

## 11. Guard- und Sensetechnik

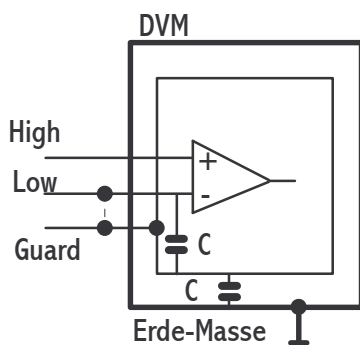
Guard bedeutet Wache und Schutz Einrichtung und Sense heißt so viel wie Empfindung und spüren von etwas. Bei der Guardtechnik wird der Meßkreis und deren Geräte vor Störspannungen und Leckströmen, die das Meßergebnis verfälschen, geschützt. Es gibt eine Spannungsguard und eine Stromguard. Die Sensetechnik dient meist dazu Spannungsabfälle in stromführenden Leitungen durch eine zusätzliche Regelschleife zu kompensieren.

### 11.1 Spannungsguard

Die Spannungsguard oder auch V-Guard ist eine passive Abschirmungs- und Erdungstechnik, die nur bei speziell vorbereiteten Geräten möglich ist. Mit Hilfe dieser Technik ist es möglich die vorhandenen Gleichtaktströme zu reduzieren und somit die Gleichtaktunterdrückung zu erhöhen, was einer Reduzierung des Gleichtaktfehlers entspricht. Angegeben wird der Fehler mit dem  $CMRR = \text{Common-Mode-Rejection-Ratio} = \text{Gleichtakt-Unterdrückungsverhältnis}$ .

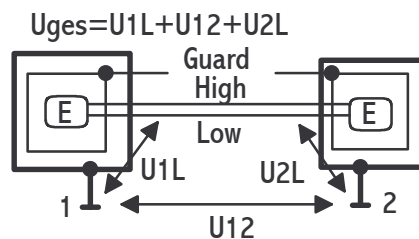
**Beispiel:** 120dB  $CMRR=1\ 000\ 000$  zu 1; mit 100mV Messung und 1V Gleichtaktspannung  $\Rightarrow 1\mu\text{V}$  Fehler  $\Rightarrow 0.001\%$ .

Der Gleichtaktstrom ist ein Leckstrom, der im Kreis zwischen den beiden Geräten, über die Meßleitungen einerseits und über das Masse-Erde-Systems des Netzes andererseits, fließt. Verursacht wird der Gleichtaktstrom durch Streukapazitäten und Leckwiderstände im Gerät zwischen



der Elektronik und der Erdmasse aber auch im Netztransformator selbst. Auch ist nicht unbedingt sicher gestellt, daß die Massen der beiden Geräte gleiches Potential haben (meist 0 Volt). Dieser Strom fließt nun über die Meßleitungen und verursacht hier, abhängig von deren Gesamtwiderstand, einen Spannungsabfall ( $U_{ges}$ ), der zusätzlich zu der zu messenden Spannung auftritt und so zu Fehlmessungen führt. Die Gleichtaktspannung entspricht dem Spannungsabfall zwischen LOW des einen Gerätes und LOW des anderen und schließt daher die Potentialdifferenzen der Erden mit ein. Hierbei ist die LOW-Meßleitung besonders betroffen, da hier der Strom nicht noch zusätzlich durch den Innenwiderstand der Geräte zwischen High und Low begrenzt wird.

Um die Guardtechnik überhaupt anwenden zu können, ist im Gerät ein zusätzlicher metallischer Guardschirm um die Meßelektronik und die Sekundärwicklung des Transformators gelegt. Dieser ist im Gegensatz zu dem Metallgehäuse nicht auf Netzerde gelegt, sondern mit einem Kabel an der speziellen Guardbuchse angeschlossen. Es muß nun beim guardfähigen Gerät dafür gesorgt werden, daß dieser Leckstrom an der Meßleitung vorbei niederohmig abgeführt wird. So beeinflusst der Strom beziehungsweise Spannungsabfall die Messung nicht mehr. Dazu wird zwischen dem Low des einen Gerätes und dem Guard des andere eine zusätzliche Verbindung geschaffen. Üblicherweise ( $AC > 10\text{kHz}$ ) wird hierbei der Schirm von abgeschirmten Meßkabel als Guardleiter verwenden. Ansonsten ist eine zusätzliche Meßleitung zu benutzen. Es sind dabei zwei wichtige Regel zu beachten:

