

# Elektro Magnetische Verträglichkeit

Referat von Martin Arnold, ARNOLD Engineering und Beratung, Opfikon.

## Probleme und Lösungen aus der Praxis

Vorgetragen anlässlich der VdS-Tagung vom 7. Mai 2009 in Köln

*Elektromagnetische Einflüsse können Geräte, Anlagen oder ganze Systeme beeinflussen, oder gar zerstören. Betriebsabläufe werden gestört oder fallen aus. Daraus entstehen unnötige Betriebs- und Folgekosten. Vermehrt liegt die Ursache in der Art und Qualität der Installationssysteme.*

*Im vorliegenden Beitrag werden einige Störfälle, deren Ursachen und Abhilfemassnahmen aufgezeigt.*

## 1 EMV-Problematik

Die enorme Zunahme von technischen Geräte und deren Empfindlichkeit sowie die Vernetzung auf immer kleineren Raum haben zur Folge, dass sich immer mehr Geräte gegenseitig vertragen müssen. Die feststellbare Abnahme der Störfestigkeit führt dazu, dass die Schwelle zur störenden Beeinflussung zu viel geringeren Störenergien verlagert wird.

Störquellenenergien werden zum Beispiel über Leitungssysteme oder elektromagnetische Wechselfelder eingekoppelt und beeinflussen Geräte, Anlagen oder ganze Systeme. In den meisten Fällen sind die Störquellen bei den Installationen angesiedelt. Falsch verlegte Einzelleiterkabel oder mangelhafte Artentrennung zwischen Stark- und Schwachstrominstallationen sind typische Beispiele solcher Quellen. Die dabei entstehenden hohen Magnetfelder bzw. die ungenügenden Entkopplungen können benachbarte Einrichtungen beeinflussen. Ein Energieversorgungssystem kann sehr schnell, zum Beispiel bei zunehmender Belastung, zur Störquelle werden.

Anlässlich der Tagung „Prüfen elektrischer Anlagen“ vom 30. November 1999, also ziemlich genau vor 10 Jahren, versuchte ich in meinem Referat „*EMV-gerechte elektrische Installationen*“ die Problematik aufzuzeigen. Meine Lösungsansätze wurden anlässlich der Diskussion und in verschiedenen Einzelgesprächen mit Teilnehmern als übertrieben eingestuft. Gleiche Erfahrungen machte ich auch in der Schweiz bei vergleichbaren Veranstaltungen, in den Anfängen meiner Beratertätigkeit.

## 2 Störfälle

### 2.1 Grundsätzliches und Vielfalt

Im Laufe der über 17-jährigen Tätigkeit meiner Firma ist eine Zunahme der Störfälle feststellbar. Waren es in den ersten Jahren pro Monat einzelne Probleme, mit denen wir konfrontiert wurden, so setzen wir uns heute wöchentlich mit der Problematik auseinander.

Betreiber von Anlagen werden zunehmend mit der Tatsache konfrontiert, dass zum Beispiel Komponenten einer elektronischen Steuerung nicht mehr reibungslos funktionieren oder ohne ersichtlichen Grund ausfallen. Wenn ein Fehler gefunden ist wird dieser raschmöglichst, vielfach durch eigenes Personal, behoben oder die „fehlerhafte“ Komponente wird ausgewechselt.

Tritt dann der gleiche Fehler nach einiger Zeit wieder auf, herrscht sehr schnell Ratlosigkeit. Es wird wieder ausgewechselt und angepasst, doch es resultiert meistens immer noch kein befriedigendes Ergebnis. Die getroffenen Massnahmen haben oftmals zur Folge, dass die Situation eher verschlechtert wird.

Auf Grund einer fehlenden Fachkenntnis kann nicht eingeschätzt werden, dass die Problematik meistens ein Zusammenwirken von verschiedenen Störbeeinflussungen beinhaltet. Es seien hier als Beispiel die Netzqualität, Summenströme, Überspannungen welche durch Schaltfunktionen entstehen oder eine mangelhaft ausgeführte Installation erwähnt. Eine Ursache für die Nichterkennung der Problematik kann auch darin begründet sein, dass die notwendigen Messgeräte fehlen.

## **2.2 Fallbeispiele**

Aus der Vielfalt der Störfälle, mit welchen wir im Rahmen unserer Tätigkeit konfrontiert wurden, werden nachstehend drei Beispiele aufgezeigt sowie deren Ursachen dargelegt. Es sind dies alles Fälle welche in sich typische Ereignisse darstellen und in ähnlicher oder vergleichbarer Form immer wieder aufgetreten sind. Allgemein betrachtet war die Ursache der elektromagnetischen „Unverträglichkeit“ bei allen Beispielen auf eine fehlerhafte Konzeption bzw. Planung, eine mangelhafte und qualitativ schlechte Installation aber auch auf ungenügende Ausführungsüberwachung zurückzuführen. Ein gegenseitiges Zusammenwirken der genannten Aspekte war in den drei Fällen feststellbar.

Die Ursache der Störungen bei allen von uns bearbeiteten Fällen war vor allem auf eine mangelhafte Ausführung -vielfach als Folge von Unwissen über die Thematik EMV-, zurückzuführen. Die Aussage von Beteiligten, sie hätten es schon immer so gemacht, und es habe bisher immer funktioniert, ist eigentlich die Regel. Leider wird dabei vergessen, dass die Empfindlichkeit der Geräte in den letzten Jahren stark zugenommen hat. Die Systeme müssen auf immer kleinerem Raum funktionieren oder anders gesagt, auf kleinstem Raum hat es immer mehr elektrotechnische Einrichtungen. Zudem sind diese untereinander dichter mittels Kabel über Schnittstellen vernetzt, was andere Installations-techniken und Materialien erfordert.

Bei den drei vorzustellenden Fallbeispielen handelt es sich um:

- Systemstörungen an Extruder-Antrieb in einem Produktionsbetrieb
- Ausfall von Netzwerksystem in einem Bürobetrieb
- Auslösen von Drosselklappe in einem Wasserkraftwerk

## **3 Beispiele**

### **3.1 Systemstörungen an Extruder-Antrieb**

#### **3.1.1 Ausgangslage**

Ende 2008 wurde in einem Industriebetrieb für die Kabelproduktion eine Extruder-Anlage mit einem neuen Antrieb von 225 kW installiert. Der Antrieb wird mittels eines Frequenzumrichters (FU) geregelt. Diese komplexe Einrichtung wurde durch das betriebseigene Personal verkabelt und in Betrieb genommen.

