

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 60 (1982)

Heft: 10

Artikel: EMV, Erdungs- und Installationspraxis

Autor: Montandon, Eric

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-876174>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 19.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

*Zusammenfassung. Im Lichte der sich rasch ausbreitenden Digitaltechnik im Bereich der Kommunikation sind die PTT-Betriebe gezwungen, sich der EMV-Probleme systematisch anzunehmen. Die Planung muss im Frühstadium einer Systementwicklung einsetzen und sich besonders mit der Integration neuer Systeme in Bestehendes befassen. EMV-Analysen eines Systems sind nur unter definierten Verhältnissen möglich, weil sonst nur entsprechend manipulierbare Statistiken erstellt werden. Beim Betriebseinsatz eines analysierten Systems dürfen keine undefinierten Verhältnisse gestattet werden. Dies verlangt eine bisher noch weitgehend unbekannte, strenge Disziplin bei der Erdung und Installation **neuer** Systeme, um deren störungsarmen Betrieb in der gegebenen Umwelt bestehender, unveränderbarer Anlagen zu ermöglichen. Nebst Messverfahren und -ergebnissen werden im Artikel Empfehlungen für Erdungs- und Installationspraxis digitaler Systeme aufgeführt.*

CEM, réalisation de mises à la terre et d'installations

*Résumé. Vu l'avènement très rapide de la technique numérique dans le domaine de la communication, les PTT se voient obligés de considérer systématiquement les problèmes de CEM. La planification doit débiter au stade initial de tout développement et être consacrée spécialement à l'intégration de nouveaux systèmes dans une conception existante. Les analyses CEM ne peuvent être effectuées que dans certaines conditions définies, sinon seules des statistiques susceptibles d'être déformées, seront établies. Lors de l'application d'un système analysé, aucune condition non définie ne saurait être autorisée. Cela implique une discipline sévère, encore largement inconnue dans la mise à la terre et l'installation de **nouveaux** systèmes, si l'on veut en assurer l'exploitation peu perturbée dans un environnement d'installations qui ne peuvent être modifiées. Outre les méthodes et les résultats de mesure, l'article fournit des recommandations pour la mise à la terre et l'installation de systèmes numériques dans la pratique.*

Compatibilità elettromagnetica, messa a terra e installazione

*Riassunto. Data la rapida espansione della tecnica digitale nell'ambito della comunicazione, l'Azienda delle PTT deve occuparsi sistematicamente di problemi relativi alla compatibilità elettromagnetica (CE). È necessario che la pianificazione inizi con la prima fase di sviluppo di un sistema e si occupi soprattutto dell'integrazione di nuovi sistemi in quelli esistenti. Analisi relative alla CE di un sistema sono possibili solo a condizioni ben definite, altrimenti verrebbero allestite soltanto statistiche suscettibili di manipolazioni. Introducendo un sistema analizzato non si possono ammettere condizioni non definite. Ciò esige una severa disciplina, finora largamente sconosciuta, nella messa a terra e nell'installazione di **nuovi** sistemi, al fine di permettere un loro funzionamento privo, il più possibile, di disturbi, fra gli impianti esistenti, non modificabili. Oltre ai metodi e ai risultati di misurazioni, l'articolo contiene raccomandazioni concernenti la messa a terra e l'installazione di sistemi digitali.*

1 Von der Feuerwehrpolitik zur EMV-Planung

Die PTT-Betriebe sind gezwungen, sich der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) ernsthaft anzunehmen, um auch in Zukunft beim Einsatz neuer Technologien und zusätzlicher Dienstleistungen eine hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit ihrer Anlagen zu gewährleisten. Erste Betrachtungen über diesen Problemkreis sind in [1] zu finden.

Es wurden bei der Abteilung Forschung und Entwicklung der Generaldirektion PTT zuerst jene Dienststellen mit diesen Fragen konfrontiert, die sich mit *Radiostörschutz* (stationäre HF-Einflüsse) oder mit *Blitzschutz* (transiente Einflüsse) zu befassen hatten. Seit einigen Jahren ergänzen sich die Spezialisten dieser Teilgebiete in der neugebildeten EMV-Gruppe: Auch bei den PTT wächst das EMV-Bewusstsein aufgrund konkreter Störprobleme.

Sowohl beim Radiostörschutz als auch beim Blitzschutz resultierten aufgrund der Erfahrungen in der Behebung von Störungen und Zerstörungen gezielte Vorschläge und Empfehlungen für den Bau und den Betrieb, die dem Schutz der Anlagen gegenüber solchen Einwirkungen dienen (Radiostörschutzverordnung, Blitzschutzkonzept).

Analog lief und läuft weiterhin die Entwicklung auf dem Gebiet der EMV. Auch erkannte man schon früh, dass der Einsatz eines EMV-Spezialisten als «Feuerwehrmann» zur Löschung eines Brandes wohl notwen-

dig, jedoch nicht hinreichend war, um neue «Unfälle» zu vermeiden.

2 EMV-Management und Aufgabe

Ein gutes EMV-Management verlangt den Einsatz des EMV-Spezialisten mit seinen Erfahrungen schon bei der Planung eines neuen Systems und seiner Integration in Bestehendes. Diese Notwendigkeit wird zwar hin und wieder bezweifelt, denn je besser der EMV-Spezialist seine Arbeit verrichtet, desto unnötiger erscheint sein Einsatz. Ein Vergleich zwischen dem heilenden Arzt und dem kurierenden Mediziner soll dies etwas veranschaulichen [2]. Während der geheilte Patient seines Arztes kaum mehr bedarf, wird der kurierende Mediziner von seinen Klienten immer wieder aufgesucht.

Zum Managementproblem gesellt sich ein diagnostisches, weil die massgebenden Parameter für die EMV verschiedener Systeme oft unbekannt sind. Deshalb vergleicht ein Autor [3] das EMV-Engineering mit dem Pokerspiel, bei dem auch der geschickteste Spieler verlieren kann, da ihm die meisten Karten unbekannt sind.

Unter diesen Voraussetzungen hat der EMV-Spezialist seine Aufgabe zu erfüllen, die darin liegt, ein Optimum zwischen erforderlicher Störgrenze und maximal zulässigem Störpegel zu finden. Bevor jedoch die Arbeit begonnen wird, sollte sich der EMV-Spezialist die Frage stellen, ob ein neues System wirklich erforderlich ist oder nicht andere Mittel, von denen auch der Verzicht ein sehr vernünftiges sein kann, sinnvolle Dienste leisten würden.

3 Die neue Ära oder digitale Systeme

31 Unterschiedliches Verhalten der Analog- und Digitalsysteme

Wird bei einem *Digitalsystem* ein bestimmter Störpegel *nicht* überschritten, wird es in keiner Weise beeinflusst. Überschreitet jedoch der Störpegel eine gewisse Grenze, treten schlagartig erhebliche Störungen auf, die die Funktion des Systems stark beeinträchtigen oder gar verunmöglichen. Im Unbehagen, nicht zu wissen, wann diese Grenze überschritten wird, liegt der Grund für die Bedeutung der EMV-Problematik.

Im Gegensatz zu den Digitalsystemen besteht bei *Analogeinrichtungen* die *Schlagartigkeit* der auftretenden Störungen nicht. Hier kann der Systembenutzer mit zunehmendem Störpegel eine zunehmende Beeinträchtigung beobachten.

32 Fehlerraten und Störungsarten

– Fehlerrate

Was man bei Störungen von Analogsystemen mit «Rauschen» oder «Nebensprechen» bezeichnet, wird in der Digitaltechnik «Fehlerrate» (Fehler je Zeiteinheit) genannt. Eine gewisse Fehlerrate kann mit entsprechendem Programmieraufwand (Softwaremassnahme) aufgefangen werden. Überschreitet sie aber ein bestimmtes Mass, so sind Eingriffe in die Hardware erforderlich, um das System zu schützen. Der EMV-Spezialist befasst sich hauptsächlich mit Hardwaremassnahmen.

– Stationäre und transiente Störungen

Wichtig ist die Frage nach der maximal zulässigen Fehlerrate unter Berücksichtigung der Häufigkeit, mit der die Störgrenze überschritten wird. Damit ist man bei diesen Überlegungen dort angelangt, wo zwischen stationären und transienten Störsignalen unterschieden werden muss.

Wird die Störgrenze eines digitalen Systems wegen *stationärer* Störsignale (zum Beispiel Sendeanlagen usw.) überschritten, so übersteigt die Fehlerrate sicherlich das erträgliche Mass. Bei *transienten* Vorgängen ist zwischen häufig und selten auftretenden zu unterscheiden.

Transiente werden bestimmt häufiger von Relaispulen und Kontakten einer elektromechanischen Telefonzentrale erzeugt als von atmosphärischen Entladungen. Es wäre somit nicht sinnlos, aber unsinnig, zum Beispiel eine Telefonzentrale gegen den Blitzeinschlag des Jahrhunderts schützen zu wollen.

Es ist Aufgabe der Betriebs- und der Systemfachleute, dafür zu sorgen, dass der allfällige Grossausfall einer Zentrale durch entsprechende organisatorische Massnahmen verkraftet werden kann. Dezentralisieren statt zentralisieren lautet hier die Devise. Damit ist man gleichzeitig auch gegen andere «Störeinflüsse» besser geschützt.

