

## Elektroinstallation und EMV

Dipl.-Ing. Herbert Schmolke VdS Schadenverhütung, Köln
---

### 1. Probleme mit der EMV betreffen uns alle

Man könnte heutzutage den Eindruck gewinnen, dass EMV zu einem modernen Schlagwort geworden ist. Alle reden davon und nur wenige Eingeweihte wissen wirklich bescheid, worum es eigentlich geht. War die Welt früher nicht in Ordnung, als man sich bei der Errichtung von elektrischen Anlagen lediglich darüber Gedanken machen musste, welchen Leitungsquerschnitt und welche Leitungslänge man beim Anschluss von elektrischen Betriebsmittel wählt, welche Sicherungen eingesetzt werden musste, wie viele Stromkreise vorzusehen sind usw.?

Sicher war die Welt damals in Ordnung, aber sie hat sich bis heute sehr verändert. Heute gibt es kaum ein Verbraucher, der nicht elektronische Bauteile enthält. Datenleitungen für PC- und Telekommunikationsvernetzung, für Gebäudesystemtechnik und Gefahrenmeldeanlagen u.v.m. durchziehen unsere Gebäude. Motoren werden über Umrichter gesteuert und Leuchtstofflampen über EVG mit Hochfrequenz betrieben.

Ohne ein Umdenken in der Elektroinstallation ist die Welt heute wirklich nicht mehr in Ordnung. Das zeigt auch die veränderte gesetzliche Situation: Wer hätte vor 50 Jahren gedacht, dass es ein Gesetz zur Elektro-Magnetischen-Verträglichkeit geben wird, von dem auch die Elektroinstallationsbetriebe betroffen sind. Leider haben bisher viel zu wenige davon Kenntnis genommen. Mit anderen Worten: Ohne Einbeziehung der EMV in die Elektroinstallation geht es gar nicht mehr – es sei denn, man plant und errichtet ausschließlich kleine Einfamilienhäuser mit extrem geringen Anteil an Gebäudetechnik.

Probleme im Bereich der EMV können sehr vielschichtig sein. Dem Neueinsteiger auf diesem Gebiet wird zu Anfang in der Regel die bekannte Definition zur EMV vorgelegt:

Unter Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) versteht man die Fähigkeit eines Gerätes, eines Systems oder einer Anlage, in seiner/ihrer bestimmungsgemäßen Umgebung zufriedenstellend zu funktionieren, ohne dabei diese Umgebung durch selbst erzeugte elektromagnetische Störungen unzulässig zu beeinflussen.

Ob ihm damit letztendlich allen geholfen ist, sei dahingestellt.

Fest steht, dass es um Funktionsfähigkeit und somit letztlich auch um Sicherheit geht. Dabei wird vorausgesetzt, dass

- auf ein Gerät (System / Anlage) stets Einflüsse von außen wirken und
- von diesem Gerät (System / Anlage) stets etwas ausgeht, das andere Geräte (Systeme / Anlagen) in der Umgebung beeinflussen kann.

Diese Einflüsse können

- **Ströme** sein, die über Schutzleitern, fremden leitfähigen Teilen oder über Kabelschirmen fließen, oder
- **Spannungen** bzw. **Überspannungen**, die die betriebsmäßig anstehende Spannung überlagern, oder
- **Oberschwingungsströme**, die irgendwo in der elektrischen Anlage entstehen und sämtliche elektrischen Betriebsmittel einschließlich dem einspeisenden Transformator belasten.

## 2. Beispiele von Problemfällen

An Beispielen für Probleme in der EMV fehlt es nicht:

### Beispiel 1:

Da wäre das Großraumbüro, in dem irgendwann die Vorschaltgeräte der Leuchtstofflampen zu brummen anfangen, so dass die gesamte Belegschaft die Arbeit niederlegte, weil das Geräusch den Aufenthalt in diesem Büro zur Qual machte.

Ursache war die Umrüstung der Aufzugsanlage, die von der gleichen Verteilung aus mit Energie versorgt wurde wie die Unterverteilung für die Bürobeleuchtung. Die Wechselrichter der Aufzugsanlage produzierten Oberschwingungsströme deren Frequenz die Eisen der Vorschaltgeräte in den Leuchtstofflampen zum Schwingen brachten.

Die Beeinflussung durch Oberschwingungen kann vielfältig sein. In Bild 1 wurde beispielhaft eine mögliche Beeinflussung dargestellt. Bei dem Gerät 1 könnte es sich beispielsweise um die oben beschriebene Aufzugsanlage handeln. Dieses „Gerät“ produziert Oberschwingungsströme  $I_h$ , die an der Netzimpedanz  $Z_S$  einen entsprechenden „Oberschwingungs-Spannungsfall“  $U_h$  verursachen. Dieser Spannungsfall  $U_h$  liegt jedoch an sämtlichen elektrischen Betriebsmittel an, die mit der gleichen Netzimpedanz  $Z_S$  verbunden sind.

Auf diese Weise pflanzt sich die Störung in der gesamten Anlage fort und können irgendwo Funktionsausfälle oder gar Zerstörungen hervorrufen.



Verbraucher zerstört wurden. Leider waren in der elektrischen Anlage keine Schutzmaßnahmen gegen Überspannungen eingeplant bzw. errichtet worden.

Bei diesen Beispielen drängt sich die Frage auf, ob hier fachtechnisch korrekt gearbeitet wurde? Die Firma, die den Aufzug geplant und die elektrische Anlage dazu errichtet hat, konnte nach Abschluss der Arbeiten sicher sagen: „Es funktioniert – der Aufzug läuft, die Aufzugssteuerung ist in Ordnung und alle Arbeiten wurden sauber ausgeführt.“

Die Firma, die das Stromschienensystem errichtet hat (und natürlich auch der Planer) kann nach Abschluss der Arbeiten behaupten: „Alles fertig – die Schiene passt; sie hält allen Belastungen stand; sie verursacht keinen zu hohen Spannungsfall und ist in bezug auf den Strom genau dimensioniert – was will man mehr?“

Auch der Planer und Errichter des Bürogebäudes konnte nach Fertigstellung sagen, dass doch alles funktionstüchtig geplant und auch fachtechnisch korrekt errichtet wurde. Die gesamte Anlage entspricht DIN VDE 0100, Teil 410, 430, 510, 520 und 540 usw.

Kann man heutzutage wirklich noch so denken? „Mein Anteil an der Anlage ist korrekt – was die anderen machen und welche Probleme sie haben, geht mich nichts an“. Diese Einstellung ist längst nicht mehr zeitgemäß. Sie widerspricht auch zutiefst dem EMV-Gesetz, dass bei allen Geräten, Systemen und Anlagen davon ausgeht, dass mögliche gegenseitige Beeinflussungen stets mit einbezogen werden müssen, damit das komplette Gebäude mit all seinen Gewerken, von der Starkstromanlage bis hin zur komplexen Steuerung, zufriedenstellend funktionieren kann. Das erfordert jedoch ein globaleres Denken.

Will man dem EMV-Gesetz gerecht werden, muss man bereit sein, über seinen Tellerrand hinauszuschauen, und sein Gewerk im Zusammenhang mit allen andern Gewerken sehen.

### **3. Ein leider typisches Problem unserer Niederspannungsversorgungssysteme**

Ein Problem soll hier beispielhaft näher betrachtet werden. Es geht um ein Thema, dass in letzter Zeit häufig besprochen wurde. Dennoch gibt es auch hier noch genügend Fassetten, die zu vielen Fachleuten unbekannt sind. Es geht um das bereits oben im Beispiel 2 genannte 4-Leiter-System. In einschlägigen Fachkreisen nennt man dieses System auch das TN-C-System. Das Hauptargument gegen dieses System geht von folgender Überlegung aus:

Der vierte Leiter (PEN) übernimmt eine Doppelfunktion, nämlich die Funktion des Schutzleiters (PE) und die des Neutralleiters (N). Dies ist in einer Hinsicht möglich, denn der Neutralleiter wird in der Regel am Sternpunkt des einspeisenden Transformators geerdet – er führt

also keine nennenswerte Spannung gegen Erde<sup>1</sup>. Da der Schutzleiter (PE) auch stets Erdpotential hat, liegt es also nahe, diese beiden Leiter in einem einzigen Leiter, den PEN-Leiter, zusammenzufassen.

Allerdings gibt es auch gute Gründe, dies möglichst zu vermeiden:

Auch wenn der Neutralleiter keine hohe Spannung gegen Erde aufweist, fließt in ihm ein häufig nicht zu vernachlässigender Betriebsstrom. Bei der Art heutiger Verbraucher, die stets mit elektronischen Netzteilen u.ä. ausgerüstet sind, muss sogar davon ausgegangen werden, dass der Neutralleiter auch bei einer guten symmetrischen Auslastung der drei Außenleiter einen hohen Strom führt. Der PE-Leiter sollte dagegen möglichst stromlos sein – dies widerspricht sich natürlich, aber früher konnte man mit diesem Widerspruch leben – früher...!

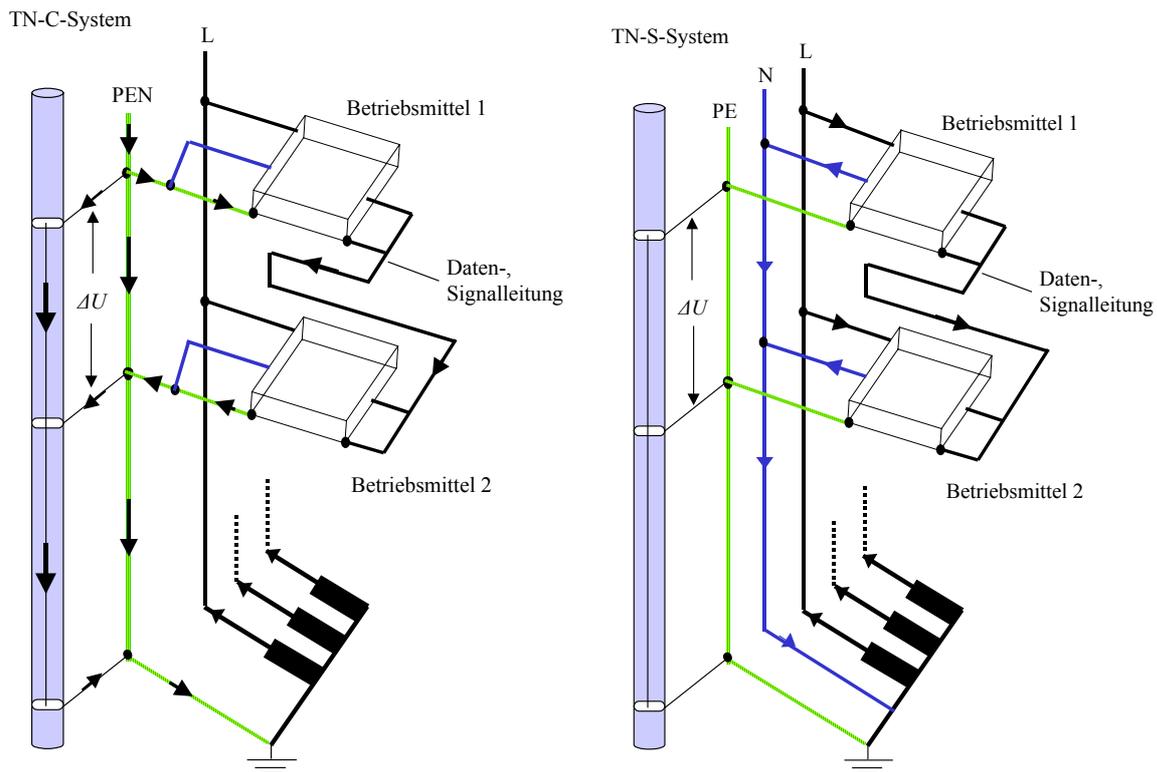
Das Problem wurde in den letzten Jahren häufig beschrieben. Im Bild 2 findet man die immer wieder hierfür verwendete Darstellung:

Es geht um ein mehrgeschossiges Gebäude auf dem in jeder Etage ein Etagenverteiler errichtet wurde, der die jeweilige Etage mit elektrischer Energie versorgt. Daneben gibt es auch ein PC-Netz, das über geschirmte Datenleitungen miteinander verbunden ist. Die PC besitzen einen PE-Leiteranschluss (Schutzklasse I). Die Etagenverteiler werden im linken Bild über ein 4-Leiter Kabel (L1, L2, L3, PEN) miteinander verbunden. Da eine symmetrische Aufteilung der Außenleiterströme nie ganz möglich ist, wird über den PEN-Leiter betriebmäßig ein Strom fließen. Dieser wird zwischen den Etagenverteilern einen Spannungsfall ( $\Delta U$ ) hervorrufen, der ebenso einen Strom über alle parallelen Wege treibt (also über das metallische Wasserrohr und über die Schirme der PC-Datenkabel) – man könnte auch sagen, nach Kirchhoff teilt sich der PEN-Leiterstrom auf alle parallelen Wege auf.