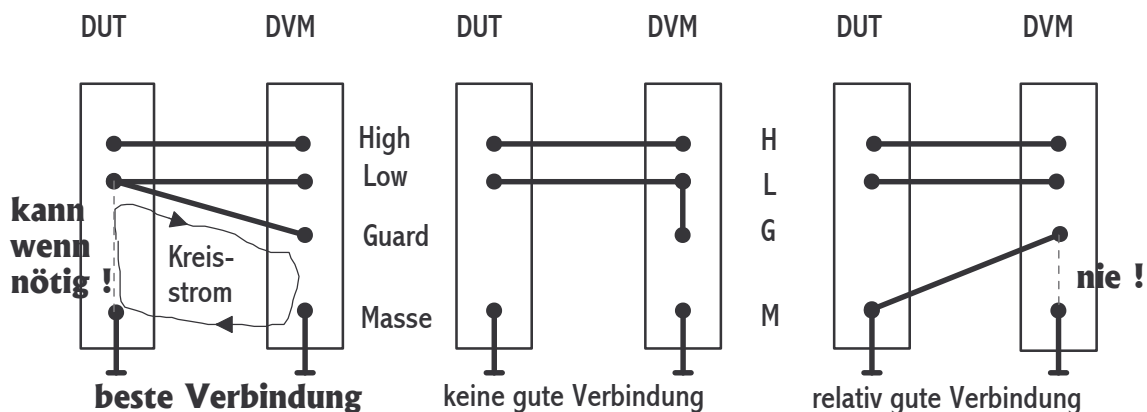


1.) Guard muß immer mit LOW und zusätzlich Ground (teilweise) verbunden sein !

2.) Guard ist im System immer nur an einer Stelle mit LOW (Ground) verbunden !

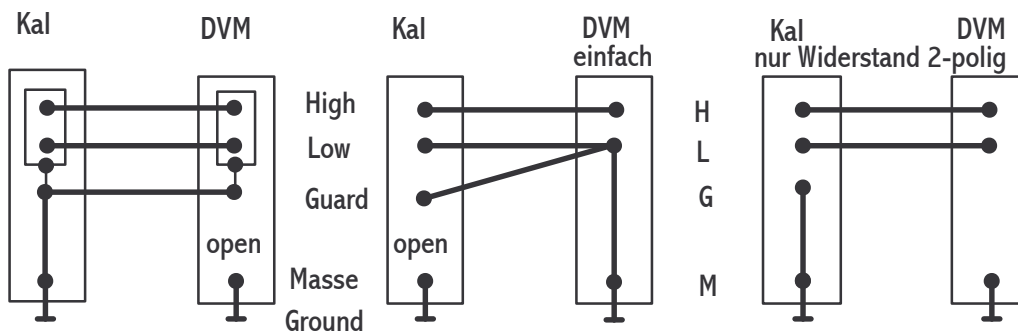
Die Guard Anschlußtechnik ist ähnlich wie bei der elektronischen Masseschaltungstechnik zu betrachten. Es gibt immer einen Massepunkt der mit Erde (hier LOW) verbunden werden muß und alle anderen Massestellen sind an diesem einen dann angeschlossen und dadurch dann auch wieder mit Erde verbunden. Es gibt so auch hier keine Masseschleifen, die zum Teil in der NF-Technik den berühmten Brumm verursachen. Das Guard immer mit LOW verbunden sein muß hängt mit einer dann zusätzlichen Meßfehlererzeugung zusammen. Entscheidender ist aber die Tatsache, daß sich an der Streukapazität, die zwischen dem Guardschirm und LOW liegt, eine unzulässig hohe statische Spannung aufbauen kann und so das Gerät zerstört wird. Zwischen Guard und LOW sind bei einigen Geräten nur 50 Volt erlaubt. Der Einsatz der Guardtechnik wird bei DVM's besonders empfohlen bei: genauen Messungen, vorhandenen Gleichtaktspannungen, Messungen mit Auflösungen unterhalb  $10\mu\text{V}$  und bei langen Anschlußleitungen. Die nun folgenden Abbildungen geben die verschiedenen Anschlußfälle wieder, hier zwischen einem Voltmeter (zB. HP3458, So 7081) und einer Spannungsquelle (DUT).

