

Störungen auf EDV-Bildschirmen als Folge magnetischer Wechselfelder

Autor(en): **Egloff, A. / Pauling, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **78 (1987)**

Heft 5

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-903830>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Störungen auf EDV-Bildschirmen als Folge magnetischer Wechselfelder

A. Egloff, M. Pauling

EDV-Anlagen werden in letzter Zeit oft bedenklich nahe an Starkstromleitungen installiert. Die elektromagnetische Beeinflussung kann das Programm fälschen und Bildschirme stören. Verwischte Bildschirmanzeigen erschweren bzw. verunmöglichen das Arbeiten mit der Anlage. An mehreren Beispielen werden verschiedene Störungsursachen und Abhilfemassnahmen sowie die zugehörigen Messverfahren beschrieben.

Aujourd'hui des systèmes de traitement électronique de l'information sont installés à proximité de lignes à courant fort. Les perturbations électromagnétiques peuvent influencer les programmes ainsi que l'image sur l'écran. Des images instables sur l'écran rendent plus difficile voire impossible le travail avec le système. L'article décrit différents cas de perturbations, des contres-mesures et des méthodes de mesure relatives.

1. Einleitung

Die elektromagnetische Störbeeinflussung von Bildschirmgeräten hat bei den SBB wie auch bei Dritten in den letzten Jahren stark zugenommen. Obwohl bei den SBB die Verkehrsleistungen in den verflossenen Jahren erhöht worden sind, was auch zu einer Verstärkung der Energieversorgungsanlagen geführt hat, ist dies nicht die relevante Ursache der Zunahme der Störungen.

Die starke Verbreitung des Computers in Werkstatt, Büro, Haushalt führte dazu, dass vermehrt EDV-Anlagen auch in der Nähe von Bahnanlagen aufgestellt wurden. Als Folge des marktbedingten Preisdrucks wurden in neueren Geräten die teuren magnetischen Abschirmungen der Bildröhren weggelassen, die bei älteren Geräten vorhanden waren.

Bildschirm-Lieferanten können nicht immer Angaben machen über die magnetische Empfindlichkeit ihrer Geräte. Die SBB haben daher begonnen, ihre Geräte einem Beeinflussungstest zu unterziehen. Die noch zulässige Beeinflussung, d.h. das «Zittern» der Anzeige, ist nicht einfach

festzulegen (subjektive Beurteilung des Benützers) und je nach Anwendungsfall von unterschiedlicher Bedeutung (Beobachtungszeit, Sicherheitsaspekt). Wird ein Bildschirm nur gelegentlich und kurzzeitig konsultiert, kann ein leichtes Zittern toleriert werden. Muss jedoch auf dem Bildschirm dauernd Zahlenmaterial oder Text beobachtet werden, sind in der Regel Abhilfemassnahmen unumgänglich.

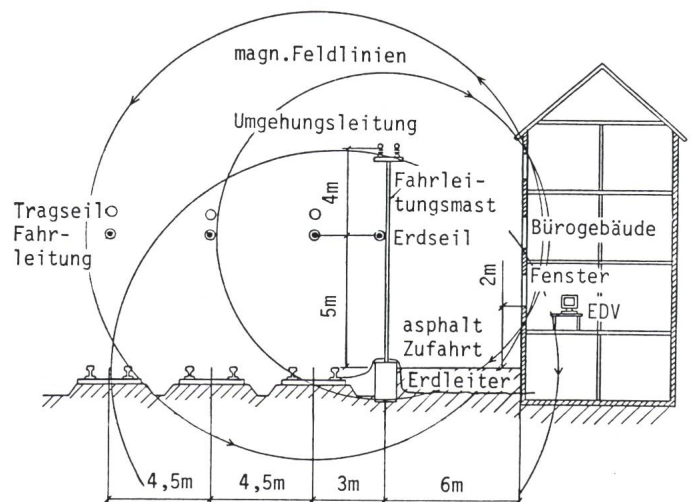
2. Beispiele von Störungen

Bei der Mehrzahl der gemeldeten Störfälle, welche die EDV-Lieferanten oder örtliche Installationsfirmen zunächst selber zu beheben versuchten, lag die Ursache in einer direkten elektromagnetischen Beeinflussung der Bildröhre. Nachfolgend werden einige typische Störfälle behandelt:

