diese sorgfältig selektierten Gefährdungen durch geeignete Maßnahmen auf ein tolerierbares Maß reduziert werden.

In dieser Arbeit werden elektrische Risiken in medizinisch genutzten Bereichen der Gruppe 2 betrachtet. Elektrische Risiken in medizinisch genutzten Bereichen werden z. B. in [1] erörtert. Im Folgenden werden drei Klassen von denkbaren Risiken beschrieben.

2.2.1.1 Risiko 1: Ausfall der Stromversorgung

Die Zuverlässigkeit der Stromversorgung ist in medizinisch genutzten Bereichen von großer Bedeutung. Ausfälle der Stromversorgung drohen durch Ausfall der übergeordneten Stromversorgung oder durch Abschaltung der Anlage in Folge von Isolationsfehlern.

Durch die Möglichkeit der Umschaltung auf verschiedene Spannungsversorgungen während des Betriebes (siehe Kapitel 2.1.4) kann dieses Risiko des Stromausfalls infolge eines Ausfalls der übergeordneten Stromversorgung wirksam reduziert werden. Durch den Einsatz von ungeerdeten IT-Systemen in medizinisch genutzten Bereichen der Gruppe 2 ist ein erhöhter Schutz vor einem Ausfall der Stromversorgung in Folge

von Isolationsfehlern sichergestellt (siehe Kapitel 2.1.1). Das Risiko des Ausfalls der Stromversorgung ist nicht Gegenstand dieser Arbeit.

2.2.1.2 Risiko 2: Brand

Ein großer Teil von Bränden, auch in Krankenhäusern, entsteht in Folge von elektrischen Fehlern. Für die Detektion und Beseitigung brandauslösender Fehlerströme stehen etablierte Schutz- und Abschaltvorrichtungen zur Verfügung. Dieses Risiko ist nicht spezifisch für medizinisch genutzte Bereiche der Gruppe 2. Auch dieses Risiko ist nicht Gegenstand dieser Arbeit.

2.2.1.3 Risiko 3: Elektrischer Schlag

In Folge elektrischer Fehler kann es zu lebensgefährlichen Körperströmen kommen, die je nach Stromstärke z. B. zu Verbrennungen oder Herzkammerflimmern führen können. In medizinisch genutzten Bereichen der Gruppe 2 bestehen dabei besondere Gefahren durch Herzkammerflimmern, da bei einigen Anwendungen eine direkte elektrische Verbindung zum Herzen des Patienten besteht. Die Beurteilung des Risikos eines elektrischen Schlags für den Patienten in diesen besonderen Situationen ist Gegenstand dieser Arbeit.

Anmerkung 1: Es werden also nur Risiken für den Patienten und nicht für den Anwender betrachtet. Vergleiche hierzu auch die Trennung von Patientenschutz (MOPP) und Bedienschutz (MOOP) bei ME-Geräten gemäß DIN EN 60601-1 (VDE 0750-1), 8.5.

Anmerkung 2: Bei einem direkten elektrischen Kontakt zum Herzen können sehr kleine Körperströme einen elektrischen Schlag auslösen. Diese Ströme sind etwa um den Faktor 1 000 kleiner als unter normalen Bedingungen (siehe Kapitel 3.1.3). Zur deutlichen Unterscheidung wird ein elektrischer Schlag bei direktem Kontakt zum Herzen auch als „Mikroschock“ bezeichnet. Ein elektrischer Schlag unter normalen Bedingungen wird im Gegensatz dazu als „Makroschock“ bezeichnet. Physiologische Aspekte von Mikro- und Makroschocks werden im Kapitel 3.1 detailliert gegenübergestellt.

Fazit: In dieser Arbeit wird das Risiko eines elektrischen Schlags für den Patienten bei einem direkten elektrischen Kontakt zum Herzen betrachtet. Ein solcher elektrischer Schlag wird als Mikroschock bezeichnet. Die physiologischen Aspekte von Makro- und Mikroschocks werden in Kapitel 3.1.1 dargestellt. Ein Szenario, bei dem ein direkter elektrischer Kontakt zum Menschen besteht, kann nur in medizinisch genutzten Bereichen der Gruppe 2 auftreten. Solche Szenarien werden in Kapitel 5.2.2 erörtert.