– Bursts

Vernünftigerweise beschränkt man sich bei der EMV-Beurteilung – und den zu treffenden Massnahmen – auf Störquellen, die Transiente erzeugen, wie sie durch Schaltvorgänge von Leuchten, Motoren, Relaispulen, Geräten usw. auftreten. Dabei ist zu beachten, dass ein

einzelner Schaltvorgang in der Regel ein ganzes *Paket* von *transienten Störsignalen* erzeugt (Bursts). Vergleichen wir den Signalfuss eines Digitalsignals mit einem Hasen, der hinter einer Baumallee entlang rennt, so bedarf ein Jäger (Störquelle) keiner hohen Treffsicherheit, um den Hasen zwischen zwei Bäumen zum Sonntagsbraten zu schiessen, wenn er ein Maschinengewehr verwendet (Bursts). Bedeutend mehr Glück und Treffsicherheit sind jedoch nötig, um den Hasen mit einer gewöhnlichen Flinte (Transiente) zu erlegen.

4 EMV-Analyse

Bei einer genauen Analyse geht es nicht nur um die Aussage, ob ein System mit der einen oder anderen Störquelle gestört werden kann. Vielmehr ist herauszufinden, welche quantitativen Zusammenhänge im gesamten Störmechanismus bestehen.

41 Messapparaturen und -aufbau

Der beste Messaufbau nützt nichts, wenn die Apparaturen nicht bekannt sind. Aber auch die beste Messapparatur hilft wenig, wenn der Messaufbau nicht definiert ist.

In Wirklichkeit kann unser Hase von mehreren Jägern gejagt werden, und die Baumanordnung ist stark mitbestimmend für Erfolg oder Misserfolg. Wir müssen also

- die Störquellen definieren und nur eine nach der anderen von verschiedenen Standorten aus wirken lassen und
- die Wirkung verschiedener Anordnungen (Geometrie, Erdungsvarianten usw.) eruieren. Dabei ist wiederum wichtig, dass jeweils nur *ein Anordnungsbestandteil* verändert wird, um seinen Einfluss feststellen zu können.

Um uns vor Unbekanntem zu schützen, stellen wir das zu testende, in Betrieb stehende System und die definierten Störquellen in den gleichen Faradaykäfig. Die Fehlerraten-Registrierapparatur wird in einem gesonderten Faradaykäfig aufgestellt. Sie wird wie alle übrigen nicht zur Testeinrichtung gehörenden Steuergeräte über einwandfrei geschirmte Verbindungen mit dem zu testenden System verbunden (Fig. 1).

42 Kontrollen

Vor Beginn der Untersuchungen muss systematisch kontrolliert werden, ob die Sende- und Empfangseinrichtung mit deren Zuleitungen für das Nutzsignal (Datenverkehr) und für die Fehlerregistriereinrichtung von der Störquelle nicht beeinflusst wird. Dazu wird gemäss Figur 1 vorgegangen:

Erste Kontrolle

- Störquelle ausschalten
- Nutzsignal einschalten und System in Betrieb nehmen

Die Fehlerrate muss Null sein. Ist dies nicht der Fall, so ist nach unbekannten Störquellen zu suchen (möglicherweise stört sich das System selbst).

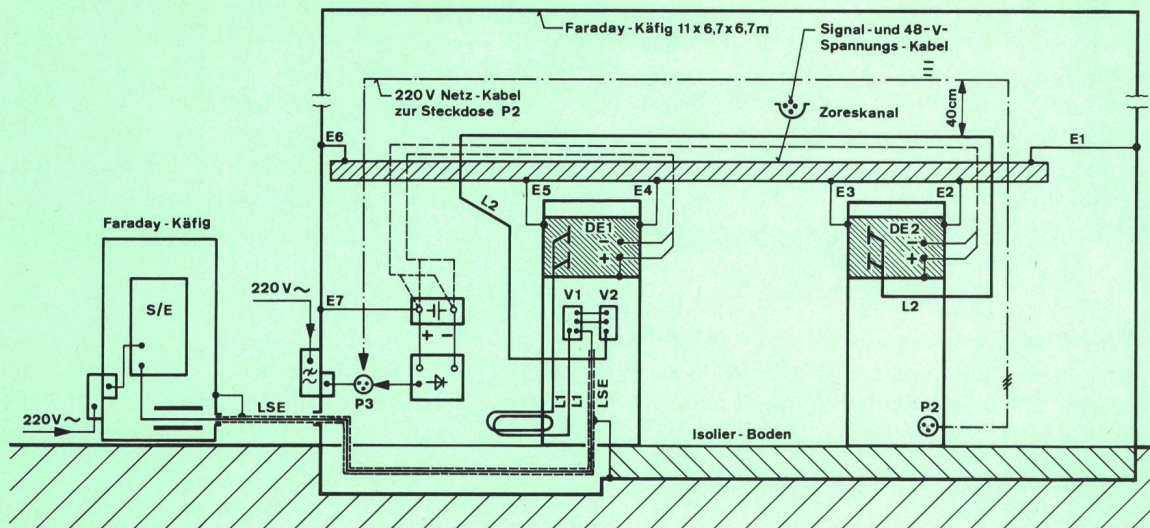


Fig. 1
Versuchsaufbau mit zwei IFS-Durchschalteeinheiten (DE1-DE2)
 V1—V2 Kabelverteiler
 L1—L2 VF-Signalkabel $2 \times (16 \times 4)$, zwischen DE1—V1 beziehungsweise DE2—V2

LSE Signalkabel (3×4), abgeschirmt, zwischen 8-bit-Sende-Empfänger und V1
 P2—P3 220-V-Steckdosen
 S/E 8-bit-Sende-Empfänger

Zweite Kontrolle

- System abschalten
- «Bypass» für Sende/Empfang einlegen (in Fig. 1: Auf V1 Senden und Empfang S/E überbrücken)
- Nutzsignal einschalten

Die Fehlerrate muss Null sein.

Dritte Kontrolle

- Bedingungen wie für die zweite Kontrolle erstellen
- dazu Störquelle mit grösster Störleistung einschalten

Die Fehlerrate muss Null sein.

Andernfalls werden die Fehler nicht vom System selbst, sondern durch die Störquelle direkt im «Bypass»-Kreis verursacht. Dies kann auch ein Zeichen dafür sein, dass die Messapparaturen empfindlicher als das System selbst sind.

Dieser Kontrollvorgang muss bei jeder Änderung der Störquelle wiederholt werden.

Sind alle Kontrollen befriedigend ausgefallen, kann mit den eigentlichen *Fehlerratenmessungen* begonnen werden.

43 Fehlerratenmessung

- System in Betrieb setzen,
- Nutzsignal einschalten,
- «Bypass» entfernen, dann
- *Fehlerrate in Funktion der Störquellenparameter*, wie Feldstärke, Spannung, Strom, Frequenz, Einkopplungsart, Impulshäufigkeit, Impulsform, registrieren.

Zur Einkopplungsart gehören die

- Lage der Störquelle
- eingestrahlte Störung, zum Beispiel über den Dipol oder die Rahmenantenne
- aufgeprägten Ströme, etwa mit Hilfe von Stromzangen auf Kabel
- aufgeprägten Spannungen, zum Beispiel über Kopplungskapazitäten asymmetrisch oder symmetrisch zum Nutzsignal

Nach den Fehlerratenmessungen werden jene Parameter gesucht, die auf die Fehlerrate den grössten Einfluss haben. Gleichzeitig ist zu prüfen, ob die Werte der physikalischen Parameter (Strom, Spannung usw.) bei der jeweiligen Einkopplungsart realistisch sind.

Selbstverständlich darf bei den Kontrollen und Messungen jeweils nur je ein Parameter verändert werden. Die Zusammenstellung der Ergebnisse könnte etwa den Diagrammen der Figur 2a...c entsprechen. *Figur 2a* zeigt eine deutliche Empfindlichkeit im Bereich von 10 MHz, wenn das ganze System von einer Antenne bestrahlt wird. Welche Pfade für die Störungen verantwortlich sind, geht daraus jedoch nicht hervor. Es ist also nach diesen Pfaden zu suchen, indem man die Störspannung vorerst direkt an einem Punkt der 48-V-Gleichstromversorgung einspeist (Resultat *Fig. 2b*). Eine zunehmende Fehlerrate mit steigender Störspannung ist wohl zu erkennen, doch ist eine Frequenzabhängigkeit hier nicht deutlich ersichtlich.

Ganz anders sieht es im Fall nach *Figur 2c* aus. Hier wird eine Frequenzabhängigkeit der Fehlerrate deutlich, indem die Störspannung an einer 220-V-Netzsteckdose

eingespeist wird. Daraus geht hervor, dass das System offenbar eher über den Pfad der 220-V-Installation als über die 48-V-Verteilung gestört wird.

Damit ist man wohl etwas weitergekommen. Man weiss, dass die 220-V-Installation eine wesentliche Rolle spielt, aber man weiss noch nicht weshalb.

44 Kopplungsparameter

Erinnern wir uns an die Hasenjagd. Bis dahin wurden verschiedene Jägerstandorte (Einkopplungsart) und verschiedene Schiessgewehre sowie Munitionsarten ausprobiert. Nun muss man sich mit den Bäumen der Allee (Kopplungsparameter) befassen. Es wurde nämlich erkannt, dass die «220-V-Baumreihe» bedeutungsvoller scheint als jene der 48-V-Speisung.

