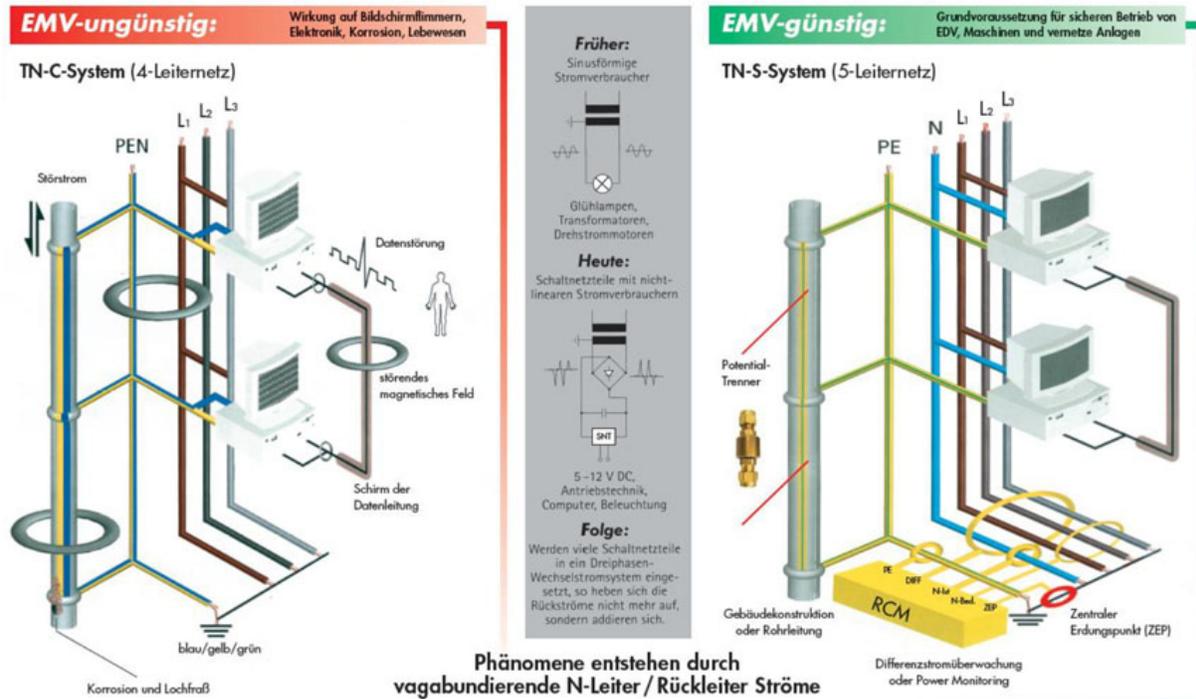
The background of the entire page is a white surface with a pattern of horizontal, wavy teal-colored bands of varying thickness and shape, creating a sense of movement and depth.

Karl-Heinz Otto

**VAGABUNDIERENDE
RÜCKLEITER-
STRÖME AUF DEM
ERDUNGSSYSTEM**

EMV = Elektromagnetische Verträglichkeit in Gebäuden



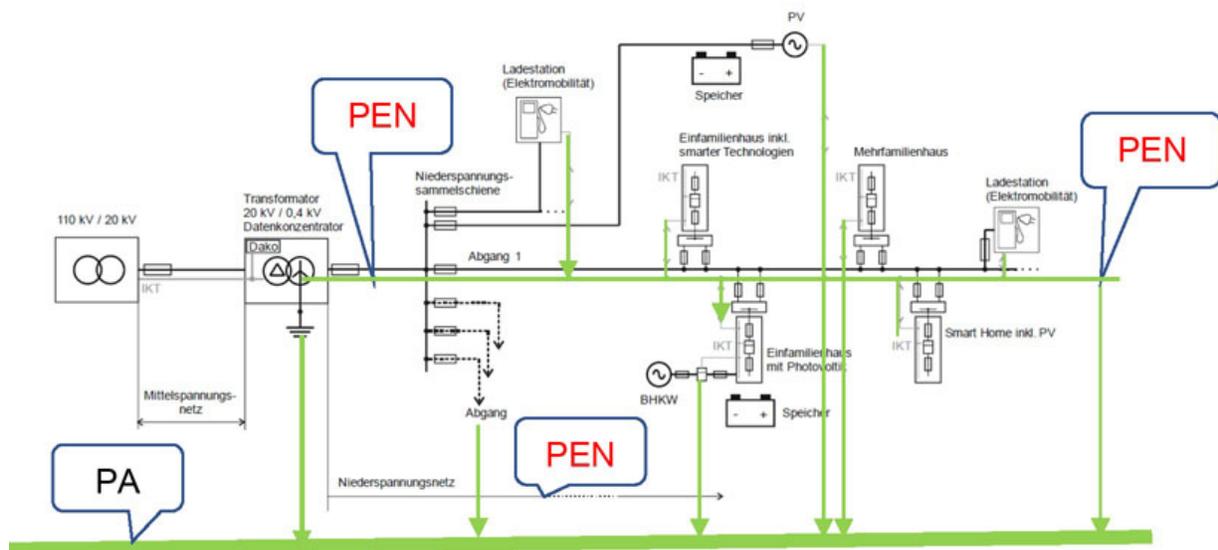
Dipl. Ing./Dipl. Wirtschafts-Ing. Karl-Heinz Otto

- **EMV = Elektromagnetische Verträglichkeit in Gebäuden**
- **Erdungssysteme**
- **Netzform**
- **Blitzschutz**
- **EDV und Elektronik-Anwendung**
- **Strukturierte Verkabelung**
- **Wirkung auf Lebewesen**
- **Wirkung auf Rohrsysteme**
- **Abschaltbedingungen**
- **Überspannungsschutz**
- **Finden von Fehlern**
- **Wartung der Systeme**
- **Prüfung der elektrischen Systeme**
- **Dokumentation elektrischer Systeme**

Probleme der elektrischen Netzform TN-C-S an

- Menschen, Tieren
- Computer, Steuerungen, EDV
- informationstechnischer BUS-Systeme
- Korrosion an metallischen Teilen und Rohrsystemen

durch vagabundierende Rückleiterströme (N) auf dem Erdungssystem, da nur ein PE-Draht fehlt.