Für die Kabelproduktion sind im gleichen Betrieb mehrere ähnliche Anlagen in Betrieb, welche störungsfrei funktionieren. Beim Hochfahren bzw. Einregulieren der neuen Anlage wurde festgestellt, dass diese massiv gestört wurde und kein reibungsloser Prozessablauf möglich war. Es gab verschiedene Steuer- und Regelprobleme. Auch wurde festgestellt, dass ein in die Anlage integriertes Beschriftungsgerät gestört wurde.

Anfänglich hat der Kunde in mehreren Etappen verschiedene eigene Massnahmen getroffen. Diese brachten zwar geringfügige Verbesserungen, aber die Situation war in keiner Weise befriedigend. Der Betreiber der Anlage hat sich daraufhin mit uns in Verbindung gesetzt.

#### **3.1.2 Feststellungen und Massnahmen des Kunden**

Anlässlich einer ersten telefonischen Befragung und Besprechung durch uns stellte sich heraus, dass verschiedenste Mängel vorliegen mussten. Der Kunde hatte bereits folgende Massnahmen selbst durchgeführt:

- In der Netzzuleitung zum FU wurde zusätzlich zur Netzdrossel ein externes Filter in einem lackierten Metallgehäuse eingebaut.
- Verbesserungen an Erdung und Potenzialausgleich wurden vorgenommen.
- Die Anspeisung zum Beschriftungsgerät wurde versuchsweise mit einer separaten Zuleitung versehen.

Auf Grund dieser Massnahmen wurde die Störwirkung leicht verbessert. Es traten aber nach wie vor häufig Unterbrüche im Betriebsablauf auf. Auch das Beschriftungsgerät funktionierte immer noch nicht wunschgemäss.

In der Folge eines früheren Installationsfehlers war beim Motor der Motorkabelschirm auf einer Länge von ca. 1,5 m nicht mehr vorhanden. Mittels eines Cu-Leiters war die fehlende Strecke bis zum Antrieb verbunden. Dieser Mangel bestand nach wie vor.

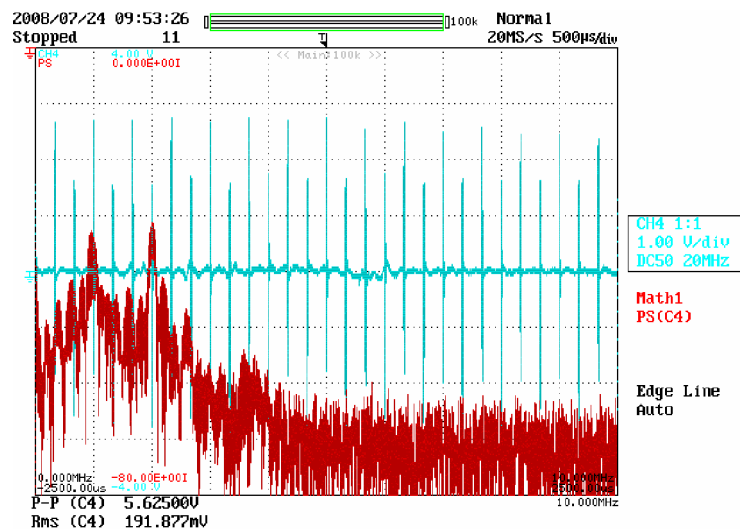
Es wurde vereinbart, dass wir die Problematik vor Ort analysieren sollten. Der vorgängig beschriebene Ablauf lief in einem Zeitraum von ca. 60 Tagen ab.

#### **3.1.3 Bestandesaufnahmen und ergänzende Massnahmen, Ergebnisse**

Kurzfristig haben wir an der Anlage Bestandesaufnahmen gemacht. Auch führten wir eine Störpegelmessung durch. Bild 1 zeigt das Resultat dieser Messung. Wir konnten feststellen, dass im Frequenzbereich bis 3 MHz massive Störströme von der Antriebsanlage ausgekoppelt werden. Es wurde der HF-Störstrom im Schutzleiter des FU gemessen. Es war klar, dass die bisherigen Massnahmen des Kunden nicht genügend wirksam waren.

Durch den Kunden wurde auf Anweisungen von uns vor Ort die folgenden ergänzenden Massnahmen getroffen:

- Verschiedene Anpassungen an den bereits getroffenen Potenzialausgleichsmassnahmen ( Verbessern von Kontaktflächen)
- Entfernen des Farbanstriches am Gehäuse des Filters und somit Schaffung einer grossflächigen Verbindung zwischen Filterkasten und FU
- Eliminieren des Schirmunterbruchs (1,5 m) am Motorenkabel durch Anbringen eines Geflechtschlauches mit beidseitiger peripherer Kontaktierung
- Verkürzen der Pigtails beim FU

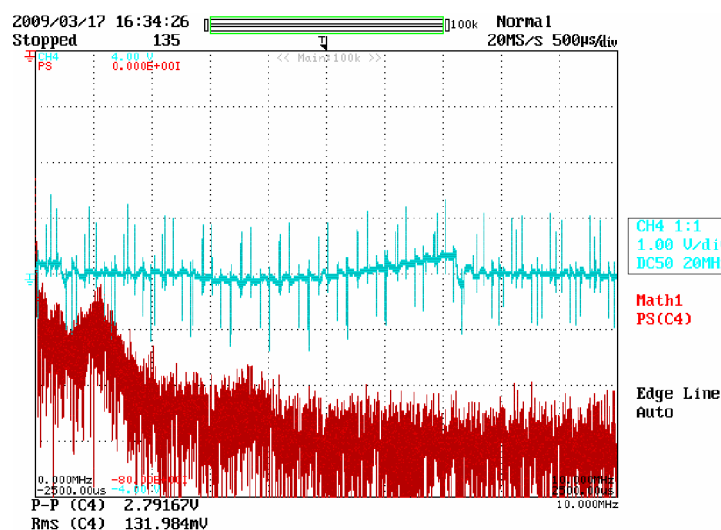


**Bild 1:**

**Störpegel vor Installation von ergänzenden Massnahmen**

**Es sind hohe Störstrompegel bei 1 MHz und 2 MHz zu beobachten.**

Das Ergebnis dieser sofort getroffenen Massnahmen war, dass die Störpegel deutlich gesenkt werden konnten (siehe Bild 2). Damit war ein störungsfreies Funktionieren der Anlage gewährleistet.