Dank der Laborbedingungen ist es möglich, die 220-V-Installation anders anzuordnen. Dazu gehören

- die Lage der Netzkabel und
- die Art der Schutzerdung.

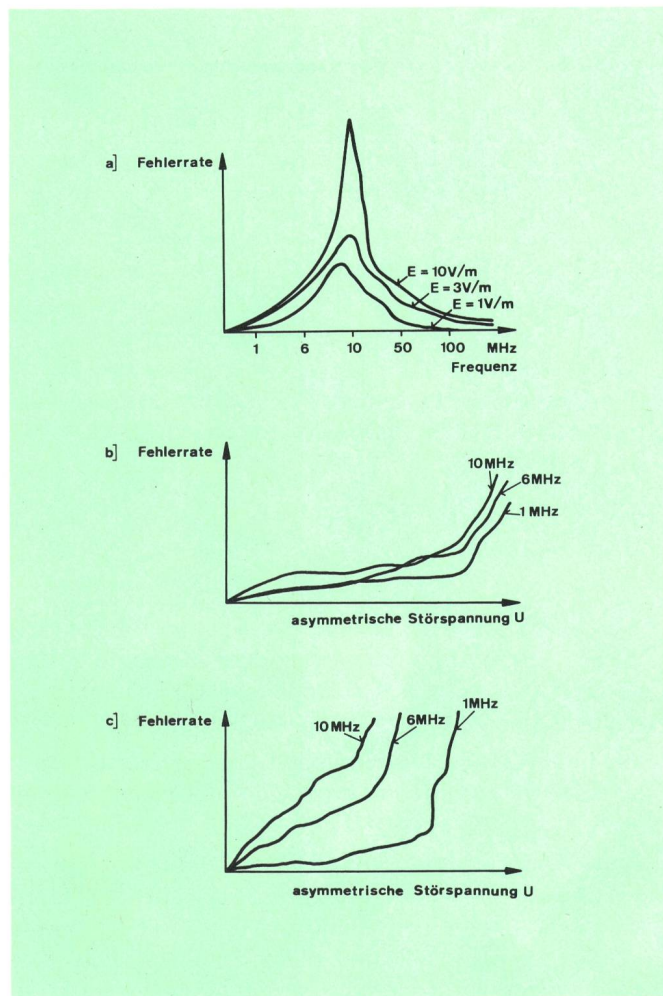


Fig. 2
Fehlerraten in Funktion der Frequenz und der asymmetrischen Störspannung U

- a) Störquelle: stationäre Sinusspannung
Einkopplungsart: Antennenleitung
- b) Störquelle: stationäre Sinusspannung
Einkopplungsart: asymmetrisch an einem 48-V-Einspeisepunkt der 48-V-Spannung überlagert
- c) Störquelle: stationäre Sinusspannung
Einkopplungsart: asymmetrisch an einer 220-V-Steckdose, beim System der Netzsignale überlagert

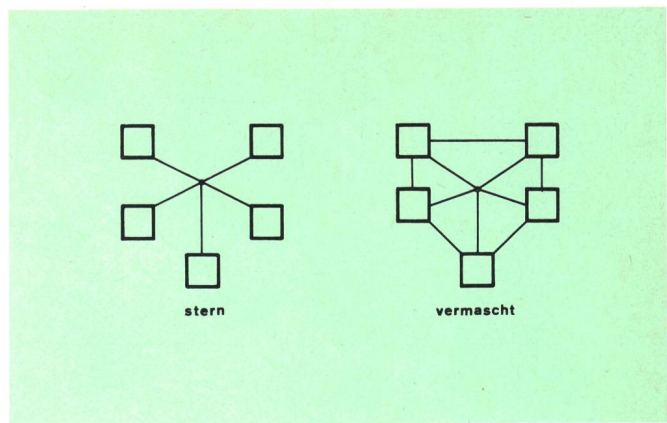


Fig. 3
Systemverbindungsart

Es bleibt uns aber nicht erspart, auch daran zu denken, dass die Anordnung aller anderen «Baumtypen» (48-V-Gleichstrominstallation, Signalleiterverlegung, Gestellverbindungen) wiederum von Bedeutung sein kann, wenn an der 220-V-Installation etwas geändert wird.

Der Leser erkennt sicher, dass die Zahl der Kombinationsmöglichkeiten sehr gross wird. Man ist somit gezwungen, anhand systemtechnischer Gegebenheiten Ordnung zu schaffen und sich auf eine sinnvolle Zahl von Kombinationen zu beschränken.

5 Wir schaffen Ordnung

Die zum System gehörenden Signalverbindungen und die Speisespannungen für die Systemlogik gehören zusammen. Die Gestelle können in Stern- oder in vermaschter Form untereinander verbunden werden (Fig. 3).

6 Erdung

Für die Erdung des Systems bestehen drei Möglichkeiten

- floating (ungeerdet)
- Einpunkterdung (allenfalls über hochohmigen Widerstand)
- Mehrfacherdung

Tabelle 1 erleichtert die Übersicht und die sinnvolle Wahl der zu untersuchenden Kombination.

61 undefinierte Erdung

Die Übersicht zeigt, dass eine Mehrfacherdung undefinierte Verhältnisse schafft. Sie gleicht einer «Baumallee» oder eher einem «Wald» mit lauter wildwachsenden Bäumen und Sträuchern, die im einen Fall einen sehr guten Schutz für den Hasen sein können, ihn im andern Fall aber wegen der in diesem Wald versteckten Jäger schutzlos ausliefern.

Eine EMV-Analyse bei undefinierter Erdung ist sinnlos, da in jeder Anlage wieder andere Verhältnisse herrschen, was die Lage und den Einfluss der möglichen Störquellen und ihrer Störpfer betrifft. Bestenfalls

Tabelle I. Übersicht über die Erdungs- und Systemverbindungsarten

Erdungsart	Systemverbindungsart					
	Sternförmig			Vermascht		
	Möglich	Verhältnis oder Ordnung	Bedingung	Möglich	Verhältnis oder Ordnung	Bedingung
Floating	Ja	Definiert	Gestelle isolieren	Ja	Definiert	Gestelle isolieren
Einpunkt	Ja	Definiert	Isolieren	Ja	Definiert	Gestelle isolieren
Mehrfach	Nein	—	—	Ja	Undefiniert	Gestelle nicht isolieren

Kursiver Text = Aufgrund der EMV-Untersuchungen laut Abschnitt 9 als beste Kombination ermittelt.

Wichtiger Hinweis: Diese Kombination muss nur für neue Systeme angewandt werden. Bestehende Anlagen erfahren bezüglich ihrer Systemverbindungs- und Erdungsart keine Änderungen.

könnte eine EMV-Statistik aufgestellt werden, der aber nur jener vertrauen kann, der diese selbst erstellt hat.

62 Definierte Erdung

Definierte Verhältnisse sind hingegen sowohl bei «floating» als auch bei «Einpunkterdung» möglich. Das «floating»-System ist jedoch aus Gründen der elektrostatischen Probleme für ausgedehnte Anlagen kritisch. Heute sind zumindest bei den Schweizerischen PTT-Betrieben alle Systeme galvanisch *starr* (das heisst nicht über hochohmige Widerstände) geerdet. Der grosse Vorteil einer Einpunkterdung über einen hochohmigen Widerstand besteht in der einfachen Anzeigemöglichkeit eines Erdschlusses. Die Schwierigkeit der starren Einpunkterdung liegt im Erkennen weiterer unerwünschter und zufälliger Erdungspunkte. Der Starkstrominstallateur weiss von ähnlichen «Schwierigkeiten», die beim Einführen des Nullungsschemas I (Phase, Null- und separater Schutzleiter, wobei der Nulleiter nur an *einem* Punkt mit dem Schutzleiter verbunden ist) aufgetreten sind.

7 Fehlerrate und Kopplung

Für eine sinnvolle EMV-Analyse sind somit die Kombinationsmöglichkeiten auf jene mit der Einpunkterdung zu reduzieren, und es ist der Einfluss folgender Kopplungsparameter, denen gleichzeitig ein Symbol zugeordnet wird, zu untersuchen.

Systemverbindungsart		Lage der Netzzuführung	
*			
Sternförmig	Vermascht	Alle Kabel gemeinsam in einem Kanal	Starkstromkabel von den übrigen Kabeln distanziert

Schutzleiteranschlussart	
Steckdose auf Gestellmasse Separater Schutzleiter auf Steckdose geführt, aber nicht mit Gestellmasse verbunden	Kein separater Schutzleiter auf Steckdose geführt, Steckdose-Erdstift direkt an Gehäusemasse

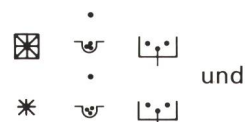
Die genannten Kopplungsparameter ergeben noch 12 Kombinationen (Baumanordnungen), von denen jede den verschiedenen Störquellen und Einkopplungsarten ausgesetzt werden muss.

Tabelle II zeigt als Beispiel die Fehlerrate der 12 Kombinationen, von einer bestimmten Störquelle verursacht.

