

8.3 Elektrostatische Entladungen und Überspannungsschutz

Wie oft? - Eine kleine Statistik

Die Gewitter kommen um den tropischen Gürtel herum am häufigsten vor. Statistiken sagen, dass auf der Erde zu jeder 1/100 Sekunde oder 6000mal jede Minute eine Entladung stattfindet. Im Voralpengebiet muss mit ca. 3..10 Einschlägen pro km² und Jahr gerechnet werden. Von den automatischen Wetterstationen der Schweiz werden im Durchschnitt von 4 Jahren, 12 Einschläge/km²/Jahr angegeben.

Für uns wäre interessant, zu wissen wie oft wir am Mountain Day damit zu rechnen haben. Eine Abschätzung der Gefährdung nach Ort, Zeit und Häufigkeit hängt jedoch stark vom Zufall ab. Im Gebirge gibt es exponierte Orte, wo man die Einschlaghäufigkeit sogar noch höher einschätzen muss. Kuppen, Wasserläufe, Bergbahnmasten und Drahtseile, Antennen von Umsetzern, Blitzableiter gehören wohl zu diesen attraktiveren Einschlagspunkten.

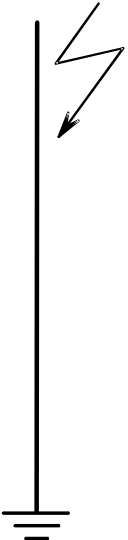
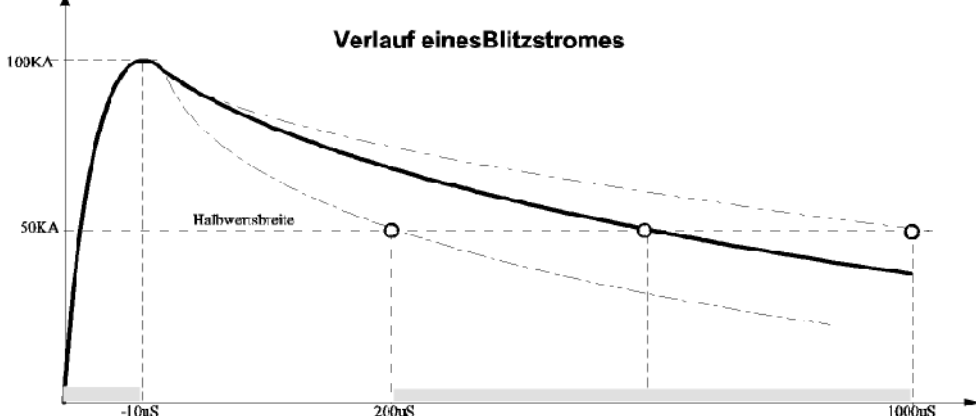
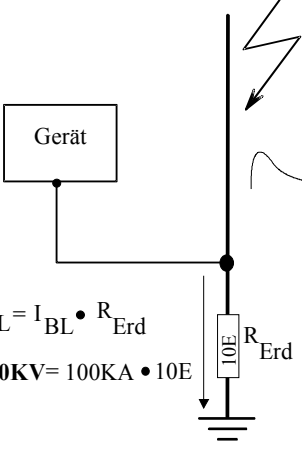
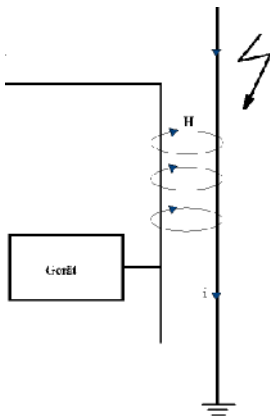
Aktuelle Daten und Karten von solchen Aktivitäten kann man vor dem NMD bei der SMA über www.meteo.ch/gewitter oder Meteo Schweiz www.sma.ch holen.

Gewitter elektrisch gesehen

Die elektrische Ladung eines Blitzschlages kann 100As übersteigen. Die Entladung zur Erde erfolgt in 10-100 ms Gesamtzeit. Die Temperatur, die durch den grossen Lichtstrahl erzeugt wird, ist höher als die der Sonnenoberfläche. Lichtentladungsbögen sind bis zu 50 km lang. Sie sind jedoch nur einige Millimeter dick. Dieser Stromkanal erzeugt ein starkes Magnetfeld, welches in benachbarten Leitern Ströme induziert.

Besonders interessieren uns die Wolken-Erde Entladungen. Diese Entladungen haben das grösste Zerstörungspotential. Hier gibt es zwei Entladungstypen: die positiven und negativen Wolken-Erde Entladungen. Die positive Entladung ist für uns die heikelste, weil sie oft Entladungszeiten von mehr als 2 ms (Halbwertsbreite) aufweisen bei einer elektrischen Ladung von typisch 50 As. Entladungszeiten negativer Entladungen dauern im Durchschnitt zehnmals weniger lang als die positiven. Jedoch finden die negativen Entladungen im Multipack statt, die innerhalb einer Sekunde mehrmals erfolgen und so trotzdem eine Ladung von 100 As abführen. Die Impuls Leistungsflächen dieser Art von Entladepulsen sind jedoch besser zu bewältigen.