Auf den Schirmen der Datenkabel kann dieser Strom Störungen verursachen und wohlmöglich den Schirm unzulässig erwärmen. Dazu verursachen diese „Streuströme“, die irgendwo in der Anlage fließen, stets ein elektrisches Feld, das empfindliche Anlagen stören kann.

---

<sup>1</sup> Dies stimmt natürlich nur zum Teil, denn je weiter man vom Sternpunkt des Transformators weggeht, um so höher wird auf Grund des im Neutralleiter fließenden Stroms seine Spannung gegen Erde ausfallen. Diese Spannung kann man jedoch reduzieren, indem man die Erdung an mehreren Stellen wiederholt.

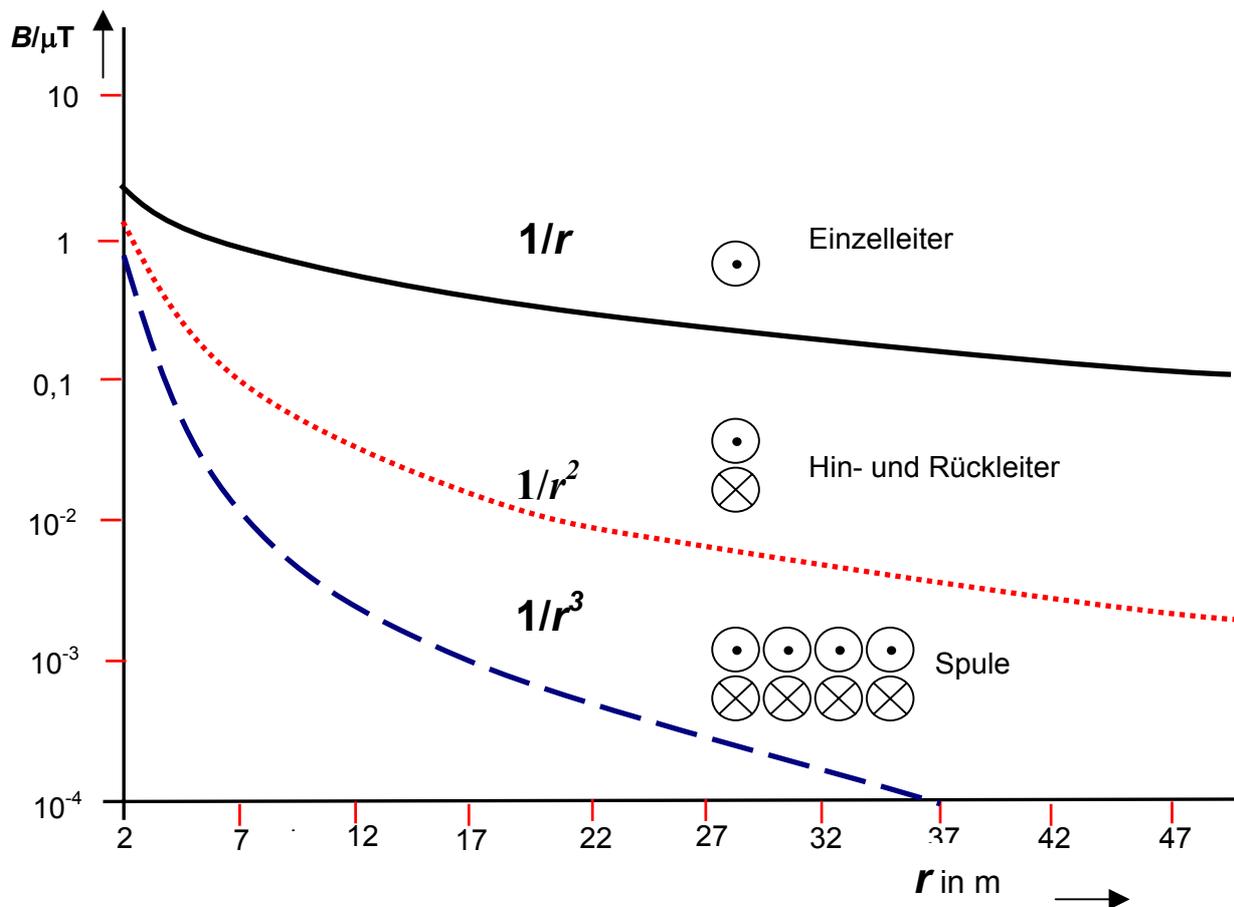


**Bild 2:** Betriebsbedingte „Neutralleiterströme“ in einem TN-S- System und in einem TN- C- System. Im linken Bild verursacht der Spannungsfall  $\Delta U$  einen gefährlich hohen Schirmstrom auf der Datenleitung. Im rechten Bild gilt  $\Delta U = 0$  V.

Der störende Einfluss dieser „Streuströme“ ist dabei nicht unerheblich. Jeder fließende elektrische Strom hat ein magnetisches Feld. Doch ist die Stärke dieses Feldes von der geometrischen Anordnung der stromführenden Adern abhängig. Ein Transformator führt zwar in der Regel hohe Ströme, aber sein magnetisches Feld nimmt unter Umständen mit zunehmender Entfernung schneller ab als dies bei einem Kabel der Fall ist.

Bild 3 zeigt die Zusammenhänge. Bei einem Transformator oder einer Spule nimmt die magnetische Flussdichte  $B$  ungefähr proportional  $1/r^3$  ab. Bei einem Kabel, in dem Hin- und Rückleiter wirken, nimmt die Flussdichte ca. im Verhältnis  $1/r^2$  ab und bei einer Einzelleiter ca. mit  $1/r$ .

Der Einzelleiter ist also in bezug auf die EMV der schlechteste Fall, da hier das magnetische Feld mit wachsendem Abstand nur relativ langsam abnimmt. Was ist aber ein „Einzelleiter“. Es geht hierbei nicht um ein Einleiterkabel, bei dem ja die übrigen Leiter des Stromkreises in der Nähe liegen. Ein Einzelleiter wäre beispielsweise die Wasserleitung aus Bild 2 (links). Hier fließt ausschließlich ein Strom in einer Richtung. Es hat Fälle gegeben, bei denen ein Strom von einigen 10 A in einem Heizungsrohr gemessen wurde, und dieser Strom hatte schwere Störungen auf benachbarten Bildschirmen verursacht.



**Bild 3:** Magnetische Flussdichte ( $B$ ) in Abhängigkeit von Quelle und dem Abstand ( $r$ ) der Messung von den stromdurchflossenen Leitern (Strom  $I = 30\text{ A}$ ).

Die oben genannten Streuströme sind also auf alle Fälle

- **brandgefährlich**, da sie unkontrolliert im Gebäude über irgendwelche Anlagenteile fließen. Aus diesem Grund ist ein PEN-Leiter auch in feuergefährdeten Betriebsstätten verboten.
- **extrem ungünstig für die EMV** in einem Gebäude. Wer die elektrische Anlage in einem Gebäude plant und errichtet und dabei ein TN-C-System wählt, handelt also im Grunde stets gegen das EMV-Gesetz, da er in der heutigen Zeit davon ausgehen muss, dass in dem Gebäude empfindliche Geräte und Systeme betrieben werden müssen.

Aber noch ein weiterer Gesichtspunkt ist zu berücksichtigen. Wenn sich im Bild 2 (links) der PEN-Leiterstrom aufteilt und somit zum Teil über das Wasserrohr, zum Teil über die Datenkabelschirme und zum Teil über den PEN-Leiter selbst fließt, dann ist im Kabel, das die Etagenverteiler mit elektrischer Energie versorgt (Steigeleitung) die Summe der Ströme nicht mehr Null!

In einem üblichen Kabel, in dem sämtliche Außenleiter und Neutraleiter eines Stromkreis vereinigt sind, ist die Stromsumme stets Null. Das bedeutet - abgesehen von den geometrischen Unsymmetrien der im Kabel enthaltenen Adern - ist das magnetische Feld um dieses

Kabel herum weitgehend Null. Da nach Bild 2 (links) jedoch ein Teil des Stroms nicht mehr im Kabel fließt, sondern über andere Wege, ist die Summe der Ströme nun nicht mehr Null.

**In diesem Zusammenhang spricht man vom sogenannten „Differenzstrom“ oder „Summenstrom“. Dies ist der Strom der die Differenz der Ströme darstellt – also die Summe der Ströme, die über andere Wege als den PEN-Leiter abfließen.**

Beispiel:

Im Bild 2 (links) soll über den PEN-Leiter ein Strom von 50 A fließen, über das Wasserrohr fließen 20 A und über die Schirme 10 A. Das bedeutet, dass im Kabel (Steigleitung) insgesamt 30 A (= 20 A + 10 A) „fehlen“ – dies ist der zuvor genannte Summenstrom.

Vom magnetischen Feld her gesehen, ist dieses Kabel überhaupt nicht mehr „neutral“. Es wirkt vielmehr wie ein Einzelleiter aus Bild 3, in dem ein Strom in Höhe des Summenstroms fließt (im vorgenannten Beispiel wären das ein Strom von 30 A).

### Beispielrechnung:

Für das zuvor genannte Beispiel soll errechnet werden, bis zu welcher Entfernung von dieser Steigleitung eine Störung der EMV zu erwarten ist. Dabei wird ein üblicher Wert von  $1 \mu\text{T}$  als Grenzwert vorausgesetzt:

$I = 30 \text{ A}$  (Differenz- bzw. Summenstrom aus dem zuvor genannten Beispiel).

Die übliche Formel für die Berechnung der Flussdichte  $B$  wird nach  $r$ , dem Abstand vom Kabel, umgestellt.

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r} \Rightarrow r = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot B} = \frac{1,256 \cdot 10^{-6} \text{ Vs / Am} \cdot 30 \text{ A}}{2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ Vs / m}^2} = 6 \text{ m}$$

Im Umkreis von 6 m vom Kabel entfernt sind Störungen im Sinne der EMV zu erwarten - beispielsweise sind Bildschirmarbeitsplätze in diesem Bereich ungeeignet.

Mit anderen Worten: Nicht nur die Streuströme verursachen Probleme in Bezug auf die EMV, sondern das 4-Leiter-Kabel selbst wirkt in der elektrischen Anlage als Störquelle.

### Anmerkung zu Strommessungen in heutigen Anlagen

Durch moderne elektronische Verbraucher, die zunehmen unsere elektrischen Anlagen beeinflussen, kann längst nicht mehr davon ausgegangen werden, dass die zu messenden Ströme einen sinusförmigen Verlauf aufweisen. Aus diesem Grund ist es dringend erforderlich, dass Strommessungen ausschließlich mit Messgeräten durchgeführt werden, die eine „Echt-Effektivwert-Messung“ (TRMS) gewährleisten.

## 4. Erdung und Potentialausgleich

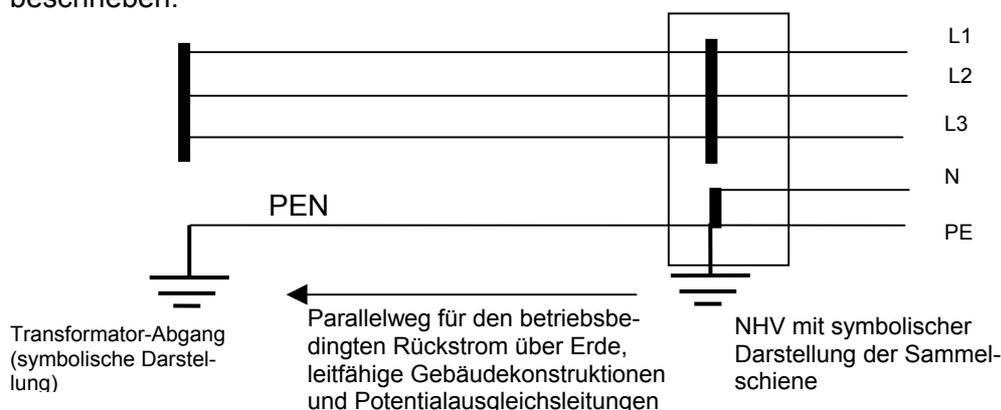
Ein PEN-Leiter sollte im Gebäude möglichst vermieden werden. Dies bedingt, dass man so früh wie möglich ein TN-S-System errichtet (wenn möglich bereits ab dem einspeisenden Transformator<sup>2</sup>).