Phänomen-Beschreibung aus der Praxis und deren Lösungsmöglichkeiten aus der Praxis

Karl-Heinz Otto ist gelernter Elektroinstallateur im Handwerk, Elektroinstallateurmeister Dipl.-Ingenieur der Elektrotechnik und Dipl.-Wirtschafts-Ingenieur.



Das Thema seiner Diplom-Arbeit (1976) war **„Der selbstgeführte Wechselrichter“** - ein Thema über nichtlineare Verbraucher, das damals noch eine Besonderheit war.

In der Diplom-Arbeit des Wirtschafts-Studiums (1981) befasste sich Otto mit dem Thema **„Die Bewertung technischer Wirtschaftsgüter am Beispiel Computer“**.

Von Dezember 1981 bis Juni 2022 war Karl-Heinz Otto **öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für elektrische Niederspannungsanlagen, Leistungs- und EDV-Elektronik.**

Im Jahr 1990 gründete er die Fachgruppe Elektrotechnik und Informationstechnik, um regelmäßigen Austausch der Mitglieder*innen untereinander zu fördern und die öffentlich bestellten Sachverständigen im Bundesverband öffentlich

bestellt und vereidigter Sachverständiger (BVS) weiterzubilden.

(<https://www.fachgruppe-elektrotechnik-und-informationstechnik.de>).

Seine beruflichen Einsätze waren und sind noch weltweit, so dass auch die internationalen technischen IEC-Bestimmungen und vor allem die Physik beachtet werden musste, um Computer-Systeme zum Laufen zu bringen. Nicht nur Computeranomalien, sondern auch weitere Probleme können mit dem Wissen einer besseren Elektroinstallation gelöst werden.

Warum dieses Buch?

Dieses Buch ist aus 42 Jahren Erfahrung mit Schäden an elektronischen Systemen und EDV-Anlagen entstanden.

Alles fing damit an, dass ich erstmals 1982 nur Vermutungen hatte, dass unser Erdungs-system (PE) dazu beiträgt, Schäden zu verursachen, obwohl es ein Sicherheitssystem ist und schon eine große Anzahl von Überspannungsschutzeinrichtungen eingebaut waren.

Die wirkliche Lösung wurde erst gefunden, als bezahlbare Strommesszangen auf den Markt kamen und Wartungsverträge von Herstellern überproportional mit Schäden an vernetzten Computernetzwerken belastet wurden.

Die Firmen IBM, HP und auch die Firma Taylorix wurden durch einen kleinen Aufsatz, den ich im April 1986 in der Fachzeitschrift „Hardware Praxis“ veröffentlicht habe, auf das Thema **“Schäden an EDV-Anlagen trotz VDE-gerechter Installation“** aufmerksam.

Das Problem war, dass diese EDV-Firmen nur für ihre Netzwerke zuständig waren und nicht für die versorgende, vorgelagerte Elektrotechnik der Computer ausgebildet waren.

Erst, als die Wartungsberichte systematisch ausgewertet wurden, war erkennbar, dass Ströme über die Datenleitungen, Bezugssysteme und Masse-Systeme für die auftretenden Störungen verantwortlich sind. Ströme auf dem PE-System selbst wurden nicht vermutet.

Unzählige Lehrgänge für Fachpersonal, Planer und Installateure wurden im Anschluss von mir durchgeführt und mit Hilfe praktischer Übungen konnten die Hintergründe und die Verhinderung der Schäden aufgezeigt und geklärt werden.

Das Buch soll zu Ausbildungszwecken dienen und notwendige Fundstellen wurden von mir so weit wie möglich angegeben. Hinweise auf Fundstellen sind auch als Web-Adresse zur weiteren Information vorhanden.

Sinnvolle Verbesserungen und Ergänzungen bitte ich, mir unter info@sv-otto.de zuzusenden.

Ich bedanke mich bei den vielen Weggefährten, die mich seit 1981 begleiten und für die vielen Infos, die ich während der langen Berufszeit wertfrei erhalten habe.

Viele Seminarteilnehmer sind mit mir verbunden geblieben und wer die notwendigen EMV-Hinweise auch umgesetzt hat, erhält einen störungsarmen EDV-Betrieb.

Karl-Heinz Otto - im Juli 2022

Leerseite

Löschen Sie diesen Text und die Überschrift bei Bedarf.