Kopplungsarten und deren Einfluss auf die Pulsform

Kopplung	Überspannung (Max. Werte)	Ströme (Max. Werte)	Dauer (Halbwertsbreite)
<p>Direkte Blitzentladung</p> 	bis einige 100 kV	50% der Blitze > 30 kA 5% der Blitze > 100 kA 1% der Blitze > 150 kA	ca. 200 µs ..1000 µs
<p style="text-align: center;">Verlauf eines Blitzstromes</p> 			
<p>Das Bild zeigt den typischen Verlauf eines Blitzstromes. Die Zeitachse ist nicht massstabgetreu gezeichnet. Die Anstiegszeiten sind sehr schnell gegenüber den Abklingzeiten. Es ist abschätzbar dass die vom Blitz erzeugten Pulse eine ähnliche Form in weiterer Entfernung oder im Erdreich haben wird. Die Pulsform und Parameter werden von der Einkoppelart beeinflusst.</p>			
<p>Galvanische Kopplung</p>  <p> $U_{BL} = I_{BL} \cdot R_{Erd}$ $1000KV = 100KA \cdot 10E$ </p>	einige 10 kV	Fern : bis x 100 A Nah: bis x kA	Typisch 700 µs
<p>Bei der galvanischen Kopplung gibt es einen gemeinsamen Weg über einen Leiter oder Widerstand.</p> <p>Bei der galvanischen Einkopplung werden die Anteile mit höher Frequenz ein wenig gedämpft und die Anstiegsflanken dadurch etwas langsamer.</p> <p>Als Simulation verwendet man eine Puls 10/700 uS Anstiegszeit 10uS (10-90%), und Halbwertsbreite 700uS.</p>			
<p>Induktive Kopplung</p> 	Querspannung x KV Längsspannung x 10KV	Bis einige KA Bis mehrere KA	Typisch um 20uS
<p>Die induktive Einkopplung erfolgt über ein sich sehr schnell änderndes Magnetfeld.</p> <p>Bei induktiven Einkopplungen ist mit kürzeren Spannungs- und Stromimpulsen zu rechnen.</p> $U_{ind} = -L \frac{di}{dt}$ <p>L ist die sog. Gegeninduktivität der beeinflussten Schleife, die der Änderungsgeschwindigkeit des Blitzstromes entgegenwirkt.</p> <p>Zur Simulation wird ein 8-µs/20-µS-Puls eingesetzt. 8 µs Anstiegszeit, 20 µs Halbwertsbreite. Nach 100 µs ist solch ein Puls meist abgeklungen.</p>			
<p>Kapazitive Kopplung</p>	Für atmosphärische Betrachtungen spielt diese Kopplungsart keine Rolle.		

Nachdem wir die direkte Einkopplung oder Einschlag kennen gelernt haben, haben wir zu akzeptieren, dass wir gegenüber diesen physikalischen Dimensionen eines Gewitters am NMD machtlos sind. Wir können nur den nächstmöglichen Schutz aufsuchen.

Erdungen

Mit den Erdungen steht und fällt jedes Schutzkonzept!

Hier zeigen sich auch klar die Grenzen einer portablen Erdung einer NMD-Station. Da meist nur ein kleiner metallener Erdpfahl möglich ist, kann dieser einzig für eine Ableitung von statischen Entladungen einer Antenne eine Hilfe sein. Die Grundbeschaffenheit ist in den Bergen oft schlecht, in tieferen Lagen ist man besser dran.

Ableitwege um den NMD-Standort

Die Erdsituation und die Ableitwege für statische Entladungen hängen stark vom Standort ab. Meist bleibt die Situation nicht einschätzbar, und nur Extreme wie Aussichtstürme, Umsetzerstationen, Hochspannungsmasten, Bergrestaurants, Berg-Hütten mit Blitzschutz, oder einzeln stehende Bäume können als mögliche Ableitwege erkannt werden.

Die Frage, ob man sich einen bestehenden Blitzschutz oder eine Erdanlage mit ihrer gewissen "Schirmwirkung" zu Nutze machen soll, muss verneint werden. Sie gelten als blitzattraktiv. Es ist kaum möglich, in kurzer Zeit die Erdungsverhältnisse überzeugend abzuklären. Bei festen gewarteten Installationen wie z.B. einem Bergrestaurant sieht es anders aus als z.B. bei einem Skilifträger. Man glaubt sich im Schutzbereich einer Anlage und übersieht, dass sich ein Teil der Entladung über die nasse Erdoberfläche den Weg sucht. Die Blitzattraktivität solcher Anlagen ist zusätzlich immer vorhanden.

Schliesst man sich an einem Erdsystem an, ist immer eine der oben erwähnten Kopplungsarten damit verbunden. Ein direkter Einschlag oder auch eine Teilleitung könnte da grossen Schaden anrichten.

An schönen NMD-Standorten in den Bergen ist man eher exponiert und dadurch mehr gefährdet. Wird man trotzdem einmal von einem Gewitter überrascht, suche man schnell wie möglich einen sicheren Ort auf. Am Besten plant man gemäss Wettervorhersagen zum Voraus einen Schönwetter- und einen sicheren Schlechtwetter-NMD-Standort ein.

Bedenke bei der Standortsuche: Will ich mich exponieren? Bzw. wie verhalte ich mich defensiv? Nicht ganz einfach zu beantworten, wenn man optimistisch an den NMD geht. Die Antwort muss durch die Wetterprognosen geleitet und beeinflusst bleiben.

Atmosphärische statische Entladungen.

Nach einigen Jahren ohne besondere Erfahrungen mit statischen Entladungen am NMD, waren diese beinahe in Vergessenheit geraten. Die Ereignisse am Mountain-Day 2002 waren von gewitterhaftem Wetter, und von längeren starken statischen Entladungen geprägt. In jenem NMD konnte man einerseits weiter entfernte Entladungen als QRN feststellen, und zum andern haben auch elektrisch geladene Gewitterwolken ihre Ladung auf die Antenne und zu den Geräten gebracht. Einige Geräte - laut Schilderungen am NMD-Treffen waren es sicher mehr als fünf - hatten durch solche statische Entladungen Schaden erlitten. Deswegen ist auch die Auseinandersetzung über dieses Thema neu aufgeflammt. Das neue NMD-Reglement vom April 2003 sieht deshalb vor, dass eine Schutz- oder Erdvorrichtung verwendet werden darf, ohne dass diese zum Stationsgewicht gezählt werden muss. Einzige Bedingung: Die NMD-Station muss auch ohne diese Schutzvorrichtung voll funktionsfähig sein. Die Schutzvorrichtung sollte z.B. nicht als strahlendes Gegengewicht wirken, welches in die Antennenanlage mit einbezogen werden müsste.