In der bisher gültigen Norm DIN VDE 0100-540 wurde die Forderung nach einem TN-S-System nicht erhoben (auch nicht ab der Einspeisung ins Gebäude). Es besteht lediglich die Empfehlung, auf den PEN-Leiter zu verzichten, wenn im Gebäude informationstechnische Einrichtungen installiert werden sollen. Allerdings wird sich dies zukünftig ändern, zumal Normen auf dem Markt kommen, die hier eine zunehmend „deutlichere Sprache sprechen“. So zeigt die DIN VDE 0100-444 „Schutz gegen elektromagnetische Störungen (EMI) in Anlagen von Gebäuden“ deutlich auf, dass in einer elektrischen Anlage, die ein Mindestmaß an elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV) gewährleisten soll, kein PEN-Leiter errichtet werden sollte. Auch die VDE-Normen der Reihe 0800 setzen, um Störungen in fernmelde- bzw. informationstechnischen Einrichtungen zu vermeiden, stets ein TN-S-System voraus.

Planer und Errichter, die nach DIN VDE 0100 eine elektrische Anlage planen und errichten möchten, sollten schon jetzt stets den tatsächlichen Stand der Technik im Auge haben und darum auf einen PEN-Leiter verzichten.– auch wenn die aktuell gültigen Regeln der Technik (die DIN VDE Normen) dies beim Thema „Errichten von elektrischen Anlagen in Gebäuden bis 1000 V“ noch nicht ausdrücklich fordern.

### 4.1 Die Erdverbindung der elektrischen Anlage

Bereits ein Kabel oder eine Leitung zwischen dem einspeisenden Transformator und der Niederspannungs-Hauptverteilung kann für erhebliche Störungen sorgen, denn diese Zuleitung wird in der Regel als TN-C-System errichtet. Im Folgenden wird dieses Problem näher beschrieben.



**Bild 4:** Vom Transformator aus wird in der Regel ein TN-C-System errichtet und erst ab der NHV ein TN-S-System. Parallel zum PEN-Leiter gibt es stets auch irgendwelche fremde leitfähige Teile, die einen parallelen Weg für den PEN-Leiter-Strom bilden.

<sup>2</sup> Die Ausnahme bei einer vorliegenden Mehrfacheinspeisung wird im nachfolgenden Abschnitt 4.1 behandelt.

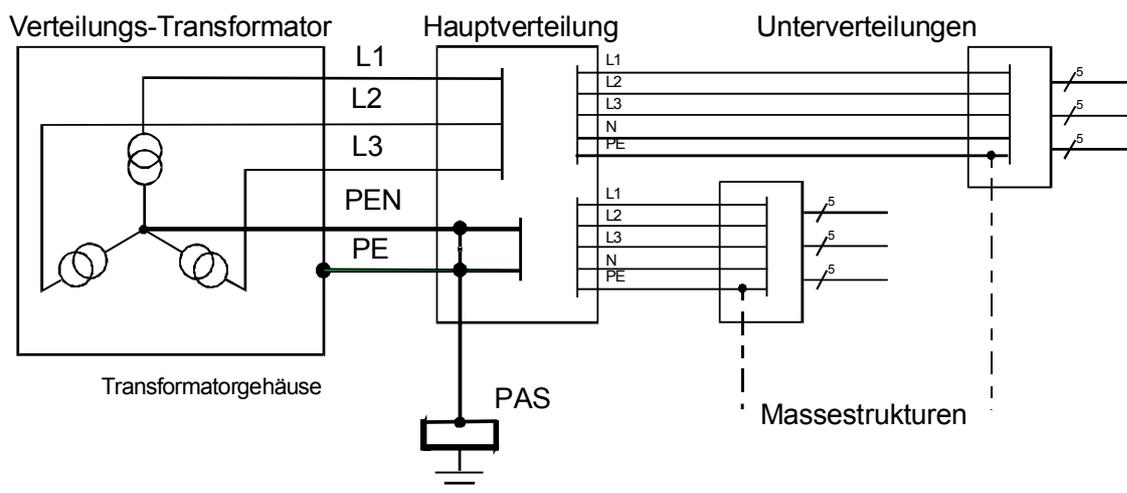
Im Bild 4 ist die Situation symbolisch dargestellt: Vom Transformator aus wird ein TN-C-System verlegt. Der Transformator-Sternpunkt ist geerdet – von ihm aus geht der PEN-Leiter ab. In der Niederspannungshauptverteilung (NHV) gibt es immer irgendwelche Anbindungen (gewollt und ungewollt) der PE/PEN-Schiene mit leitfähigen Teilen bzw. mit dem Potentialausgleichssystem. Dies können u.a. metallene Rohre, die Gebäudearmierung oder sonstige Gebäude-Konstruktionsteile sein. Diese leitfähigen Teile bilden stets einen „Nebenpfad“ in bezug auf den PEN-Leiter. Der betriebsbedingte Strom im Neutralleiter, der von den Verbrauchern zurück zur Spannungsquelle (Transformator) fließt, wird sich also in der NHV aufteilen und zum Teil über den PEN-Leiter sowie zum Teil über diese fremden leitfähigen Teile zurückfließen.

Der über die „Nebenpfade“ fließende Strom fehlt nun im PEN-Leiter, so dass die Stromsumme im Zuleitungsstromkreis zwischen Transformator und NHV magnetisch nicht mehr Null ergibt. Vielmehr wirkt dieser Stromkreis wie ein Einzelleiter, in dem wie im Abschnitt 3 beschrieben der Summenstrom (oder Differenzstrom) fließt.

Auch die Ströme, die über die zuvor genannten leitfähigen Teile fließen, verursachen magnetische Störfelder. Es hat in der Praxis Fälle gegeben, bei denen bereits dieses „kurze Stück“ zwischen Transformator und NHV erhebliche Probleme in bezug auf die EMV hervorgerufen hat.

Die erste Möglichkeit, hier Abhilfe zu schaffen, wäre, bereits ab dem Transformator ein TN-S-System aufzubauen. In diesem Fall blieben die betriebsbedingten Ströme im Neutralleiter und der Schutzleiter kann so oft wie möglich mit dem Erdpotential bzw. mit dem Potentialausgleich in Verbindung gebracht werden.

Ist dies jedoch nicht möglich, so bleibt nur die im Bild 5 beschriebene Lösung.



**Bild 5:** Erdverbindung einer elektrischen Anlage mit einspeisendem Transformator und PEN-Leiter zwischen Transformator und NHV.  
PAS = Potentialausgleichschiene

Im Bild 5 wurde der Sternpunkt des Transformators nicht direkt geerdet. Der PEN-Leiter wird statt dessen isoliert bis zur NHV geführt und erst dort erfolgt die Erdung. Auch hier kann kein Betriebsstrom außerhalb des PEN-Leiters fließen, da dieser ausschließlich an einer einzigen zentralen Stelle (nämlich in der NHV) mit der Erde und somit mit dem gesamten Potentialausgleich in Verbindung steht. Diesen Punkt in der NHV, wo der PEN-Leiter zum ersten und einzigen Mal mit dem Erdpotential in Verbindung tritt, nennt man den „zentralen Erdverbindungspunkt“.

Nebenbei bemerkt handelt es sich bei der Leitung zwischen dem Transformator-Sternpunkt und diesem zentralen Erdverbindungspunkt um einen echten PEN-Leiter, denn er führt im fehlerlosen Betriebsfall als Neutralleiter den betriebsbedingten Strom. Im Fehlerfall (Erd- bzw. Körperschluss) führt er jedoch wie ein PE-Leiter zusätzlich den Fehlerstrom.

Treten also Probleme durch die oben beschriebenen Streuströme auf, so muss man gezwungenermaßen auf die eine der oben erwähnten Lösungen zurückgreifen.

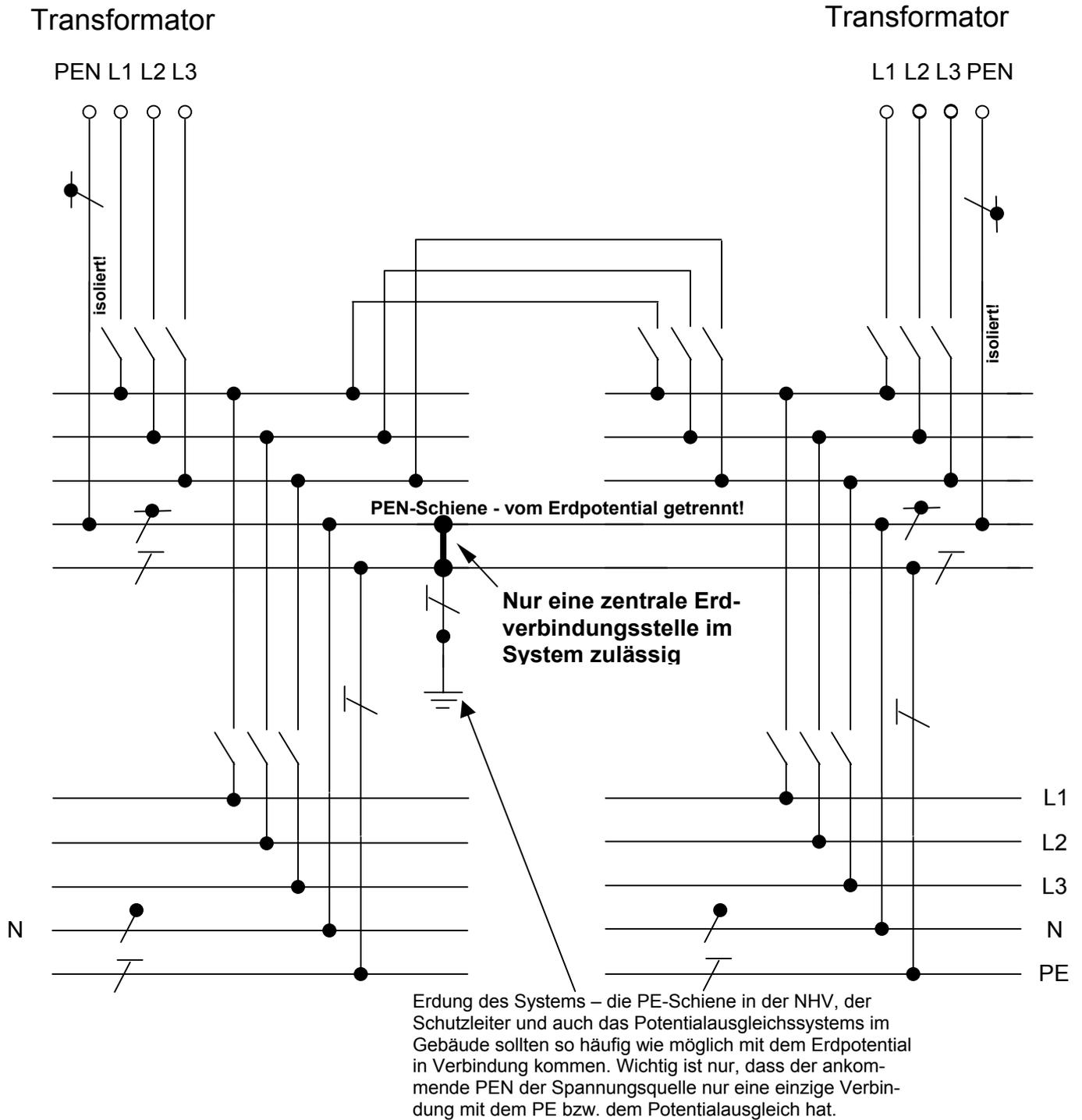
**Im Grund genommen kommt es darauf an, nur eine einzige Verbindungsstelle zwischen dem Schutzleiter- bzw. Potentialausgleichssystem im Gebäude und dem von der Spannungsquelle kommenden PEN-Leiter<sup>3</sup>, herzustellen. Diese einzige Verbindungsstelle wird häufig auch Zentraler Erdverbindungspunkt (ZEP) oder Zentraler Erdverbindungspunkt genannt (ZEV).**

Sind mehr als eine einspeisende Spannungsquelle beteiligt, gibt es nicht einmal mehr die beiden oben beschriebenen alternativen Möglichkeiten (5-Leiter-System ab Transformator oder isolierter PEN). Diese Situation wird im folgenden Bild 6 dargestellt.