INHALT

1. Historischer Rückblick
2. Gleichstromanwendungen (DC)
3. Das Grundprinzip des geschlossenen Stromkreises
4. Netzform und PEN - Situation
5. Der menschliche Körper und seine elektrischen Eigenschaften
6. Die Tierwelt und Auswirkungen durch Strom
7. Warum die Netzform TN-C-S beibehalten wird
8. FIBS PUB 94 und Dranetz-Veröffentlichung
9. Signalpegel des Ethernets
10. Auswertung von Serviceeinsätzen
11. EMV auf Platinen und Multilayer-PCB
12. Die Wichtigkeit des elektrischen EMV-Umfeldes
13. Kurzschlüsse durch Whisker-Bildung
14. PDU = Anschlüsse für Rechnernetzteile
15. Absicherung und Schalter in Netzteilen
16. Änderung der Netzteil-Stromaufnahme
17. PFC Vorgabe (Power Factor Correction) seit 2001
18. Lineare Lasten = herkömmliche Lasten
19. Nicht-lineare Lasten = elektronische Lasten
20. Schaltnetzteile zur EDV-Verwendung
21. Laptop Netzteile
22. Netzfilter
23. Netzurückwirkungen und Festlegungen der EVUs

24. Einliniendiagramme
25. Erdungssystem = Massesystem
26. Blitzgefährdungs-Analyse mit Blids
27. Erder, Fundamenterder und Potentialausgleich
28. Verwendung der Erder / Massesysteme als Rückleiter
29. Schutzerdung und Schutzpotentialausgleich
30. Messung mit dem Prüftrafo
31. Magnetfelderfassung im nT und μ T-Bereich
32. Korrosion durch nicht-lineare Wechselströme
33. Fehlerstromschutzschalter (FI) im TN und TT-System
34. Blitzschutz und Potentialausgleich
35. Elektrostatischen Aufladung
36. Fußböden und Fußbodenbeläge
37. Vorgelagertes HV-Netz 10/20 kV der EVUs
38. Überspannungsschutz im Mittelspannungsnetz HV
39. Überspannungsschutz im Niederspannungsnetz LV
40. Vorgelagertes 0,4 kV - LV-Netz einer EDV
41. Sternpunktverschiebung
42. Der Netzbetreiber haftet auch ohne Verschulden
43. Hausanschlusskasten (HAK) einer Installation
44. Niederspannungshauptverteilung
45. Abdeckungen in Verteilungen und Halterungen
46. ZEP als Zentraler Erdungspunkt
47. Kabel und Stromschienen
48. Stromschienen
49. Unterverteiler für EDV
50. Onlineüberwachung
51. Vorgehensweise zu Prüfungen in RZ Umgebungen
52. 10 EMV-Grundregeln für Gebäude

53. Hilfsmittel zur Stromanalyse Stand Juli 2022
54. Grundausrüstung zur Fehlersuche

1. Historischer Rückblick

Computer und EDV-Anwendungen sind aus dem heutigen Leben nicht mehr wegzudenken. In der Corona-Krise wurden die Büroarbeitsplätze einfach in Home-Arbeitsplätze umfunktioniert. Damit verlagerten sich viele Probleme aus dem Bürogebäude auch in die Privathaushaltsbereiche.

Neubauten werden ab 2010 in der Regel nach den neueren VDE-Bestimmungen gut geplant und installiert, damit die elektrischen Anlagen sicher für Personen funktionieren und keine Brände vorkommen.



Dafür sind die Bestimmungen des VDE schon seit 1896 zuständig.

Auf nur 24 Seiten wurden die Sicherheitsvorschriften beeindruckend klar definiert und machen auch 2022 noch Sinn.

Damals gab es noch keine Kunststoffe und damit „**Isolier**“-Probleme.

Computer und Bus-Systeme mit viel Elektronik gab es erst 70 Jahre später.

In der Landwirtschaft hat die Elektronik kräftig Einzug gehalten, aber Tiere verhalten sich plötzlich anders als früher.

Heute sind die elektrotechnischen Bestimmungen so stark angewachsen, dass kaum ein Fachmann alle VDE- und VDI-

Bestimmungen kennen und verstehen kann.

Da die elektrotechnischen VDE-Bestimmungen sehr hochpreisig vom VDE-Verlag an Interessierte verkauft werden, ist es leider kein leicht zugängliches Allgemeingut. Selbst Kopien der Bestimmungen zu machen ist untersagt.

Daher ist das erarbeitete Wissen von Fachleuten nicht genügend bekannt bzw. beachtet und nicht komplett verstanden. Viele Elektroinstallateure, die heute international meist aus östlichen Regionen angeheuert werden, sind weder der deutschen Sprache und des verständigen VDE-Lesens mächtig.

Erst mit Fotos und/oder Beispielen muss ein technischer Text mit Leben gefüllt und kann komplett vom Hintergrund der Norm verstanden werden.

Jeder interessierte Elektro-Fachmann sollte wenigstens die kostenfreie VDE Zusammenfassung „**Einstieghilfe**“ von Herrn Prof. Dr. Ismail Kasikci, ehemals Hochschule Biberach, Gebäudetechnik /Gebäudeklimatik als PDF haben, um die wichtigsten VDE-Punkte auch zu kennen.

Es handelt sich dabei um eine sehr gut gemachte Zusammenstellung wichtiger Bestimmungen und ist komprimiert zusammengefasst mit dem letzten Stand 10/2019.

DKE Deutsche Kommission
Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
in DIN und VDE



Deutsches Mitglied in IEC und CENELEC

Einstiegshilfe
Errichten von Niederspannungsanlagen
Auszüge aus Normen der Reihe DIN VDE 0100 (VDE 0100) u. a.
– Nur zu Ausbildungszwecken –

Zweck dieser Einstiegshilfe ist, dem Auszubildenden und Studierenden einen Einstieg in wesentliche Grundlagen und die Struktur der DIN-VDE-Normen für die Errichtung von Niederspannungsanlagen zu geben. **Für die Arbeit im Betrieb ist das Studium der Originaltexte der Normen in der jeweils gültigen Fassung unerlässlich.**

Die in dieser Einstiegshilfe zusammengestellten Auszüge sind eine unvollständige Auswahl aus Normen, die zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Einstiegshilfe galten. Die zusammengestellten Auszüge sollen Auszubildende und Studierende mit einigen wichtigen Festlegungen zum Schutz gegen elektrischen Schlag und zum Sachschutz vertraut machen und so das Lesen der Originaltexte unterstützen. Daher sind nicht alle Abschnitte wiedergegeben, die in den angegebenen Inhaltsverzeichnissen aufgeführt sind.