2.2.2 Fokus auf Isolationsfehler

Folgen von elektrischen Fehlern sind vielfältig. Im vorhergehenden Kapitel 2.2.1 wurde der Fokus auf elektrischen Schlag bei direktem Zugang zum Herzen (Mikroschock) gelegt. Statt unerwünschten Wirkungen werden in diesem Abschnitt unerwünschte Ursachen von elektrischen Fehlern identifiziert.

Ein elektrischer Schlag wird durch gefährlich hohe Körperströme hervorgerufen (siehe Kapitel 3.1.1). Zu gefährlichen Körperströmen kommt es typischerweise durch unerwünschte Spannungen in einer elektrischen Anlage. Da die Betriebsspannung als erwünscht angesehen wird, kommen bei der hier betrachteten grundlegenden Fehlersituation nur zu niedrige Isolationswiderstände als unerwünschte Ursache gefährlicher Körperströme in Frage.

Anmerkung 1: In bestimmten Situationen können auch hohe Widerstände durch Verlagerung von Strömen zu unerwünschten Spannungen führen, wie z. B. ein Fehler im zusätzlichen Schutzpotentialausgleich. Diese Szenarien gehen aber über die hier betrachtete grundlegende Fehlersituation hinaus und werden später im Kapitel 5.2.2 betrachtet.

Anmerkung 2: Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden auch andere unerwünschte Spannungen betrachtet, die zu gefährlichen Körperströmen führen können. Auch diese Effekte gehen über die grundlegende Fehlersituation hinaus und werden in Kapitel 4.1.3 betrachtet.

Fazit: Die grundlegende Fehlersituation ist dadurch charakterisiert, dass alleine Isolationsfehler als Ursache von unerwünschten Körperströmen angesehen werden können (siehe auch Bild 2.3).

2.2.3 „Erster-Fehler-Philosophie“

Die vorangestellten Überlegungen haben die Vielfalt an denkbaren Fehlerszenarien mit unterschiedlichen Ursachen und Wirkungen stark reduziert. Um zu konkreten Risikoabschätzungen zu gelangen, ist jedoch noch ein weiterer wichtiger Schritt notwendig: die Beschränkung auf den ersten Fehler. Dieses Konzept wird gemäß DIN EN 60601-1 (VDE 0750-1), 4.7 als „Erster-Fehler-Philosophie“ bezeichnet und geht auf die IEC/TR 60513 zurück [5], [6].

Lässt man, entgegen dem Prinzip des ersten Fehlers, gleichzeitige Fehler zu, so steigt die Anzahl der denkbaren Fehlerszenarien in unüberschaubarem Umfang an. Es ist dann praktisch unmöglich, alle denkbaren Szenarien bei Risikoabschätzungen zu berücksichtigen. Durch die Beschränkung auf einen einzigen Isolationsfehler kann die Anzahl der zu betrachtenden Fehlersituationen stark reduziert werden.

Die Beschränkung auf einen Fehler bietet bei der Modellierung einen weiteren wichtigen Vorteil: Der Rest der elektrischen Anlage ist fehlerfrei und befindet sich damit in einem definierten Betriebszustand. Zahlreiche elektrische Parameter befinden sich in der Regel in einem vorgegebenen Sollbereich und müssen nicht aufwendig bestimmt oder abgeschätzt werden.

Bei der Beurteilung von Gesamtrisiken bedarf die Beschränkung auf Situationen mit nur einem Fehler natürlich einer Begründung. Dazu sei hier nur kurz auf den Guide 104 der IEC verwiesen: „Das gleichzeitige Auftreten von zwei unabhängigen und nicht aufeinander bezogenen Fehlern kann normalerweise unberücksichtigt bleiben, weil die Wahrscheinlichkeit eines solchen Vorfalles so gering ist, dass das Risiko im Allgemeinen toleriert werden kann.“ [7].