2.1 Direkte Beeinflussung durch den Bahnstrom

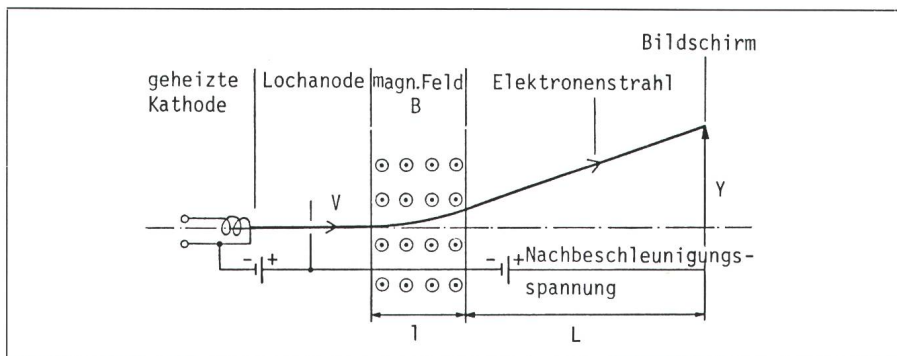
Sie ist wesentlich bei nahe den Bahnanlagen aufgestellten Bildschirmen in Bürogebäuden, Stellwerksanlagen, Schienenfahrzeugen usw. (Fig. 1). Die in den Fahrleitungen,

Figur 1
Beispiel einer direkten magnetischen Beeinflussung durch den Bahnstrom



Adresse der Autoren

A. Egloff, Techn. Dienstchef, und M. Pauling, Sektionschef Elektrische Anlagen, Niederspannungstechnik, Bauabteilung der GD SBB, Mittelstrasse 43, 3030 Bern.



Figur 2 Strahlauslenkung durch die magnetische Induktion B

Die Auslenkung des Elektronenstrahls infolge von B ist um so grösser, je grösser L , l bzw. je kleiner v ist. Ein μ -Metallschirm hat daher die grösste Schirmwirkung, wenn er unmittelbar nach der Kathode eingebaut wird. Durch Erhöhung der Nachbeschleunigungsspannung kann die Elektronenstrahlgeschwindigkeit v erhöht werden. Damit verringert sich die Störeffektivität ebenfalls.

Speiseleitungen und in den Rückleitungen (Schiene, Erdseilen) fliessenden Einphasen-Wechselströme von $16\frac{2}{3}$ Hz erzeugen um diese Leiter herum magnetische Wechselfelder. Wird ein Bildschirmgerät mit Kathodenstrahlröhre im resultierenden Feld aufgestellt, erfährt der in der Vakuumröhre frei fliegende Elektronenstrahl eine störende Ablenkung (Fig. 2). Bei Wechselfeldern ist dies eine periodische, bei Gleichfeldern eine gleich bleibende Auslenkung. Eine absolute Toleranzgrenze findet diese Störung, wenn die Lesbarkeit nicht mehr gewährleistet ist. Im weiteren bewirken schon relativ kleine Wechselfelder, dass die Anzeige zittert und verwischt wird. Eine unruhige Anzeige erschwert die Arbeit des EDV-Benützers und kann zu Ermüdungserscheinungen und Kopfschmerzen führen.

Ist der Einsatzort der Bildschirme fest gegeben, bleibt vorderhand als einziger Ausweg, die Kathodenstrahlröhre mit einem μ -Metalltubus magnetisch abzuschirmen oder den Bildschirm in ein μ -Metallgehäuse zu stellen. Beides sind teure Schutzmassnahmen.