Die folgenden Gedanken zu ESD und EMV betreffen ausschliesslich Überspannungen, welche durch atmosphärische Entladungen im Vorfeld eines Gewitters erzeugt werden. Bei einem provisorischen Standort, mit einer Installation, die für einen Betrieb von vier Stunden ausgelegt ist, ist eine ESD-Schutzeinrichtung zum Vornherein nur bedingt möglich. Es werden ein paar Varianten gezeigt, die helfen, Geräteschäden durch statische Entladungen am Mountain-Day zu vermeiden.

Schutzvorrichtungen

Was wollen wir schützen?

Beim NMD-Gerät sind vor allem der Empfänger-**Eingang** und der Sender-**Ausgang** den elektrostatischen Entladungen ausgesetzt. Die Spannungs- und Leistungspegel an diesen beiden Polen unterscheiden sich stark; beide werden über das Antennenrelais oder mit einem TR-Schalter mit dem Koaxkabel verbunden.

Es gibt zwei Arten von Schutzvorrichtungen: Das einfache Ableiten von ESD und das Ableiten mit Begrenzern von ESD.

Beim Ableiten mit Widerständen oder Drosseln brauchen wir keinen Unterschied zwischen der Sende- und Empfangsphase zu machen, sofern die Bauteile für die höchste Spannung dimensioniert sind.

Beim Begrenzersystem, das auf die Amplitude wirkt, sieht das anders aus. Eine Begrenzung müsste einmal beim Senden auf die **Ausgangsspannung** des Senders ausgerichtet sein, was bei unterschiedlichen SWR-Werten schwierig ist. Bei Empfang soll der empfindlichen Empfängereingang geschützt werden. Begrenzerschaltungen müssen deshalb für den Empfangs- und Sendekanal separat vorgenommen werden. In der Praxis wird mit Begrenzerschaltungen meist nur der Empfänger-Eingang geschützt.

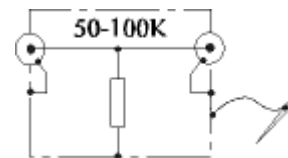
Man möchte meinen, dass vor allem der empfindliche Empfängereingang Schaden erleiden würde. Überraschenderweise haben die Schäden an den Geräten am NMD 2002 aber ein anders Bild gezeigt: Bei vier von fünf Geräten war der Treiber- oder der Endtransistor zerstört. Die Empfänger waren durch einfache Dioden begrenzt gewesen und funktionsfähig geblieben. Es ist nicht bekannt, ob die Treiber respektive die Endtransistoren während der Sende- oder während der Empfangsphase zerstört wurden.

Ableitsysteme

Bei einem einfachen System geht es darum, der elektrostatischen Ladung einen Weg nach der Erde zu verschaffen, bevor sich eine grössere Ladung aufbauen kann, die zu Durchschlägen führt. Es reicht, um die Vorläufer eines Gewitters abzufangen.

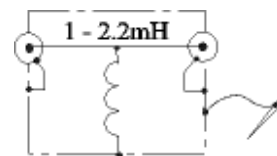
Ableitung mit einem Widerstand.

Einen hochohmigen Widerstand parallel zum Antenneneingang zu schalten gilt als eine einfache Art, elektrostatische Ladungen abzuführen. Martin Kohler, HB9DOZ, hat dies z.B. mit zwei kleinen BNC-Kupplungstücken gelöst, welche durch Distanzbolzen aneinander befestigt sind. Der Adapter kann bei Bedarf aufgesetzt werden. Selbstverständlich kann dieser Widerstand auch im Gerät fest eingelötet werden. Ein Widerstand von 50..100 k Ω erfüllt diesen Zweck. Eine Erdung durch einen Pfahl ist zu empfehlen.



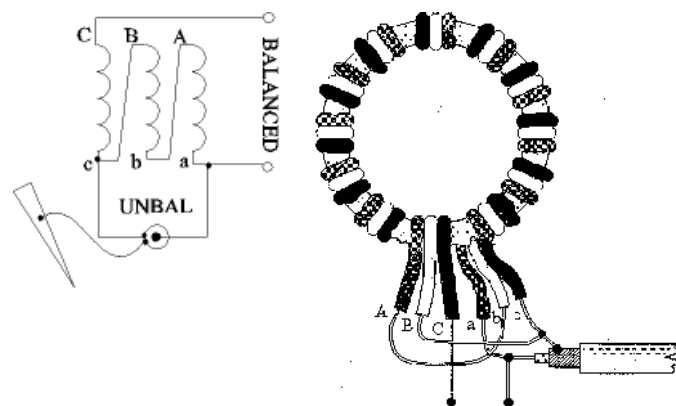
Variante Ableitung mit einer HF Drossel

Es gilt das Gleiche wie bei der Variante mit einem Widerstand. Für die HF hat die Drossel einen hohen Widerstand und keine Beeinflussung. Für die statischen Ladungen bildet die Drossel einen Kurzschluss auf Erde.



Variante Ableitung mit Balun

Wie man aus dem Schema erkennen kann, sind beide Enden des balancierten Teiles gleichstrommässig an Masse gelegt. Dafür sorgt im unbalancierten Teil, der Anschluss "c", welcher mit der Erde verbunden wird. Respektive ist der Schirm der Koax-Buchse mit der Masse des Gerätes und dann über das Chassis des Gehäuses an Erde gelegt.