Tabelle II. Fehlerraten von 12 verschiedenen Kopplungsparametern

		0	60	150
		200	60	300
*		0	50	500
		150	300	600

Die Übersicht erlaubt nun auszusagen, dass die Fehlerrate gleich Null ist für die Anordnung



So sieht man, dass sowohl die distanzierte Führung der Netzleitung als auch die separate Schutzleiterführung ohne galvanische Verbindung zur Gestellmasse offensichtlich von entscheidender Bedeutung sind.

Was könnte aber am System selbst verbessert werden, damit diese Ordnung nicht mehr gebraucht werden müsste?

Diese Frage kann erst beantwortet werden, wenn erstens die für die Fehlerrate verantwortliche Schwachstelle im System gefunden und zweitens die quantitative Wirkung der Störquelle auf diese Schwachstelle über die verschiedenen *Kopplungsparameter* bekannt ist.

Zur Beantwortung müssen an verschiedenen Orten *im System* die von unseren Störquellen verursachten Ströme und/oder Spannungen gemessen werden.

Werden eine oder mehrere Stellen im System gefunden, bei denen zum Beispiel zwischen auftretender Störspannung und Fehlerrate ein Zusammenhang gemäss *Figur 4* besteht, so ist die Schwachstelle (oder mehrere Schwachstellen) gefunden.

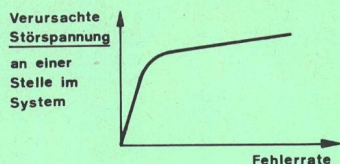


Fig. 4
Zusammenhang zwischen Störspannung und Fehlerrate an einer Schwachstelle im System

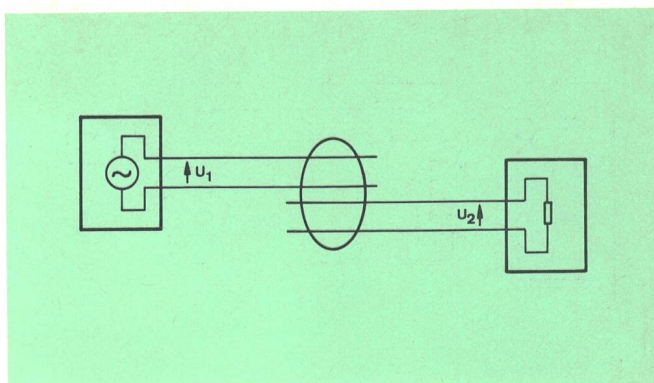


Fig. 6
Kopplung: Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung

Strom- oder Spannungsmessstellen, an denen trotz steigender Fehlerrate keine Störspannungs- oder -stromzunahme zu messen ist, sind sicher keine verantwortlichen «Fehlereintrittspforten». Dasselbe gilt auch für jene Stellen, die trotz Störspannungszunahme keine Fehlerraterhöhung bewirken.

Die Suche nach den Schwachstellen ist in der Regel sehr mühsam, da zur Störung eines Systems nicht nur die *Amplitude* der Störspannung, sondern auch ihre *Frequenz* massgebend ist.

Für die Ermittlung von möglichen Schwachstellen eignen sich Störquellen zur Erzeugung gleichförmiger Transienten mit einer bestimmten Repetitionsfrequenz. Solche Quellen senden ein bestimmtes Frequenzspektrum aus. Die verursachten Resonanzen im System sind an verschiedenen potentiellen Schwachstellen zu messen.

Ist eine Schwachstelle gefunden, so müssen folgende Faktoren bestimmt werden:

- der Einfluss der Kopplungsparameter auf diese Schwachstelle (Kopplungsmessung)
- die Störgrenze der Schwachstelle in Funktion von Amplitude und Frequenz der Störspannung

Figur 5 gibt eine Übersicht des Zusammenhangs von

- Kopplungsparametern in Funktion der Frequenz auf die resultierende Störspannung U_2 an einer Schwachstelle des Systems (rechte Diagrammseite)
- Fehlerrate (Störempfindlichkeit) dieser Schwachstelle in Funktion der Störspannung U_2 bei drei verschiedenen Frequenzen (linke Diagrammseite)

Es ist zu beachten, dass unterhalb der Störgrenze die Fehlerrate gleich Null ist.

Das Diagramm zeigt, dass ein System trotz starker Kopplung ungestört bleibt, wenn die starke Kopplung im störfesten Frequenzbereich des Systems liegt (Kurve a, f_1).

Umgekehrt verursacht eine geringe Kopplung bereits Störungen (Kurve b, f_2). Kritisch wird die Situation für Kurve c, wo die Störgrenze sowohl für f_2 als auch für f_3 überschritten wird.

Das Diagramm weist im Bereich zwischen f_1 und f_2 für die Kurve b noch eine Lücke auf.

Entsprechende Untersuchungen wären somit noch nötig, falls man die Anordnungen, die die Kopplung nach Kurve b ergeben, als EMV-Massnahmen vorschlagen wollte. In diesem Falle müsste das System selbst zumindest bis zur Frequenz f_2 störfester gemacht werden, falls die Störgrenze nicht überschritten werden soll (gestrichelte Linie für Frequenz f_2). Die dazu nötige Systemhärtung lässt sich aus dem Diagramm herauslesen.

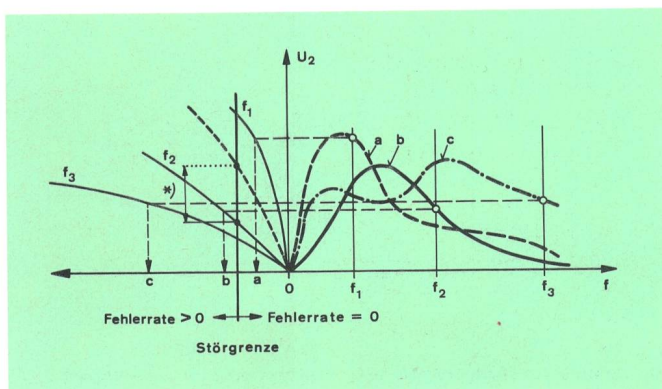


Fig. 5
Zusammenhang zwischen Kopplungsparametern, Frequenz und Fehlerrate

- a) Starke Kopplung, Fehlerrate jedoch 0
- b) Zeigt die geringste Kopplung: Fehlerrate jedoch > 0
- c) Mittlere Kopplung, aber schwer definierbar, da mehrere Maxima: Fehlerrate $\gg 0$
- * Nötige Systemhärtung für den Frequenzbereich zwischen f_1 und f_2 bei Anwendung der Anordnung b, damit ein Betrieb unterhalb der Störgrenze möglich ist
- Geforderte Störfestigkeit bei f_2 mit Anordnung b

8 Kopplungsmessung

Der Zusammenhang von Ursache und Wirkung kann als Kopplung bezeichnet werden. Verursacht beispielsweise ein Störimpuls U_1 am Ausgang einer Störquelle eine hohe Störspannung U_2 am Signaleingang eines Systems, so ist die Kopplung gross (Fig. 6). Um aber die Spannung vergleichen zu können, muss gemessen werden. Die Kopplungen können aber nur bei *richtigem* Messen beurteilt werden.

8.1 Wie messen wir «richtig»?

Zumindest für EMV-Anwendungen ist der Begriff «richtig» nur relativ zu verstehen. Besonders Spannungsmessungen können nur mehr oder weniger «gut» sein, da die Messgeräte und die Anordnung auch nur

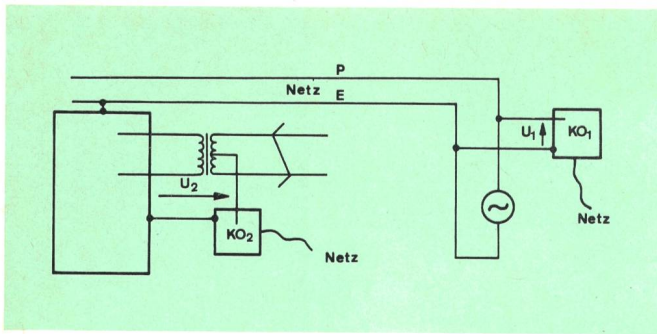


Fig. 7
Kopplungsmessung

mehr oder weniger immun sind gegen die zu messenden Störeinflüsse. Auch hier ist es von grosser Wichtigkeit, dass *definiert* gemessen wird.

Figur 7 zeigt eine Aufgabe zur Messung der Kopplung zwischen einer Netzleitung (an der eine Störquelle angeschlossen ist) und einer verdrehten, gegen Erde symmetrisch betriebenen Signalleitung. Zu messen sind die Spannungen U_1 und U_2 . Bestimmt sind irgendwelche Werte von U_1 und U_2 messbar, indem die Kathodenstrahloszilloskope angeschlossen und mit Netzspannung versorgt sind.

Frage: Sind wir sicher, dass die so gemessenen Werte von U_1 und U_2 durch den Anschluss der Messgeräte nicht beeinflusst werden?

Antwort: Nein! Mit einer solchen sorglosen Messanordnung werden nämlich sowohl die Kopplung zwischen dem gestörten Netz und der Signalleitung als auch das Störsignal in unbekannter Weise beeinflusst. Wer so vorgeht, darf kein zweites Mal messen, wenn er seine erste Messung nicht anzweifeln will!