2.2 Indirekte Beeinflussung durch den Bahnstrom

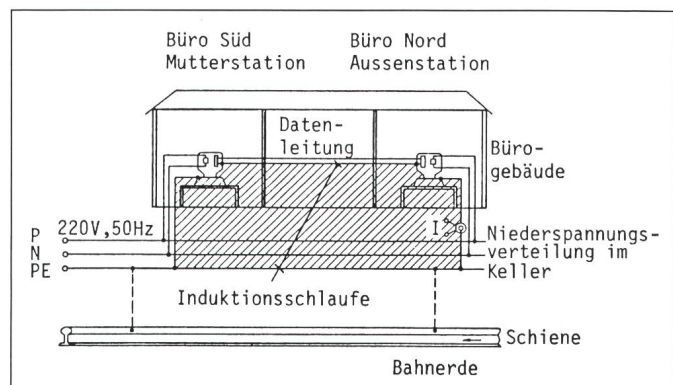
In einem relativ weit (50 m) von den Bahnanlagen entfernten Bürokomplex wurde festgestellt, dass die Bildschirme eine einwandfreie, ruhige Anzeige aufwiesen, wenn die 220-V-Spannungsversorgung der Bildschirmsterminals aus der in einem entfernten Büroraum stehenden EDV-Mutterstation erfolgte. Bei Speisung aus der nächstliegenden Steckdose begann die Bildanzeige zeitweise zu zittern. Die Mes-

sung des Stromes in Neutral- und Schutzleiter ergab, dass im Schutzleiter ein $16\frac{2}{3}$ -Hz-Strom floss, bei Anschluss an den Netzverteiler in der Mutterstation hingegen nicht. Bei den kleinen Abständen der Schutzleiter zur Bildröhre (z.B. 5 cm) genügt bereits ein relativ kleiner Strom (0,5 A) zur Beeinflussung der Bildanzeige. Die magnetische Feldstärke errechnet sich zu

$$H = 0,5 \text{ A} / 2\pi \cdot 5 \text{ cm} \sim 0,015 \text{ A/cm}$$

In Figur 3 ist die Situation dargestellt. Bei Speisung des Bildschirmes im Büro Nord aus der örtlichen Steckdose (einer andern Sicherungsgruppe als das Büro Süd) bildete sich mit den Schutzleitern der hier weit auseinanderliegenden 220-V-Speiseleitungen (Steigleitungen) und den an den Gehäusen geerdeten Datenleitungen eine grosse Schlaufe, in welche ein $16\frac{2}{3}$ -Hz-Strom induziert wurde. Bei Speisung des Terminals im Büro Nord über einen Isoliertrafo oder bei Trennung der Datenleitung blieb die Bildanzeige ruhig.

Figur 3 Beispiel einer indirekten Beeinflussung durch den Bahnstrom



Abschätzung der störenden Induktion:

Fahrstrom	500 A
Distanz	50 m
Schlaufenfläche	$33 \times 33 \text{ m} \approx 1000 \text{ m}^2$
Leiterlänge	Steigleitungen $\approx 100 \text{ m}$, Querschnitt $\approx 4 \text{ mm}^2$

Schleifenwiderstand $R = 0,44 \Omega$

$$U_{\text{ind}} = 2\pi \cdot 16\frac{2}{3} \cdot N \cdot B \cdot A \approx 0,2 \text{ V}$$

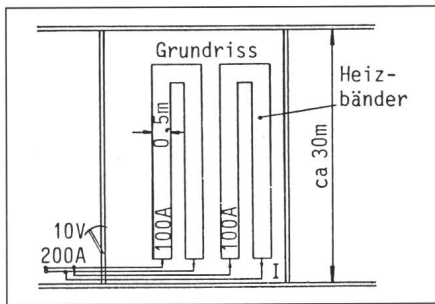
Induzierter Strom $i = 0,45 \text{ A}$

Werte von 0,5 A wurden tatsächlich auch gemessen.

2.3 Beeinflussung durch bahnfremde Ströme

In einem weit von den Bahnanlagen entfernten Schalteraum traten zeitweise sehr starke Bildstörungen auf. Am Aufstellungsort der Bildschirme wurde das elektromagnetische Feld gemessen, welches eindeutig auf eine 50-Hz-Beeinflussung hinwies. Es war nun leicht, durch Ein- und Ausschalten verschiedener Stromkreise die thermostatgesteuerte Niedervolt-Bodenheizung als Störursache zu lokalisieren.