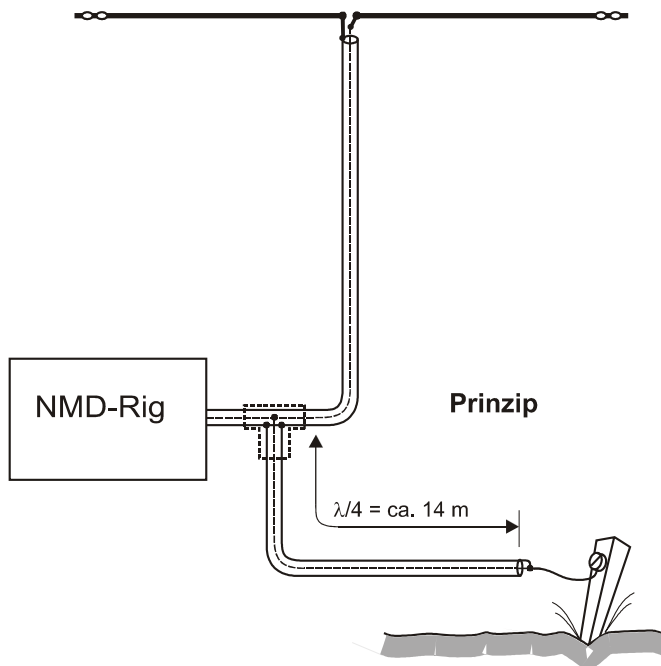


Die Durchschlagsfestigkeit ist durch die Isolation des Lackdrahtes sowie durch die Nähe der Wicklungen A, B, C bestimmt. Eine Isolierung des Ferritkerns mit einem Glasfaser-Band kann noch zur Verbesserung in diesem Sinne beitragen. Ein ausgießen mit Harzen kann die Isolation weiter erhöhen.

Variante mit $\lambda/4$ -Leitung

Vorschlag für eine Schutzvorrichtung gegen elektrostatische Aufladungen

Von Urs Hadorn HB9ABO



Ein Koaxkabel von einer Viertelwellenlänge wird über ein T-Stück bei der Antennenbuchse des NMD-Transceivers angeschlossen. Das andere Ende des Kabels wird kurzgeschlossen und über einen Leiter beliebiger Länge geerdet.

Wirkung:

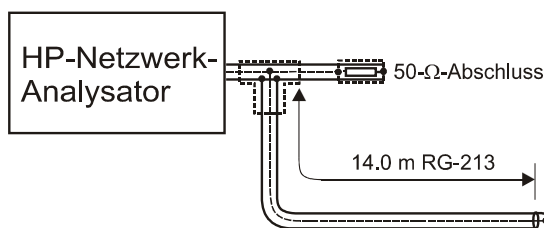
Beide Dipolhälften und der Transceiver sind galvanisch auf Erde. Für die Arbeitsfrequenz 3.5 MHz hat das Kabel keine Wirkung.

Bei dieser Anordnung zählt das Folgende nicht zum Gewicht der Station:

- T-Stück
- Allfälliges Verbindungskabel Transceiver – T-Stück.
- Viertelwellenkoaxkabel
- Erdverbindung, Erdpfahl

Diese Anordnung funktioniert nur bei Antennen, welche über Koaxkabel gespeist werden.

Messanordnung



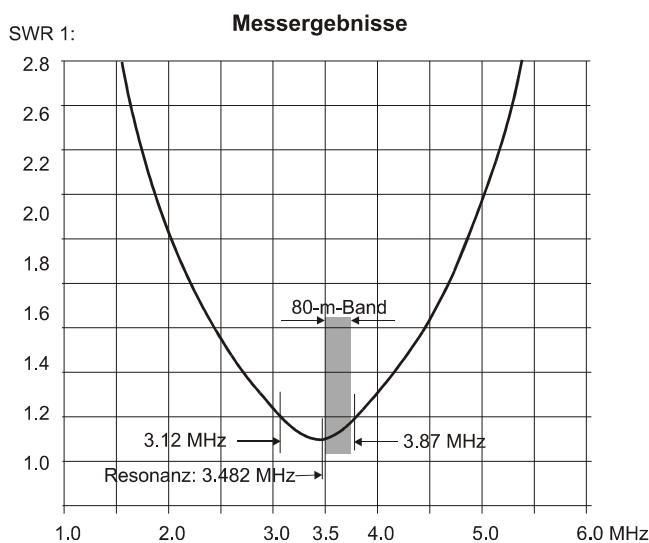
Zum Nachprüfen der Funktionsweise wurde ein RG-213-Kabel auf genau 14.0 m abgelängt und mit N-Steckern versehen. Am Netzwerkanalysator wurde ein 50-Ohm-Abschluss angeschlossen. Zwischen diesem und dem Messgeräteeingang wurde das am Ende kurzgeschlossene 14-m-Kabel über ein T-Stück angeschlossen.

Die Messung zeigt, den Einfluss des Viertelwellenkabels auf die angepasste Last über einen bestimmten Frequenzbereich.

Die Resonanz (tiefstes SWR = 1.1) ist bei 3.482 MHz. Das Kabel ist genau 14.0 m lang. Bei einem Verkürzungsfaktor von 66 % müsste die Resonanz bei 3536 kHz sein. Der tatsächliche Verkürzungsfaktor dieses Kabels beträgt somit 65 %.

Die Bandbreite mit einem SWR < 1.2 geht von 3.12 bis 3.87 MHz. Das Viertelwellenkabel hat in diesem Bereich einen geringen Einfluss auf die 50 Ohm, welche der Transceiver sieht.

