

## Schutz von Datenleitungen vor Spannungsspitzen - Teil 2

**Elektrische Spannungsspitzen (Spannungsstöße) auf Datenleitungen können die Computerausrüstung in Unternehmens- sowie Heimumgebungen zerstören. Viele Benutzer kennen das Risiko von Spannungsspitzen, vernachlässigen dabei jedoch Spannungsstöße auf Datenleitungen. In dieser technischen Dokumentation (White paper) wird erläutert, wie Spannungsstöße entstehen, welche verheerenden Auswirkungen sie auf elektrische Geräte haben können und wie Geräte zur Unterdrückung von Spannungsstößen vor ihnen schützen.**

### Wirkungen von Spannungsstößen

Viele elektrische Geräte, die heute in Anlagen und Häusern eingesetzt werden, enthalten integrierte Schaltungen und Mikroprozessoren. Aufgrund bestimmter Eigenschaften von integrierten Schaltungen und Mikroprozessoren sind diese Geräte besonders empfindlich gegenüber Spannungsstößen. Geräte, die von Mikroprozessoren gesteuert werden, gibt es nahezu überall. Hierzu gehören z. B. Computer und deren Peripheriegeräte, Computer- und Datennetzwerke (wie LANs), Telekommunikationsgeräte, Ausrüstung für die medizinische Diagnose, CNC-Maschinen, Radiogeräte, Fernseher, Satellitenempfänger, elektronische Registrierkassen, Kopierer, Faxgeräte usw. Viele dieser Geräte sind darüber hinaus auch für Kommunikationszwecke an verschiedene Datenleitungen angeschlossen. Die drei folgenden Faktoren tragen zur Empfindlichkeit von Geräten mit integrierten Schaltungen gegenüber Spannungsstößen bei:

1. Die Abstände der Leiterbahnen in integrierten Schaltkreisen und auf Leiterplatten
2. Die Begrenzung der Betriebsspannung
3. Die Verwendung einer Taktzeit zur Synchronisierung bestimmter Vorgänge (wie z. B. in Computern)

### Die Abstände in integrierten Schaltkreisen und auf Leiterplatten

Der erste Faktor, der zur Empfindlichkeit von Geräten mit integrierten Schaltkreisen gegenüber Spannungsstößen beiträgt, ist der sehr geringe Abstand zwischen den Komponenten eines integrierten Schaltkreises und den Leiterbahnen auf Leiterplatten. Häufig entspricht der Abstand nicht einmal der Stärke eines menschlichen Haars. Strom wird über Leiterbahnen durch eine Leiterplatte geleitet. Diese Leiterbahnen innerhalb und außerhalb eines integrierten Schaltkreises sowie auf der Leiterplatte selbst haben einen bestimmten Grenzwert für Ausdehnung und Zusammenziehung. Die Wärme, die beim Fluss des Stroms durch die Komponenten der Leiterbahnen entsteht, bewirkt eine gewisse Ausdehnung; bleibt dieser Stromfluss aus, ziehen sich die Leiterbahnen zusammen. Wenn ein Spannungsstoß in diese Leiterbahnen gelangt, werden sie eventuell zu heiß. Dadurch entstehen in der Leiterplatte mikroskopisch kleine Bruchstellen, die dazu führen können, dass sich die normalerweise getrennten Leiterbahnen kreuzen. Es kommt zu internen Kurzschlüssen, die das Gerät funktionsunfähig machen können. In manchen Fällen verursachen diese mikroskopischen Bruchstellen nicht sofort einen Schaden, sie werden jedoch langsam immer größer, da sich die Komponenten ausdehnen und zusammenziehen, oder es entstehen weitere Bruchstellen, die zu einem schleichenden Versagen des Geräts führen, bis es schließlich völlig funktionsunfähig ist.