Mithilfe der „Erster-Fehler-Philosophie“ können bereits wichtige Eigenschaften des Isolationsfehlers beschrieben werden:

- Es wird im Folgenden von einem **einphasigen Isolationsfehler** ausgegangen. Ein mehrphasiger Isolationsfehler wird formal als gleichzeitiges Auftreten mehrerer einphasiger Isolationsfehler aufgefasst. Aus diesem Grund wird der mehrphasige Isolationsfehler hier nicht weiter betrachtet.
- Es wird im Folgenden von einer **indirekten Berührung** ausgegangen (siehe auch DKE-IEV-Definition 195-06-04 oder 826-12-04). Das heißt, dass nicht „direkt“ aktive (stromführende) Leiter berührt werden. Aktive Leiter werden nur „indirekt“ über den Schutzleiter bzw. das leitfähige Gehäuse berührt. Schutzleiter und aktive Leiter sind dabei durch einen niederohmigen Isolationsfehler oder durch kapazitive Kopplungen mehr oder weniger leitend miteinander verbunden. Aktive Leiter sind bei Geräten der Schutzklasse I (siehe Kapitel 2.1.3) durch eine Basisisolierung und zusätzlich eine leitfähige Hülle gegen (direkte) Berührung geschützt. Aus diesem Grund braucht die direkte Berührung eines aktiven Leiters gemäß der „Erster-Fehler-Philosophie“ nicht betrachtet werden.

Fazit: Die grundlegende Fehlersituation ist weiter dadurch charakterisiert, dass alleine ein einphasiger Isolationsfehler als Ursache von unerwünschten Körperströmen angesehen wird (siehe auch Bild 2.3). Die restliche elektrische Anlage wird als fehlerfrei angenommen.

2.2.4 Modellierung der grundlegenden Fehlersituation

Es wird ein ungeerdetes IT-System mit einem einphasigen Isolationsfehler betrachtet. Im Folgenden werden Ströme, die in Folge eines Isolationsfehlers fließen, als Fehlerströme bezeichnet. Eine genaue Definition dieses Begriffes und auch eine Abgrenzung von anderen Begriffen wird in Kapitel 2.2.5 vorgenommen.

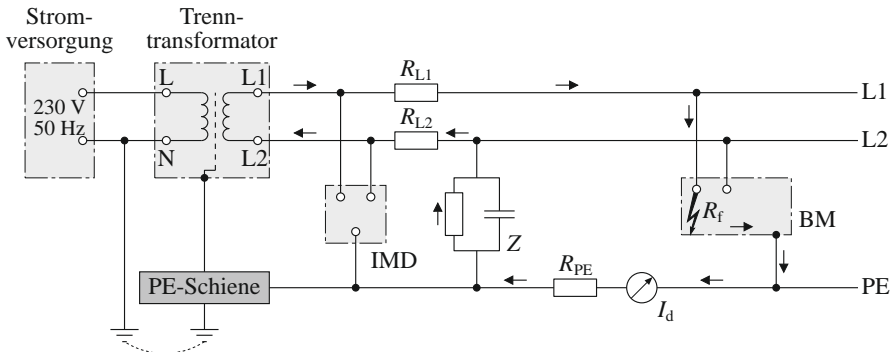


Bild 2.4 Die grundlegende Fehlersituation

R_{L1} Leitungswiderstand des aktiven Leiters L1

R_{L2} Leitungswiderstand des aktiven Leiters L2

Z Koppelimpedanz zwischen L2 und PE

R_{PE} Schutzleiterwiderstand

R_f Widerstand der Fehlerstelle

I_d Fehlerstrom, Strompfad ist durch Pfeile symbolisiert

Anmerkung: Bei der grundlegenden Fehlersituation handelt es sich um einen einphasigen, niederohmigen Isolationsfehler zwischen einem aktiven Leiter (hier L1) und dem Schutzleiter (PE).

Über die Koppelimpedanz Z fließt der Fehlerstrom I_d . Bei der grundlegenden Fehlersituation wird kein weiterer Fehler im System angenommen. Die grundlegende Fehlersituation wird im Text eingehend motiviert und erläutert.

Bei Risikoabschätzungen ist es in der Regel sinnvoll, den „Worst Case“ zu betrachten. Das heißt, es wird hier ein **niederohmiger Isolationsfehler** betrachtet, da dann der Fehlerstrom max. wird.

In **Bild 2.4** ist beispielhaft ein niederohmiger, einphasiger (L1) Isolationsfehler dargestellt, der zu einem Fehlerstrom im Schutzleiter (PE) führt. Das entsprechende Schaltbild ist in **Bild 2.5 a** dargestellt. Ein Fehlerstrom im Schutzleiter, der später auch als Erdfehlerstrom bezeichnet wird (siehe Kapitel 2.2.5), stellt an sich noch keine direkte Gefährdung für den Patienten dar. Erdfehlerströme können jedoch indirekt zu einer Gefährdung des Patienten führen.