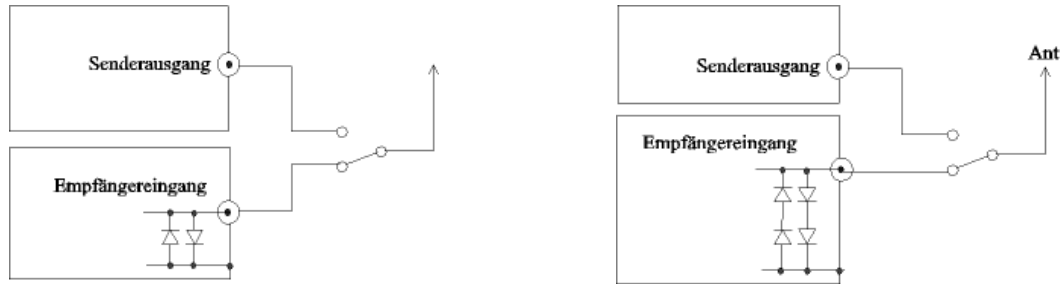
Während der Messung wurde das kurzgeschlossene Kabelende versuchsweise mit einem grösseren Leiter verbunden, was keinerlei Auswirkungen auf die Messkurve hatte.



Ableitung mit Begrenzern

Diodenbegrenzung

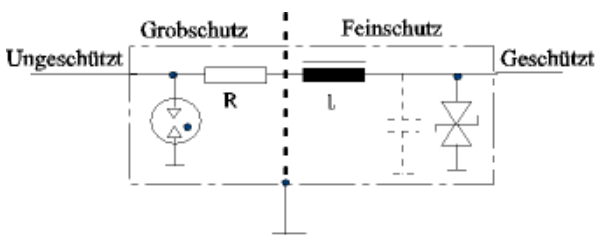
Die einfache Diodenbegrenzerschaltung findet man in vielen Empfängereingängen. Eine einfache Lösung zum Schutz des Empfängereingangs vor geringeren Überspannungsspitzen. Für Heimgeräte wird so etwas nicht gern gesehen, weil die krumme Kennlinie der Diode das Grosssignalverhalten verändern kann. Man findet auch Schaltungen mit zwei Dioden in Serie um die Schwellspannung etwas zu erhöhen. Der Senderausgang bleibt ungeschützt; die Wirkung ist begrenzt, da die Leistung der Dioden nur für einen Feinschutz reicht. Die Dioden sollten auch genügend schnell ansprechen und eine geringe Kapazität haben. Die üblichen Schaltdioden sind dafür geeignet.



Funkenstrecke mit Grobschutz und Feinschutz

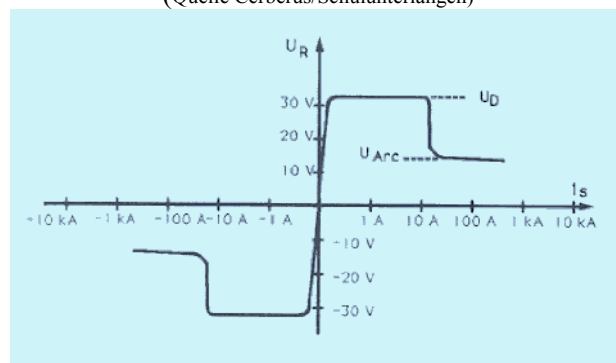
Die stärksten Belastungen einer Überspannungsschutzeinrichtung kommen von blitzbedingten Überspannungen. Vor dem Ansprechen des Gasentladungsableiters gelangt ein grösserer Stossstrom durch die beiden Entkopplungsglieder R und L und durch die Schutzdiode. Solange dieser Strom durch die Diode fliesst, wird die Spannung auf die Durchlassspannung der Diode U_D begrenzt. (Hier ist die Diode mit etwas höherer Begrenzerspannung bestückt.) Sobald die Spannung U_D , zusammen mit den Spannungsabfällen über R und L den Wert der Ansprechspannung des Gasentladungsableiters erreicht haben, zündet diese und übernimmt den Ableitstrom. Die Diode wird dadurch beinahe stromlos. Gäbe es keine Drossel würden die grossen hochfrequenten Ströme, welche vom Lichtbogen über der Funkenstrecke herrühren, über den Feinschutz fliessen und diesen zerstören. Diese Lichtbogen-Spannung ist typischerweise zwischen 10 und 15 V.

Die Dimensionierung der Schutzschaltung ist auch vom Nutzsignal abhängig. Der Längswiderstand kann bei Messanwendungen signalabschwächend wirken, deshalb muss er oft weggelassen oder klein gehalten werden. Oft bedämpft dieser Widerstand zusätzlich das Q der Spule um Resonanzwirkungen zu vermeiden.



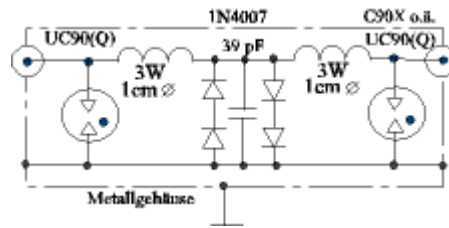
Grobschutz, Feinschutz, Entkopplung,
Das L wirkt den hochfrequenten Strömen des Lichtbogens entgegen, welche die Feinschutzdiode zerstören könnten. Auch ein kleines C kann demselben Zweck dienen.

(Quelle Cerberus/Schulunterlangen)



Strom-Spannungs-Kennlinie am Ausgang des Überspannungsbegrenzers dessen Begrenzung um 30V liegt.
Eingang: 1 kV/μs, Stromwelle 10/700 μs

Welche Schaltung dieser Art kann ich für den NMD brauchen?



Der Grobschutz ist in dieser Schaltung doppelt vorhanden. Das wäre für die Funktion nicht nötig, erlaubt aber einen symmetrischen Aufbau und dadurch Unverwechselbarkeit der Anschlüsse. Die obige Schaltung hat sich im Dauertest bewährt.