### Die Begrenzung der angelegten Betriebsspannung

Der zweite Faktor, der zur Empfindlichkeit integrierter Schaltungen beiträgt, ist die allmähliche Senkung der Betriebsspannung von Geräten mit integrierten Schaltkreisen. Mit der Verkleinerung von Computerbauteilen und der Erhöhung ihrer Leistung sowie aus Energiespargründen wurde die Betriebsspannung dieser Komponenten immer weiter gesenkt. Die früher übliche Betriebsspannung von 5 V Gleichstrom für einige interne Computergeräte wurde auf 3,3 V Gleichstrom gesenkt und fällt künftig eventuell noch weiter. Das bedeutet, dass der Grenzwert für die Spannung, die ein System mit integrierten

Schaltungen bewältigen kann, ebenfalls gesenkt wurde. Wenn die Spannung in einem mit 3,3 V Gleichstrom arbeitenden System durch einen Spannungssstoß auf 5 V Gleichstrom erhöht würde, könnte es ohne weiteres beschädigt werden.

### **Verwendung einer Taktzeit**

Der dritte Faktor für die Empfindlichkeit von Geräten mit integrierten Schaltungen ist die Verwendung einer Taktzeit zur Synchronisierung interner Vorgänge. Die meisten Vorgänge im Computer sind durch einen Takt synchronisiert, der auf einer Spannung mit einer bestimmten Frequenz beruht. Elektromagnetische Störungen mit bestimmten Frequenzen können der Taktzeit von Computern ähneln, sodass der Computer diese falschen Taktzeiten als Befehle interpretiert. Die falschen Befehle können zahlreiche Fehler erzeugen, die sich als Tastaturblockierungen, Absturz von Programmen oder Blockierungen des Systems manifestieren können. Umgekehrt können elektromagnetische Störungen aber auch dazu führen, dass der Computer bestimmte gültige Befehle nicht ausführt, was ähnliche Probleme zur Folge haben kann.

### **Häufige durch Spannungsschläge erzeugte Fehler**

Die meisten Fehler, die durch Spannungsschläge in elektronischen Geräten erzeugt werden, sind Durchschlagswirkungen, Verluste und Zerstörungen.

**DURCHSCHLAGSWIRKUNGEN** treten in der Regel auf, wenn ein Spannungsschlag durch induktive Kopplung in das Gerät gelangt (entweder über Daten- oder über Stromleitungen). Die elektronischen Komponenten versuchen, den Spannungsschlag als gültigen Befehl zu verarbeiten. Das führt zu einer Blockierung des Systems, zu Fehlfunktionen, fehlerhafter Ausgabe, verlorenen oder beschädigten Dateien und einer Vielzahl weiterer unerwünschter Effekte.

**VERLUSTWIRKUNGEN** sind mit der wiederholten Belastung von integrierten Schaltungen verknüpft. Die Materialien, aus denen integrierte Schaltkreise hergestellt sind, können eine gewisse Zahl wiederholter Spannungsspitzen aushalten, jedoch nicht über einen längeren Zeitraum. Langfristig führt die Beeinträchtigung schließlich zur Funktionsunfähigkeit der Komponenten.

**ZERSTÖRUNGEN** umfassen alle Fälle, in denen Spannungsschläge mit hoher Energie einen sofortigen Ausfall der Ausrüstung verursachen. Häufig ist die Zerstörung deutlich zu sehen, beispielsweise verbrannte und / oder gebrochene PC-Platinen und -Komponenten, geschmolzene elektronische Komponenten oder andere offensichtliche Hinweise.

### **Unterdrückung und Schutz vor Spannungsschlägen**

Ein Spannungsschlag ist eine kurze, häufig starke Abweichung von einer erwünschten Spannung oder einem erwünschten Signal. Je größer das Ausmaß eines Spannungsschlages ist, desto eher werden elektronische Geräte zerstört oder beschädigt. Wie bereits oben erwähnt, können Spannungsschläge in jedem leitfähigen Material auftreten, sodass nicht nur Geräte davon betroffen sind, die an Leitungen des Stromnetzes angeschlossen sind, sondern auch Geräte, die mit Telefonleitungen, Ethernet-Kabeln, Koaxialkabeln, Kabeln für die serielle Datenübertragung usw. verbunden sind.