**Bild 2:**

**Störpegel nach Ausführung von zusätzlichen Massnahmen**

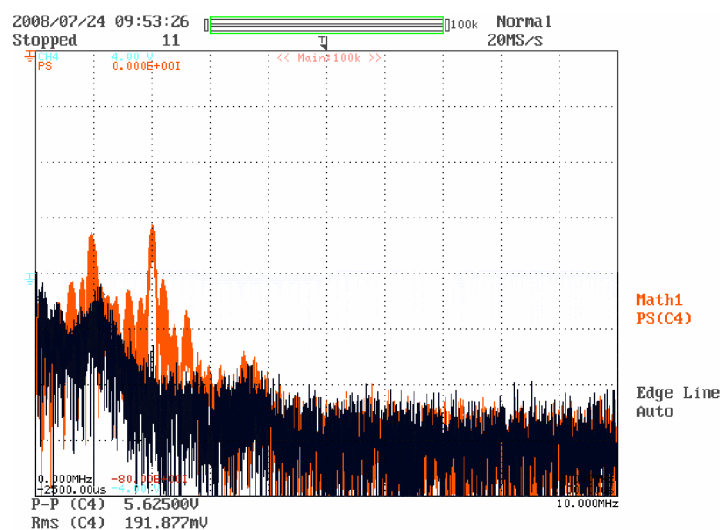
**Es sind bei 1 MHz geringere Störpegel vorhanden. Bei 2 MHz sind keine Störungen ersichtlich.**

In Bild 3 wird aufgezeigt, dass die in Bild 1 beobachteten Störpegel in gewissen Frequenzbereichen verschwunden sind.

Als ergänzende Massnahmen, im Sinne einer konsequenten Optimierung, wurde dem Kunden vorgeschlagen beim FU EMV-Kabelverschraubungen einzusetzen.

Eine zusätzliche Optimierung wäre der direkte Anschluss des Filters an den FU. Die Netzdrossel sollte nicht dazwischen liegen.

FU an sich funktionieren in der Regel reibungslos. Es liegt in der Sache des Systems, dass Umrichter niederfrequente ( $< 9\text{ kHz}$ ) und hochfrequente ( $> 9\text{ kHz}$ ) Signale erzeugen. Bei mangelhaften Installationen an den Umrichtern (Schirmanbindungen, Potenzialanschluss usw.) werden diese verschleppt und können so empfindliche, Systeme wie im gezeigten Beispiel, beeinflussen.



**Bild 3:**

**Überlagerung der Störpegel vorher (Bild 1) und nachher (Bild 2)**

**Es zeigt die Differenz (orange) zwischen den beiden obigen Spektren. Der orange Anteil ist eliminiert worden.**

## 3.2 Ausfall von Netzwerksystem

### 3.2.1 Ausgangslage

Seit dem Neubezug eines neu eingerichteten Grossraumbüros im 5. Geschoss eines Bankgebäudes mit ca. 40 PC-Arbeitsplätzen traten an den informationstechnischen Einrichtungen (IT) immer wieder *Störungen auf*. *Netzwerkverbindungen brachen zusammen oder Datenpakete konnten an den PCs nicht empfangen werden*. Der Kunde beauftragte uns, die Ursachen dieser Systemstörungen abzuklären.

Der Auftraggeber vermutete einerseits, dass die Störquelle bei der Energieversorgung und den damit zusammenhängenden Strukturen (Erdungsanlage usw.) liegt. Andererseits wurde auch vermutet, dass die neu installierte PC-Generation eine höhere Empfindlichkeit aufweise und ein Zusammenhang mit dem Ständerlampen-Beleuchtungssystem bestehen müsse.

### 3.2.2 Bestandesaufnahmen, Untersuchungen

Auf Grund der Ausgangslage wurde vor Ort eine erste Begehung und Befragung vorgenommen. Es stellte sich dabei heraus, dass jeweils am Morgen zwischen 08.00 - 09.00 die ersten Störungen auftraten.

Es konnte nachvollzogen werden, dass die Störungen beim Eintreffen des ca. 10. bis 15. Mitarbeiters auftraten, nachdem die jeweils am Arbeitsplatz angeordneten Ständerlampen eingeschaltet wurden.

An den Installationen wurden die folgenden Bestandesaufnahmen vorgenommen:

- Überprüfen der Energieversorgungsstruktur ab der Niederspannungshauptverteilung inkl. den Installationen im 5. Geschoss
- Vergleich der elektrischen Installationen im 5. Geschoss mit den übrigen Installationen
- Messen von Summenströmen auf den Haupt- und Zuleitungen der Geschossverteilung
- Überprüfen der Installationen in Bezug auf Schleifenbildungen und Vermaschungen umfassend:
  - Haupt- und Gruppenleitungen
  - Verbraucherinstallationen inkl. Trassen
  - Potenzialausgleich
  - Doppelbodeninstallationen und deren Erdanbindungen
- Qualität der elektrischen Installationen

Wir haben auch Laboruntersuchungen an den folgenden Geräten angeordnet und begleitet:

- Störemissionsmessungen an einer Ständerlampeneinheit.
- Störfestigkeitsmessungen an einer Computereinheit.

### 3.2.3 Feststellungen

#### Installationen:

Die Bestandesaufnahmen an den umfangreichen und ausgedehnten Einrichtungen ergaben, dass verschiedenste Mängel bestanden. Eine Systembeeinflussung können auch folgende Mängel oder ein Zusammenwirken derselben begünstigen:

- Auf verschiedenen Energiekabeln waren Summenströme feststellbar.
- Die elektrischen Installationen waren nicht konsequent in Baumstruktur bzw. sternförmig strukturiert.
- Der Potenzialausgleich war mangelhaft. Er entsprach nicht dem Stand der Technik.
- Aus einer zu geringen Vermaschung und der teilweise ungeordneten Kabelverlegung im Doppelboden wurden Schleifenflächen gebildet (siehe auch mangelhafte Baumstruktur).

Die gemessenen Summenströme waren gering (bis 0,14 A), sodass dadurch noch keine Beeinträchtigung auftreten kann. Die Messwert in der Brücke (Verbindung Neutralleiter – Schutzleiter) war gering.