Der Grund, dass es hier nur diese eine Möglichkeit gibt, liegt in der Tatsache begründet, dass auch dann, wenn man ab den Transformatoren ein 5-Leiter-System aufbaut, stets zwei Verbindungen zwischen dem Potentialausgleich im Gebäude und dem jeweiligen PEN, der vom Transformator zur Verbraucheranlage geführt wird, gibt. Unweigerlich wird der über die Neutralleiter fließende Rückstrom auch über den „Parallelweg“, bestehend aus Neutralleiter und PE des jeweils anderen Transformators, fließen. Hier bleibt also nur die Möglichkeit, die PEN-Leiter isoliert zur NHV zu führen, und dort die einzige Verbindung zum Potentialausgleich und zur Erder vorzunehmen (Bild 6).

---

<sup>3</sup> Im Bild 5 und Bild 6 handelt es sich bei der Verbindungsleitung zwischen dem Sternpunkt des Transformators und der PEN-Schiene in der NHV wirklich um einen PEN, da dieser Leiter sowohl den betriebsbedingten Rückstrom führt (Neutralleiter) als auch im Fehlerfall den Fehlerstrom (PE-Leiter).



**Bild 6:** Darstellung einer Mehrfacheinspeisung mit zwei einspeisenden Transformatoren. Wichtig ist dabei die Zentrale Erdverbindungsstelle – nur mit dieser Möglichkeit ist eine für die EMV freundliche Elektroinstallation zu erreichen.

Sowohl aus Bild 5 als auch aus Bild 6 lassen sich Regeln ableiten, die für eine EMV-gerechte Einspeisung sowie für die Anbindung des Potentialausgleichs im Gebäude an den Schutzleiter der Einspeisung gelten:

- Der **PEN-Leiter der einspeisenden Transformatoren dürfen nicht mit Erde in Berührung** kommen. Sie werden **isoliert in die NHV** verlegt und dort auf die PEN-Leiter-Schiene aufgelegt.  
(Alternativ dazu kann bei einer Einspeisung mit einem einzigen Transformator vom Transformator aus ein 5-Leiter-System mit separatem und isoliert geführten Neutralleiter verlegt werden)
- Diese PEN-Leiter-Schiene in der NHV muss ebenso **isoliert vom Schaltschrankgehäuse bzw. isoliert vom Erdpotential** aufgebaut sein.  
(Nicht die PEN-Schiene ist also isoliert, sondern ihre Montage wird so ausgeführt, dass sie keine leitfähige Verbindung mit dem Erdpotential hat)
- An dieser PEN-Leiter-Schiene werden sämtliche abgehende Neutralleiter aufgelegt.
- An dieser PEN-Leiter-Schiene wird die einzige Verbindung zwischen PEN und PE in der NHV vorgenommen (Zentrale Erdverbindungsstelle).

### 4.2 Der Potentialausgleich

Die in DIN VDE 0100-410 sowie –540 beschriebenen Anforderungen an einen Potentialausgleich werden für diese Überlegung als bekannt vorausgesetzt.

#### 4.2.1 Auswahl der Potentialausgleichsleitungen und der Leitungswege

Folgende grundsätzliche Regeln müssen beachtet werden:

Ströme verursachen in einem Leiter, in dem sie fließen, stets einen Spannungsfall. Bei Wechselströmen und bei durch Überspannung verursachte Stromimpulsen ist dieser Spannungsfall abhängig vom ohmschen Widerstand und vom Blindwiderstand des Leiters. Die Größe dieser Widerstände ist dabei

- in Bezug auf den ohmschen Widerstand von der Länge und dem Querschnitt des Leiters abhängig und
- in Bezug auf den Blindwiderstand von der Querschnittsform, in viel geringerem Maß jedoch von seiner Querschnittsgröße.  
(So lassen runde Leiter bei gleichem Querschnitt einen deutlich höheren induktiven Blindwiderstand entstehen als rechteckige, flache Leiter)

**Potentialausgleichsleitungen sollten deshalb stets so kurz wie möglich und der Querschnitt keinesfalls zu knapp bemessen sein. Wenn möglich, sollten dabei rechteckig, flache Leiterquerschnitte gewählt werden.**

### 4.2.2 Der Potentialausgleich als Maschensystem

Die Normen (DIN VDE 0100-410 und –540) fordern die Anbindung der dort genannten leitfähigen Teile in den Potentialausgleich. Über die Verbindung der angeschlossenen Teile untereinander wird in diesen Normen wenig gesagt. Da die Art der Ausführung jedoch Auswirkungen auf die EMV hat, muss hier einiges hierzu gesagt werden.

Zunächst kann man die Verbindung der metallenen Teile, die mit dem Potentialausgleich verbunden werden sollen sowie die Schirme der Kabel und Leitungen usw., auf zweierlei Arten durchführen:

- als vermaschtes Potentialausgleichssystem oder
- sternförmig (Baum- oder Sternstruktur).

Beide Möglichkeiten haben Vor- und Nachteile.

Beim **Potentialausgleich als Maschensystem** wird bereits vom Namen her deutlich, dass es darum geht, möglichst viele Verbindungsleitungen zwischen den einzelnen Teilen der in den Potentialausgleich einbezogenen Anlagenteile herzustellen (Bild 7). Je enger und zahlreicher die Maschen sind, um so besser ist die Schirmwirkung, und eventuell vorhandene Ströme, die über das Potentialausgleichssystem fließen (induzierte Ströme oder Ableitströme), teilen sich besser auf und werden so in ihrer Wirkung weitgehend reduziert.

Der vermaschte Potentialausgleich kann hergestellt werden durch das Anschließen der leitfähigen Kabelmäntel und Metallteile des Gebäudes wie Gebäudekonstruktionen, Bewehrung, Wasser- und Lüftungsleitungen sowie leitfähige Kabelkanäle und –wannen. Die PE-Schiene der Verteilungen im Gebäude werden ebenso in diesen vermaschten Potentialausgleich einbezogen.

Für den Fall, dass die Bewehrung des Gebäudes mit einbezogen werden kann, sollte dies geschehen, indem:

- a) der Bewehrungsstahl in einem Raster von ca. 5 m verschweißt und möglichst häufig mit dem Potentialausgleich verbunden wird. Diese Verbindung kann beispielsweise über Erdungsfestpunkte geschaffen werden, die mit dem Bewehrungsstahl verbunden werden und außen an die Verschalung (also vor Einbringung des Betons) befestigt werden.  
Wenn das Schweißen aus statischen Gründen nicht zulässig ist, dürfen Klammern (Klemmen) verwendet werden,
- b) oder es sollte zusätzlich ein nicht isolierter Leiter (Rundstahl oder Flacheisen) in den Beton eingelegt werden, der mit dem Bewehrungsstahl für die Gebäudekonstruktion mit Bindedraht zu verrödeln ist und zusätzlich in geeigneten Abständen (etwa alle 5 – 10 m) verschweißt oder verschraubt (Kreuzverbinder o.ä.) wird.

### **Erdungssammelleiter**

Sind in einem Raum oder einem Teil der Anlage zu wenig Anschlusspunkte möglich, kann ein Erdungssammelleiter installiert werden. Bei dem Erdungssammelleiter handelt es sich

um einen Rundleiter oder Flachleiter, der mit der Haupterdungsklemme oder -schiene verbunden wird, um so „auf dem kürzesten Weg“ von jedem Punkt des Gebäudes die Verbindung zur Haupterdungsklemme oder -schiene herzustellen.

Dieser Erdungssammelleiter muss für den Anschluss der Potentialausgleichsleiter leicht zugänglich sein. Er sollte möglichst als Potentialausgleichs-Ringleiter auf der Innenseite der Wände eines Gebäudes oder Raums installiert sein (beispielsweise in einem Raum in ca. 30 – 50 cm Höhe vom Fertigfußboden an den Wänden entlang ein Mal um den ganzen Raum herum). Dieser Ring ist so oft es möglich ist mit dem übrigen Potentialausgleich zu verbinden (über Erdungsfestpunkte mit der Stahlarmierung, mit metallenen Rohren, den PE-Schienen der Verteilungen, den metallenen Kabeltrassen usw.)

Möglichst alle leitfähigen Teile im innern des Gebäudes mit signifikanten Abmessungen wie z. B. metallene Türrahmen, Rohre von Versorgungsleitungen und Kabelpools sollen in diesen vermaschten Potentialausgleich einbezogen werden. Dabei sollte eine Verbindung dieser Teile untereinander möglichst oft durchgeführt werden.

Bei hohen Anforderungen an den Funktions-Potentialausgleich (beispielsweise bei EDV-Räumen) empfiehlt es sich, im Aufstellungsraum der Zentraleinheiten ein Maschennetz aus Kupferlitze mit einer Maschenweite von etwa 50 cm zu installieren und die Gehäuse der einzelnen Geräte auf kürzestem Wege mit diesem Potentialausgleichsnetzwerk zu verbinden. Das Netzwerk selbst soll mehrfach mit der Potentialausgleichsschiene (PA) des Raumes verbunden werden. Es ist vorteilhaft, Verbindungsleitungen unmittelbar auf dem Maschennetz der Flächenerdung zu verlegen.

### **Vorteile des Maschenpotentialausgleichs:**

Der Vorteil wurde oben bereits erwähnt: Ableitströme (wenn vorhanden) teilen sich weitgehend auf und werden so pro Leitung wesentlich verkleinert. Das Maschensystem selbst wirkt wie ein Schirm. Trifft ein magnetisches Feld auf die Maschen, so werden Ströme induziert, die wiederum ein Feld aufbauen, das dem einwirkenden Feld entgegengesetzt ist. Dies reduziert die Wirkung des einwirkenden magnetischen Feldes.

Zudem ist der maschenförmige Potentialausgleich weniger störanfällig, da eine eventuell fehlerhaft ausgeführte Masche (Verbindung fehlt oder schlecht), nicht so stark ins Gewicht fällt, wenn nur genügend viele Maschen insgesamt vorhanden sind.

### **Nachteile des Maschenpotentialausgleichs:**

Die Ableitströme, die entstehen, werden zwar pro Leiter reduziert, aber nicht vermieden. Der oben erwähnte Strom, der bei Feldeinwirkung in die Maschen induziert wird, wirkt zwar schwächend auf das einwirkende Feld, kann im ungünstigsten Fall jedoch selbst wieder empfindliche Anlagen der Informationstechnik stören. Darum muss auf eine starke Vermaschung (viele und enge Maschen) geachtet werden.

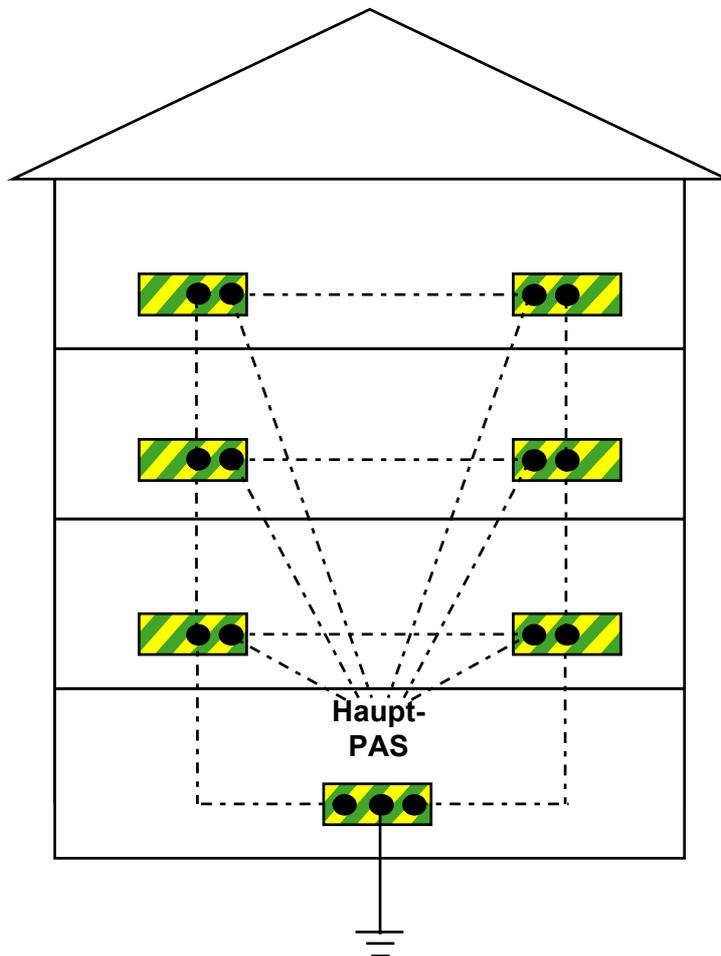


Bild 7: Potentialausgleich als Maschensystem

### 4.2.3 Potentialausgleich als Sternsystem

Hier wird die Potentialverbindung offen betrieben. Das bedeutet, die Körper der Betriebsmittel und die PE-Schienen der Verteiler werden in einer Linie untereinander verbunden, jedoch nur einmal pro Linie mit dem Erdungssystem an einer zentralen Stelle (Bild 8).