82 Wie haben wir vorzugehen, um definiert zu messen?

- Die Netzversorgung der beiden Oszilloskope muss NF- und HF-mässig von der zu messenden Anordnung

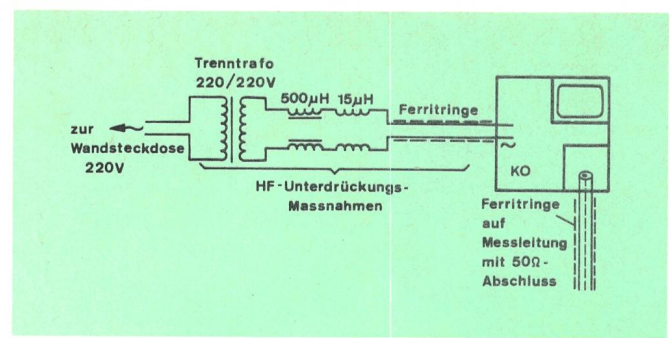


Fig. 8
Netzanschluss für Oszilloskope [4]

entkoppelt werden (Fig. 8). Um die Entkopplung zu überprüfen, misst man die angezeigte Spannung am Oszilloskop gemäss Figur 9 in der Reihenfolge ①...④. Im Idealfall ist die Spannung für die Varianten ①...③ praktisch Null. Danach ist noch der Einfluss auf die Messsignale U_1 und U_2 durch Weglassen einer oder mehrerer Schutzmassnahmen zur Entkopplung, zumindest mit der Variante ④, zu kontrollieren.

- Die asymmetrische Spannung U_2 wird mit Hilfe der Anordnung nach Figur 10 an der zur Erde symmetrisch betriebenen Signalleitung gemessen. Mit dieser Schaltung wird die Symmetrie durch die Messanordnung nicht beeinflusst, was experimentell ermittelt worden ist, indem mit und ohne Koppelschaltung (Fig. 10) die gleiche Fehlerrate gemessen wurde.

Die Impedanz gegen Masse ist *definiert*. Das koaxiale Messkabel kann optimal angepasst werden (zum Beispiel 50 Ω). Die Messkabelänge ist somit nicht mehr von Bedeutung. Die Ferritringe unterdrücken allfällige auf der Aussenseite des Messkabels fließende HF-Ströme.

Selbstverständlich muss die Messanordnung zuvor geeicht werden.

- Es ist zu kontrollieren, ob die Spannung U_2 in Figur 10 von der Spannungsmessung U_1 (mit Variante ④) abhängig ist. Wenn ja, ist für alle Messungen der An-

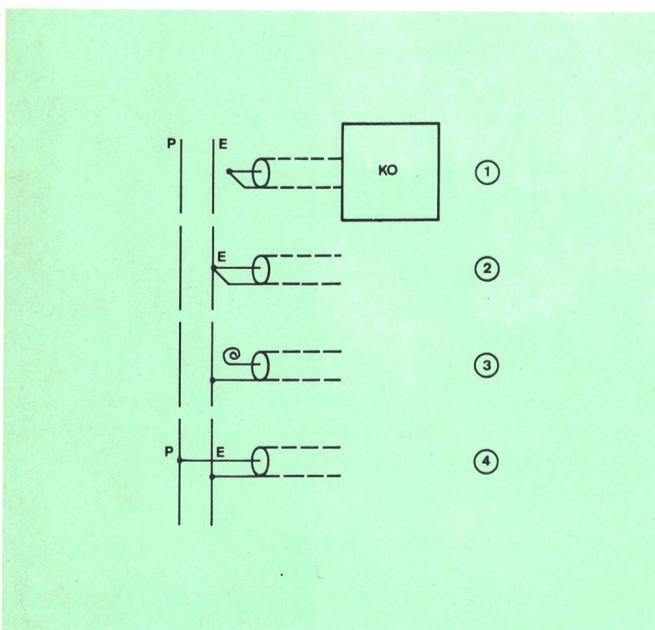


Fig. 9
Anschlusschemas für Kontrollmessung

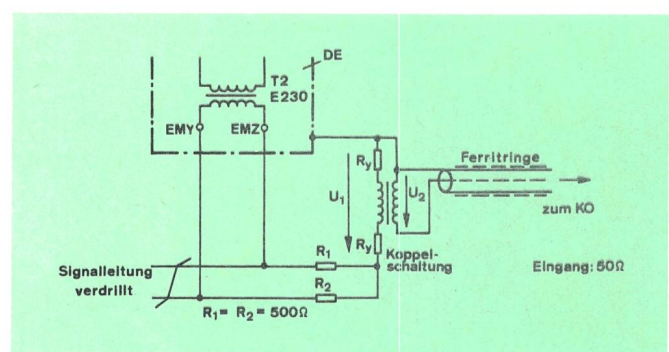


Fig. 10
Anordnung zur Messung der asymmetrischen Störspannungen
Kopplungsschaltung:

- Trafo mit Zusatzdämpfung VD 24/150 Ω symmetrisch/50 Ω asymmetrisch
- Frequenzbereich 100 kHz ÷ 50 MHz
- Dämpfung der asymmetrischen Messanordnung Trafo mit Zusatzdämpfung und Vorwiderständen = 20 dB $\approx 20 \log \frac{U_1}{U_2}$

Beachte: U_1 von Figur 10 entspricht U_2 von Figur 7

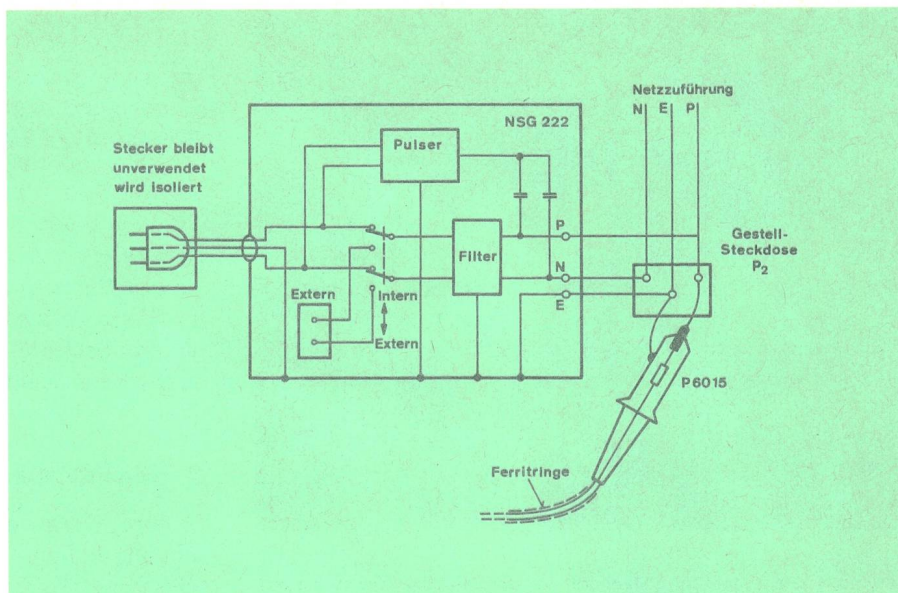
T2 Eingangs-Symmetriertransformator

DE Durchschalteinheit

EMY } Symmetrischer Signaleingang
EMZ }

Fig. 11

Störgenerator NSG 222 als störender Verbraucher betrieben (Störspannung asymmetrisch)
Die Sonde P6015 blieb für alle Messungen stets an den Ausgangsbuchsen angeschlossen, auch wenn das Kathodenstrahloszilloskop nicht angeschlossen war



schluss gemäss Variante ④ beim Messort für U_1 beizubehalten.

Diese Abhängigkeit ist ein Zeichen dafür, dass die Störquelle durch die Messschaltung belastet wird und somit das Störsignal verändert.

Zu *beachten* ist, dass keinesfalls elektrisch leitende Verbindungen (Triggerung) zwischen Kathodenoszilloskop 1 und 2 oder von diesem zur Störquelle erstellt werden dürfen. Für Triggerzwecke dient hier am besten eine Lichtleiterverbindung.

83 Anschluss der Störquelle

Ist die Störquelle ein HF-Generator zur Erzeugung *stationärer Signale*, so muss deren Netzversorgung dieselbe (jedoch separate) Anordnung wie für die Messgeräte aufweisen (Fig. 8).

Für den Anschluss eines Störimpulsgenerators, zum Beispiel *Schaffner*, Typ NSG 222, zur Überlagerung von *Transients* im 220-V-Netz gibt es eine elegante Möglichkeit nach *Figur 11*.

Mit dieser Schaltung wird der Generator als *störender Verbraucher betrieben* (wie Leuchtstofflampen, Trafos, Motoren, Schützenspulen usw.).

84 Aufzeichnung von transienten Signalen

Figur 12 zeigt die Spannung U_1 , aufgezeichnet durch mehrfaches Überschreiben des überlagerten Störimpulses der Netzspannung. Das Kathodenoszilloskop wird dabei mit jedem Störimpuls (Repetitionsfrequenz zum Beispiel 16 Hz) intern getriggert.

Der Vorteil dieser Aufzeichnungsart gegenüber der Einzelspeicherung bietet Garantie dafür, dass ein so erzeugtes Bild nur dann einen eindeutigen Kurvenzug aufweist, wenn die überwiegende Zahl der wiederholten Störimpulse die gleiche Form gehabt hat. Für die mit diesen Störimpulsen während einer bestimmten Zeitspanne erzeugten Fehlerraten ist somit die Impulsform gemäss dem erhaltenen Bild verantwortlich.