### Laboruntersuchungen:

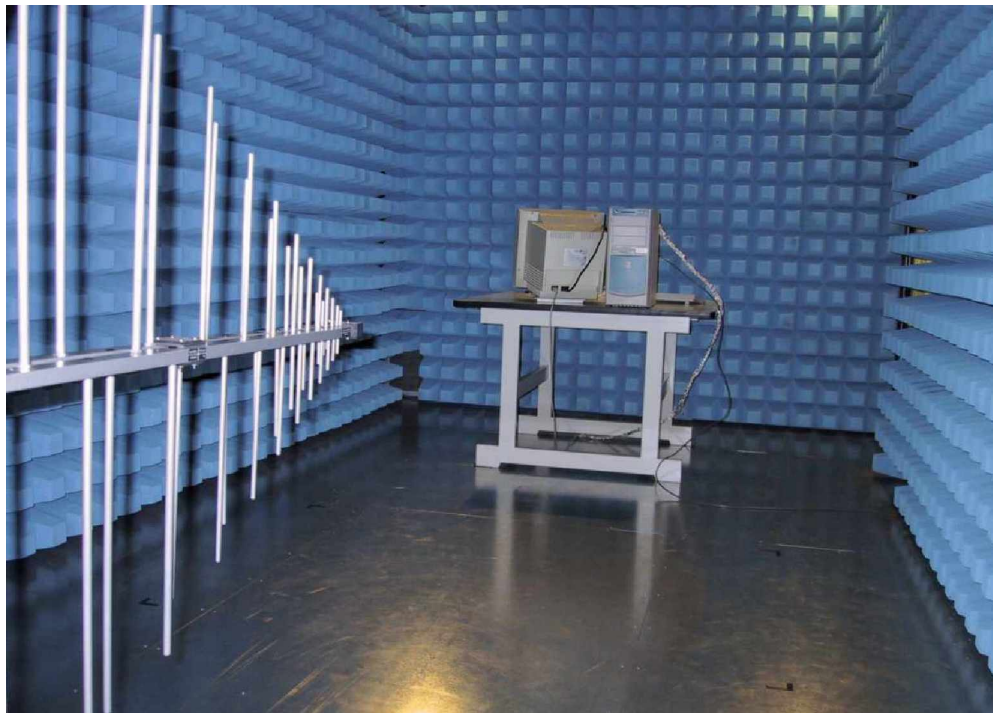
Die Untersuchungen an der Ständerlampeneinheit sowie einer Computereinheit (siehe Bild 4 ) wurden in einem zertifizierten EMV-Messlabor durchgeführt. Es wurden folgende Messungen vorgenommen:

Emissionsmessungen Ständerlampe nach:

- EN 55015 Grenzwerte und Messverfahren für Funkstörungen von elektrischen Beleuchtungseinrichtungen (siehe Bild 5)
- EN 55011 Grenzwerte und Messverfahren für Funkstörungen von industriellen, Hochfrequenzgeräten (siehe Bild 6)

Immunitätsmessungen PC nach:

- EN 55024 Einrichtungen der Informationstechnik, Störfestigkeitseigenschaften, Grenzwerte und Prüfverfahren
- IEC 1000-4-3 Immissionen feldgebunden, 80 MHz – 1000 MHz
- IEC 1000-4-6 Immissionen leitungsgebunden, 150 kHz – 80 MHz



**Bild 4: Immunitätsmessungen an einem PC in der Absorberkammer**

Ergebnisse Emissionsmessungen Ständerlampe:

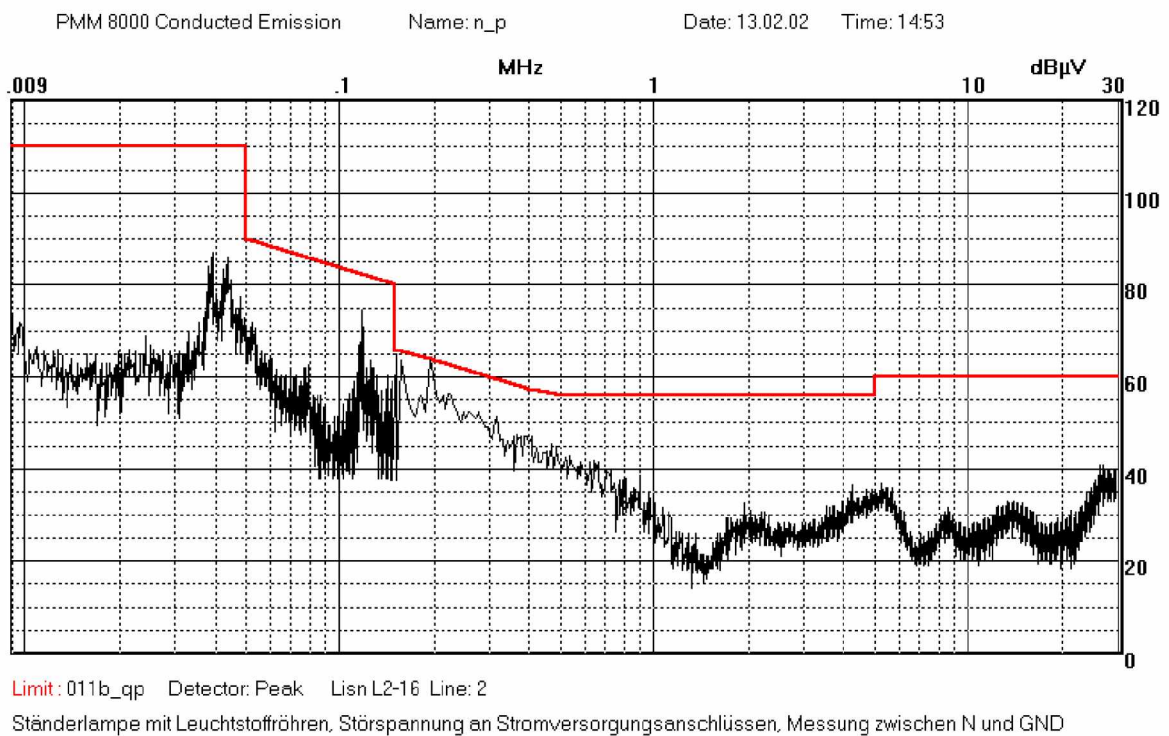
- Die leitungsgebundenen Störpegel lagen unterhalb der Grenzwerte.
- Im Frequenzbereich von 30 MHz – 70 MHz überschritten die Störpegel die Grenzwerte für PC-Geräte (Die Grenzwerte für Lampen waren jedoch eingehalten).