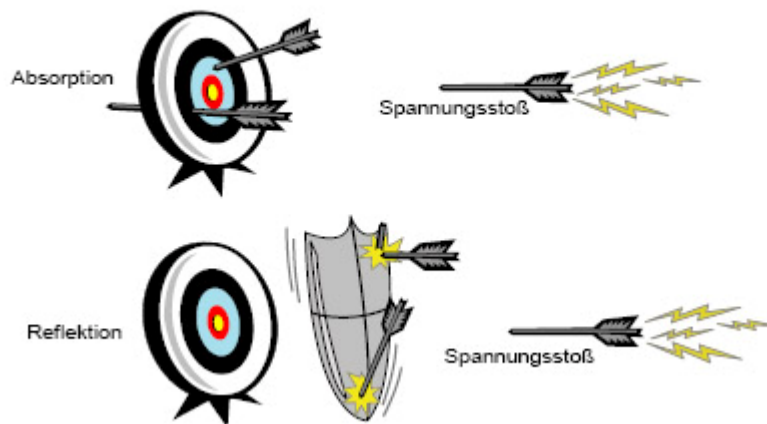
### **Überspannungsschutzgeräte**

Ein Überspannungsschutzgerät dämpft das Ausmaß dieser Überspannungen und schützt so die Ausrüstung vor den zerstörenden und durchschlagenden Wirkungen. Ein Überspannungsschutzgerät reduziert das Ausmaß der Überspannung jedoch nicht unbedingt auf Null, sondern auf einen Pegel, der gefahrlos durch die angeschlossene elektrische Last geleitet werden kann. Der Grund hierfür ist, dass der Stromversorgungsgrenzwert in den einzelnen Geräten unterschiedlich ist und eine völlige Dämpfung der Spannung für den kontinuierlichen Betrieb der angeschlossenen Geräte unpraktisch wäre. Stattdessen dämpft das Überspannungsschutzgerät den Spannungsschlag auf ein dem zu schützenden Gerät

angemessenes Niveau. Manche High-End-Überspannungsschutzgeräte verfügen außerdem über Störschutzfilter, welche die durch die elektromagnetische Störung hervorgerufenen Ungleichmäßigkeiten reduzieren, sodass sie nicht in das angeschlossene Gerät gelangen.

Einfach ausgedrückt, Überspannungsschutzgeräte verhindern, dass schädliche Überspannungsspitzen die geschützten Geräte erreichen. Dabei wird die überschüssige Spannung entweder absorbiert, abgeleitet oder beides. **Abbildung 4** zeigt einen Pfeil, der in eine Zielscheibe aus Stroh geschossen wird. Die Zielscheibe aus Stroh steht für das Überspannungsschutzgerät und der Pfeil für die Überspannung. Wenn der Pfeil auf die Zielscheibe trifft, wird er absorbiert; er bleibt in der Zielscheibe stecken. Die Stärke der Zielscheibe bestimmt jedoch, ob der Pfeil gestoppt wird, ohne dass er die Scheibe durchschlägt. Außerdem wird die Zielscheibe stets vom Pfeil beschädigt, sodass sie den Pfeil künftig eventuell nicht mehr stoppen kann. Stellen Sie sich nun vor, dass vor die Zielscheibe ein Schild aus Metall gehalten wird. Wenn der Pfeil abgeschossen wird, trifft er auf den Schild und wird, ohne Schaden anzurichten, seitlich an der Zielscheibe vorbeigelenkt. Auf diese Weise arbeiten die meisten Überspannungsschutzgeräte. Sie absorbieren entweder die Energie und können, je nach dem, wie gut sie konstruiert sind, die Überspannung verhindern, halten Beschädigungen jedoch weiterhin aus, oder sie leiten die Spannung in die Erdung der Anlage. In den meisten Fällen werden Überspannungsspitzen von Überspannungsschutzgeräten sowohl absorbiert als auch abgeleitet.