Mit diesem Messverfahren kann man die Einflüsse der verschiedenen Kopplungsparameter wie

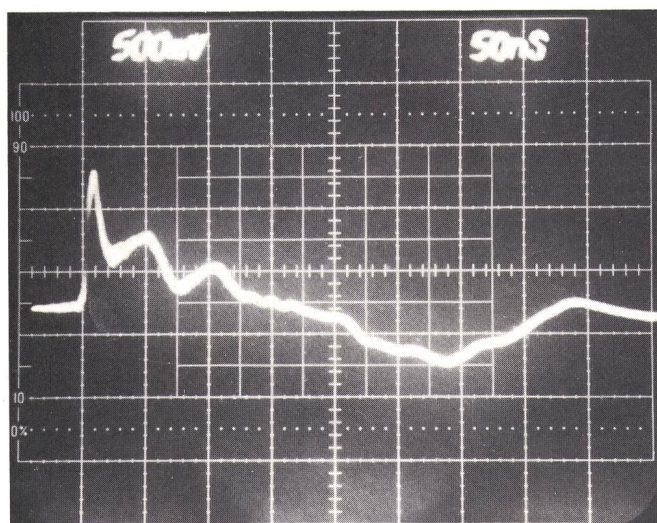


Fig. 12
Störspannung U_1 an der Störquelle (Anschluss gemäss Fig. 11)

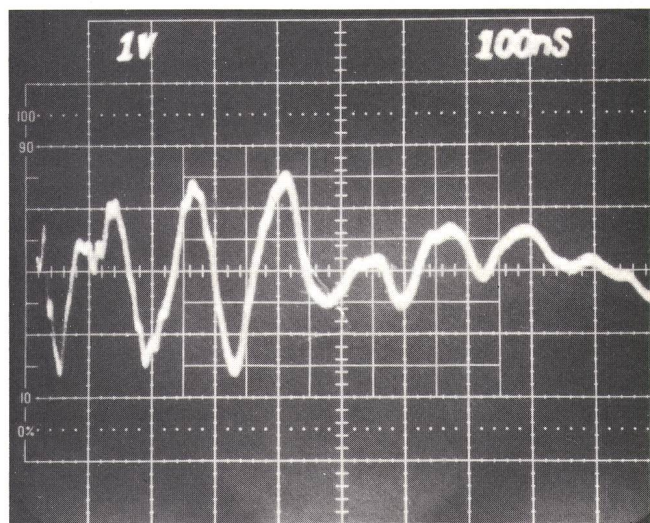


Fig. 13
Resultierende asymmetrische Störspannung U_2 , mit Messanordnung nach *Figur 10* gemessen

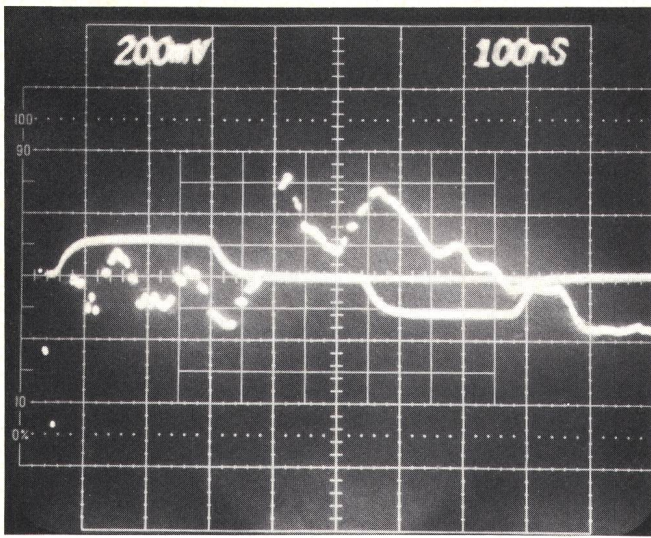


Fig. 14
Symmetrische Spannung. Man erkennt das Nutzsignal und die ihm überlagerte Störspannung

- Lage der Netzzuführung
- Schutzleiteranschlussart und
- Systemverbindungsart

untersuchen.

Da die Kopplungen jedoch nicht nur von der Anordnung der Störer, sondern auch von der Frequenz abhängig sind, ist es besser, stationäre schmalbandige Störquellen und entsprechend selektive Empfänger zu deren Ermittlung zu benützen.

Wertvolle Dienste leisten für solche Untersuchungen Trackinggeneratoren und Spektrumanalysatoren, mit deren Hilfe für weit wählbare Frequenzbereiche die Kopplungen durch Wobbeln gemessen werden können. Unter Wobbeln versteht man in diesem Fall die synchronisierte automatische Frequenzänderung mit wählbarer Bandbreite über wählbare Frequenzbereiche.

9 Ein Fall aus der Praxis

Zum Datenverkehr funktionsfähige Einheiten einer neuen digitalen Vermittlungszentrale wurden auf ihre elektromagnetische Verträglichkeit untersucht. Der Versuchsaufbau ist in Figur 1 gegeben.

Beachte: Die gegen «Erde» symmetrischen Verbindungsaderpaare der Kabel L1 und L2 sind ungeschirmt.

Figur 10 zeigt Messort und Messanordnung an der massgebenden Schwachstelle zur Messung der von der Störquelle jeweils verursachten asymmetrischen Stör-

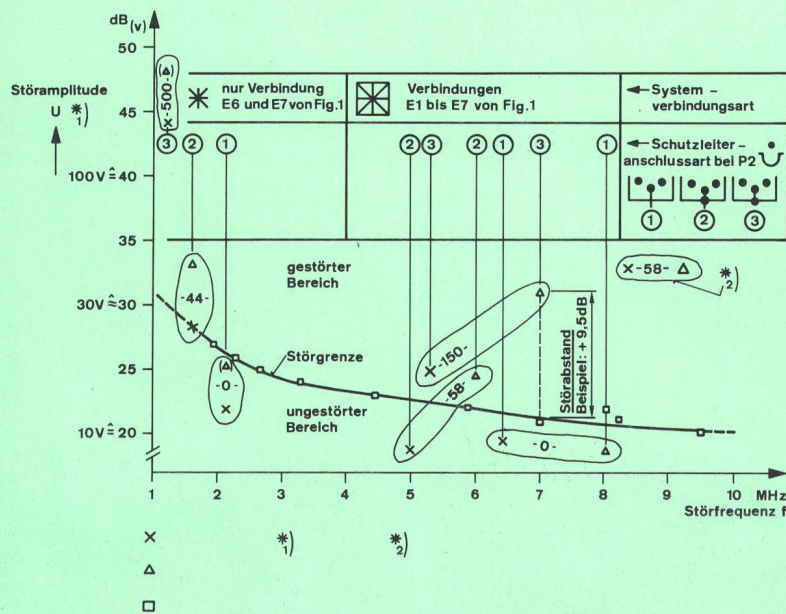


Fig. 15
Störungsdiagramm

- Asymmetrische Störampplitude in Funktion der Frequenz an Klemmen EMY/EMZ gegen Masse an DE1
- Störgrenze (ermittelt mit sinusförmigem Signal ohne Datenverkehr □)
- Störabstand (sich ergebend beim Anlegen eines transienten Störsignals an Netzsteckdose P2 nach Figur 11 für verschiedene Anordnungen betreffend Systemerdungs- und Schutzleiteranschlussart (Beispiel siehe im Diagramm))
- Mittlere Fehlerrate (sich ergebend bei den verschiedenen Anordnungen)
- x Messwerte an DE1-Klemmen EMY/EMZ gegen Masse bei angeleg-

tem transientem Störsignal an Netzsteckdose P2 nach Figur 11 (f für x und Δ ist die ungefähre Grundschwingung des Störsignals)

Δ Messwerte an DE2-Klemmen EMY/EMZ gegen Masse bei angelegtem transientem Störsignal an Netzsteckdose P2 nach Figur 11 (f für x und Δ ist die ungefähre Grundschwingung des Störsignals)

□ Messwerte mit sinusförmigem Signal an DE-Klemmen EMY/EMZ gegen Masse

*1 An den massgebenden Schwachstellen

*2 Erklärung:

Die eingekreisten Messwertpaare (x, Δ) gehören zur selben Anordnung. Die bei dieser Anordnung aufgetretene mittlere Fehlerrate (zum Beispiel -58-) ist dazwischen angegeben

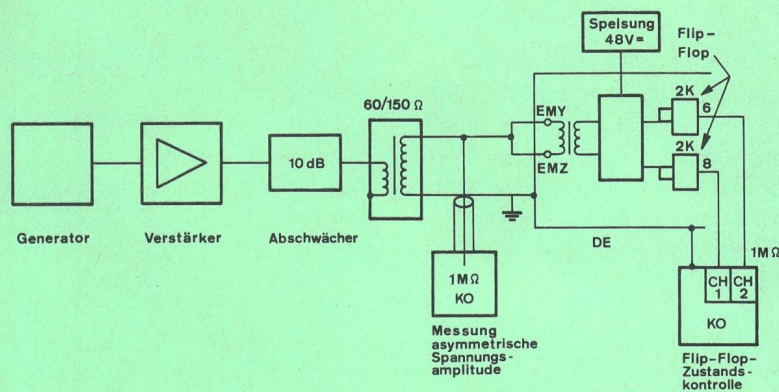


Fig. 16
Messanordnung zur Messung der Störgrenze für asymmetrische Einspeisung

EMY } Symmetrischer Signaleingang
EMZ }

CH 1, 2 Kanal
DE Durchschalteinheit

amplitude U_1 . Als massgebende Schwachstelle für die Erzeugung der Fehlerrate wurde der Eingang für das PCM-(pulse-code-modulation-)Signal eruiert.