Ergebnisse Immunitätsmessungen PC:

- Der PC bestand die Immunitätstests nicht. Dies sowohl für leitungsgebundene Störungen am Netzkabel wie auch für feldgebundene Störungen.

Obwohl die Messwerte der geprüften Ständerleuchte eine geringe Wertüberschreitung zeigten, muss diese auch in der Gesamtheit betrachtet werden.

Bei 40 angeschlossenen und in Betrieb stehenden Lampen entsteht ein entsprechend höherer Störpegel. Durch mangelhaft ausgeführte Installation zum Beispiel im Doppelboden (grosse Schleifenflächen infolge ungeordneter Kabelverlegung) kann durch den erhöhten Störpegel durchaus eine IT-Beeinflussung entstehen. Wenn dann noch eine zu hohe Empfindlichkeit der PC's vorliegt ist mit Betriebsbeeinträchtigungen zu rechnen.



**Bild 5: Messung der leitungsgebundenen Emission nach EN55015.  
 Die Grenzwerte sind knapp eingehalten.**

### 3.2.4 Massnahmen, Ergebnisse

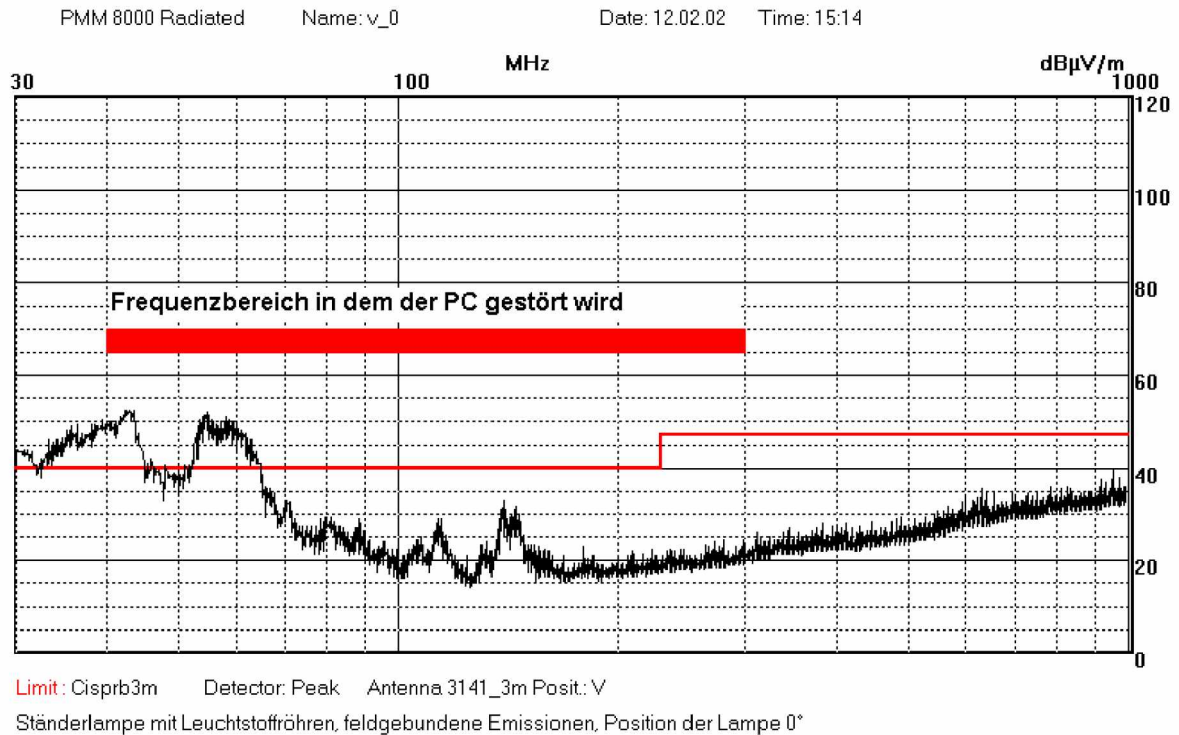
#### Installationen:

Generell gilt es, in Gebäuden mit Informationstechnik bestmögliche Erdungs- und Potenzialausgleichsmassnahmen zu realisieren.

Es wurden verschiedenste Massnahmen auf der Grundlage der folgenden Normen getroffen:

- EN 50310 Anwendung von Massnahmen für Potenzialausgleich und Erdung in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik
- EN 50174-2 Installation von Kommunikationsverkabelung  
 Installationspraktiken in Gebäuden





**Bild 6: Messung der feldgebundenen Emission nach EN55011. Ein PC dürfte diese Feldstärken nicht abgeben (Grenzwertüberschreitung). Auch die Resultate der feldgebundenen Immunität für PCs nach IEC1000-4-3 sind eingezeichnet (roter Balken).**

### PC:

Die Messungen ergaben, dass der Netzwerkanschluss des Motherboards eine mangelhafte Störunterdrückung aufwies. Es konnten sich Störsignale einkoppeln und so den Datenfluss beeinträchtigen.

In allen PC's wurden deshalb zusätzliche Netzwerkkarten eingebaut (Der Netzwerkanschluss auf dem Motherboard wurde nicht mehr genutzt).