Die Beeinflussung durch ein 50-Hz-Magnetfeld ist relativ selten, da Hin- und Rückstrom meistens im selben Kabel verlaufen und daher kein resultierendes Magnetfeld nach aussen auftritt. Im vorliegenden Falle der Niedervolt-Einphasen-Bodenheizung sind im Betonboden in etwa 10 cm Tiefe etwa 0,5 m breite, grobmaschige Drahtnetze eingegossen (Fig. 4), die mit einem Strom von etwa 100 A gespeist werden. Eine Kompensation des Hin- und Rückstromes kann in dieser Anordnung nicht erfolgen. Beim Computer auf Tischhöhe wurde denn auch eine magnetische Feldstärke $H = 0,15 \text{ A/cm}$ gemessen.



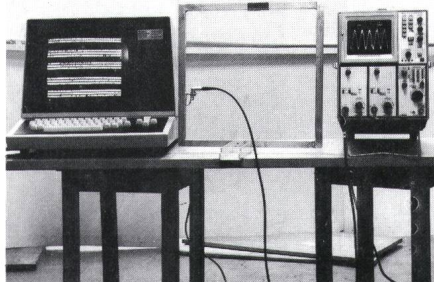
Figur 4 Niedervolt-Bodenheizung als Störquelle

3. Messverfahren

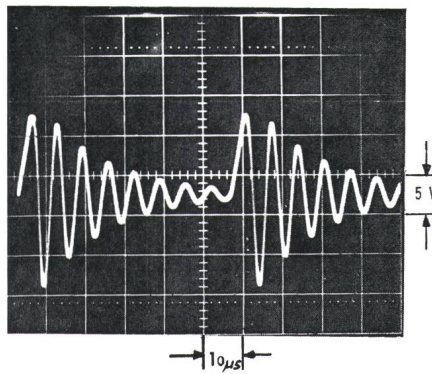
An den Aufstellungsorten der Bildschirmgeräte wurde jeweils mit einem Messring und einem Kathodenstrahloszillographen in allen 3 Koordinaten das mittlere elektromagnetische Wechselfeld gemessen (Fig. 5). Aus der durch Messung bestimmten Spannung U kann die Induktion B bzw. die Feldstärke H errechnet werden. Als Messring wurde eine quadratische Spule mit 35 cm Seitenlänge und 50 Windungen aus 0,2-mm-Draht verwendet.

Die Messungen zeigten ferner, dass zum Teil aus den Bildschirmgeräten selbst relativ starke magnetische Felder abgestrahlt werden. Es handelte sich um gedämpfte hochfrequente Magnetfelder im Frequenzbereich von 100 kHz, mit einer Anreffefrequenz (Zeilenfrequenz) um 20 kHz (Fig. 6).

Nachweis von 16 $\frac{2}{3}$ -Hz-Strömen in 50-Hz-Anlagen: In Schutzleitern soll im störungsfreien Betrieb kein Strom fließen. Ist ein solcher vorhanden, deutet dies auf eine Unstimmigkeit hin. Dies kann bedeuten, dass zwischen zwei an verschiedenen Orten Schutzgeerdeten Gerätegehäusen eine Potentialdifferenz besteht, welche über nicht erdfreie Datenleitungen kurzgeschlossen wird. Die Potentialdifferenz kann als Folge einer indukti-



Figur 5 Messung des magnetischen Feldes



Figur 6 Von Bildschirmgeräten ausgestrahlte elektromagnetische Felder

Messring stehend, rechts direkt neben Bildschirm
 max. Amplitude $U = 11,25$ V
 Wiederholfrequenz $f_w = 17,9$ kHz
 Frequenz der gedämpften Schwingung $f \sim 145$ kHz
 $H_{max} = 0,014$ A/cm

ven Schlaufenspannung oder als Spannungsabfall am rückstromführenden Leiter (Schiene, Neutralleiter) auftreten. Durch Messung des Schutzleiterstromes und Bestimmung von dessen Frequenz mit Kathodenstrahloszillograph oder Frequenzfiltern ist die Herkunft dieses Stromes ausfindig zu machen.