Eine Niederspannungsanlage, die nicht nach den anerkannten Regeln der Technik errichtet wurde, kann aufgrund möglicher Gefährdungen von Personen und Sachwerten für den Errichter zu strafrechtlichen und vertragsrechtlichen Konsequenzen führen.

Nicht ohne Grund hat der Gesetzgeber in § 49 des 2005 erlassenen Gesetzes über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz, EnWG) formuliert:

(1) *Energieanlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass die technische Sicherheit gewährleistet ist. Dabei sind vorbehaltlich sonstiger Rechtsvorschriften die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten.*

(2) *Die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik wird vermutet, wenn bei Anlagen zur Erzeugung, Fortleitung und Abgabe von*

1. *Elektrizität die technischen Regeln des Verbandes der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.,*
2. *Gas die technischen Regeln der Deutschen Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. eingehalten worden sind.*

Der Bundes-Installateurausschuss hat die VDE-Auswahl für das Elektrotechniker-Handwerk zum notwendigen Bestandteil der Werkstattausrüstung von Elektroinstallationsbetrieben erklärt. Dieses zeigt, dass **die sachgerechte Anwendung der VDE-Bestimmungen (DIN-Normen mit VDE-Klassifikation, auch kurz als DIN-VDE-Normen bezeichnet) wesentliche Verpflichtung für ein sachgemäßes Arbeiten ist.**

Für den Elektrohandwerker sind die je nach Arbeitsgebiet gezielt zusammengestellten VDE-Auswahreihen wichtige Grundausrüstungen – siehe Seite 2.

Ausgabe 2019-10

Herausgegeben durch DKE, Stresmannallee 15, 60596 Frankfurt am Main; Telefon: +49 69 6308-0; Fax: +49 69 6312925
E-Mail: dke@vde.com; Internet: www.dke.de

© DIN Deutsches Institut für Normung e. V. und VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.
Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit besonderer Genehmigung des DIN, Berlin, und des VDE, Frankfurt am Main.

Einzelverkauf und Abonnements der DIN-VDE-Normen durch VDE VERLAG GMBH, 10625 Berlin, www.vde-verlag.de
Einzelverkauf auch durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin, www.beuth.de

Es gelten immer die letzten VDE-Veröffentlichungen, welche in voller Fassung lt. Internet-Preisliste fast 85.000 € kosten.

In Jahresabonnements werden die Bestimmungen je nach Umfang von ca. 5.000 € bis zu 12.000 € an Behörden, Institute und Firmen abgegeben.

Die in den VDE-Auswahlreihen zusammengestellten DIN-VDE-Normen sind, wie alle als VDE-Bestimmung gekennzeichneten DIN-Normen, Sicherheitsnormen auf dem Gebiet der Elektrotechnik.

Ein Jahresabonnement für das Elektrohandwerk kostet in Papierform nur 250 €. Wichtige Hinweise, z.B. die der VDE 0800 zur Informationstechnik, fehlen aber darin.

Die VDE-Bestimmungen beschreiben den zum Zeitpunkt ihres Erscheinens aktuellen Stand der Technik. Ihre Bedeutung wird durch die Bezugnahme in Gesetzen und Verordnungen unterstrichen und ändern sich häufig. Die EU hat heute über die Niederspannungsrichtlinie einen erheblichen Einfluss.

Einen „Bestandsschutz“ für alte Anlagen gibt es in der VDE nicht. Bei Nutzungsänderungen durch Computer-Netzwerke oder Elektromobilität und Solarenergie müssen die elektrotechnischen Anlagen angepasst werden.

So sind alle DIN-VDE-Normen eine Erkenntnisquelle für technisch ordnungsgemäßes Verhalten im Regelfall, aber kein Gesetz.

In einem BGH-Urteil (AZ VIIR 184/97 vom 14.05.1998) wird treffend festgestellt, „DIN-Normen sind private technische Regelungen mit Empfehlungscharakter, die die anerkannten Regeln der Technik zwar wiedergeben, aber auch schlechthin falsch sein können.“

Bewegt man sich außerhalb der Normen, muss man sich mühsam **„freibeweisen und argumentieren“**.

Es sind leider nur elektrotechnische Bestimmungen, welche aber auch falsch sein können oder durch den technischen Fortschritt bereits überholt sind.

Das TN-C-S System ist ein gutes Beispiel dafür.

Durch das Anwenden der DIN-VDE-Normen entzieht sich aber niemand der Verantwortung für eigenes Handeln. Also - Kopf einschalten und die Physik beachten.

Erima Chun, ehemals Leiter der VDE-Prüfstelle in Offenbach, hat mir den prägenden Satz erläutert:

„Immer bis zur speisenden Quelle zurückdenken“.

Dabei kann es sich um die Stromquelle, aber auch um den Kunden handeln.

Die Informationstechnik und störungsarme Informationsübertragung und Einsatz der Elektronik sind nicht mehr aus unserem Leben wegzudenken.

Das Ethernet-Protokoll ist weltweit gleich und jede Stromversorgung eines Gebäudes ist je nach den technischen Anschlussbedingungen (TAB) des jeweiligen EVUs unterschiedlich.

In Gebäuden der 60 bzw.70er Jahre werden heute diverse Geräte im Haushalt und der Bürokommunikation genutzt, die es damals noch nicht gab. Ohne die IT wäre kein Home-Office möglich gewesen.