**Abbildung 4 – Absorbieren und Ableiten von Spannungstößen**



Das Dämpfen des Spannungspegels ist eine Funktion, mit denen Überspannungsschutzgeräte Überspannungen begrenzen. Dabei werden die Überspannungen von den internen Komponenten eines Überspannungsschutzgeräts auf einen niedrigeren Spannungspegel gesenkt, der für die zu schützenden angeschlossenen elektrischen Geräte zulässig ist. Die Energie, die an die angeschlossenen elektrischen Geräte weitergeleitet wird, nachdem sie die Überspannungsdämpfung eines Überspannungsschutzgeräts passiert hat, wird als Durchlassspannung bezeichnet. Bei den meisten Überspannungsschutzgeräten wird die Überspannung dabei wiederum nicht auf Null Volt oder auf einen Pegel abgesenkt, der unter dem für die angeschlossene Last benötigten Pegel liegt. Wenn Spannungstöße zu stark gedämpft werden, sodass der erforderliche Pegel unterschritten wird, kann das Überspannungsschutzgerät selbst zu stark belastet werden.

Sehr häufig werden in Überspannungsschutzgeräten Metalloxidvaristoren (MOV) eingesetzt. Ein MOV ist ein nichtlinearer Widerstand mit besonderen Halbleitereigenschaften. Der MOV bleibt solange nicht leitend, damit der Strom normal fließt, bis ein Spannungstoss in die Leitung gelangt. In diesem Moment wird der MOV leitfähig und leitet die überschüssige Spannung in die Erdung. Mit zunehmender Stromstärke erhöht sich auch die Überspannungsdämpfung, sodass die an das Gerät weitergeleitete Durchlassspannung auf

einem zulässigen Niveau bleibt, bis die Überspannung sinkt.

Metalloxidvaristoren werden häufig mit Schmelzsicherungen kombiniert, die in den Stromkreis zu dem geschützten Gerät eingebaut werden, damit bei einer gewaltigen Überspannung die Stromversorgung des angeschlossenen Geräts ausgeschaltet wird. Wenn die Überspannung groß und einigermaßen konstant ist, kann sie die maximale Betriebsspannung des MOV erreichen. An diesem Punkt öffnet der MOV. In diesem Fall bewirkt die Wärme, dass die Schmelzsicherung, die in der Regel in der Nähe des MOV angebracht oder mit diesem verbunden ist, den Stromfluss unterbricht, sodass zu dem geschützten Gerät kein Strom mehr gelangt. Metalloxidvaristoren werden in Überspannungsschutzgeräten wegen ihrer konsistenten Beschaffenheit eingesetzt. Sie lassen stets die gleiche Spannung durch und werden stets bei der gleichen Überspannung leitfähig, bis ihre Lebensdauer erschöpft ist.