4. Störungssimulation und Abhilfemassnahmen

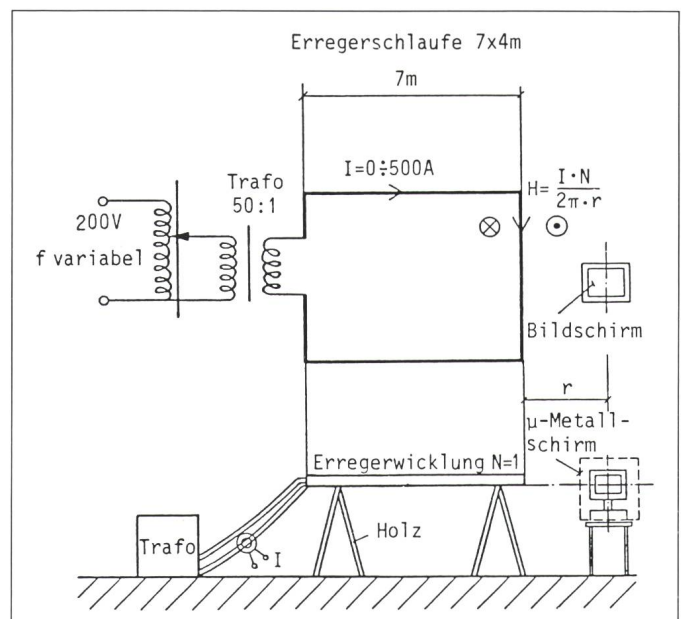
Da die EDV-Lieferanten keine Angaben über die zulässigen magnetischen Feldstärken für Bildschirmgeräte machen konnten, mussten die SBB

neu zu beschaffende Gerätetypen bezüglich ihrer Stömpfindlichkeit auf magnetische Felder selbst untersuchen. Zu diesem Zwecke wurde im Labor mit einem 70-mm²-Kabel eine etwa 7 m lange und etwa 4 m breite Schlaufe erstellt, welche mit verschiedenen Spannungen und Frequenzen gespeist wurde (Fig. 7). Etwa 1,2 m ausserhalb des Spulenrands wurden jeweils auf Höhe der Schlaufe die zu untersuchenden Geräte aufgestellt.

Tabelle I enthält für einige Bildschirmgeräte die bei verschiedenen Frequenzen und Feldstärken beobachtete Anzeigequalität. Für diese Tests wurde der besseren Erkenntlichkeit halber, der ganze Bildschirm mit dem gleichen Buchstaben, z.B. «E» aufgefüllt. Es zeigte sich, dass praktisch bei allen Geräten die Bildanzeige bei relativ kleinen Feldstärken von 0,015 A/cm zu zittern begannen. Bei den Geräten Nr. 3 und 4 wurden Unterschiede in der Stömpfindlichkeit bei 16 $\frac{2}{3}$ Hz und 50 Hz festgestellt. Bei Gerät Nr. 4 konnte die Ursache für die kleinere Stömpfindlichkeit bei 50-Hz-Feldern gefunden werden: Die μ -Metallabschirmung über dem Tubus der Kathodenstrahlröhre bewirkt hier, dass die 50-Hz-Magnetfelder besser abgeschirmt werden als die 16 $\frac{2}{3}$ -Hz-Felder. Bei Entfernung der Abschirmung besteht etwa die gleiche Stömpfindlichkeit.

Wie aus den Messungen hervorgeht, kann durch Anbringen von hochpermeablen Abschirmungen die Wirkung von magnetischen Störfeldern auf das

Figur 7 Anordnung zur Erzeugung von nachrechenbaren, magnetischen Störfeldern



Strom A	Störfeld magn. Feldstärke A/cm	Frequenz Hz	Anzeigebeurteilung von verschiedenen Bildschirmgeräten			
			Fabrikat 1	Fabrikat 2	Fabrikat 3	Fabrikat 4
10	0,013	16 ² / ₃	zittert	zittert	gut	zittert leicht
20	0,026	16 ² / ₃	zittert stark	zittert stark	zittert leicht	zittert leicht
50	0,065	16 ² / ₃	zittert sehr stark	zittert sehr stark	zittert leicht	zittert stark
10	0,013	50	zittert	zittert leicht	gut	gut
20	0,026	50	zittert	zittert leicht	gut	zittert leicht
50	0,066	50	zittert	zittert leicht	gut	zittert