Die Bitkom-Organisation hat dieses Problem in ihrer Veröffentlichung aus 2021 „Elektrische Wiederholungsprüfung ohne Abschalten?“ aus rechtlicher und Anforderungssicht der Betreiber sehr treffend beschrieben.

Das Arbeitspapier kann direkt aus dem Internet geladen werden und zeigt die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Anforderungen der VDE, der Berufsgenossenschaft und der Betreiber gut auf.

https://www.bitkom.org/sites/default/files/2021-02/20210225_bitkom_leitfaden_elektrische_wiederholungspruefung_in_rechenzentren.pdf

Eine EDV-Anlage heute stromlos zu schalten ist schwierig geworden, da ein permanenter 24/365 Betrieb gewollt wird.

Ein Leck- oder Fehlerstrom stellt sich oft erst beim Betrieb eines elektrischen Gerätes ein, sodass eine Isolationsmessung als Wiederholungsprüfung nicht sinnvoll oder durchführbar ist.

Eine Leckstrom-Messung „**unterwegs**“ über alle vier aktiven Leiter kann im laufenden Betrieb, ohne die Anlagen freizuschalten, den Fehlerstrom mit geeigneten Messwerkzeugen ermitteln.

In der Schweiz ist diese Methode seit vielen Jahren bewährt. Nach den Unterverteilungen, welche mit Fehlerstromschutzschaltern ausgerüstet sind, stimmt die Welt noch. Das Problem liegt in der meist öffentlichen TN-C-Einspeisung.

Der VDE hat in der Bestimmung 0100-410 vom Oktober 2018 den FI nicht nur für Steckdosenstromkreise, sondern sinnvollerweise auch für Beleuchtungsstromkreise der Wohnungen, FI-Schutzschalter unter 411.3.4 vorgeschrieben. Bei Industriebauten entfällt leider diese Forderung.

In den von mir betreuten Neubauten, auch im Industrie- und Logistikbereich, werden FI-Schutzschalter mit Erfolg schon lange eingesetzt.

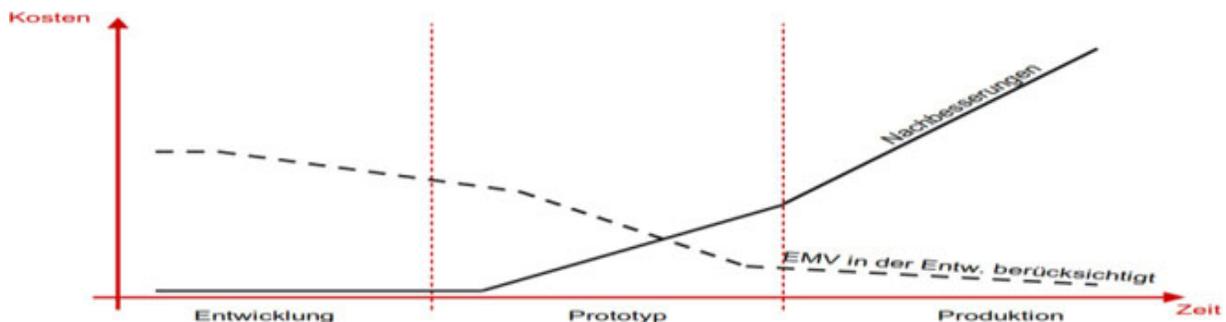
In Rechenzentren werden in Deutschland keine Fehlerstromschutzschalter gewünscht, da diese gelegentlich geprüft werden müssten und daher den Stromkreis abschalten würden, was nicht sein darf.

Erst langsam werden in Rechenzentren RCM-Messgeräte (Differenzstrom-melder) eingesetzt, welche Fehler nur melden, aber nicht sofort den Stromkreis hart abschalten.

Die Steigleitungen von den Zählertafeln im Keller und weiter bis zum Hausanschlusskasten oder Transformator sind sehr oft TN-C Systeme aus vier Adern mit gemeinsamer Führung von N und PE = PEN verbaut.

Das hat Folgen, da der Rückleiterstrom gerade mit höheren Frequenzen immer den Weg der niedrigsten Impedanz über alle metallisch geerdeten Verbindungen wählt.

Die **elektromagnetische Verträglichkeit** (EMV = **E**iner **M**uss **V**erlieren - und das ist meist der Schwächste) ist nicht gewährleistet.