Wenn das Potentialausgleich-Netzwerk als Sternsystem aufgebaut wird, müssen somit alle verbundenen Teile (die an einer Potentialausgleichs-Linie angeschlossen sind) ausreichend isoliert errichtet werden, damit es zu keiner ungewollten, zusätzlichen Verbindung (und damit wieder zu einer Vermaschung) kommt. Diese Vermaschung würde das ganze System in Frage stellen!

Nur der gemeinsame Erdungspunkt pro Linie hat Erdungsanschluss. Das setzt voraus, dass diese Isolation gegen Erde immer wieder überprüft werden muss, um ungewollte Erdungs-

verbindungen, die durch Veränderungen oder Erweiterungen entstanden sein können, auszuschießen.

Im Allgemeinen wird das Sternsystem für relativ kleine, örtlich begrenzte Systeme verwendet. Oder einzelne Systeme im Gebäude werden nach diesem Schema errichtet.

### Beispiel für eine Brandmeldeanlage:

Die Kabelschirme werden ein Mal in der Zentrale mit dem Potentialausgleich verbunden. Danach werden zwar die Schirme und die daran angeschlossenen Betriebsmittel untereinander verbunden, nicht aber erneut mit dem Potentialausgleich in Verbindung gebracht. Auf diese Weise wird vermieden, dass bei vorhandenen Ableitströmen, die über den Potentialausgleich fließen, die Schirme belastet werden. Auch Schleifenbildungen können so vermieden werden.

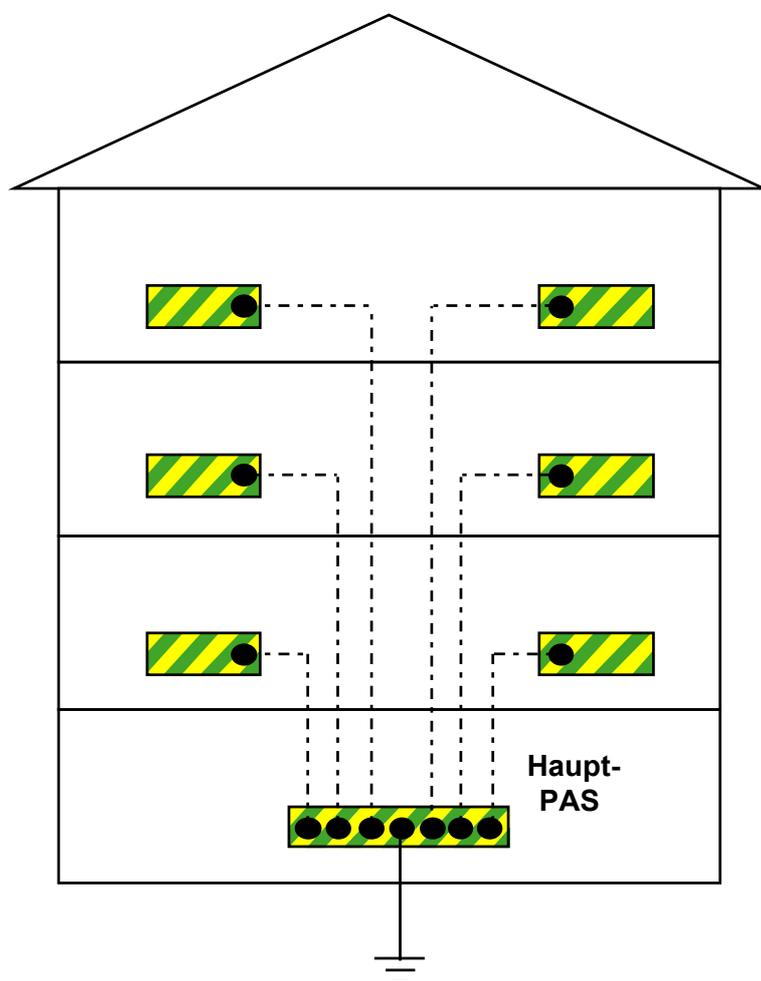


Bild 8: Potentialausgleich als Sternsystem

### Vorteile des sternförmigen Potentialausgleichs:

Hier können keine Ableitströme entstehen, die von anderen Betriebsmitteln als den angeschlossenen herrühren. Eine Schleifenbildung und somit ein induzierter Strom ist auszuschließen.

### Nachteile des sternförmigen Potentialausgleichs:

Dieses System ist sehr störanfällig, da bereits eine zufällige (ungewollte) Verbindung der voneinander isolierten Linien das ganze System in Frage stellt. Hier muss also sorgfältig geplant, errichtet und anschließend sehr genau darauf geachtet werden (Wiederholungsprüfungen), dass die Stränge des Potentialausgleichssystems und die daran angeschlossenen Betriebsmittel isoliert bleiben.

Tabelle 1 gibt Hinweise, welches Konzept wo angewendet werden sollte bzw. kann.

Achtung: Die Ausführung des PA-Systems und deren Verbindung mit Erdpotential darf nicht mit dem „zentralen Erdungspunkt“ bei der Netzeinspeisung verwechselt werden (siehe Abschnitt 4.1). Hier geht es um den Einbezug aller leitfähigen Teile im Gebäude in den Potentialausgleich und im Abschnitt 4.1 geht es um die Verbindung des PEN-Leiters des einspeisenden Systems zu diesem Potentialausgleichssystem!

Konzept	Merkmale	Einsatz	Bemerkung
Sternsystem	Alle Schutzleiter werden auf einen Punkt zusammengeführt und nur dort mit Erde Verbunden	lokal begrenzte Bereiche oder Anlagen	<b>u. U. sehr störanfällig</b>
Maschensystem	Alle Schutzleiter werden so häufig wie möglich mit- bzw. untereinander und mit der Erde verbunden	übliche Anlagen	<b>weniger störanfällig</b>

Tabelle 1: Zusammenfassung von Stern- und Maschensystem.

## 4.3 Leitungsbetrieb und Trassierung

### 4.3.1 Konzept einer EMV-gerechten Verkabelung

Die elektromagnetische Verträglichkeit in elektrischen Anlagen kann u.a. erreicht werden durch Vermeidung oder Verringerung von:

- Leiterschleifen
- induktiven Einkopplungen,
- Störaussendungen der Störquellen.

Der Planer bzw. der Errichter kann diese Maßnahmen stets beeinflussen. In diesem Abschnitt soll es um eine EMV-gerechte Verkabelung gehen.

### Folgende Maßnahmen sollten bei dem Konzept der Verkabelung beachtet werden:

- Zur **Reduktion von Streuströmen** sollte, wenn möglich, bereits ab der Transformatorstation ein TN-S-System verlegt werden – bei Mehrfacheinspeisung dürfen die PEN-Leiter der beteiligten Transformatoren nur eine einzige Verbindung zum Erdungssystem im Gebäude besitzen (Abschnitt 4.1).
- Verlegung von Kabeln und Leitungen in **geschirmten Bereichen** (zum Beispiel in metallenen Rohren, Kanälen oder Schächten, die an den PA angeschlossen werden).
- **Baumstruktur für Haupt-, Steig- und Verteilleitungen** (dabei steht im Vordergrund, dass Vermaschungen beispielsweise auf Grund der Versorgungssicherheit oder aus steuerungstechnischen Gründen im Bereich der Niederspannung vermieden werden - siehe Bild 9).
- Im Anschluss an den vorherigen Spiegelstrich muss zusätzlich stets darauf geachtet werden, innerhalb der Verkabelung **Schleifenbildung zu vermeiden** – und dies sowohl
  - im „**Starkstrombereich**“ (z. B. PE-Leiter mit Potentialausgleich – siehe Bild 11 – oder bei Einleiterkabel, wo der Neutralleiter mit den Außenleitern eine störaussendende Schleife bildet – siehe letzter Spiegelstrich),
  - im „**informationstechnischen Bereich**“ (z. B. verschiedene Systeme, die zu einer Anlage oder einem Gerät geführt werden)

als auch dort, wo **die Energieversorgungsleitung und die Datenleitung zum selben Betriebsmittel geführt werden müssen**.

Letzteres bedeutet, dass bei Geräten, die Zuleitungen aus verschiedenen Systemen erhalten, diese Zuleitungen möglichst nahe nebeneinander zu verlegen (Bild 10) und möglichst nahe nebeneinander in das Gerät einzuführen sind (auf eine Schirmung oder ein Trennsteg aus Metall ist gegebenenfalls zu achten)

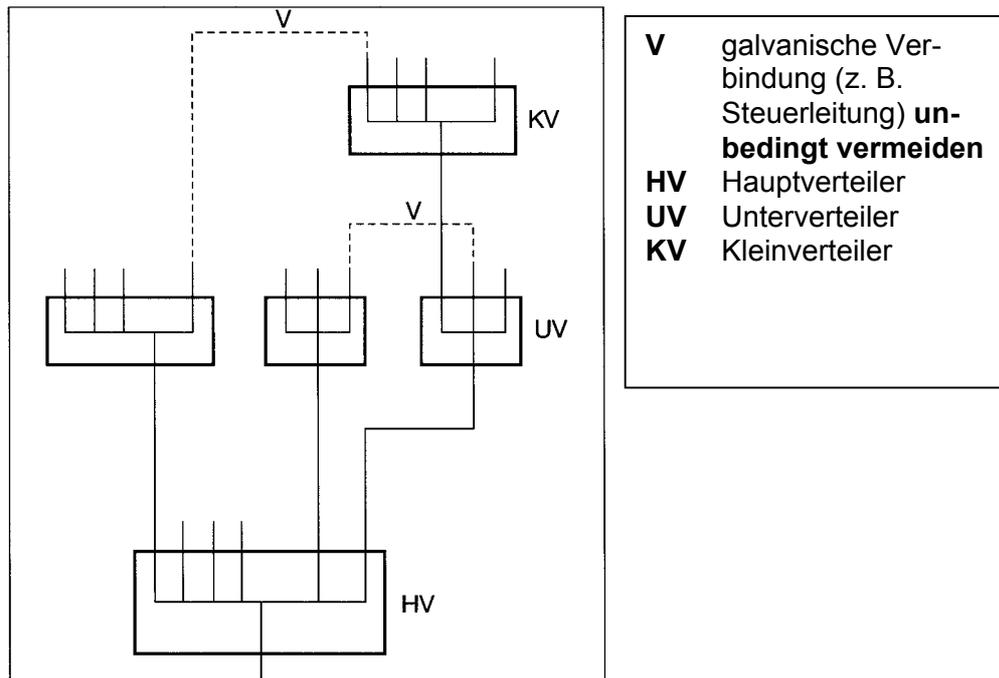


Bild 9: Baumstruktur (Prinzipialschaltbild)

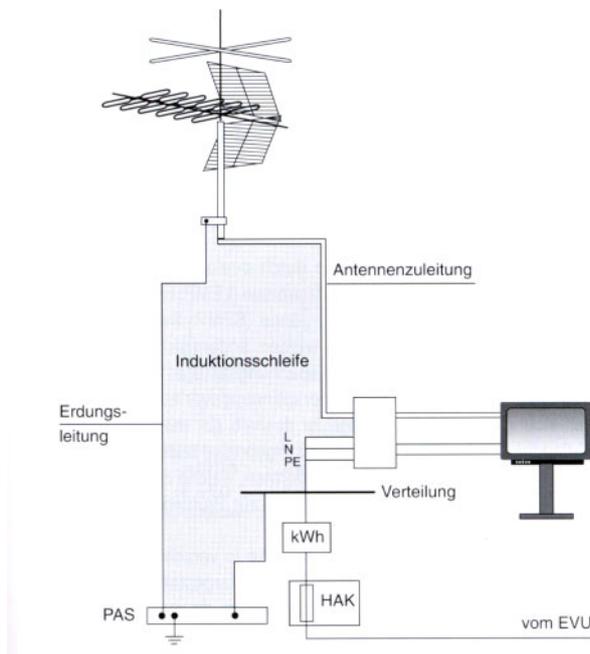


Bild 10: Schleifenbildung durch die Verkabelung (Antennenkabel – Netzzuleitung – Antennen-Erdungsleitung) für ein Fernsehgerät

- Auf **kurze Kabel- und Leitungslängen** achten (keine „stillen Reserven“).
- Kabel und Leitungen möglichst **mit Schirm** auswählen. Die Schirme sind beidseitig (gegen niederfrequente elektrische Felder mindestens einseitig) rundum kontaktiert an Erde (am Potentialausgleich) aufzulegen.
- Bei Energiekabeln sollten wenn möglich auf Kabel mit **konzentrischem Schutzleiter** (NYCW, NYCWY) zurückgegriffen werden.