Tabelle I Magnetische Grenzfeldstärken für verschiedene Bildschirmgeräte

Ablenksystem der Kathodenstrahlröhren verkleinert werden. Für einen Laborversuch wurde um ein Bildschirmgerät ein einseitig offener μ -Metallkäfig angeordnet, da dieses Gerät funktionsbedingt in unmittelbarer Nähe der KO-Röhre nicht mit einer magnetischen Abschirmung ausgerüstet war. Das Gerät wies eine intern umstellbare Bildwiederholfrequenz von 50 Hz bzw. 60 Hz auf.

In Tabelle II sind für die beiden Bildfolgefrequenzen 50 Hz und 60 Hz die mit und ohne μ -Metallkäfig festgestellten Bildstörungen bei verschiedenen Frequenzen und Störfeldern zusammengestellt. Es zeigte sich, dass – ausgehend von einer Störfeldstärke von 0,02 A/cm – eine Verbesserung, d.h. Erniedrigung der Störempfindlichkeit bei 16²/₃ Hz etwa um einen Faktor 10, bei 50 Hz etwa um den Faktor 7 erzielt werden konnte, wenn ein gelochter Aussenkäfig angebracht wurde. Es fällt auf, dass bei einer Bildwiederholfrequenz um 60 Hz 50-Hz-Störfelder mit dem μ -Metallkäfig besser unterdrückt werden können.

Diese Beobachtung veranlasste uns, bei einem konstanten Störstrom von etwa 50 A dessen Frequenz stetig zu verändern. Bei einer bestimmten Frequenz des störenden elektromagnetischen Feldes verschwand das Zittern der Bildschirmanzeige vollständig. Bei der Bildwiederholfrequenz von 50 Hz traf dies für eine Störfrequenz von 48,5 Hz zu, bei der Bildwiederholfrequenz von 60 Hz bei 57 Hz. Umgekehrt ist zu erwarten, dass bei einer gegebenen Störfrequenz durch Anpassen der Bildwiederholfrequenz eine ruhigere Bildanzeige eintritt. Solche Versuche wären durch den Bildschirmhersteller durchzuführen.

In erster Linie ist jedoch danach zu trachten, die Störursache zu beseitigen, indem entweder die störstromführenden Leiter anders verlegt oder die

beeinflussten Apparate aus dem Einflussbereich entfernt werden. Wie der Fall der indirekten Beeinflussung zeigt, sind auch bei der Installation von EDV-Anlagen gewisse Massnahmen gegen magnetische Beeinflussung möglich. Es ist strikte darauf zu achten, dass Neutralleiter- oder Schutzleiterverbindungen unter sich oder zusammen mit Datenleitungen keine Schleifen bilden, in denen störende niederfrequente Ströme induziert werden können. Die Verwendung von Isoliertrafos in den Netzuleitungen oder erdfreie Einführung von Datenleitungen (Optokoppler, Lichtleiter usw.) sind wirkungsvolle Schutzmassnahmen.

Da die Störeinwirkungen in den wenigsten Fällen konstant sind, stellen Kompensationseinrichtungen, ausgenommen die enge, benachbarte Führung von Hin- und Rückstrom, nur in Ausnahmefällen eine brauchbare Lösung dar.

5. Haftung

Jede Behebung von Störungen kostet Geld. Es stellen sich daher sofort die Fragen: Wer ist der Verursacher? Wer soll den Schaden bezahlen?

Dabei ist eindeutig zu unterscheiden, ob der Verursacher der Störung bei der Erstellung seiner Anlage im damaligen Zeitpunkt seiner Sorgfaltspflicht nachgekommen ist oder ob der Besitzer der gestörten Anlage bei der Erstellung der letzteren gewisse Umfeldbedingungen unberücksichtigt liess.