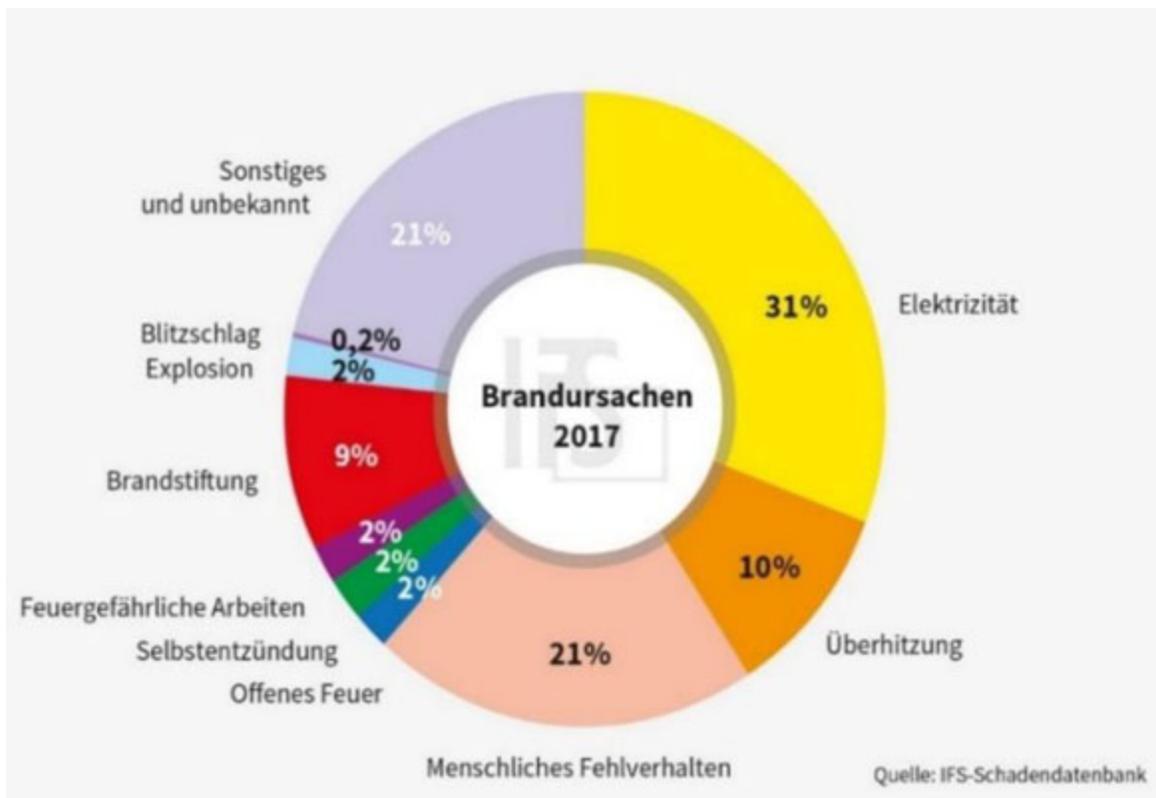
Die EMV beginnt schon in der Entwicklung und endet im Betrieb. Die Ausfallkosten sind heute höher als die Gerätekosten.

„Mit Physik kann man keinen Deal machen“, stellt auch Greta Thunberg schon sehr richtig fest.

Strom ist immer noch eine sehr häufige Brandursache. Es ist auch immer noch $1/5 = 20\%$ aller Schadenursachen unbekannt.

Lose elektrische Verbindungen und unvollständige Kurzschlüsse/Lichtbögen sind immer noch ein offenes Kapitel.

Mehr als 31% aller Brandursachen sind laut Statistik der IFS auf die elektrischen Anlagen zurückzuführen - bei Blitzschäden sind es nur 0,2%. Dafür werden extreme Aufwendungen zur Abwehr angesetzt, da es in den VDE-Bestimmungen gefordert ist.



Mit generellem Einbau von Fehlerstromschutzschaltern und einem einwandfreien TN-S-System könnten die Zahlen deutlich verringert werden.

Besser Abschalten, als Abbrennen!!

Gibt es eine Online-Überwachung des zentralen Erdungspunktes mit einer Meldung, wären ein absinkender

Isolationswiderstand/Erdschlüsse und beginnende Brände frühzeitig erkennbar.

Eine Fehlerstromüberwachung als Online-Überwachung entspricht dem Grundgedanken der Brandmeldeanlage, um rechtzeitig Isolationsversagen festzustellen.

Eine betriebliche Organisation mit einem „Kümmerer“ ist trotzdem notwendig, um Fehler nach der Meldung zu finden und zu beseitigen.

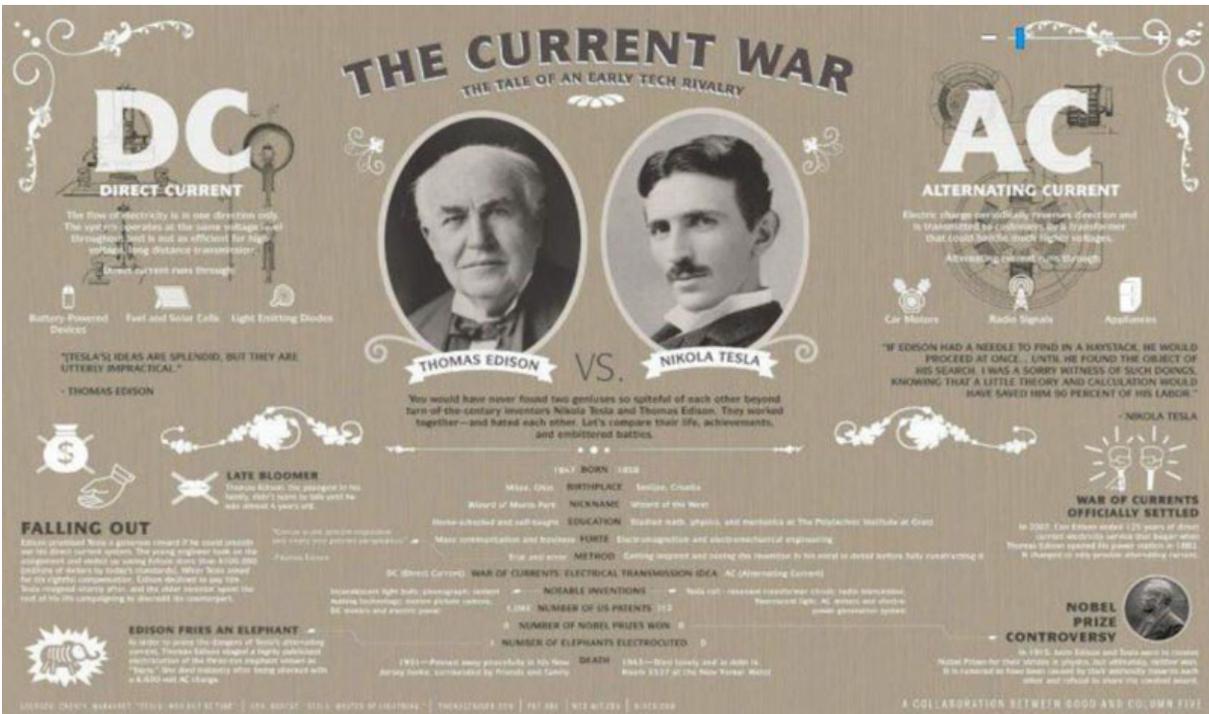
2. Gleichstromanwendungen (DC)

In der Historie wurde zunächst mit Gleichstrom aus Batterien begonnen und bezog sich auf Übertragung von kurzen Distanzen. In New York hatte Edison eine besondere Stellung und betrieb die Gleichstromnetze sogar bis 2007, obwohl bereits 1927 beschlossen wurde die Elektro-Netze auf Wechselstrom (AC) umzustellen.