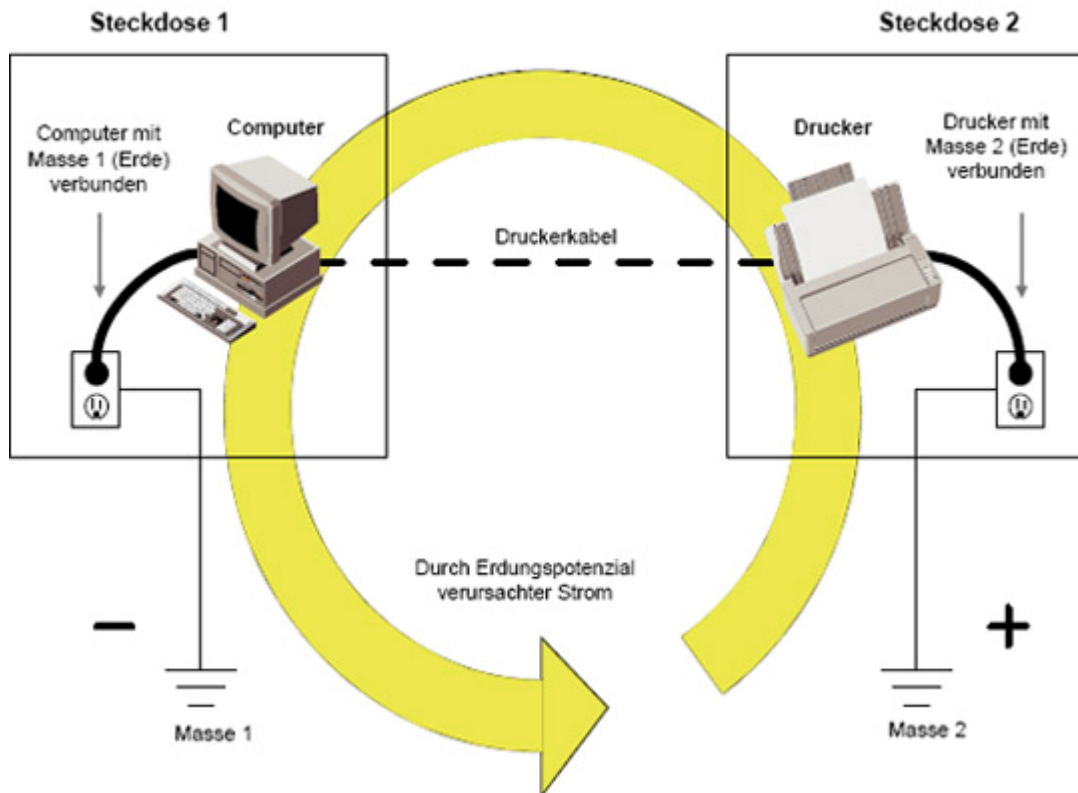
Mit Überspannungsschutzgeräten lassen sich nicht alle Probleme der Stromqualität lösen. Sie können keine Unterspannungen und keine länger dauernden Überspannungen in der Netzspannung der Stromversorgungsunternehmen ausgleichen. Sie sind außerdem nicht in der Lage, die Oberwellen zu reduzieren, die von nichtlinearen Lasten wie Motoren sowie von Schaltnetzteilen in Computern und in manchen Leuchtstofflampensystemen erzeugt werden. Bei Ausfall der Netzspannung können USV-Geräte verwendet werden. Diese verfügen über einen Akku, der vorübergehend solange Strom liefert, bis die Netzspannung wiederhergestellt ist.

## Erdung

Eines der größten Probleme bei der Stromversorgung, insbesondere bei Überspannungsschutzgeräten, ist die Erdung. Die Erdung ist ein notwendiges Element jedes Stromversorgungs-, Signal- oder Datennetzes. Alle Spannungen und Signalpegel werden in Bezug auf die Erdung angegeben. Die meisten Überspannungsschutzgeräte verwenden Erdungsleitungen, um Überspannungen bei Spannungsschößen abzuleiten. Ohne einwandfreie Erdung können diese Überspannungsschutzgeräte nicht richtig funktionieren.

Erdanschlüsse in einer Anlage sollten nur mit einem gemeinsamen Anschlusspunkt am Spannungseingangsschaltfeld verbunden werden. Durch diesen Einspeisepunkt-Anschluss an die Erde wird die versehentliche Erstellung mehrerer Erdungspunkte vermieden. Mehrere Erdungspunkte können Unterschiede in der Netzspannung erzeugen, sodass auf Datenleitungen mit niedriger Spannung möglicherweise unerwünschter Strom fließt. Dieser unerwünschte Strom tritt in weniger schädlicher Form als Rauschen auf, das die Datenübertragung stört, oder aber in Form größerer Spannungsschöße, durch die Geräte sowie Übertragungsleitungen beschädigen werden können. **Abbildung 5** zeigt ein Beispiel für einen Erdungskreis. Jedes Gerät verfügt über eine unabhängige Erdung (jedes Netzteil hat eine andere Erdung). Probleme können auftreten, wenn die Geräte über eine geerdete (und leitfähige) Datenleitung verbunden werden. In **Abbildung 5** ist der Computer über ein paralleles Datenübertragungskabel mit einem Drucker verbunden. Bei einem Potenzialunterschied zwischen den Erdungspunkten (unterschiedliche Ladung) der verwendeten Geräte kann über das Parallelkabel ein Strom von einem Gerät zum anderen fließen, damit die Ladungsdifferenz ausgeglichen wird. Dies wird als „Erdungskreis“ bezeichnet. Geräte, die im Normalbetrieb nur mit geringen Energiemengen arbeiten, können dadurch stark beschädigt werden. Dieses Beispiel zeigt nur eine Anlage; Erdungskreise können jedoch auch zwischen mehreren Anlagen entstehen.