Eine weitere Voraussetzung der hier betrachteten Fehlerströme sind unvermeidbare Koppelimpedanzen im ungeerdeten IT-System. Da der Isolationsfehler als niederohmig angenommen wird, ist es in der Regel die Koppelimpedanz, die die Amplitude des Fehlerstroms bestimmt. Die Beschreibung der Fehlerstromamplitude setzt also eine ausreichende Kenntnis der Koppelimpedanzen im ungeerdeten IT-System voraus. Aus diesem Grund werden relevante Koppelimpedanzen im ungeerdeten IT-System im Kapitel 2.3 detailliert vorgestellt und quantifiziert.

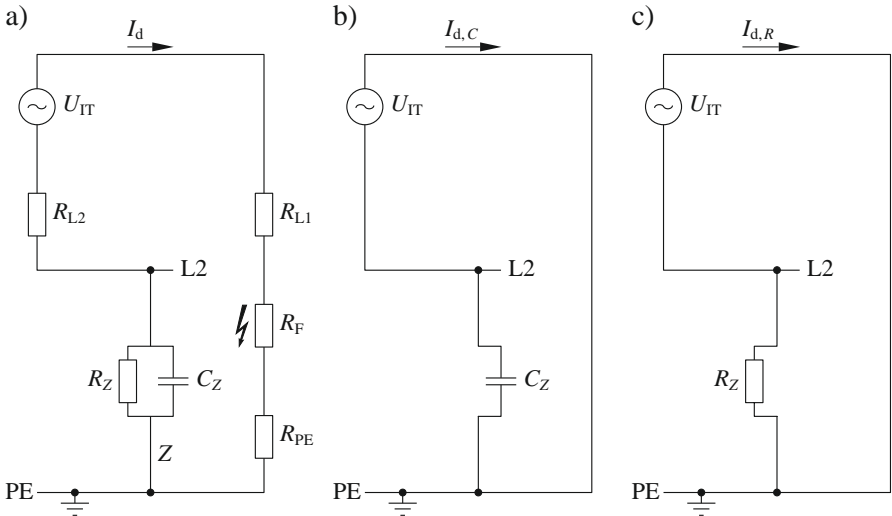


Bild 2.5 Schaltbilder der grundlegenden Fehlersituation

U_{IT} Betriebsspannung im ungeerdeten IT-System

R_{L1} Leitungswiderstand des aktiven Leiters L1

R_{L2} Leitungswiderstand des aktiven Leiters L2

Z Koppelimpedanz zwischen L2 und PE

R_Z ohmscher Anteil der Koppelimpedanz (Isolationswiderstand)

C_Z kapazitiver Anteil der Koppelimpedanz (Koppelkapazität)

R_{PE} Schutzleiterwiderstand

R_F Widerstand der Fehlerstelle (Isolationsfehler an L1)

I_d Gesamtfehlerstrom

$I_{d,R}$ ohmscher Teilfehlerstrom

$I_{d,C}$ kapazitiver Teilfehlerstrom

Anmerkung: Mit den Randbedingungen gemäß Gl. (2.2) und Gl. (2.3) und der Bedingung $R_Z \omega C_Z \gg 1$ kann das Schaltbild A zu Schaltbild B reduziert werden. Für den kapazitiven Teilfehlerstrom gilt dann Gl. (2.5). Gilt hingegen $R_Z \omega C_Z \ll 1$, so kann das Schaltbild A zu Schaltbild C reduziert werden. Für den ohmschen Teilfehlerstrom gilt dann Gl. (2.6).