Bei den vorliegenden, zur Diskussion stehenden Störungen durch Bahnstrom ist die Ausgangslage klar. Die SBB betreiben ihre Fahrzeuge seit Jahrzehnten mit elektrischem Strom und wenden beträchtliche Mittel auf, ihre Anlagen nach den anerkannten Regeln der Technik zu bauen und zu unterhalten. Soll nun in Bahnnähe ein hochempfindliches Gerät betrieben

Strom A	Feldstärke A/cm	Frequenz Hz	Bildwiederhol- frequenz Hz	Beurteilung der Bildschirmanzeige mit μ -Metallkäfig
50	0,067	16 ² / ₃	50	zumutbar
100	0,134	16 ² / ₃	50	zumutbar
150	0,2	16 ² / ₃	50	zumutbar
200	0,27	16 ² / ₃	50	unzumutbar
50	0,067	16 ² / ₃	60	zumutbar
100	0,134	16 ² / ₃	60	zumutbar
150	0,2	16 ² / ₃	60	zumutbar
200	0,27	16 ² / ₃	60	nur für gewisse Anwendung
50	0,067	50	50	zumutbar
100	0,134	50	50	zumutbar
150	0,2	50	50	unzumutbar
50	0,067	50	60	gut
100	0,134	50	60	gut
150	0,2	50	60	unzumutbar

Tabelle II Schirmwirkung eines μ -Metallkäfigs um ein Bildschirmgerät

Beurteilung ohne μ -Metallkäfig: durchwegs unzumutbar

werden, sind durch den Anwender oder Lieferanten die notwendigen Abklärungen und Schutzmassnahmen zu treffen.

Bei der Beschaffung einer EDV-Anlage wird man daher gut tun, die in Frage kommenden Aufstellungsorte bezüglich der dort zu erwartenden elektromagnetischen Umwelteinflüsse zu überprüfen. Der Gerätelieferant hat dann zu garantieren, dass bei den örtlichen Bedingungen ein ungestörter Betrieb möglich ist.

6. Hochfrequente Beeinflussung eines Rechners

In ausgedehnten EDV-Anlagen kommt es vor, dass durch Schaltvorgänge (Fluoreszenzlampen, Schützensteuerungen, Hochspannungsschalter und -trenner usw.) das Betriebssystem so beeinflusst wird, dass Programmsprünge oder Blockierungen des Rechners entstehen. Da diese Störungen

u.U. leitungsgebunden auf Netz- oder Datenleitungen in den Computer gelangen, sind – sofern die Störungsursache nicht eliminiert werden kann – in erster Linie EingangsfILTER in Netz- und Datenleitungen, saubere, nicht vermaschte Apparateerdungen aussichtsreiche Lösungsmöglichkeiten [1; 2; 3].

7. Schlussfolgerungen

Bei der Aufstellung einer EDV-Anlage wird vielfach der Einfluss der direkten, von elektrischen Leitern stammenden elektromagnetischen Beeinflussung nicht berücksichtigt. Dies wahrscheinlich nicht zuletzt deswegen, weil die Bildschirmlieferanten keine Angaben über die elektromagnetische Störempfindlichkeit machen. Durch eine relativ einfache Messung des elektromagnetischen Feldes am Aufstellort der Bildschirme kann jedoch frühzeitig abgeklärt werden, ob bzw. mit welchen Beeinflussungen zu rechnen ist.

Bereits kündigen sich grundsätzlich andere Lösungsmöglichkeiten an. Die gegenwärtig auf dem Markt erscheinenden Plasma-, Elektrolumineszenz- und Flüssigkristall-Bildschirme sind unempfindlich gegen elektromagnetische Felder. Der Preis und z.T. auch die technischen Spezifikationen der neuen Gerätetypen verhindern vorderhand ihren raschen Einsatz.

Literatur

- [1] Funkentstörung und Störschutz. Ausgabe 86-87. Fribourg, Condensateurs S.A., 1986.
- [2] E. Montandon: Die Entwicklung der Hybridierung bei den PTT von 1976 bis 1986. Techn. Mitt. PTT 64(1986)8, S. 368...379.
- [3] H. Meyer: Störfestigkeit von Messsystemen. Technisches Messen tm 53(1986)7/8, S. 266...280.