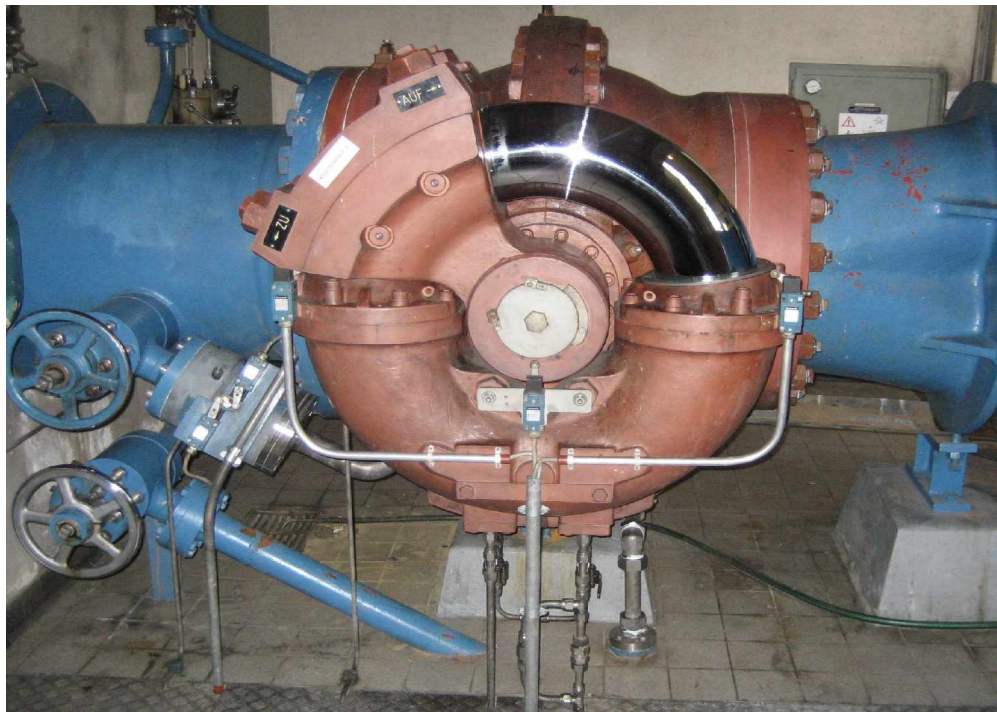
Die Vielschichtigkeit der EMV-Thematik zeigt sich auch in diesem Fallbeispiel. Das Zusammenwirken von verschiedenen Problembereichen (Massierung von Störquellen, Installationsmängel und Störsenken mit ungenügender Störunterdrückung) gilt es zu beachten.

### 3.3 Auslösen von Drosselklappe

#### 3.3.1 Ausgangslage

Im Juni 2008 hat sich an einem Montagmorgen eine für die Technik in einem kleineren Wasserkraftwerk zuständige Person telefonisch bei uns gemeldet. Diese erklärte, dass innerhalb von ca. drei Monaten immer wieder Schnellabschaltungen aufgetreten sind.

Die Drosselklappenüberwachung in der Wasserfassung habe angesprochen und das Schliessen der Klappen (siehe Bild 7) ausgelöst, sodass der Wasserfluss durch die Druckleitung unterbrochen wurde. Die Folge war, dass die Turbine in der Kraftwerkzentrale sofort zu drehen aufhörte. Dies führte zu einem Stillstand des Generators und einem Unterbruch der Energieproduktion.



**Bild 7: Drosselklappe mit elektrischer Überwachung und hydraulischem Antrieb**

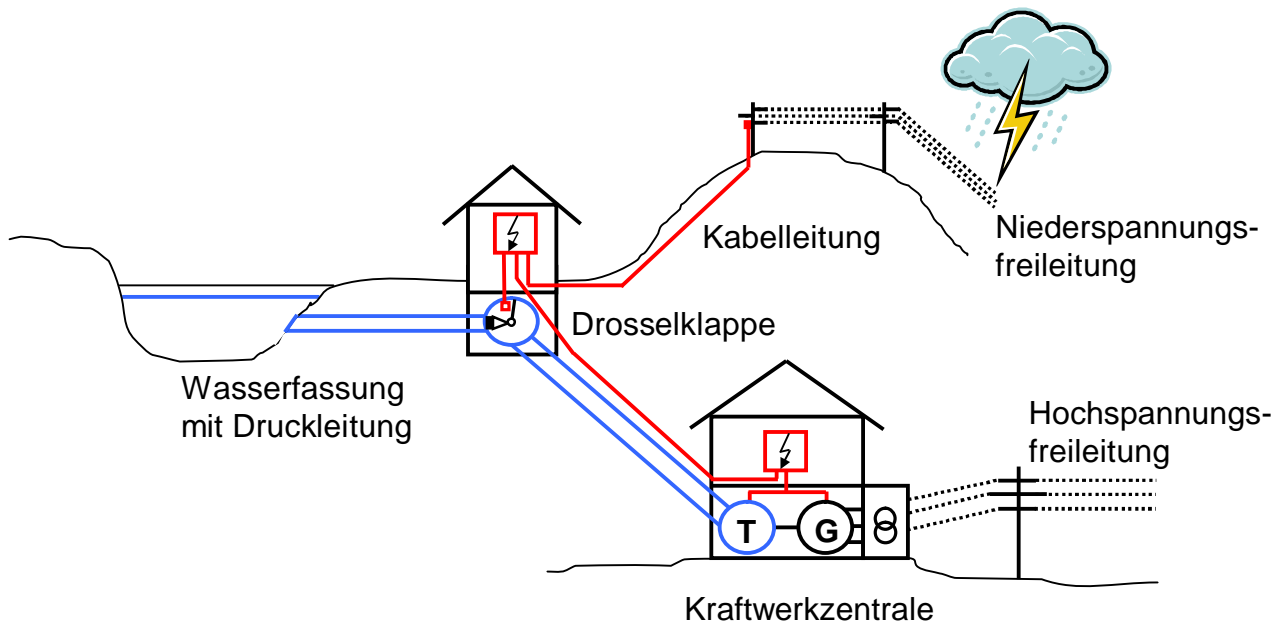
Der Anrufer wünschte, wir sollten sofort vorbeikommen und EMV-Messungen vornehmen. Die ergänzende Befragung unsererseits ergab, dass die Ausfälle immer dann auftraten, wenn in der näheren Umgebung Gewitter mit Blitz und Donner wahrgenommen wurden (Anlageübersicht siehe Bild 8). Im Kraftwerkbereich sind jedoch keine direkten Schäden aufgetreten.

Wir haben eine kurzfristige Begehung vereinbart und die gewünschte Messung für später vorgeschlagen.

#### 3.3.2 Feststellungen

Vor Ort haben wir weitere Befragungen mit Beteiligten durchgeführt und eine genaue Bestandaufnahme vorgenommen. Es wurde festgestellt, dass die ca. 45 jährige Kraftwerkanlage anfangs 2008 einer Optimierung im Bereich der Turbine sowie des Generators unterzogen wurde. In diesem Zusammenhang wurde auch die Steuerung im Bereich der Wasserfassung teilweise erneuert.