**Abbildung 5 – Erdungskreis**



### **Ebenenaufbau beim Schutz vor Spannungsstößen**

Es ist ratsam, ein Netzwerk aus Überspannungsschutzgeräten einzusetzen, damit mehrere Ebenen zum Schutz gegen Spannungsstöße vorhanden sind. Die erste Ebene fängt starke, in eine Anlage eingehende Spannungsstöße ab, beispielsweise Spannungsstöße auf den Netzleitungen. Diese können durch Blitzeinschläge verursacht werden. Die anderen Ebenen überwachen dann die Spannungsstöße auf internen Strom- und Datenleitungen. Da die meisten Spannungsstöße innerhalb eines Gebäudes entstehen, sind Kenntnis und Anwendung von Überspannungsschutzgeräten unabdingbare Voraussetzung zur Verbesserung der Stromqualität in jeder Anlage.

Dieser Aufbau in Ebenen ist das effektivste Mittel zur Verhinderung der nachteiligen Wirkungen der meisten durch Spannungsstöße verursachten Probleme. Es ist wichtig, Probleme mit Spannungsstößen auf Netzleitungen auf diese Weise zu isolieren; ebenso wichtig ist es aber auch, diese Vorgehensweise auch auf Datenleitungen anzuwenden. In den meisten großen Anlagen gibt es eine Art erste Verteidigungslinie gegen große Spannungsstöße auf eingehenden Datenleitungen. In vielen Häusern und Einrichtungen wird z. B. ein Überspannungsschutzgerät mit Gasröhre oder Funkenstrecke verwendet (häufig wird dieses von der Telefongesellschaft bereitgestellt), um Spannungsspitzen mit großer Kapazität auf ein für einfache Telefone (eigenständige Telefone, die ohne zusätzliche Stromversorgung funktionieren) angemessenes Niveau zu senken. Die Durchlassspannung dieser Überspannungsschutzgeräte der ersten Schicht ist häufig jedoch nicht so niedrig, dass empfindliche elektronische Geräte wie beispielsweise das DSL- oder DFÜ-Modem eines Computers (oder auch der mit diesen Modems verbundene Computer selbst) durch sie nicht beschädigt werden. Dies gilt auch für andere empfindliche elektronische Geräte, die mit Koaxialleitungen verbunden sind, etwa Audio- / Videogeräte oder Breitbandkabelmodems. Aus diesem Grund sollten einzelne Geräte durch zusätzliche Überspannungsschutzgeräte geschützt werden, welche die Durchlassspannung der Überspannungsschutzgeräte der ersten Ebene weiter dämpfen.

## **Ergebnisse**

Maßnahmen gegen Spannungstöße werden normalerweise nur im Bereich von Stromleitungen ergriffen. Angesichts des Anteils von Spannungstößen, die innerhalb einer Anlage im Datenleitungsnetz auftreten, ist es jedoch unerlässlich, die Notwendigkeit zur Unterdrückung von Spannungstößen auf Datenleitungen zu analysieren. Jede Leitung ist ein potenzieller Träger von Spannungstößen, und die Quellen für induktive Kopplung in einer gegebenen Anlage sind zahlreich. Moderne Datenverarbeitungsgeräte arbeiten mit immer niedrigeren Spannungsniveaus. Daher müssen selbst geringe elektrische Störungen beachtet werden, um Beschädigungen und Datenverluste zu vermeiden. Ein Ansatz in Ebenen zur Unterdrückung von Spannungstößen ist das ideale Verfahren. Dabei werden zunächst externe und andere starke Spannungstöße reduziert, die anschließend intern immer weiter gedämpft werden, bevor die Energie zur empfindlichen elektronischen Ausrüstung gelangt. Spannungsspitzen auf Datenleitungen müssen unterdrückt werden, um empfindliche Geräte gegen Datenverluste zu schützen, Beschädigungen über Niederspannungsdatenleitungen zu verhindern und um zu vermeiden, dass Spannungstöße über offene Wege eindringen können.