Sein ehemaliger Mitarbeiter Nikola Tesla dachte weiter und entwickelte in sehr kurzer Zeit die Wechselstrom-Übertragung und gewann 1895 sogar den Preis zur Errichtung der Wasserkraftwerke der Niagara-Fälle mit seinem Partner Westinghouse.

Es entstand ein erbitterter Kampf zwischen Tesla/Westinghouse und Edison.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Stromkrieg>



Wechselstromanwendungen haben sich wegen der besseren Energieübertragung über lange Entfernungen etabliert und wurden zum Standard erhoben.

Im Zeitalter der Elektronik kehrte die Gleichstromanwendung in vielen Bereichen zurück. Die Batterien sind leistungsfähiger geworden, aber noch lange nicht perfekt. Das gilt auch für Photo-Voltaik-Anlagen.

Die Leistungsfähigkeit der Solarmodule liegt immer noch unter 25 % der Sonneneinstrahlung.

In Rechenzentren und elektronischen Anwendungen ist immer Gleichstrom-Versorgung notwendig. Diese Gleichströme werden durch Netzteile, Batterien, USV-Systeme mit Umwandlungsverlusten erzeugt.

Die Fernmeldetechnik nutzt seit jeher Gleichstromversorgungen und hat, da zu Anbeginn die

Isolationsfähigkeit der Kabel nicht so gut war, den Plus-Pol einmalig mit dem Erdungssystem verbunden.

Dabei blieb es nicht. In den Anlagen wurde der Pluspol mehrfach geerdet und schon verbreitete sich der DC-Strom auch über alle Erdungssysteme.

Im Internet ist eine sehr gut gemachte VDE-Broschüre mit 128 Seiten direkt herunterzuladen:

[Gleichstrom im Niederspannungsbereich Deutsche Normungs-Roadmap Version 2](#)

Gleichstrom geht nicht durch den Nullpunkt und verlöscht, sondern bleibt als Lichtbogen stehen. Ab ca. 20V DC können Lichtbögen stehen bleiben und werden nicht abgeschaltet.

In meiner Lehrzeit konnte ich noch Gleichstrom-Lichtschalter finden, welche den immer beim Ausschalten entstehenden Lichtbogen löschen konnten.



Die DC-Antriebe der neuen Elektro-Autos haben mit Bränden zu kämpfen.

Abbrände der Lithium-Batterien sind nicht einfach durch Wasser zu löschen.

Die Akku-Sätze werden in spezielle Container eingebaut, damit ein Brand möglichst nicht nach außen dringt.

Aber auch normale Vielschicht-Kondensatoren im Auto eingebaut können durch Erschütterung brechen und haben schon Brände im Automobilbereich verursacht.

Ca. 15.000 Autos brennen lt. VdS im Jahr ab und der Gleichstromanteil speziell in LKWs mit 24V kann gefährlich sein.

Etliche Brandschäden und Produkthaftungsschäden wurden von mir mit der Erkenntnis bearbeitet, dass jeder Kunststoff brennt und DC Lichtbögen erzeugt.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Fahrzeugbrand>

Das gilt auch für Solaranlagen, welche die Solar-Module in Reihe zusammenschalten und die DC-Energie auf Wechselrichter geben.

Feuerwehren hatten z.T. Angst, Solaranlagen-Brände zu löschen, da die Gleichspannung anfangs nicht immer abgeschaltet werden konnte.

Inzwischen sind Ausschalter für den Gleichstromteil vorgeschrieben und die Umgangserfahrungen der Feuerwehr sind gewachsen.

[https://de.wikipedia.org/wiki/Brandfallabschaltung_\(Photovoltaikanlage\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Brandfallabschaltung_(Photovoltaikanlage))

Das gilt ebenfalls für industrielle Steuerungen 24V, welche den Minus nur einmal über einen DC-ZEP mit Erde verbinden.

Die Firmen ABB in der Schweiz und Fa. Bachmann haben komplette Gleichstrom-Rechenzentren für sich gebaut.

Damit wurde die Doppelkonvertierung über USV-Anlagen eingespart.

Eine weite Verbreitung von DC-Rechenzentren ist allerdings 2022 noch nicht vorgenommen worden.

<https://www.eaton.com/content/dam/eaton/markets/machinebuilding/protect-personnel-assets-and-machine-reliability/documents/documents-german-language/24-vdc-steuerstromkreise-richtig-absichern.pdf>

https://www.bender.de/fileadmin/content/BenderGroup/Documents/Article/de/Steuerstromkreise_de_HSellner.pdf

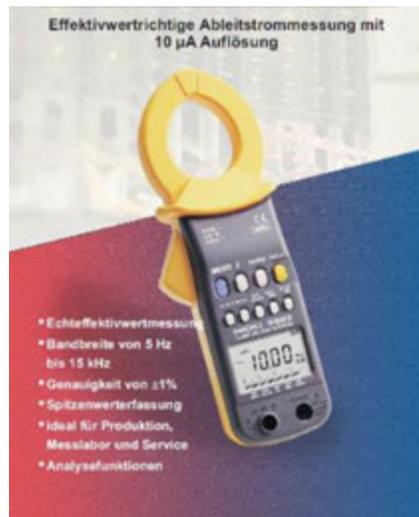
Aus meiner Erfahrung sind auch Steuerstromkreise als ein TN-S-System, sowohl als DC als auch AC, auszuführen und nur einmal mit einem prüfbaren ZEP auszurüsten.