Wie wir aus den Schäden von 2002 gesehen haben, wäre es gut, auch den TX zu schützen. Die folgende – noch nicht getestete – Schaltung könnte dazu als Ansatz dienen. Der Grobbleiter darf auch bei schlechtem SWR nicht zünden, muss aber der Spannungsfestigkeit des Treiber- und Endtransistors gerecht werden. Das Pi-Filter dürfte genügend Filterung gegen die HF-Störungen der Lichtbogen-Spannung bieten. Den gleichen Zweck hat die Spule mit 3 Windungen und der 39-pF-Kondensator im Empfängerpfad. Inwiefern dieser noch nötig ist, ergibt sich aus der Empfänger-Eingangsfilterschaltung. Bei einem Filter mit kapazitivem Eingangspannungsteiler könnte er entfallen. Die Organisationsblöcke geben nicht unbedingt die örtliche Anordnung der Bauteile wieder. (Bild 1)

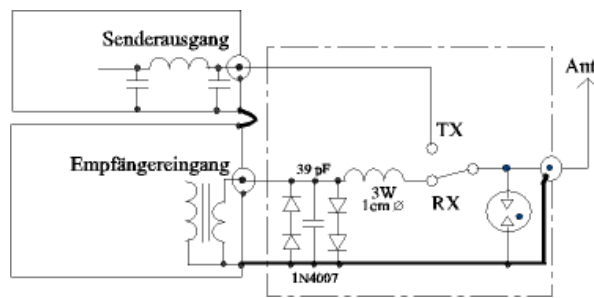


Bild 1: Ansatz TX/RX Schutz für den Selbstbau. Es braucht nicht allzu viel.

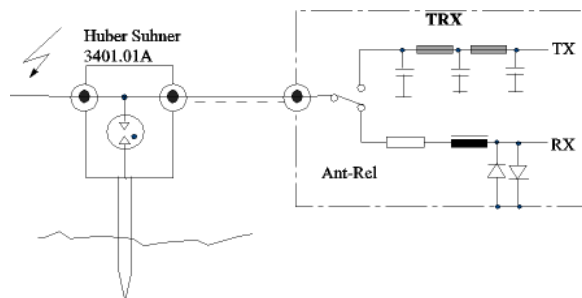


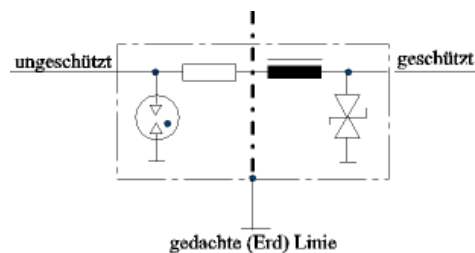
Bild2: Das Gleiche mit einer kommerziellen Grobfunkenstrecke für Sendeanwendungen. Siehe käufliche Schutz-Elemente unten.

Installations-Hinweise

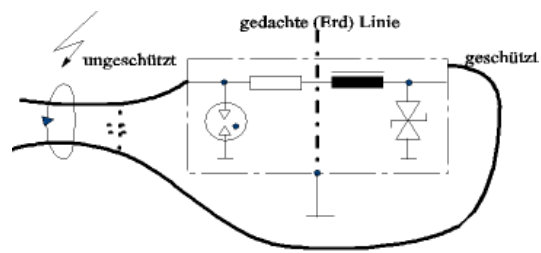
Geschützter, nicht geschützter Bereich

Bei Grossanlagen die einen Überspannungsschutz haben, macht man eine strikte Trennung zwischen ungeschütztem und geschütztem Bereich. Eine NMD-Station hat nur wenige Zu- und Ableitungen, weshalb diese Trennung mit wenig Aufwand zu bewerkstelligen ist.

Vielleicht ist es für die NMD-Station zweckmässig, den Schutz gleich am Erdpfahl zu befestigen, um so diese Trennung zu erreichen. Selbst ein Koax, das über die metallene Campingtischkante führt, vermag seine Ladung auf das Metallteil zu übertragen - und man kriegt eine ausgewischt. Ach ja, den Campingtisch, soll ich den nun auch erden? - Deine Entscheidung !



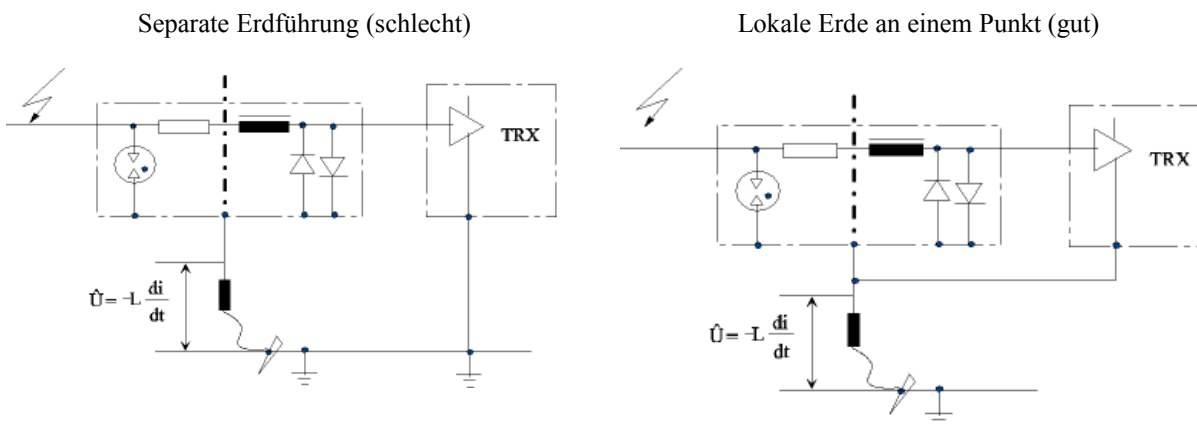
Gestreckte Leitungsführung, keine Verkopplungen, alle Eingangs-, Ausgangsleitungen durchlaufen diese Trennlinie



Durch ungünstige Leitungsführung gibt es induktive wie kapazitive Kopplungen vom ungeschützten in den geschützten Bereich. Bereits ein Kanal mit einer solchen Kopplung kann ein Schutzsystem unwirksam machen.

Erdverbindung

Diese allgemeine Montageempfehlung zeigt, wie man Geräte erden soll, damit der Ableitstrom keinen Schaden anrichtet. Bei einer NMD-Station ist die Situation nicht so kritisch, weil der Schutz in der Nähe des TRX ist. Gute Voraussetzungen für eine lokale Erde können am besten mit einer Massengitterfläche oder einem Blech geschaffen werden. (Flächen machen, um keine Induktivität aufzubauen.)



Durchfließt ein Stossstrom den Ableiter und die Induktivität des Erdableitdrahtes, so entsteht durch die grosse Stromänderungsgeschwindigkeit eine enorme Spannung über der Spule und somit am Ausgangspunkt der Schutzvorrichtung. Diese addiert sich zur Begrenzungsspannung. Dieser gewaltige Spannungsunterschied zum TRX-Eingang beschädigt diesen trotz der Schutz-Einrichtung weil der Referenzpunkt des TRX auf Erdpotential geblieben ist.

Das anzustrebende Erdkonzept:

Die Spannung die über der Induktivität L des Erdverbindungsdrahtes entsteht ist enorm. Die Erde beider Einheiten liegt jedoch auf dem gleichen Niveau.

Beide Geräteeinheiten machen \hat{U} mit der gemeinsamen lokalen Erde gemeinsam mit, es entsteht keine zusätzliche Spannung am TRX Eingang.

Induktivität des Ableiters.

Wir haben zu Beginn gesehen, was für Ströme beim direkten Blitzeinschlag zu erwarten sind. Nehmen wir für unsere Abschätzung nur einen hundertstel oder tausendstel davon. Für unser Beispiel soll $1 \text{ kA}/\mu\text{s}$ gelten, ein relativ kleiner Wert. Da wir keinen Einfluss auf diese Stromänderungsgeschwindigkeit haben, ist sie hier als eine Konstante eingesetzt. Die Induktivität der Erdableitung hingegen können wir beeinflussen. Der Drahtdurchmesser wirkt nicht stark auf die Induktivität aus; die Länge schon.



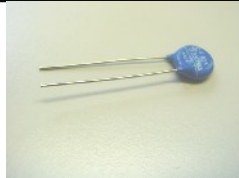
In dieser Betrachtung geht es nur um die über der Induktivität erzeugte Spannung, nicht um ohmschen Widerstand.

Draht-Durchmesser	Induktivität pro m	di /dt	$\hat{u} = -L \times di / dt$ Induktiver Spannungsabfall
1 mm	$1.5 \mu\text{H}$	$1 \text{ kA}/\mu\text{s}$	1.5 kV
6mm	$1 \mu\text{H}$	$1 \text{ kA}/\mu\text{s}$	1 kV

Zusammengefasst: Induktivitätsbildung vermeiden. Flächen sind besser. Insellösung, lokale Erden sind die Verbindung zwischen Theorie und Praxis, weil die Erdung nicht immer nur einen Meter tiefer liegt.

Ableiterbauelemente

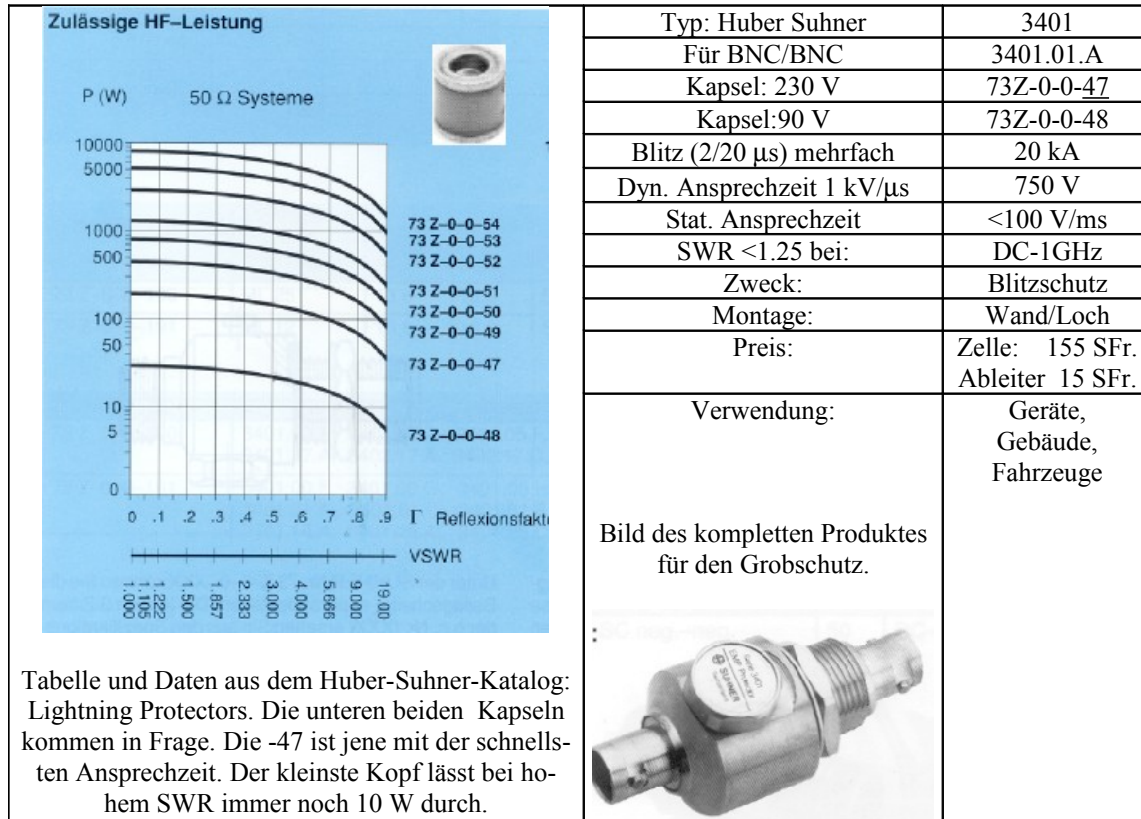
Die Daten der folgenden drei Schutzbauelemente sollen einen Eindruck über deren Leistungsfähigkeit und –grenzen vermitteln. Genauere Daten für die weiteren Elemente entnehme man aktuellen Datenblättern.

Betriebswerte ohne Überspannung			
	Gasentladungs-ableiter	Suppressordiode	Varistor
Ruhestrom, Leckstrom bei max. Betriebsspannung	Typisch 1 μ A	typisch 5 μ A	Typisch 250 μ A
Kapazität	0.8 pF..7 pF	300 pF..10'000 pF	10 pF..15'000 pF
Volumen/kA Ableitstrom (8/20 μ s)			ca. 500mm ³
Temperaturbereich	-55°C...300°C	-65°C...175°C	-40°C...125°C
Betriebswerte im Überspannungsfall			
Begrenzungsspannung	70 V...30 kV	6 V..400 V	16 V...2700 V
Ansprechzeit, abhängig von du/dt	1 kV/ μ s: >300 ns 1 kV/ns: >0.7 nS	1 ns	<25 ns
Strombelastbarkeit: Einzelpuls (8/20 μ s) Einzelpuls (10/1000 μ s)	Bis 200 kA Bis 10 kA	Bis um 5 kA Bis um 1 kA	Bis um 100 kA Bis um 2 kA
Daten von handelsüblichen Elementen			
Typ:	UC230	1KE200E	SO7K130
Hersteller:	Cerberus	GSI	Siemens
Volumen	ca. 0.3 cm ³	ca. 0.2 cm ³	ca. 0.3 cm ³
Max .Betriebsspannung (alle gleich gewählt)	170V	170V	170V
Leckstrom bei max. Betriebsspannung	0.02 μ A	5 μ A	0.5 mA
Kapazität (gem. bei 1 kHz)	1 pF	100 pF	340 pF
Schutzpegel:	Ansprechspannung DC Volt: 185...285V Ansprechstossspannung: Bei 1 kV/ μ s : ca. 650 V	Maximal um 344V	U am Varistor bei 1 μ A: 90 V 1 mA: 205V 1 A: 280V 1000A: 430V
Strombelastbarkeit: Einzelpuls (8/20 μ s) Einzelpuls (10/1000 μ s)	40 kA 1 kA	40 A 4,4 A	1200 A 40 A
			

Käuflicher Grobschutz

Es gibt verschiedene Fabrikate von käuflichen Schutzelementen. Als Beispiel dient hier der gasgefüllte Ableiter vom Typ 3401, der auch für Sendeanwendungen ausgelegt ist. Die eigentliche Funkenstrecke ist auf Ansprechspannung und Nutzleistung zu dimensionieren und ist jederzeit auswechselbar. Dieser Typ ist für Wanddurchführung oder Lochmontage geeignet. Dass heisst, er liesse sich einfach an einen Erdpfahl montieren. Ein weiteres kleines Koax verbindet die Zelle zum TRX-Antenneneingang. Idealerweise sollte der Empfängereingang noch einen Feinschutz mit gegeneinander geschalteten Dioden aufweisen. Siehe auch Funkenstrecke mit Grobschutz und Feinschutz, Bild 2.





Glossar

Ableit-Stossstrom

Ansprech-Stromstoss

wird der Scheitelwert eines Strom-Impuls bezeichnet der mindestens 10mal,

ESD	in Zeitabständen von 30 s beaufschlagt werden kann, ohne das sich die Ansprechigenschaften ändern. Üblicher Prüfpuls 8/20 μ s
EMV	Electro Static Discharge, elektrostatische Entladungen
Bogen-Brennspannung	Elektro Magnetische Verträglichkeit
Dynamische Ansprechspannung	Spannung am Ableiter im Bogenbereich liegt zwischen 10-20V.
Glimm-Brennspannung	Messwert, wenn die angelegte Spannung mit 2 kV/ms ansteigt.
Joule	Spannung am gezündeten Ableiter bei einem Strom von 10 mA
C-Coulomb	Energieeinheit 1J = 1Ws = 1 Nm
Pulsanstiegzeit	Elektrizitätsmenge 1 C=1As
Statische Ansprechspannung	Die Pulsanstiegzeiten werden bei der steigenden und fallenden Flanke bei 10% and 90% der Amplitude gemessen.
Surge = Überspannung	Messwert, angelegte Spannung die mit z.B. 100V/ms ansteigt.
Surge Arrestor = Überspannungsschutz	Overvoltage in general, Alternative name for surge protector, lightning protector.

Schlussbemerkung

Versuche nie, einem Gewitter zu trotzen!

In den Bergen sind Wetterveränderungen schnell möglich. Entnimm der Fibel unter dem Thema Wetter, Gewitter, Gefahren, wie man sich verhalten soll. [7.0] . Bei Schäden irgendwelcher Art kann keine Haftung oder Regression geltend gemacht werden. Die Entscheidung, sich **rechtzeitig aus dem Gefahrenbereich zurückzuziehen**, um Personen oder Sachen zu schützen, liegt beim Operateur. Es ist wichtig, dass man ein Gewitter frühzeitig erkennt. Wenn man in einem Zelt sitzt und mit dem Kopfhörer über dem Kopf NMD-Stationen jagt, kann es schnell passieren, dass man den Rest der Welt vergisst und dem Wetter zu wenig Aufmerksamkeit schenkt.

Ein geplantes Schlechtwetter-QTH kann eine gute Vorsorge sein.