91 Störungsdiagramm [5]

Die gewonnenen Hauptresultate sind im Diagramm in *Figur 15* dargestellt. Es zeigt die Störgrenze (Störspannung U in Funktion der Frequenz) für die massgebende Schwachstelle. Diese Störgrenze wurde nach *Figur 16* ohne Datenfluss ermittelt. Sie gilt als überschritten, sobald ein Speicher hinter der Eingangsschaltung infolge der asymmetrisch angelegten Spannung seinen Zustand ändert.

Im Diagramm sind zusätzlich die in der Anordnung nach *Figur 1* an derselben Schwachstelle aufgetretenen Störampplituden mit der jeweils aufgetretenen Resonanzfrequenz eingetragen. Man beachte, dass die Störampplitude sowohl bei der Schwachstelle der Einheit DE 1 als auch bei jener der Einheit DE 2 gemessen wurde.

Als Störquelle diente ein Schaffner-Störgenerator, der stets an der Steckdose P_2 als Verbraucher gemäss *Figur 11* angeschlossen war und mit einer Repetitionsfrequenz von etwa 16 Hz der 220-V-Netzspannung die Transiente gemäss *Figur 12* überlagerte. (Anstelle dieses Störgenerators wurden auch Kleintrafos und Leuchtstofflampen angeschlossen. Diese erzeugten ebenfalls Systemstörungen.) Das die Steckdose P_2 versorgende Netzkabel war vom Signalkabel L_2 um etwa 40 cm entfernt.

Das System stand in Betrieb. Die Fehlerrate (Fehlerzahl je 2 min) wurde gleichzeitig registriert. Die jeweilige Fehlerrate ist im Diagramm der *Figur 15* eingetragen.

Als Kopplungsparameter wurden die sechs Anordnungen erfasst, die in *Tabelle III* eingetragenen Fehleraten ergaben.

Bezüglich der Systemverbindungsart deckt das Diagramm deutlich zwei Störfrequenzbereiche auf.

Ersichtlich ist, dass im vermaschten System die höheren Frequenzen dominieren. Dafür liegen ihre Amplitudenwerte tiefer als bei der Verbindungsart «Stern». Die Kopplungen sind also bei «vermascht» schwächer als bei «Stern».

Dank der höheren Störfestigkeit des Systems bei niedrigeren Frequenzen wird die Störgrenze für die günstigste Schutzleiteranschlussart auch bei «Stern» nicht überschritten.

Von entscheidender Bedeutung aber ist die Schutzleiteranschlussart. Die niedrigste Kopplung entsteht dann, wenn der Schutzleiter *ohne galvanische Verbindung mit der Systemerde* im Netzkabel mitgeführt wird (①). Bei dieser Anschlussart ist auch die Art der Systemverbindung weniger von Bedeutung. Die höchste Kopplung entsteht dann, wenn die Systemerde direkt als Schutzleiter dient (③).

Die im Diagramm gezeigten Verhältnisse entsprechen auch quantitativ den Ergebnissen der Kopplungsmessungen mit Hilfe stationärer Störquellen.

92 Ergebnisse der Kopplungsmessung

Die Hauptresultate der Kopplungsmessungen besagen, dass

- die Distanzierung der Netzzuführung um etwa 40 cm von den Signalkabeln eine Reduktion der Kopplung um 6...10 dB bringt,

Tabelle III. Fehlerraten von sechs Kopplungsparametern

	①	②	③
⊗	0	58	150
*	0	44	500

- die Schutzleiteranschlussart ① eine Kopplungsreduktion von 10...12 dB gegenüber ③ bringt (gegenüber ② beträgt sie etwa 5 dB) und
- bei der Systemverbindungsart «vermascht» die Kopplung um 3...5 dB kleiner ist als bei der Art «Stern».

Unter *Voraussetzung* einer *definierten Erdung* (Tab. I, kursiver Text) ist es somit möglich, das untersuchte System mit den entsprechenden installationstechnischen Massnahmen knapp unter der Störgrenze zu betreiben. Der Beitrag dieser Massnahmen zur Erhöhung der Störfestigkeit beträgt insgesamt etwa 20...25 dB. Als Sicherheitsmarge wird jedoch empfohlen, das System selbst um weitere 10...15 dB zu härten.

93 Günstigste Anordnung

Aufgrund der Fehlerraten- und Kopplungsmessung erwies sich folgende Anordnung als die beste:

(Symbollegende Abschnitt 7)



Sie dient als Grundlage für die nachstehenden Empfehlungen.

10 Empfehlungen für Erdungs- und Installationspraxis digitaler Systeme

101 Zielsetzung

Ziel dieser Empfehlungen ist es, die Ausführungsdetails für die Erdungs- und die Installationspraxis neu zu erstellender Vermittlungssysteme zu präzisieren. Nur so wird man auch in Zukunft in der Lage sein, selbst ein komplexes System zu erweitern oder sonst zu ändern, ohne dass dadurch undefinierte Verhältnisse entstehen.

Nur definierte Verhältnisse ermöglichen einerseits reproduzierbare Messungen und andererseits allgemeingültige Aussagen betreffend Störvermögen und -festigkeit.

Zusätzlich liefert die Einhaltung dieser Empfehlungen einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Störfestigkeit und zur Reduktion des Störvermögens des danach installierten Systems.

102 Detailanforderungen und Definitionen

1021 Systemerde

Definition. Die Systemerde dient ausschliesslich zur Verbindung und Erdung systemeigener Geräte.

Anforderung. Die Systemerde darf keine systemfremden Ströme führen (definierte Erdung). Sie ist in sich zu vermaschen. Zur Systemerde gehören die Signalerden (etwa die Koaxialkabelmäntel) und ein Pol der Gleichstromversorgung (zum Beispiel +48-V- oder 0-V-Logik).

Die Systemerde darf nur an einem einzigen Ort mit der Erdung anderer Systeme verbunden werden (zentraler Erdungspunkt, Fig. 17).

Beim zentralen Erdungspunkt müssen all jene Leiter eingeführt und geerdet werden, die zur Systemerde gehören und auch noch ausserhalb des Systembereichs geerdet sind (zum Beispiel Koaxialmantel, Hohlleiter, Plusleiter usw.).

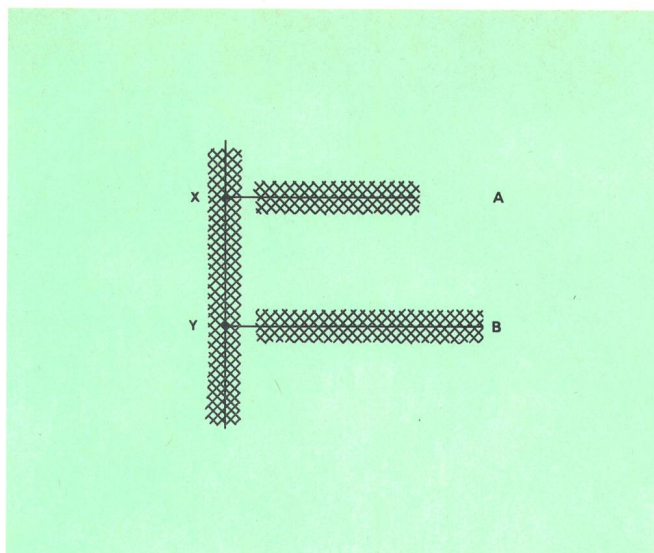


Fig. 17

Einpunkterdung vermaschter Systemerden

X Zentraler Erdungspunkt für Systemerde A

Y Zentraler Erdungspunkt für Systemerde B

X und Y können auch aus ein und demselben Punkt bestehen

1022 Systemeigene Geräte

Definition. Systemeigene Geräte sind jene, die dem Systemlieferanten bekannt und mit der Systemerde (Signalerde) galvanisch verbunden sind (zum Beispiel Monitore). Es kommen auch in Betracht: Gestellventilatoren, Messgeräte und andere vom Systemlieferanten als «unschädlich» erklärte Geräte.

Anforderung. Der Lieferant dieser Geräte garantiert bei deren Anschluss die gegenseitige elektromagnetische Verträglichkeit sowohl für stationäre als auch für transiente Vorgänge aller zum selben System gehörenden Einheiten. Dies jedoch nur unter der Voraussetzung, dass die übrigen Punkte dieser Richtlinien eingehalten werden.

1023 Systemfremde Geräte

Definition. Systemfremde Geräte sind solche, die dem Systemlieferanten nicht bekannt sind (Klimageräte, Befeuchter, Entfeuchter, Motoren, Werkzeugmaschinen, Beleuchtung oder andere Systeme).

Anforderung. Diese Geräte dürfen mit der Systemerde nicht vermascht betrieben werden. (Die Vermaschung systemfremder Geräte untereinander ist jedoch gestattet.)

1024 Netzzuleitung für systemeigene Geräte

Definition. Diese Netzzuleitung dient ausschliesslich zur Speisung systemeigener Geräte.