<https://www.phoenixcontact.com/de-de/produkte/installations-und-montagematerial/schirmung>

Die Messung von Gleichströmen mit Zangenamperemetern ist in den kleinen Messbereichen mit Hall-Generatoren möglich. Leider ist der untere Messbereich nie so genau und ein Nullabgleich notwendig.



Beispiel AC und DC - Messungen



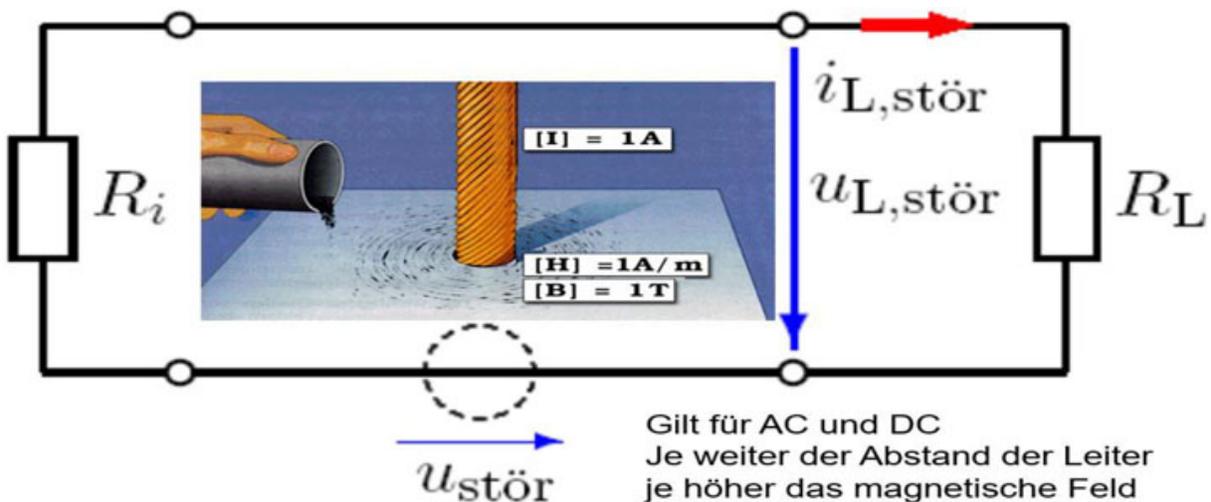
AC-Messungen



Rogowski-Spulen unterschiedlicher Art für AC.

3. Das Grundprinzip des geschlossenen Stromkreises

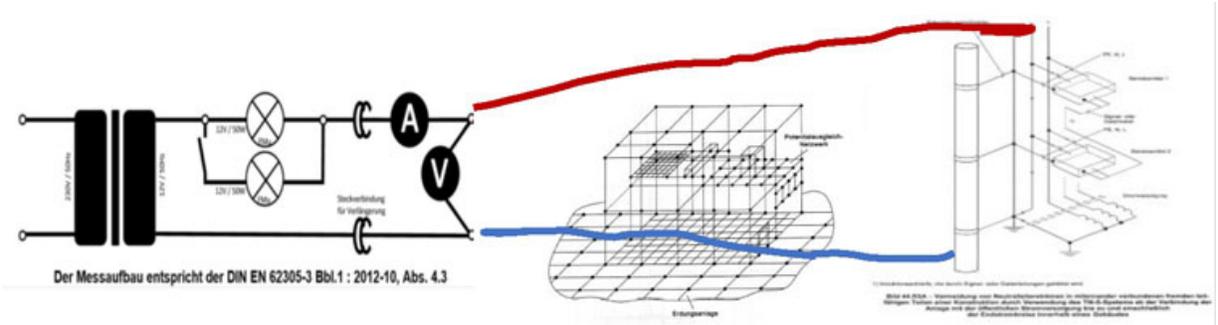
Der einfache geschlossene Stromkreis gilt für Wechselstromanlagen (AC) und auch für Gleichstromanlagen (DC).



Der Strom muss immer zur speisenden Quelle zurück. Ihm ist es egal, ob er über einen dafür vorgesehenen Draht oder Betonarmierungen und Blitzschutzanlagen oder Rohrsysteme fließt. Für die Hinleiter wird alles getan, aber der Rückleiter wird in England auch der „vergessene Leiter“ genannt.

Wird der Rückleiterstrom nicht auf einem vorgegebenen Weg zur speisenden Quelle zurückgeführt, sucht er sich selbst seinen Weg über alle leitfähigen Gebäudeteile als geschlossenem Stromkreis.

Durch die Stahlbetonbauweise ist das Gebäude wie ein Draht-Einkaufskorb untereinander engmaschig verbunden.



Der Strom folgt grundsätzlich den physikalischen Grundgesetzen, die immer gelten werden und erzeugt im gesamten Netzwerk-Teilströme mit magnetischen Feldern (μT) über die gesamte Koppelstrecke.

Informationsnetzwerke mit Abschirmungen sind ebenfalls von diesen Teilströmen betroffen. Die Physik lässt sich leider nicht durch interessensbehaftete Vorschriften oder Bestimmungen aushebeln!