Zu analytischen Berechnung des Fehlerstroms wird das Schaltbild in Bild 2.5 a auf Basis der modifizierten Knotenanalyse (MNA) ausgewertet [8]. Dazu wird die Software Wolfram Mathematica 8 mit dem freien Zusatzpaket IMS/IMTEK der Universität Freiburg verwendet. Das Paket unterstützt bei der Erstellung der Gesamtsteifigkeitsmatrix des Systems und bei der Lösung des sich daraus ergebenden Gleichungssystems. Für den Effektivwert des Fehlerstroms ergibt sich daraus die recht unhandliche Gl. (2.1).

$$I_d = U_{IT} \sqrt{\frac{1 + R_Z^2 (\omega C_Z)^2}{(R_{L1} + R_{L2} + R_F + R_{PE} + R_Z)^2 + (R_{L1} + R_{L2} + R_F + R_{PE})^2 R_Z^2 (\omega C_Z)^2}} \quad (2.1)$$

Die einzelnen Größen in Gl. (2.1) sind dabei wie folgt definiert:

- I_d Effektivwert der Fehlerstrom-Amplitude
- U_{IT} Betriebsspannung im ungeerdeten IT-System,
d. h. Sekundärspannung am Trenntransformator,
typischerweise gilt $U_{IT} = 230 \text{ V}$
- ω Kreisfrequenz der Betriebsspannung im ungeerdeten IT-System;
mit der Frequenz $f = 50 \text{ Hz}$ gilt $\omega = 2\pi f = 314 \text{ Hz}$
- C_Z kapazitiver Anteil der Koppelimpedanz (sog. Koppelkapazität);
typische Werte liegen im Bereich von einigen Mikrofarad.
- R_Z ohmscher Anteil der Koppelimpedanz (sog. Isolationswiderstand);
typische Werte liegen im Bereich von mehreren hundert Kiloohm.
- R_{L1}, R_{L2} Leitungswiderstände von L1 und L2;
typische Werte liegen im Bereich weniger Ohm.
- R_{PE} Schutzleiterwiderstand;
typische Werte liegen im Bereich weniger Ohm.
- R_F Widerstand des Isolationsfehlers;
da von einem niederohmigen Isolationsfehler ausgegangen wird,
liegen typische Werte im Bereich weniger Ohm.

Die recht unhandliche Gl. (2.1) kann aufgrund geeigneter Annahmen stark vereinfacht werden. Eine Schlussfolgerung aus dem Konzept des ersten Fehlers ist die Annahme, dass die sonstige Isolation des betrachteten Systems fehlerfrei ist. Das bedeutet hier, dass der Isolationswiderstand R_Z viel größer ist als Übergangswiderstand R_F des niederohmigen Isolationsfehlers. Auch die Leitungen L1 und L2 sowie der Schutzleiter werden als intakt angenommen. Das bedeutet, dass auch die Leitungswiderstände R_{L1}, R_{L2} und R_{PE} viel kleiner sind als R_Z . Es gelten also folgende Randbedingungen:

$$R_Z \gg R_F, \quad R_Z \gg R_{L1}, \quad R_Z \gg R_{L2}, \quad R_Z \gg R_{PE} \quad (2.2)$$

Wird gleichzeitig angenommen, dass die kapazitive Kopplung C_Z des ungeerdeten IT-Systems nicht zu groß ist, so kann man schreiben

$$(R_F + R_{L1} + R_{L2} + R_{PE}) \omega C_Z \ll 1 \quad (2.3)$$

Man beachte, dass Gl. (2.3) dimensionslos ist und damit der berechnete Wert nicht von den gewählten Einheiten abhängt. Mit Gl. (2.2) und Gl. (2.3) vereinfacht sich Gl. (2.1) zu

$$I_d = U_{IT} \sqrt{\frac{1 + R_Z^2 (\omega C_Z)^2}{R_Z^2}} = U_{IT} \sqrt{\frac{1}{R_Z^2} + (\omega C_Z)^2} \quad (2.4)$$

An den zwei Summanden im rechten Wurzelausdruck in Gl. (2.4) erkennt man, dass der Fehlerstrom I_d aus zwei Teilfehlerströmen zusammengesetzt ist. Die beiden Teilfehlerströme werden im Folgenden getrennt betrachtet:

- Der Summand $(\omega C_Z)^2$ repräsentiert den Teilfehlerstrom $I_{d,C}$, der durch kapazitive Kopplungen verursacht wird. Für diesen kapazitiven Teilfehlerstrom gilt der einfache Ausdruck

$$I_{d,C} = U_{IT} \omega C_Z \quad (2.5)$$

- Der Summand $1/R_Z^2$ repräsentiert den Teilfehlerstrom $I_{d,R}$, der durch ohmsche Kopplungen verursacht wird. Für diesen ohmschen Teilfehlerstrom gilt analog der einfache Ausdruck

$$I_{d,R} = \frac{U_{IT}}{R_Z} \quad (2.6)$$

Die kapazitiven und ohmschen Teilfehlerströme sind in Bild 2.5 b und Bild 2.5 c dargestellt.