Die alte Relaissteuertechnik wurde durch ein elektronisches System ersetzt. Bei der Umrüstung wurden die bestehenden Leitungen soweit als möglich belassen und nur die Geräte ersetzt.



**Bild 8: Anlageübersicht Prinzip**

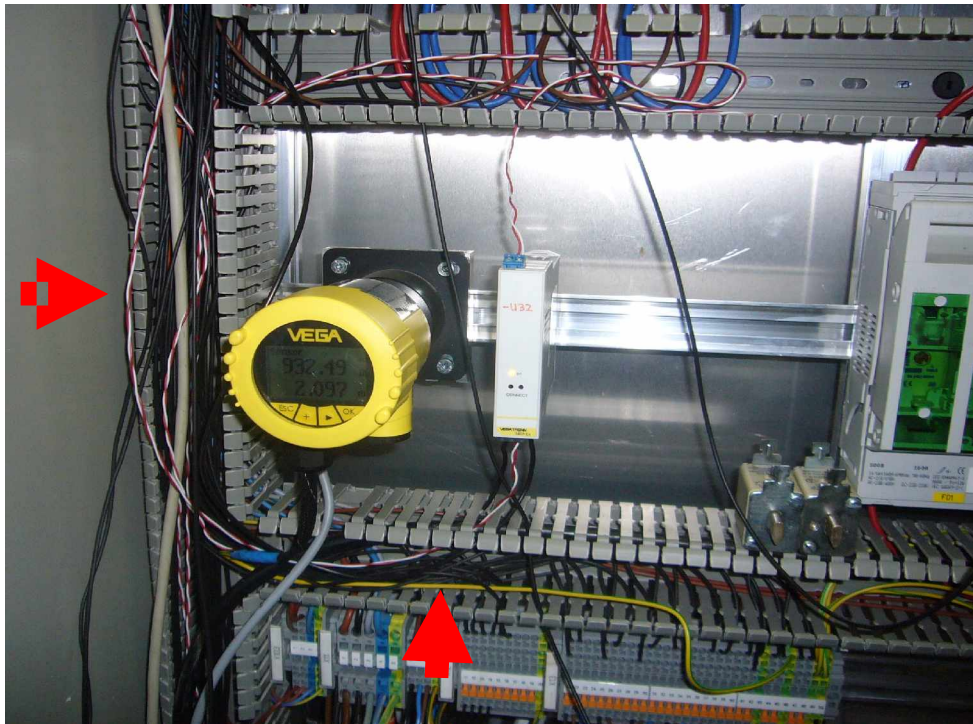
Der Ablauf der jeweiligen Störbeeinflussungen konnte wie folgt nachvollzogen werden:

Beim Auftreten eines Blitzereignisses im Nahbereich der Wasserfassung wurde die Spannung jeweils kurzzeitig stark angehoben. Über der Frei- und Kabelleitung stand in der Wasserfassung eine höhere Spannung an. Die Überspannungsableiter konnten auf Grund der mangelhaften Installation sowie der schlechten Erdungsqualität nicht ansprechen. Die Überspannung hatte zur Folge, dass die in den Verdrahtungskanälen gemeinsam parallel geführten Niederspannungsleitungen (siehe Bild 9) auf die empfindlicheren Leitungssysteme koppelten. Über diese Leitungen wurden Signale generiert, welche den Auslösemechanismus der Drosselklappe beeinflussten und eine Schliessung der Klappe auslösten.

### 3.3.3 Massnahmen, Ergebnisse

Es wurden folgende Anpassungen an der Anlage vorgenommen:

- Separieren der in den Verdrahtungskanälen über längere Strecken geführten Niederspannungs- und Kleinspannungsleitungen, Verkabeln der elektronischen Komponenten mittels verdrehten Leitungen
- Eliminieren von Reserveschleifen in den Verdrahtungskanälen und verschiedene Verdrahtungen auf Sternstruktur anpassen
- Entfernen von in den Verdrahtungskanälen verlegten Erdleitern (Anschlüsse direkt und auf dem kürzesten Weg auf den Apparaterost geführt)
- Erstellen einer neuen Erdungsanlage ausserhalb des Drosselklappenraumes mit Tiefenerder und Installation einer PAS-Schiene im Bereich des Schrankes inkl. Vermaschungen mit Konstruktionen



**Bild 9: Mangelhafte Artentrennung sowie Erdleiter in Verdrahtungskanälen**

- Umplatzieren der Überspannungsableitereinheit der Netzzuleitung, Anschluss der Polleiter mit kurzen Abzwegleitungen und Verlegen des Erdleiters auf dem kürzesten Weg zur PAS
- Umverdrahten von falsch angeschlossenen Kleinspannungsüberspannungsableitern bei der Einführung des geschirmten Steuerkabels in den Drosselklappenraum und in die Kraftwerkzentrale, Anbringen von grossflächigen Schirmkontaktierungen

Sämtliche Massnahmen wurden visuell überprüft und protokolliert. Auf die Eingangs erwähnten EMV-Messungen wurde verzichtet. Nach Abschluss der Anpassungen an der Erdungsanlage wurde deren Qualität durch Messungen überprüft. Auf Grund der vorgenommenen Anpassungen wurde auch die Anlagedokumentation angepasst.

#### 4 Konsequenz

Bei allen Fällen waren die finanziellen Kosten sehr hoch. Es betraf insbesondere die Kosten als Folge einer verspäteten reibungslosen Inbetriebnahme beim ersten Fall, oder den Ausfall von Informatikarbeitsplätzen über längere Arbeitsperioden im zweiten Fall. Beim letzten geschilderten Fall waren es die Kosten, welche aus dem mehrmaligen Unterbruch der Energieproduktion resultierten. Die Massnahmenkosten waren im Verhältnis zu den Ausfallkosten gering.

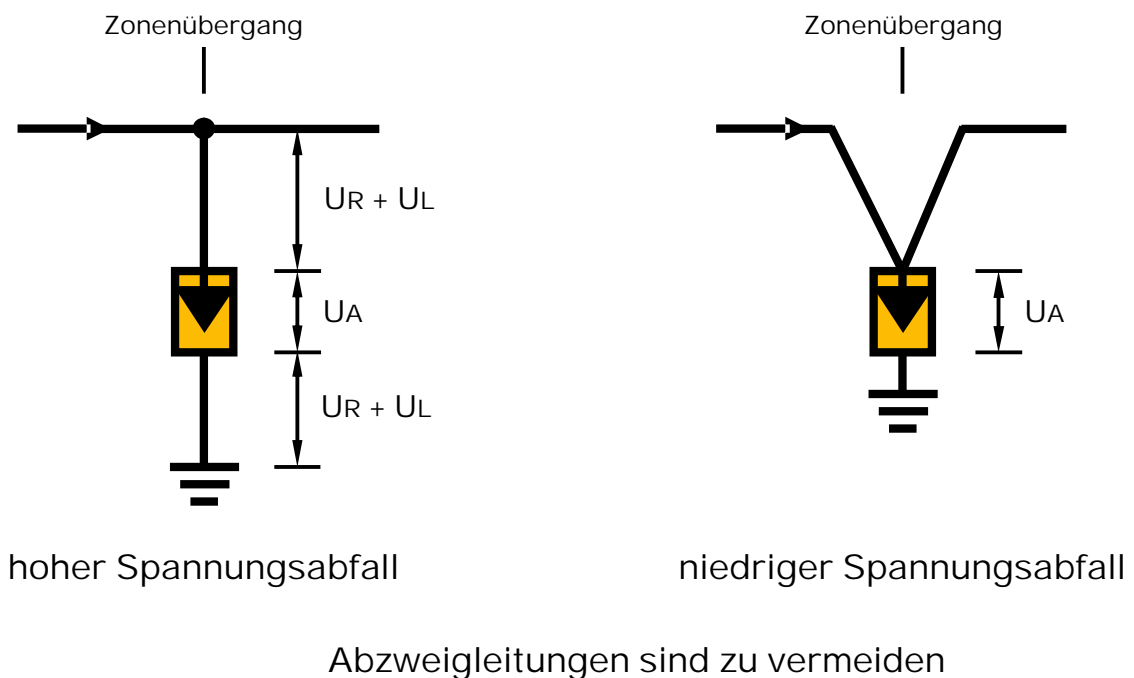
Die beschriebenen drei Fälle zeigen, dass die zunehmende Stömpfindlichkeit der heutigen Geräte unterschätzt wurde. Eine fachkundige Konzeption und Planung fehlte, und in der Ausführung wurden die Vorgaben nicht konsequent umgesetzt.

Oftmals werden die Fehler schon in der Planungsphase auf dem Papier gemacht. Der Ausführende kann für die Umsetzung nicht verantwortlich gemacht werden, da ja beim Montagepersonal die speziellen fachlichen Kenntnisse in der Regel fehlen. Die Planung und Errichtung solcher Anlagen sollte grundsätzlich durch EMV-fachkundiges Personal erfolgen.

#### 4.1 Planung

Die zunehmende Vernetzung von Installationen der Energieversorgung, Kommunikation sowie Steuer- und Regeltechnik erfordert eine Planung, welche das Zusammenwirken der möglichen elektromagnetischen Beeinflussungen berücksichtigt. Dies setzt voraus, dass die Errichter der Anlagen, zumindest aber die für die Planung einer Anlage Verantwortlichen, sich über EMV-Fachkenntnisse ausweisen können.

Ein EMV-Fachmann muss fähig sein eine konsequente Planung und Umsetzung durchzuführen, die von elektromagnetischen Störquellen ausgehenden Beeinflussungen einzuschätzen und die notwendigen Massnahmen einzuleiten. Auch müssen die Vorgaben so weit spezifiziert werden, dass das Montagepersonal (zum Beispiel bei einem eingezeichneten Symbol für einen Anschluss an die Erdungsanlage) weiss, was zu tun ist.



**Bild 10: Prinzip Anschluss von Überspannungsableitern**

#### 4.2 Ausführungsqualität und Kontrollen

Meistens sind die in der Ausführung tätigen Elektrofachleute nur oberflächlich über die Thematik EMV informiert. Sie arbeiten nach Plan- und Schemavorgaben und übernehmen dabei die darin enthaltenen Fehler bei deren Umsetzung. Leider ist vielfach auch die Qualität der Ausführung nicht EMV-konform. Zum Beispiel:

- Kontaktierungen von Kabelschirmen nicht grossflächig

- Zu lange Anschluss- und Ableitungen bei Überspannungsableiterleitungen (Siehe Prinzip Bild 10)
- Reserveschlaufen in Verdrahtungskanälen
- Keine oder mangelhafte Artentrennung bei Kabelverlegungen
- Fehlende oder schlecht kontaktierende Potenzialanschlüsse bei Umrichtern
- Kein oder mangelhafter Korrosionsschutz

Im Zusammenhang mit dem zuletzt genannten Punkt, werden sehr viele Fehler gemacht. Es sind dies zum Beispiel fehlende Kontaktierungsmassnahmen (blank schleifen) oder Nachbearbeitungsmassnahmen (Schutzanstrich). Vielfach funktionieren in einer ersten Betriebsphase die System wie vorgegeben, setzt dann aber die Korrosion an einer mangelhaft ausgeführten Stelle ein, treten schon nach einigen Betriebsstunden die Störungen oder Beeinflussungen ein.

Die Durchführung von Kontrollmessungen bei der Inbetriebnahme einer Anlage ist grundsätzlich immer anzustreben und vielfach auch notwendig (z.B. Netzqualität, Schirmströme, Neutralleiterströme, Summenströme). Messergebnisse sind zu protokollieren. Bezüglich der Ausführungsqualität sind Messungen aber nicht in allen Teilen aussagekräftig. Hier hilft eine detaillierte Abnahmekontrolle der elektrischen Anlage inkl. Protokollierung hinsichtlich der EMV-Belange wesentlich mehr.

Nebst den Prüfprotokollen bilden auch die Schemata, Dispositionen, Produkteinformationen usw. einen Bestandteil der Anlagedokumentation. Leider sind diese in den meisten Fällen mangelhaft oder fehlen gar gänzlich.

Mit der Unterzeichnung der Protokolle bescheinigen der Planer und Errichter, dass die Anlage nach gültigen Bestimmungen und Normen errichtet wurde.

**Zum Autor:**

*Martin Arnold ist Inhaber der ARNOLD Engineering und Beratung. Er befasst sich mit Konzeptionen, Analysen und der Störproblematik im Bereich der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV), insbesondere in der Installationstechnik.*

*Er ist in den Nationalen Komitees TK 37 (Überspannungsableiter) und TK 81 (Blitzschutz) des CES tätig.*