Anforderung. Die Netzzuleitung systemeigener Geräte kommt von einer Hauptverteilung, die mit einem isolierten, separaten Schutzleiter am *zentralen Erdungspunkt der Systemerde* geerdet ist.

Dieser Schutzleiter darf nicht Teil der Blitzschutzanlage sein.

Systemfremde Geräte dürfen nicht von dieser Hauptverteilung gespeist werden.

Diese Netzleitungen sind bei Parallelführung mit Signalleitungen und Gleichstromspeiseleitungen sowohl vom eigenen als auch von fremden Systemen im Abstand von 50 cm zu verlegen.

1025 Netzzuleitung für systemfremde Geräte

Definition. Diese dient der allgemeinen Netzversorgung und kann unter bestimmten Voraussetzungen auch zur Speisung systemeigener Peripheriegeräte benützt werden (Fig. 18, Gerät D).

Anforderungen. Diese Netzleitungen sind bei Parallelführung mit zum System gehörenden Leitungen im Abstand von 50 cm zu verlegen. Dasselbe gilt auch bei Parallelführung zu Netzleitungen für systemeigene Geräte.

1026 Geräte

In Figur 18 sind mit A...G die in Betracht kommenden Geräte mit ihrer Verknüpfungsart gezeigt. Die Geräte A, B, C, D und G sind systemeigene, E + F sind systemfremde Geräte.

A Systemeigene Geräte ohne Netzanspeisung

Signal und Gleichstrom-Plusleiter vermascht (Systemerde)

Anforderung

Vom Gebäude isoliert montiert

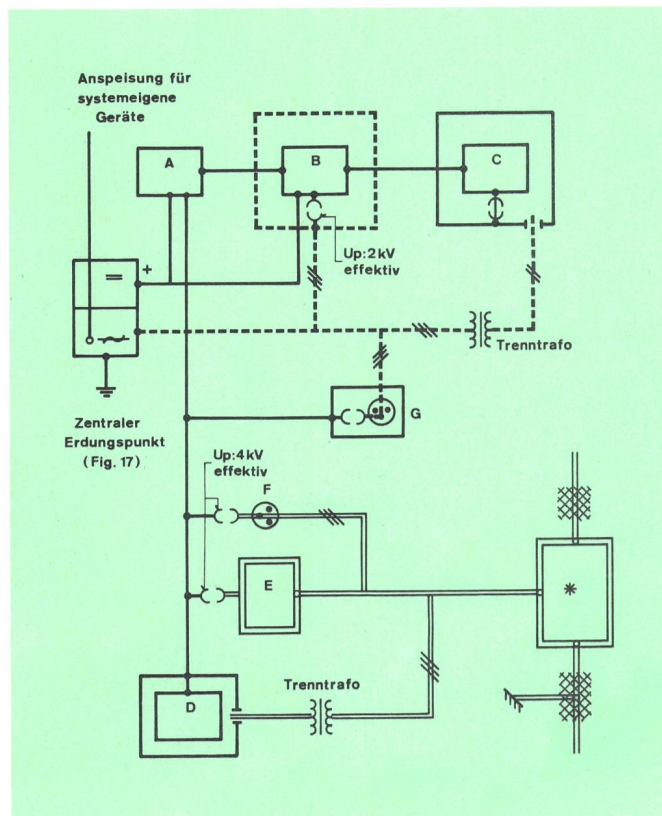


Fig. 18
Diverse Anschluss- und Netzversorgungsformen für systemeigene und systemfremde Geräte (Detailanforderungen und Definitionen siehe 102)

- Systemeigene Geräte, angeschlossen an die Systemerde
- Netzzuleitung für systemeigene Geräte
- ===== Netzzuleitung für systemfremde Geräte
- ⊗ Mit Gebäudeerde (Armierung, Blitzschutz usw.) vermascht
- * Niederspannungsverteilung für systemfremde Geräte

B Systemeigenes Gerät mit Netzanspeisung

Signal und Gleichstrom-Plusleiter vermascht, jedoch vom Gehäuse getrennt

Anforderung

- Starkstrom-Schutzleiter am Gehäuse angeschlossen
- «Netzzuleitung für systemeigene Geräte» verwenden
- kein Trenntransformator
- die Trennung zwischen Systemerde und Netzspannung führenden Leitern innerhalb des Gerätes ist so auszuführen, dass ein Kurzschluss dazwischen praktisch ausgeschlossen ist
- Spannungsfestigkeit 2 kVeff, 50 Hz, 1 min zwischen Netz und Systemerde

C Systemeigenes Gerät mit Netzanspeisung

Systemerde von Gerätegehäuse oder vom Gestell nicht getrennt

Anforderung

- kein Schutzleiteranschluss am Gestell oder am Gehäuse
- Trenntransformator in Netzzuleitung nötig (Spezifikation des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, SEV)
- Netzzuleitung für systemeigene Geräte verwenden

D Systemeigenes Gerät an der Peripherie mit Netzanschluss (in der Regel systemfremde Zuleitung)

Anforderung

- in jedem Fall Trenntransformatoren verwenden, gleichgültig, ob Netzzuleitung systemfremd oder systemeigen ist
- Gerätegehäuse mit Signallerde impedanzarm verbinden

E Systemfremdes Gerät mit Netzanschluss

Anforderung

- systemfremde Netzzuführung verwenden
- Schutzleiter am Gehäuse anschliessen
- Gehäuse von Systemerde isolieren (Spannungsfestigkeit 4 kVeff, 50 Hz, 1 min)

1027 Steckdosen

F Steckdose für systemfremde Geräte (zum Beispiel Putzmaschine usw.)

Anforderung

Wie unter 1026 E

G Steckdose für systemeigene Geräte

Anforderung

- Netzzuführung für systemeigene Geräte verwenden
- Starkstrom-Schutzleiter dieser Zuleitung nicht an Systemerde anschliessen
- angeschlossene Geräte sind demnach gemäss 1026 B beziehungsweise 1026 C zu behandeln

Zu beachten ist, dass Messgeräte wie Kathodenstrahloszilloskope und dergleichen mit Vorteil über Trenntransformatoren zu betreiben sind, weil damit der Personenschutz stets gewährleistet ist. Gleichzeitig werden die Störfähigkeit und das Störvermögen des Systems durch das Messgerät und umgekehrt reduziert.

Keinesfalls darf die Schutzerde im geräteeigenen Netzkabel unterbrochen werden.

11 Schlussbetrachtung

Elektromagnetische Verträglichkeit schaffen, heisst ein Optimum zwischen erforderlicher Störgrenze und maximal zulässigem Störpegel finden. Wie gezeigt wurde, braucht es dazu eine gute Organisation und eine strenge Disziplin. Zur Organisation gehört der Einsatz der EMV-Spezialisten am Anfang der Planung neuer Systeme und bei ihrer Integration in Bestehendes. Zur strengen Disziplin gehört die Schaffung definierter Verhältnisse und besonders die definierte Erdung.

Es sei noch einmal eine Analogie dazu gestattet: Der stark zugenommene Strassenverkehr verlangte mehr und mehr strengere Disziplin und klar definierte Fahrbahnen für die verschiedenen Verkehrsteilnehmer, um Unfälle möglichst zu vermeiden.

Kaum jemand möchte diese strenge Disziplin gegen gepanzerte Fahrzeuge austauschen, in der Meinung, damit die Unfallquote besser senken zu können. Als *zusätzliche* Massnahme hingegen ist eine optimale Panzerung doch wertvoll.

Elektrisch gesprochen müsste «gepanzert» durch «geschirmt» ersetzt werden. Die Schirmung ist ein wertvolles Mittel zur Erhöhung der EMV. Eine *optimale Schirmung* ist aber nur in Verbindung mit einer *definierten Erdung* möglich.

Die undefinierte Erdung verlangt *maximale* Schirmung. Eine solche ist äusserst kostspielig und zumindest so lange nicht sinnvoll, als mit definierter Erdung eine ausreichende EMV erbracht werden kann.

Schliesslich bleibt zum Schutz gegen Fremdeinflüsse noch die Wahl eines der folgenden zwei Wege:

- Der Disziplinlose: Wir flicken so lange, bis es geht.
- Der Disziplinvolle: Wir verfolgen einen logischen Ablauf und halten uns an logische Zusammenhänge.

Nur der zweite Weg ermöglicht, Aufwand und Nutzen zu ermessen und geeignete Schutzmassnahmen zu finden, die möglichst ohne zusätzliche Anwendung teurer Schirmungsmassnahmen (und Verwendung unersetzbarer Rohstoffe) auskommen.

Bibliographie

- [1] *Szentkuti B.* Elektromagnetische Verträglichkeit — EMV. Bern, Techn. Mitt. PTT 59 (1981) 8, S. 304.
- [2] *Thürkauf M.* Technomanie. Schaffhausen, Novalis Verlag, 1980.
- [3] *Chesworth E. Th.* Some EMC-Management Problems. Gainesville (Virginia), EMC-Technology 1 (1982) 1, p. 68.
- [4] *Bersier R.* Mesure de l'immunité d'un modèle d'installation IFS. Berne, Direction générale des PTT, Division des recherches et du développement, Rapport VD 24, 106, 1980.
- [5] *Montandon E.* EMC-Untersuchungen an zwei Durchschalte-einheiten des IFS-Systems. Bern, Generaldirektion PTT, Abt. Forschung und Entwicklung, Bericht VD 24, 109, 1980.