Der Wurzelausdruck in Gl. (2.4) ist dem Umstand geschuldet, dass die Teilfehlerströme $I_{d,C}$ und $I_{d,R}$ um 90° phasenverschoben sind. Für eine Risikoabschätzung können die Teilfehlerströme einfach addiert werden, da die Summe der Teilfehlerströme stets größer als der Wurzelausdruck ist.

In besonderen Fällen kann ein Teilfehlerstrom gegenüber dem anderen vernachlässigt werden. Gilt z. B.

$$R_Z \omega C_Z \gg 1, \quad (2.7)$$

so kann der ohmsche Teilfehlerstrom $I_{d,R}$ gegenüber dem kapazitiven Teilfehlerstrom $I_{d,C}$ vernachlässigt werden. Die komplizierte Gl. (2.1) kann dann durch die sehr einfache Gl. (2.5) ersetzt werden. Die Gültigkeit der Nebenbedingung gemäß Gl. (2.7) ist jedoch im Einzelfall nachzuweisen.

Beispiel: Mit $R_Z > 100 \text{ k}\Omega$, $C_Z > 100 \text{ nF}$ und $\omega = 314 \text{ Hz}$ gilt gemäß Gl. (2.7) der Zusammenhang $R_Z \omega C_Z = 3,14 > 1$. In diesem Fall beträgt gemäß Gl. (2.5) und Gl. (2.6) die Amplitude vom ohmschen Teilfehlerstrom $I_{d,R}$ nur ca. 30 % der Amplitude vom kapazitiven Fehlerstrom $I_{d,C}$. Durch die Phasenverschiebung der Teilfehlerströme beträgt der Anteil im Gesamtfehlerstrom I_d gemäß Gl. (2.4) sogar nur ca. 15 %.

Zusammenfassend kann die grundlegende Fehlersituation durch folgende Eigenschaften charakterisiert werden:

- Infolge eines Isolationsfehlers fließt ein Fehlerstrom.
- Für die Risikoabschätzung wird der „Worst Case“ betrachtet, d. h. ein niederohmiger Isolationsfehler.
- Es wird, der Philosophie des ersten Fehlers folgend, kein weiterer Fehler im System angenommen. Somit werden Leitungswiderstände als klein, sonstige Isolationswiderstände als hoch angenommen und es wird ein einphasiger Isolationsfehler betrachtet.
- Unter diesen Voraussetzungen hängt der Fehlerstrom nur von der Koppelimpedanz im System ab.
- Der Fehlerstrom kann in einen kapazitiven und einen ohmschen Teilfehlerstrom zerlegt werden. Für den kapazitiven Teilfehlerstrom gilt Gl. (2.5) und für den ohmschen Teilfehlerstrom gilt Gl. (2.6).

Um die Amplitude des Fehlerstroms aufgrund eines niederohmigen Isolationsfehlers abzuschätzen, müssen also die Koppelimpedanzen im ungeerdeten IT-System identifiziert und abgeschätzt werden. Dieser Aufgabe widmet sich der folgende Kapitel 2.3.

Anmerkung: Die grundlegende Fehlersituation umfasst noch keinen Menschen. Die Kombination von grundlegender Fehlersituation und Mensch wird im Kapitel 4 als grundlegende Gefährdungssituation bezeichnet und detailliert vorgestellt.

2.2.5 Die Bezeichnung von Fehler- und Ableitströmen im IT- und TN-System

Der Begriff „Fehlerstrom“ ist gemäß DKE-IEV 826-11-11 folgendermaßen definiert: *Strom, der über eine gegebene Fehlerstelle aufgrund eines Isolationsfehlers fließt.*

Die hier verwendete Bezeichnung „Fehlerstrom“ für Ströme, die aufgrund der grundlegenden Fehlersituation aus Kapitel 2.2.4 auftreten, folgt damit der Definition gemäß DKE-IEV.

In Kapitel 2.2.4 wurde auch bereits die Bezeichnung „Teilfehlerstrom“ verwendet. Die DKE-IEV 603-02-25 definiert hierzu: