

# 1 Einleitung

Aus aktuellem Anlass greife ich das Thema "ESD" auf. Die Vermutung liegt sehr nahe, dass zwei meiner letzten Reparaturprojekte (Hochfrequenz-Messköpfe von Rohde&Schwarz für die URV/NRV-Gerätereihe) vielleicht hohe Spannungen auf die Kontakte des Anschlusssteckers diese Messköpfe beschädigt haben könnten. Ich denke, so ganz weit hergeholt ist diese Vermutung nicht, habe ich mir doch mit einem ähnlichen ESD-Fehler in meinem Rohde&Schwarz CMS52 Funkmessplatz gerade selber die Karten gelegt und mir an der Reparatur danach fast die Zähne ausgebissen.

Ich lerne nun, dass ich das Thema ESD bereits viel zu lange ignoriert habe. (Und andere Leute offensichtlich glücklicherweise auch, denn sonst hätte ich nicht diese schönen beiden defekten Messköpfe so günstig gekriegt ;-) Ich werde aber bei mir im Labor definitiv etwas ändern müssen, denn ich merke sehr wohl, dass insbesondere an kalten Wintertagen (=Luftfeuchtigkeit nur sehr gering) ich beim Aufstehen von meinen schönen, rückschonenden Rollenstuhl eine gefenstert kriege, wenn ich danach an ein Metallteil fasse\*. Was nutzt einem aber ein schöner Rücken, wenn danach die Fingerspitzen Funken ziehen.

\* Junge Männer kriegen von Ihren Freundinnen beim Anfassen an der falschen Stelle übrigens auch hin und wieder eine "gefensterst". Ich selber habe zwar noch keine Messreihe diesbezüglich gestartet, behaupte jedoch, dass ESD-Armbänder in diesem speziellen Fall ziemlich wirkungslos sind. ;-)

Ich frage Ralf (den Betreiber dieser Internet-Seite) zum Thema "ESD" und erhalte ausführliche Antwort. (Dazu muss man wissen, dass Ralf auch beruflich mit diesem Thema zu tun hat.) Zuerst verteufelt er meinen schönen, rückschonenden Rollenstuhl und zweifelt danach - vermutlich zu Recht- die meist nur statisch durchgeführten ESD-Messungen einiger ESD-Produkte an. Ich bin geneigt, ihm zuzustimmen: jeder, der schon einmal einen Bandgenerator im Physikunterricht gesehen hat, weiß, dass sich Spannungen auch gerne erst durch "Bewegung" von irgendwas aufbauen (Ladungstrennung), also voll auf dynamische Vorgänge abfahren. Was nützt also der beste Stuhl, wenn man dort nur "statisch" darauf herumsitzen und sich nicht bewegen darf\*?

\* jetzt bitte keine unpassenden Beamten-Witze!

Ralf schlägt mir vor, nicht den bunten Prospekten zu trauen, sondern lieber eigene Potenzialmessungen mit Oszilloskop und 10:1-Tastkopf zu machen. Das klingt spannend. Aber dann redet er mir die schönen, warmen Wollsocken (eigenhändig von meiner Oma gestrickt!) ESD-mäßig genauso schlecht wie meine Kunststoff-Unterlage als Schutz des Labortisches. Auch an meinem Fußboden sowie meinen Synthetik-Hausschuhen lässt er kein gutes Haar. Ich habe irgendwie das Gefühl, wenn man mit High-Tech bastelt, dann tut man das am sichersten mit Kleidung aus dem Reformhaus.\*

\* gibt's da auch Wollsocken???

Holz sei ein sehr guter Werkstoff im Labor, besonders Hartholz mit hohen Gerbsäureanteilen (Eichenholz), so wird mir erklärt. Ich persönlich mag zwar die helle und weitestgehend naturnelassene Eiche sehr gern, aber bislang habe ich solche Möbel immer nur ins Wohnzimmer getragen. Auf dem Messplatz hatte ich so einen Eichentisch noch nie.

## 2 Messungen

An einem durchschnittlichen Dezembertag starte ich also nun Ralfs ESD-Evaluierung. Ich habe mir -aus Protest gegen das schlechte Wetter- die von Oma gestrickten Wollsocken angezogen und bin ich meine Synthetik-Hausschuhe gestiegen. Ich klemme die Masseklemme meines 10:1-Oszilloskopstastkopfes auf eine auf dem Labortisch liegende Messplatzbaugruppe und nehme die Tastkopfspitze zwischen die Finger. Damit ich etwas mehr Bewegungsfreiheit für meine Tests habe, verlängere ich mir die Tastkopfspitze mit einer Krokodilklemme und einem Kabel, dessen abisoliertes Ende ich nun in den Händen halte.

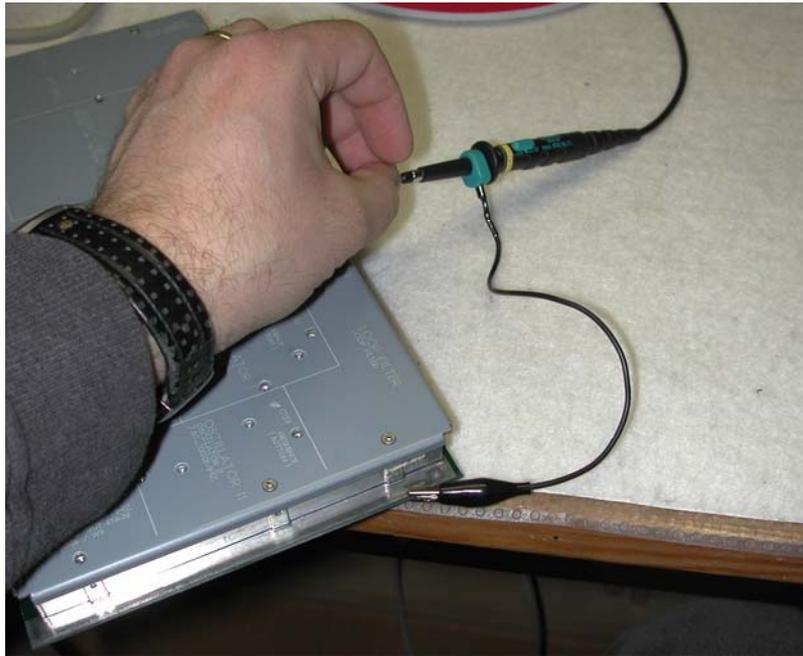
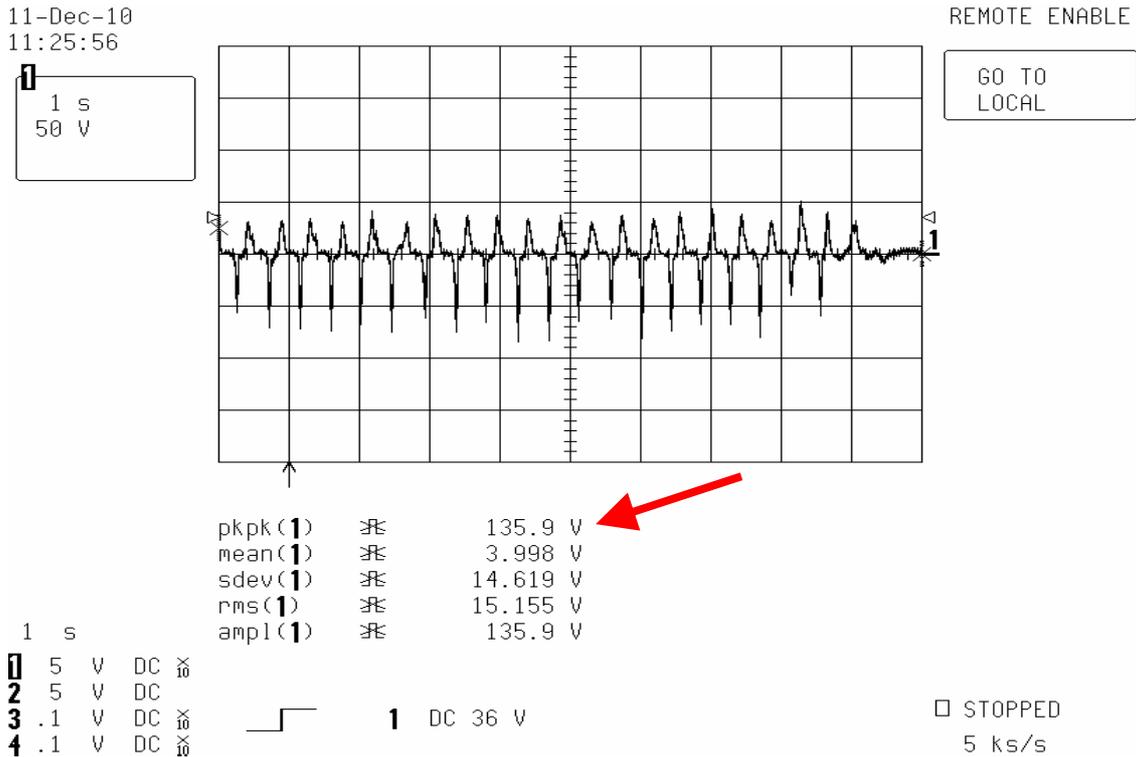


Abbildung 1: ESD-Messaufbau

Der Tastkopf ist an meinem LeCroy Digitalspeicheroszilloskop angeschlossen. Dort habe ich auf langsame X-Ablenkung und 50V/div in Y gestellt. Auf DC geschaltet, kann ich nun die Spannung messen, die sich zwischen mir und der auf dem Tisch liegenden Baugruppe aufbaut- also genau das, was die Bauteile nun beim einem dran-herumgrabbeln von mir an elektrischer Spannung abkriegen würden.

Ich laufe ein wenig auf der Stelle und staune nicht schlecht: das Oszilloskop zeigt im Moment der Bewegung tatsächlich signifikant messbare Spannungen im Zehner-Volt-Bereich! Ich bewege mich vom Laminatfußboden auf unseren vor der Ausgangstür liegenden Teppichläufer- huh! Die Spitzenspannung hat mich mindestens verdoppelt! Dann treibe ich es auf die Spitze und stampfe mit Füßen fest auf den Boden. Es ist nicht zu glauben, aber mit dieser simplen Methode erzeuge ich heute Spitzenspannungen von fast 140V! Ich bin völlig baff, das hätte ich nie erwartet!

Dann mache ich ein paar Versuchsreihen, wie ich das Erzeugen dieser hohen Spannungen am wirksamsten vermeiden kann. Mal wechsele ich die Hausschuhe, mal stelle ich mich auf oder neben den Teppich oder setze mich auf den Drehstuhl und scharre mit den Füßen. Bereits nach wenigen Minuten stehen die größten ESD-Generatoren fest: der Teppich vor der Tür in Kombination mit meinen Hausschuhen!



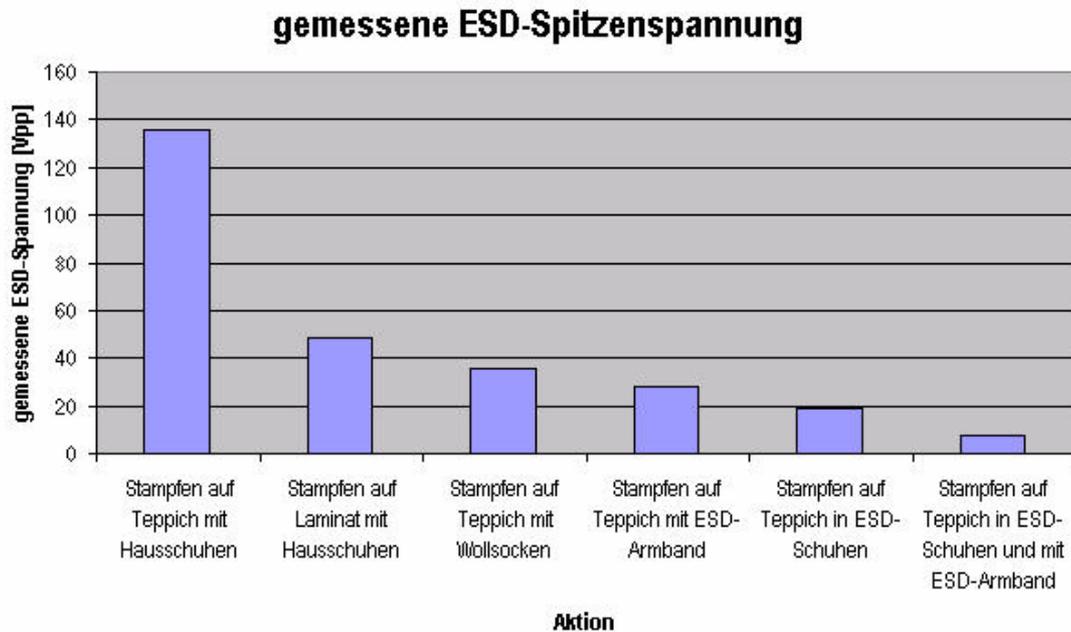
**Abbildung 2: der schlimmste Fall: ESD-Spannungen bis knapp 140V durch Fuß-Stampfen auf Teppich**

Sobald ich die Hausschuhe ausziehe, sinkt die Spannung bereits beträchtlich. Noch weiter verbessern kann ich das, wenn ich mir "echte" ESD-Schuhe anziehe. Ein zusätzlich um das Handgelenk gestreiftes ESD-Armband schafft es -zusammen mit den Schuhen- meine ESD-Spannung von 140V auf ca. 8V abzusenken!\* (Siehe Abbildung 3)

\* Man muss sich bei diesen Werten aber bitte stets vor Augen halten, dass die sich aufbauende Spannung durch den Oszilloskoptastkopf belastet wird, der im 10:1-Modus immerhin noch einen Eingangswiderstand von ca. 10M $\Omega$  hat. Das bedeutet, dass jede sich aufbauende ESD-Spannung gegen diesen 10M $\Omega$ -Widerstand anarbeiten muss. In der Praxis hängt man ja nun nicht am Oszilloskoptastkopf, ist also noch hochohmiger gegen seine Umwelt (außer vielleicht, wenn man Schweißfüße hat, aber das will ich hier nicht weiter verfolgen, denn dann ist es bis zum Fußpilz nicht mehr weit und dass will ich hier wirklich nicht diskutieren!).

Wichtig ist nur zu wissen: es können sich in der Praxis noch viel leichter hohe Spannungen aufbauen, als ich hier messe; ESD ist in Wahrheit also noch viel gefährlicher als hier in der Messung nachgewiesen!

Anbei eine Übersicht der maximal gemessenen Spitzenspannungen in verschiedenen Situationen:



**Abbildung 3: Übersicht der erzeugten ESD-Spitzenspannungen**

Wir sehen: der schlimmste Fall (Stampfen auf Teppich mit Hausschuhen) erzeugt Spitzenspannungen von fast 140V. Lässt man die Hausschuhe weg und "steppt" (wie ein Bär ;-)) auf Omas Wollsocken, bringt das bereits etwa 100V Reduktion. Ähnliche Auswirkungen zeigt das Anlegen eines ESD-Armbands: es senkt um knappe 110V.

Das Tragen von ESD-Schuhen zeigt noch ein wenig mehr Wirkung: es reduziert den schlimmsten Fall um ca. 120V auf etwa 20V.

Beide ESD-Produkte (Schuhe+Armband) gleichzeitig eingesetzt, reduzieren den schlimmsten Fall auf etwa 8 Volt, das ist also eine Reduktion um mehr als 130V! In dB ausgedrückt wären das knappe 25dB, also doch schon recht beachtlich angesichts der Einfachheit der getesteten Maßnahmen!

## 3 Resultat

Am Ende dieses Tests kann ich nur all die Thesen bestätigen, die mir Ralf schon vorab prophezeit hat:

1. Vermeide schnelle, hektische Bewegungen (denn je schneller, desto höher die Spannung)
2. Vermeide Stampfen und Schlurfen mit den Schuhen
3. Vermeide alle Arten von Synthetik an Arbeitsplatz und Kleidung (Schuhe, Socken, aber sogar auch Schnellhefter und Klarsichtfolien!)
4. Streichele nie Deine Katze am Arbeitsplatz (kein Witz!)

5. Besondere Vorsicht bei kaltem, trockenem Wetter! (=> Hohe Luftfeuchtigkeit wirkt ESD-Spannungen sehr wirksam entgegen. Wenn Luftfeuchtigkeit niedrig ist, kann sich ESD-Spannung einfacher aufbauen!)
6. Verwende immer eine geerdete ESD-Unterlage!
7. Stelle sicher, dass dein LötKolben entsprechend geerdet ist (Lötstpitze gegen Erde messen)
8. Streife Dir ein ESD-Armband über, wenn Du an ESD-sensitiven Bauteilen arbeitest
9. Vermeide stets das direkte Anfassen der Bauteil-Anschlüsse

Aber zu aller erst: Mache Messungen mit dem Oszilloskop und 10:1-Tastkopf, um herauszukriegen, WAS überhaupt kritisch an deinem Laborplatz ist!



**Abbildung 4: LötKolben ESD-sicher machen**

Bei mir stelle ich voller Erschrecken fest, dass meine LötKolbenspitze überhaupt nicht geerdet ist! Weil ich eine Lötstation der renommierten Firma "Weller" benutze, die zudem auch ein aufgedrucktes "ESD-Symbol" trägt, bin ich bislang nie auf die Idee gekommen, das in irgendeiner Form anzuzweifeln und wirklich einmal nachzumessen. Erst mit einem an der Frontplatte ansteckbaren ESD-Erdungskabel wird die Lötspitze korrekt über 1MOhm geerdet (siehe Pfeil in Abbildung 4). Ich bin baff, eigentlich hätte ich hier eine standardmäßige Erdung erwartet. Dann begreife ich jedoch, dass das der LötKolbenhersteller keinesfalls per Default machen darf: man stelle sich vor, dass man mit dem LötKolben an einem Bauteil lötet, das nicht entladen werden DARF (z.B. Batterie, Elko mit hoher Spannung,...). Da wäre es unter Umständen vielleicht sogar sinnvoll, potenzialfrei zu sein. Ich stelle aber dennoch fest: bei mir tun sich Abgründe meiner Unwissenheit auf!\*

\* Der erste Weg zu Besserung!

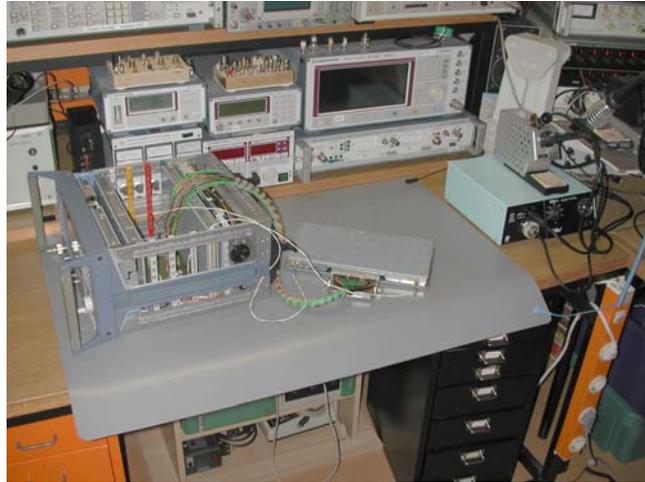
Wie meine ganzen Basteleien mit einem nicht geerdeten LötKolben, bandgenerator-artigen Synthetik-Hausschuhen und teilweise einer schnurrenden Katze auf dem Schoß so lange gut gegangen sind, ist mir jetzt ein echtes Rätsel.

Was die Welt übrigens schon immer wissen wollte:

Wie ist es eigentlich ESD-mäßig, wenn man von der Katze gleichzeitig an der Hand geleckt wird, während man sie streichelt? Wird man dann von der leckenden Fellknäuelzunge auch gleichzeitig wieder geerdet? Müsste man der Katze dann aber nicht auch auch hin und wieder 1MOhm-Strombegrenzungssiderstände ins Futter streuen? Hmm..ob ein Tierarzt das weiß?;-)

## 4 Maßnahmen

Nun, was soll's- ab jetzt wird alles besser!



**Abbildung 5: Messplatz- nun mit ESD-Unterlage!**

Die ESD-Unterlage mit Erdungsstecker hat mir der Nikolaus gebracht; ebenso das ESD-Armband mit Spiralkabel. Die Hausschuhe haben nun Laborplatzverbot und der Wunschzettel für Weihnachten wird um ein Paar neue ESD-Sandalen erweitert. Ich bestelle noch einen ESD-Masseverteiler, damit ich Lötkolben und ein zweites ESD-Armband (notfalls als Halsband für die Katze, falls sie doch wieder gestreichelt werden will und nicht gleichzeitig lecken mag ;-)) anschließen kann. Omas Wollsocken dürfen bleiben, aber meine bislang benutzte Schreibtischunterlage fliegt raus und macht der ESD-Unterlage Platz. Die sieht sowieso viel professioneller aus als dieses olle Plastikteil.



**Abbildung 6: Teppich, Hausschuhe und alte Schreibtischunterlage**

Fazit: das Thema "ESD" hatte ich bislang stark unterschätzt, denn es ist eine echte und ernst zu nehmende Gefahrenquelle. Das Gute daran aber ist, dass man es recht gut beherrschen kann, wenn man ein paar Dinge beachtet. Für vielleicht 50..100Euro Investition in ESD-Schutz kommt man meiner Meinung nach schon ziemlich gut zurecht und kann sich wirkungsvoll vor bösen Überraschungen schützen.

Danke an Ralf für seine guten Tipps!

Marc Michalzik, DEC2010