In einem Mehrleiterkabel wird stets ein Strom durch die aktiven Leiter in den Schutzleiter induziert. Der Grund ist, dass der Schutzleiter in einem Mehrleiterkabel an beiden Enden mit dem Potentialausgleich der Anlage verbunden ist. Diese Schleife (bestehend aus PE-Leiter und PA-System) wirkt wie die kurzgeschlossene Sekundärwicklung eines Transformators (Bild 11). Die Primärseite dieses „Transformators“ wird durch die aktiven Leiter im Mehrleiterkabel gebildet. Sie induzieren in die zuvor beschriebene Schleife eine Spannung, die je nach Fläche einen Strom von 1 A bis nahezu 20 A hervorrufen kann. Dies wird durch die Wahl von Kabeln mit konzentrischem Schutzleiter vermieden.

**Beispiel:**

Bei einem 10 m langen Kabel mit einem Nennstrom von 80 A wurde messtechnisch im Schutzleiter ein Strom von 2 A nachgewiesen, der durch die Ströme der aktiven Leiter hervorgerufen wurde (das Kabel wurde nicht nahe entlang des Potentialausgleichs geführt – siehe nächster Spiegelstrich).

Bei Verlegung von Kabeln mit konzentrischem Schutzleiter betrug dieser Wert bei gleicher Verlegung ca. 30 mA.

**Anmerkung:**

Dieses Phänomen tritt natürlich noch wesentlich stärker hervor, wenn der Stromkreis mit Einleiterkabel errichtet wird.

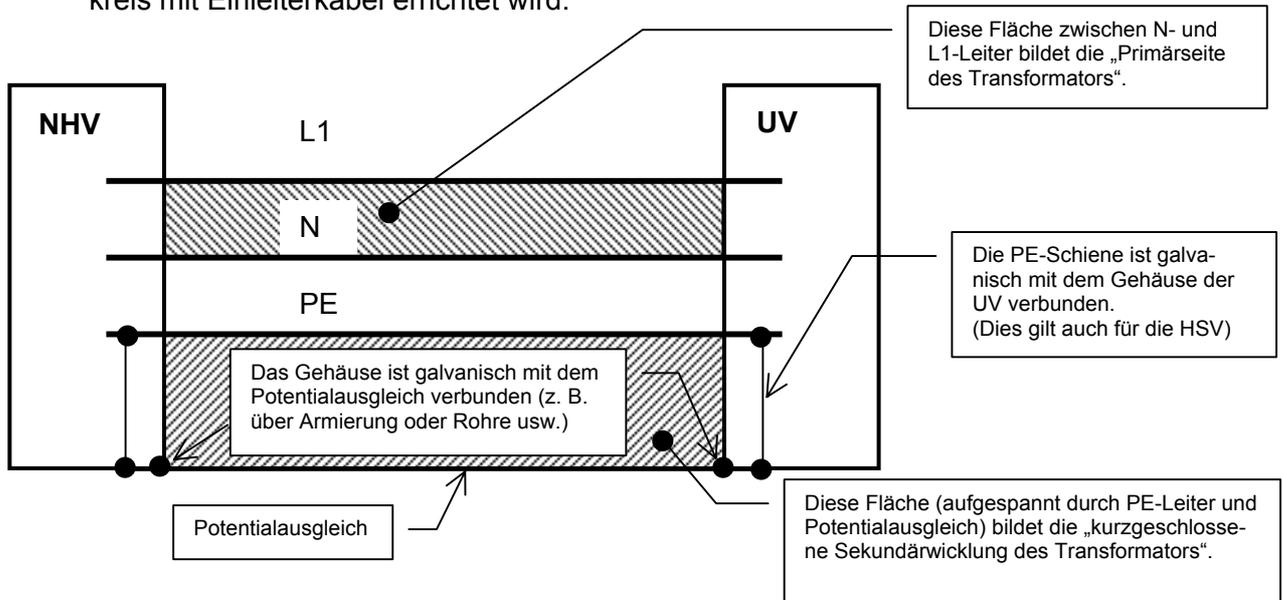


Bild 11: Symbolische Darstellung der Wirkung des Betriebsstroms eines Stromkreises, der in die Schleife (bestehend aus PE-Leiter und Potentialausgleich) eine Spannung bzw. einen Strom induziert. Diese Schleife kann darüber hinaus auch von überall her durch magnetisch Felder beeinflusst werden.

- Kabel und Leitungen möglichst **unmittelbar neben oder auf metallenen durchverbundenen Kabelkonstruktionen und/oder entlang des Potentialausgleichssystems** verlegen.  
Dies vermindert die Schleifenbildung (bestehend aus PE-Leiter und Potentialausgleichssystem), in die magnetische Felder nach Bild 11 Ströme induzieren können.
- Um elektrische Felder wirksam zu reduzieren, sind Kabel und Leitungen **unter Putz** zu verlegen.
- Verwendung geeigneter Schienenverteiler mit **metallnem Gehäuse**.
- **Räumliche Trennung** von Kabel und Leitungen verschiedener Systeme (verschiedene Spannung und Funktion – siehe Bild 12).

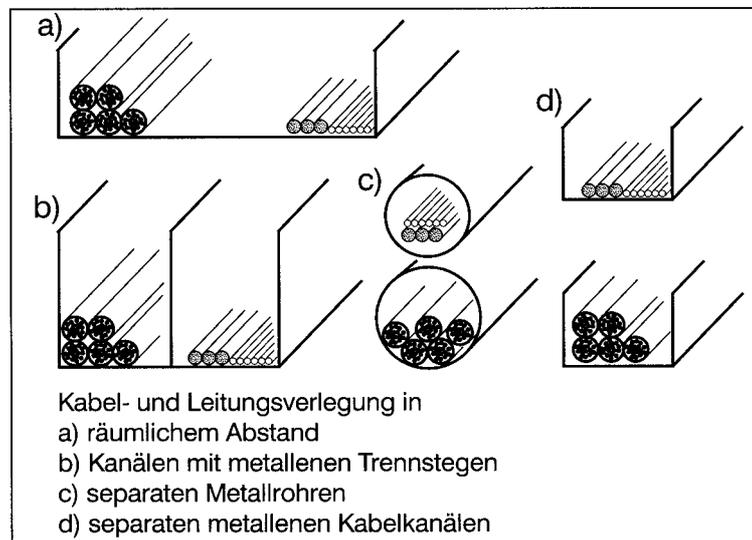


Bild 12: Trennung von Leitern mit Netz- und Kleinspannung Quelle VdS Schadenverhütung

- Einhaltung von ausreichendem **Abstand** zwischen Kabel- und Leitungstrassen der Energietechnik, Transformatorenanlagen, Verteileranlagen und empfindlichen elektrischen Anlagen und Geräten.  
Besonders Monitore (mit braunschen Röhren) reagieren empfindlich auf magnetische Störfelder. Schon eine magnetische Flussdichte von  $1 \mu\text{T}$  kann hier schwere Störungen verursachen, deshalb wird dieser Wert allgemein als Grenzwert für Räume mit Monitornutzung festgelegt. Um diesen Wert einhalten zu können, sollte man mit den Monitorarbeitsplätzen stets einen genügenden Abstand von allen Magnetfelderzeugern einhalten (Starkstromkabel, Verteiler, Aufzugsantriebe, Schienenverteiler usw.).

Tabelle 2 gibt hierzu grobe Richtwerte an, die jedoch in etwa bei üblichen Anlagen zutreffen oder mit denen man zumindest auf der sicheren Seite bleibt (siehe hierzu auch die Beispielrechnung unter Abschnitt 4.1).

elektrisches Betriebsmittel / Art der Anlage	Mindestabstand zu Monitorarbeitsplätzen
Gleichstrommotor mit 100 kW	3 m – 4 m
Mehrleiterkabel mit PEN-Leiter, bei dem durch Ableitströme über Gebäudeteile ein Differenzstrom von 20 A (50 A) wirksam ist (z.B. Kabel zwischen einspeisendem Transformator und NHV) – siehe Beispiel Abschnitt 4-1)	> 4 m (> 10 m)
USV-Anlage mit > 100 kVA	4 m – 8 m (je nach Leistung)
Drehstromtransformator mit 630 kVA	5 m – 8 m
Niederspannungsschaltanlage mit $I_n = 1000$ A	5 m – 8 m
Bahnoberleitung	20 m – 40 m

Tabelle 2: Mindestabstände von Monitorarbeitsplätzen von bestimmten elektrischen Betriebsmitteln bzw. elektrischen Anlagen

- **Einführung von Versorgungssystemen an einer Stelle** in das zu schützende Volumen.
- Obwohl die Vorschriften unter gewissen Umständen eine **Reduzierung des Neutralleiterquerschnitts** erlaubt, sollte darauf **verzichtet werden** (darauf wird beim Thema „Oberschwingungen noch näher eingegangen – siehe auch Abschnitt 4.2.2).
- Die Auswahl von **Einleiterkabeln sollte, wenn möglich, vermieden werden**. Ist dies nicht möglich, sind sie **eng beieinander** (Außenleiter möglichst im Dreieck) zu verlegen. Der zugehörige Neutralleiter sollte ebenfalls dicht bei den Außenleitern verlegt werden.

Werden mehrere Systeme verlegt (beispielsweise 2xL1, 2xL2 und 2xL3), so sollten die Leiter der Systeme stets beieinander und symmetrisch angeordnet werden (siehe Bild 13). Besonders bei Transformator-Abgängen wird dies häufig falsch gemacht. Auf diese Weise entstehen hohe magnetische Störfelder.

Auch bei parallel verlaufenden Stromschiensystemen ist eine symmetrische Aufteilung der Außen- und Neutralleiter möglich und aus Sicht der EMV sehr sinnvoll.

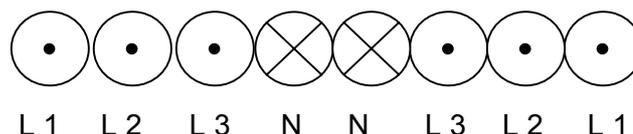


Bild 13: Prinzipdarstellung von Leiteranordnungen bei Einleiterkabeln mit mehreren Systemen

### 4.3.2 Kabelrinnen und Wannen

**Kabel und Leitungen sollten möglichst auf bzw. in metallenen Kabelträgern (Rinnen, Wannen, Kanälen usw.) verlegt werden.** Bereits beim Thema „maschenförmiger Potentialausgleich“ wurde deutlich, dass es notwendig ist, diese metallenen Kabelträger mit in den Potentialausgleich einzubeziehen – und dies an möglichst vielen Stellen. Folgende Vorteile liegen dieser Maßnahme zu Grunde:

- 1) Die Maschen des Potentialausgleich werden dadurch noch enger und zahlreicher.
- 2) Die Schirmwirkung des Gebäudes bzw. des Raums nimmt zu.
- 3) Es wird vermieden, dass das magnetische Feld der stromführenden Leiter (aktive Leiter) in die Schleife (bestehend aus PE-Leiter und Potentialausgleichssystem) eine Störspannung induzieren kann, da durch das enge Anliegen der leitfähigen Kabelträger an den PE-Leiter keine nennenswerte Fläche entstehen kann (siehe hierzu Bild 11).
- 4) Die Feldverteilung in Bezug auf die Aussendung eines magnetischen Feldes durch die Kabel und Leitungen wird günstig beeinflusst.
- 5) Bei geschirmten Kabeln und Leitungen vermeidet die an den Potentialausgleich angebundene Kabeltrasse, dass sich eine Schleife zwischen Schirm und Potentialausgleich bildet (siehe oben bei Punkt 3). Außerdem wirkt die Trasse wie ein Schirmentlastungsleiter nach DIN VDE 0100-444, Abschnitt 444.3.10, der eventuell vorhandene Schirmströme auf ein erträgliches Maß reduzieren kann.

Das verwendete Verlegesystem hat also großen Einfluss auf die EMV-gerechte Installation. Hier nun einige grundlegende Vorkehrungen:

#### **Grundsätzliche Anforderungen an das Verlegesystem:**

- Wie bereits gesagt, sollten Kabel und Leitungen bevorzugt **auf Metalltrassen** (Rinnen, Wannen oder Kanäle) verlegt werden, die insgesamt gut leitend durchverbunden sind (siehe Bild 14 bis 15).
- Die Trassen sind, wo immer möglich, mit Erde, metallenen Gebäudekonstruktionen und dem **Potentialausgleich zu verbinden** (s. Bild 16).
- **Unterbrochene Verlegesysteme sind mit zwei Leitern direkt zu verbinden** - bei Verlegesystemen für IT-Leitungen sind leitende Bänder zu verwenden (s. Bild 14).
- **Parallel geführte** bzw. untereinander verlaufende **Verlegesysteme sind untereinander** in Abständen von 10 m bis maximal 20 m **zu verbinden**.
- **Bei Kreuzungen von Verlegesystemen** sollen diese untereinander leitend **verbunden** werden (s. Bild 15).
- **Bei Steigzonen** sind die **Trassen mit dem Potentialausgleich** bzw. bei höheren Gebäuden zusätzlich mit der Gebäudearmierung zu verbinden (s. Bild 16).

- Es sind **gemeinsame Steigezonen** für die **Energieversorgung, die Kommunikations- sowie Haustechnik** usw. zu erstellen.
- **Trassen und Steigezonen sind so anzuordnen**, dass diese **von empfindlichen Einrichtungen** (Störsenken), aber auch von Schlaf- und Aufenthaltsräumen **möglichst weit entfernt liegen**.

Hierbei sind auch externe Störquellen zu berücksichtigen. So muss stets ein Abstand eingehalten werden von leitfähigen Teilen, die eventuell vom Blitzstrom durchflossen werden können,

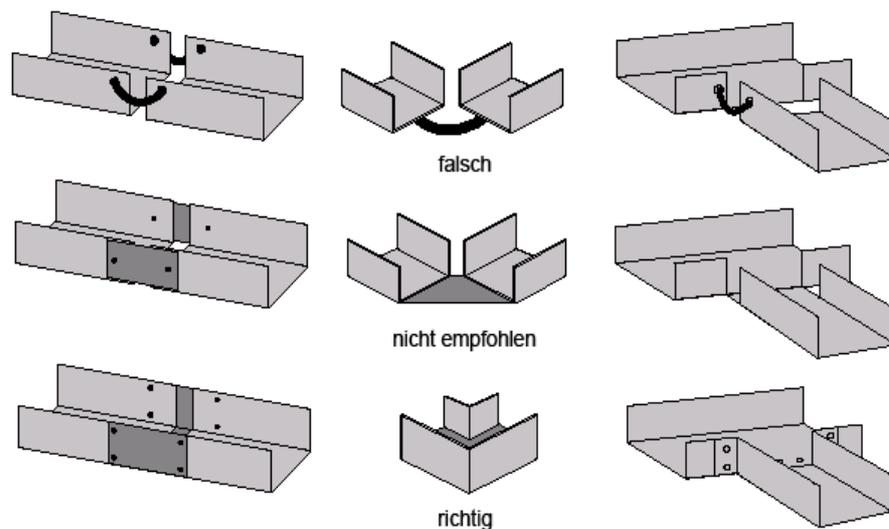
siehe Zitat aus DIN VDE 0100-444:

**444.4.5** Leistungs- und Signalkabel sollten von Ableitungen der äußeren Blitzschutzanlage (LPS) getrennt sein, z. B. durch einen Abstand von mindestens 2 m oder durch Verwenden einer Schirmung.

- **Unterschiedliche Systeme** (wie z. B. Energie- und Datenkabel) sind möglichst in **getrennten Trassen** zu verlegen (s. Bild 17).

Wo dies nicht möglich ist:

Es ist stets ein **genügender Abstand zwischen unterschiedlichen Systemen** (in Bezug auf Spannungsebene und Funktion) einzuhalten. Der Abstand kann verringert werden, wenn Trennstege eingebracht oder Schirmrohre (beidseitig an den Potentialausgleich angeschlossen) verwendet werden



ANMERKUNG Metallene Trageeinrichtungen können nicht als Schutzleiter verwendet werden.

Bild 14: Verbindung von metallenen Kanälen - Verbindung möglichst durchgängig und großflächig.

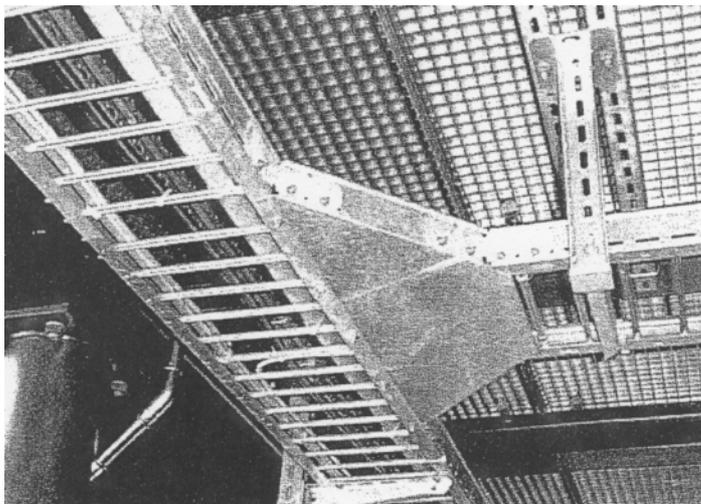
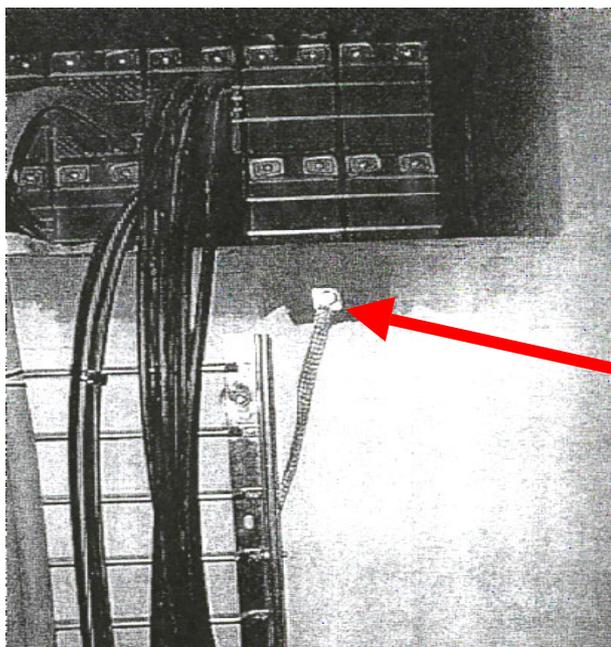
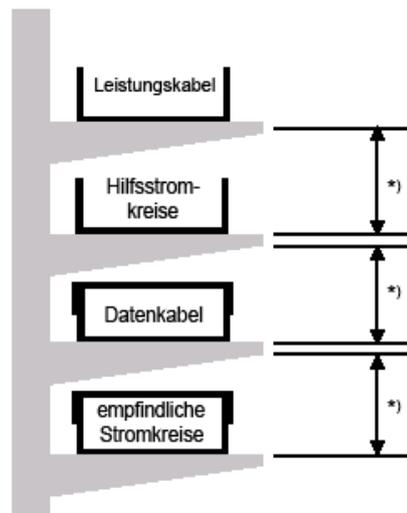


Bild 15: Kreuzungen von Metalltrassen durchverbunden



Verbindung der Steigetrasse über Erdungsfestpunkt in der Wand mit Stahlarmierung oder mit Fundamenteerder

Bild 16: Verbindung von Trassen mit den Fundamenteerder



\*) => Anschlusspunkt

Nationale ANMERKUNG Hier sind => 30cm vorgesehen.

Bild 17: Getrennte Verlegung unterschiedlicher Systeme.

### **Anmerkung zu gebäudeüberschreitende Kabel- und Leitungsanlagen:**

Gebäudeüberschreitende Kabel und Leitungen sollten immer in geschlossenen, metallenen Verlegesystemen verlegt werden. Ist dies nicht möglich, so sollte die Verlegung in Kabelkanälen erfolgen, die über eine Bewehrung o.ä. verfügen, die an den Enden mit dem Gebäudepotentialausgleich verbunden wird. Eine weitere Möglichkeit wäre, Kabel und Leitungen mit blitzstromtragfähigen Schirmen einzusetzen. Bei dem Einsatz von metallenen Verlegesystemen für Gebäude überschreitende Kabel ist besonders auf die richtige Auswahl des Materials zu achten - der Korrosionsschutz muss hierbei unbedingt beachtet werden.

### 5. Neue technische Herausforderungen und neue Kompetenzen

Wie hoffentlich deutlich wurde, ist die Welt heute nicht mehr in Ordnung, solange man in der Elektroinstallation so tut, als wäre alles noch wie früher. Wer hochtechnisierte Geräte und Systeme betreiben will, kann nicht bei der Energieverteilung so tun, als hätte sich in den letzten 50 Jahren nichts verändert. Hier trifft das Sprichwort vom „neuen Wein in alten Schläuchen“ zu.

Bei Vielen muss also ein Umdenken stattfinden. Zunächst einmal beim **Betreiber** der elektrischen Anlage. Tritt er als Auftraggeber für die Errichtung einer elektrischen Anlage auf, so muss er bereit sein, für fachtechnisch korrekte und zeitgemäße Lösungen einen entsprechenden Preis zu bezahlen. Man kann nicht den schnellen und modernen Sportwagen kaufen wollen und aus Kostengründen beim Fahrwerk auf die Technik der ersten Jahre der Automobilgeschichte zurückgreifen.

Der **Versicherer** hat hier ebenfalls einen nicht unerheblichen Einfluss. Die in der Praxis leider immer noch vorhandene Mentalität des Versicherungsnehmers, die sich in der Aussage ausdrückt: „Ich benötige keine teuren Fachkräfte und keine kostspieligen Schutzmaßnahmen, denn ich bin gut versichert“, muss in Frage gestellt werden. Natürlich findet jeder Versicherer seinen Weg, seinen Kunden zu überzeugen bzw. zu beraten, aber wenn er die vorgenannte Einstellung ignoriert oder hinnimmt, unterstützt er auch deren Auswirkungen auf die dadurch entstehenden Kosten.

Schließlich muss auch bei **Planern und Errichtern** ein Umdenken stattfinden. Wer so plant bzw. errichtet, wie er es in den sechziger oder siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts gewohnt war, der handelt leichtsinnig.

In letzter Konsequenz fordert ein solches Umdenken eine Kompetenz, die offensichtlich bei Planern und Errichtern von elektrischen Anlagen so ohne weiteres nicht vorausgesetzt werden kann. Eine Kompetenz, auf die

- a) **der Betreiber zurückgreifen kann, damit er seine Anlagen sicher betreiben kann;**
- b) **der Versicherer zurückgreifen kann, um seine Kunden beraten zu können.**

Diese Kompetenz muss der Planer und Errichter mitbringen bzw. anbieten können.

In diesem Zusammenhang wurde durch den **Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)** bzw. durch **VdS Schadenverhütung** in Köln ein neues Anerkennungsverfahren ins Leben gerufen, das im folgenden kurz beschreiben werden soll:

### 5.1 Der Anstoß

Seit Jahren klagen Versicherer über eine ständig wachsende Zahl von Schadenfällen im Bereich Überspannungsschutz. Als Beispiel sollen hier die Zahlen einer mittelgroßen deutschen Versicherung genannt werden, wie sie im Jahr 2000 registriert wurden:

#### **Gebäudeversicherung:**

Blitzschäden	348
Überspannungsschäden	2.489

#### **Hausratversicherung:**

Blitzschäden	383
Überspannungsschäden	<b>10.775</b>

Grob kann gesagt werden, dass pro Jahr für jede Versicherungsgesellschaft je nach Größe des Unternehmens von **zehn- bis achtzigtausend Schadenfälle** anfallen, die bearbeitet und reguliert werden müssen! **Dies ist ein schier unerträglicher Zustand.**

Dieses Problem wurde noch zusätzlich dadurch verschärft, dass eventuell vorhandene Schutzmaßnahmen häufig nicht ausreichen oder sie sind nicht selten unwirksam, weil sie nicht fachgerecht geplant und errichtet wurden.

Letzteres ist sowohl für den Versicherungsnehmer als auch für den Versicherer unangenehm, da trotz Investitionen im Bereich Sicherheit Schäden entstehen.

Der Wunsch der Versicherungen, eine **Liste von Fachleuten** zu erhalten, die sich mit dieser Problematik auskennen, ist also verständlich! Schließlich will man Kunden, die beispielsweise immer wieder Schadenfällen in diesem Bereich zu verzeichnen haben, nicht verlieren, sondern vielmehr beraten.

**Der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV)** übertrug diese Aufgabe an die VdS Schadenverhütung in Köln

### 5.2 Die ersten Schritte

VdS Schadenverhütung nahm zunächst Kontakt auf mit Verbänden, Institutionen und Fachfirmen, die auf diesem Gebiet jahrelange Erfahrungen aufzuweisen hatten. So kam es zu einer Zusammenarbeit mit...

- **ABB/VDE**
- **Dehn + Sohne GmbH + Co.KG**
- **Deutsche Gesellschaft für EMV Technologie (DEMVT)**

- Gütegemeinschaft für Blitzschutz e.V. / RAL
- OBO Bettermann GmbH & Co
- Phoenix Contact GmbH & Co.KG
- Verband der Blitzschutzbauer (VDB)
- VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut
- Zentralverband des Deutschen Elektrohandwerks (ZVEH)

Dabei wurde ein **Koordinierungsausschuss (KA)** gebildet, der aus Mitarbeitern der vorgeannten Firmen, Institutionen und Verbänden bestand. Dieser KA legte die Grundlage für eine zweistufige Ausbildung vor:

### 1) Blitz- und Überspannung sowie

### 2) EMV in der Elektroinstallation und Oberschwingungen

Dabei wurde ein Lehrplan und notwendige Seminarunterlagen erarbeitet, **damit ein einheitliches Niveau bei der Ausbildung des EMV-Sachkundigen gewährleistet werden kann, gleichgültig wo und wann der EMV-Sachkundige diese Ausbildung abgeschlossen hat.**

Besonders im erstgenannten Bereich konnten für die Seminarunterlagen und den Unterricht die umfangreichen Erfahrungen auf dem Gebiet der Weiterbildung des ABB aufgegriffen werden. Dabei entstand eine aktuelle und zeitgemäße Ausbildung, die den heutigen Anforderungen an diese Technik gerecht wird.

Im zweitgenannten Bereich wurden ebenfalls vorhandene Erfahrungen gesammelt und für die gewünschten Zwecke modifiziert. Besonders wurden hier die Fachkompetenzen der **bfe** (Bundestechnologiezentrum für Elektro- und Informationstechnik e. V. (bfe) in Oldenburg), der **DEMVT**, des **VDE** sowie des **VdS** zusammengetragen.

Die beiden Kurse dauern jeweils eine Woche und enden jeweils mit einer Prüfung. Die Ausbildung wird an vom VdS anerkannten Ausbildungsstätten angeboten, die verpflichtet sind, entsprechend dieser Unterlagen zu unterrichten. Z. Z. bilden folgende Ausbildungsstätten aus:

- **Bundestechnologiezentrum für Elektro- und Informationstechnik e. V. (bfe) in Oldenburg,**
- **Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (VDE), Bereich "Tagungen und Seminare" in Frankfurt (Zweigstelle Berlin),**
- **VdS Schadenverhütung, Schulung und Information in Köln in Verbindung mit der Berufsbildungsstätte Westmünsterland GmbH (bbs) in Ahaus.**
- **Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) in Saarbrücken.**

- **Berufsbildungszentrum in Karlsruhe**
- **Volkshochschule Pocking (Berufsbildungszentrum)**

### 5.3 Der vom VdS-anerkannte EMV-Sachkundige

Angesprochen sind hier Elektrofachkräfte, die elektrische Anlagen planen und errichten sowie als Prüfer diese Anlagen begutachten müssen. Solche Elektrofachkräfte, die zuvor beschriebene Ausbildung absolviert und die Prüfungen bestanden haben, können eine Anerkennung als VdS-anerkannte „**Sachkundige für Blitz- und Überspannungsschutz sowie EMV-gerechte elektrische Anlagen (EMV-Sachkundige)**“ beantragen.

**Diese VdS-anerkannten EMV-Sachkundigen sind die nach DIN V VDE V 0185 geforderten Blitzschutzfachkräfte.**

Sie verfügen darüber hinaus noch über besondere Fachkompetenzen auf dem Gebiet der EMV – sie sind also genau genommen die nach DIN V VDE V 0185 Teil 4, Abschnitt 6.1, geforderten

#### **Blitzschutzfachkräfte mit fundierten Kenntnissen der EMV.**

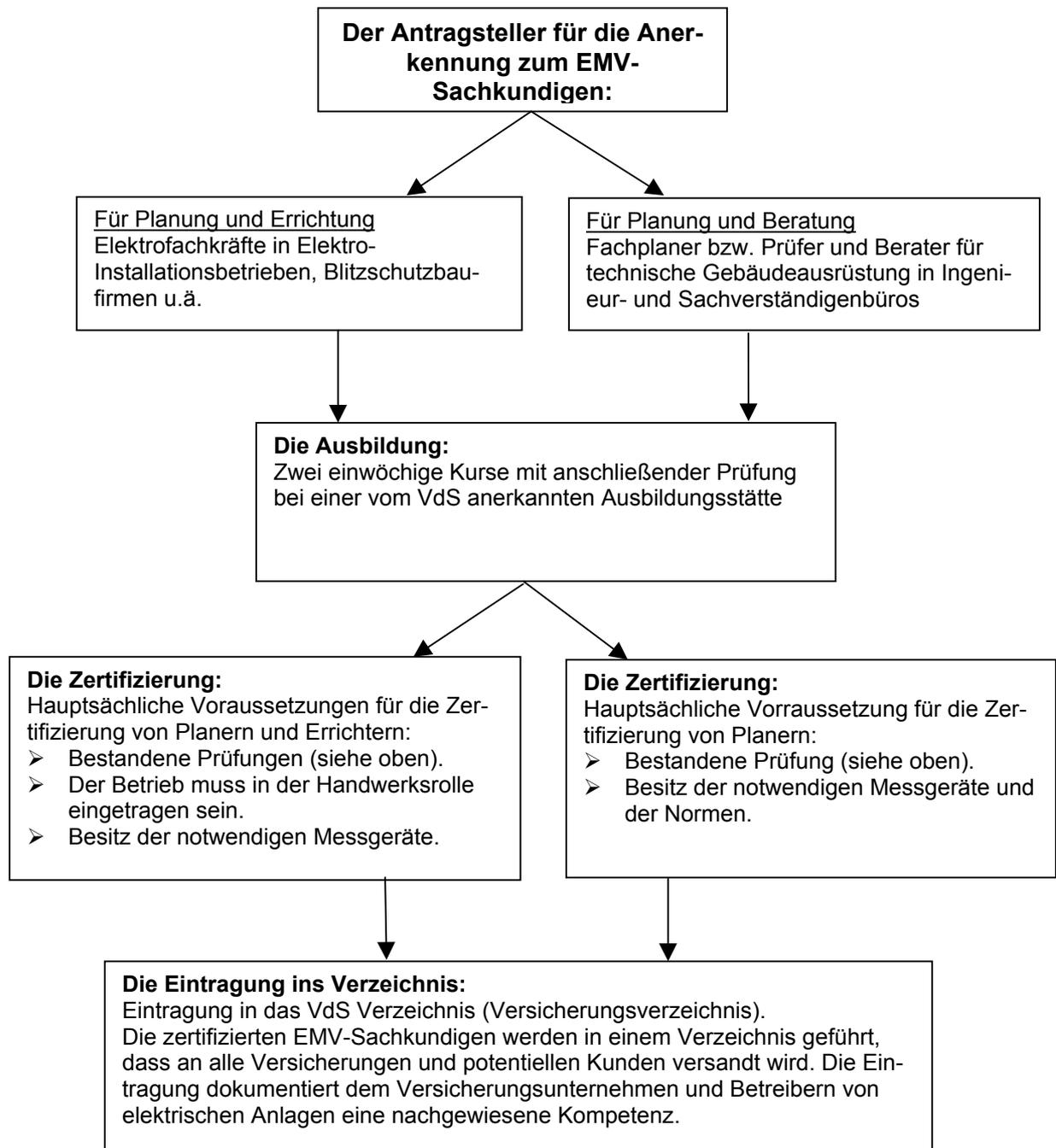
Diese Kompetenz wird von VdS Schadenverhütung überwacht und konstant durch Informationen und Fortbildungsveranstaltungen gefestigt bzw. aktualisiert. Sämtliche EMV-Sachkundigen werden in dem Verzeichnis (**VdS 2832**) gelistet.

Im Bild 18 wird die Ausbildung und Zertifizierung der EMV-Sachkundigen beschrieben bzw. grafisch dargestellt.

### 5.4 Der Nutzen für den Betreiber elektrischer Anlagen

Der Nutzen der Anerkennung von EMV-Sachkundigen für Betreiber elektrischer Anlagen liegt in der Möglichkeit, Fachleute in Anspruch nehmen zu können, die ihre Kompetenz nachgewiesen haben und zudem einer Überwachung durch einen unabhängigen Dritten (VdS Schadenverhütung) unterliegen. In ihnen findet er Partner und Errichter, die ihm bei der Planung oder Durchführung von sinnvollen und damit kostengerechten Maßnahmen zur Reduzierung von Schäden im Bereich Blitz- und Überspannung sowie bei EMV-Problemen in elektrischen Anlagen unterstützen und die in der Lage sind, diese Maßnahmen zu realisieren. Dadurch ergibt sich automatisch eine

- **Reduzierung der Brand- und Unfallgefahren**
- **Reduzierung von Funktionsstörungen, die durch EMV-Probleme entstehen**
- **Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit und –zuverlässigkeit**
- **Vermeidung von Folgeschäden**



**Bild 18:** Schema des VdS Anerkennungsverfahrens als Sachkundiger für Blitz- und Überspannungsschutz sowie EMV-gerechte elektrische Anlagen (EMV-Sachkundiger)

### 5.5 Der Nutzen für die Versicherer

Die Versicherer können unter Zuhilfenahme des Verzeichnisses VdS 2832

- **die Versicherungsnehmer durch den Hinweis auf die dort gelisteten kompetenten Partner für Planung und Errichtung der elektrischen Anlage beraten und so Gefahren für ihre Versicherungs-Risiken reduzieren.**
- **Sie selbst können darüber hinaus dieses Know How auch für ihre eigene Risikobewertung oder bei Schadenanalysen in Anspruch nehmen**

### 5.6 Mögliche Einsatzgebiete für EMV Sachkundige

Die von VdS anerkannten EMV-Sachkundigen können

- ◆ **bei der Planung von neuen Gebäuden sowie bei Erweiterungen, Renovierungen u. dergl. spezielle Fachkenntnisse als Elektro-Fachplaner einbringen**
- ◆ **bei der Errichtung dafür sorgen, dass von Ihnen oder von anderen geplante Maßnahmen fachtechnisch korrekt ausgeführt werden**
- ◆ **bei der Begutachtung von Schutzmaßnahmen mitwirken, um zu überprüfen, ob errichtete Schutzmaßnahmen korrekt ausgeführt wurden und sicher funktionieren**
- ◆ **bei der Planung und Errichtung beratend tätig werden, um durch ein umfassendes EMV-Konzept Schäden und Betriebsausfälle zu vermeiden**
- ◆ **nach einem Schaden als Gutachter eingesetzt werden, um festzustellen, welche Schutzmaßnahmen versagt oder gefehlt haben.**

### 5.7 Hinweise und Ansprechpartner

Eine Liste der vom VdS-anerkannten EMV-Sachkundigen (VdS 2832) und weitere Informationen zum Thema Blitz- und Überspannungsschutz sowie EMV-gerechte Elektrische Anlagen erhalten Sie unter folgender Adresse:

VdS Schadenverhütung

Herr Dipl.-Ing. Herbert Schmolke und Herr Dipl.-Ing. Hartmut Birke

Amsterdamer Str. 174

50735 Köln

Tel.: 0221/7766-443 und -444

Fax: 0221/7766-307

Mail: [hschmolke@vds.de](mailto:hschmolke@vds.de) und [hbirke@vds.de](mailto:hbirke@vds.de)

Oder auf der Homepage: [www.vds.de](http://www.vds.de)