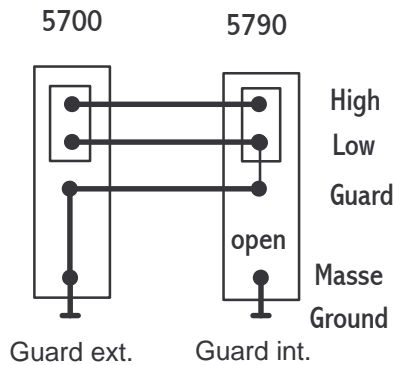
Die linke Beschaltung ist optimal, da sie den Leckstrom von der Leitung LOW wegführt. Die mittlere Verbindung gilt nur für sehr kurze Zuleitungen. Die rechte Verbindung schließt die



Potentialdifferenz der Massen kurz. Die gepunktete Verbindung ist nicht erlaubt, da die Spannungen zwischen LOW und Guard nicht hoch sein dürfen.

Zuvor zwischen einem Kalibrator (5700) und einem DVM die entsprechenden Beispiele. Aus den Beispielen zu ersehen gilt: Wenn LOW nicht mit Guard verbunden, dann Guard mit





Masse, sonst wenn LOW mit Guard verbunden, dann Masse offen lassen. Das heißt eine Verbindung von LOW und Masse ist nicht erwünscht. Beim 5200 ist bei einfacher Anschlußtechnik (2-polig) Guard mit LOW am Kalibrator verbunden.

## 11.2 Stromguard

Die Stromguard oder auch I-Guard ist eine aktive Abschirmtechnik, die Erdleckströme der Anschlußleitungen gegen Erde verhindert. Sie ist besonders bei Wechselspannungs- und Wechselstrommessungen sinnvoll. Hierbei wird zusätzlich zu dem

V-Guardverbindungskabel bei einem abgeschirmten Kabel der Schirm an einer Seite mit I-Guard verbunden und an der anderen Seite offen gelassen. An der I-Guard Buchse liegt eine Wechselspannung, die in Phase mit dem HIGH-Ausgangsstrom ist und die Höhe der Abfallspannung an den Ausgangsbuchsen (Compliance Voltage) entspricht. Leckströme fließen jetzt zwischen dem Guardschirm und dem Außenpotential, ohne die inneren Ströme zu beeinflussen. Ein Beispiel für den ungegardeten Fall soll dies belegen.

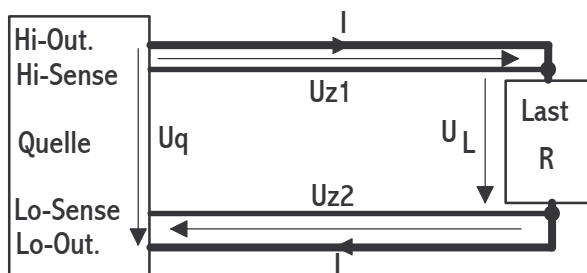
**Beispiel:**  $f=1\text{kHz}$ ;  $1\text{V}$  Spannungsabfall; Kabel  $3\text{m}$  mit  $100\text{pF/m}$ ; Leckstrom  $= i = U \cdot (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C) \Rightarrow i = 1 \cdot (2 \cdot 3,1416 \cdot 1000 \cdot 300 \cdot 10^{-12}) = 1,9\mu\text{A}$ . Bei einem Meßstrom von  $100\mu\text{A}$  ergibt dies mit quadratischer Addition einen Fehler von  $\sqrt{(100^2 + 1,9^2)} - 100 = 0,018\mu\text{A}$

Eine einfache Version ist ein Operationsverstärker, der die Leitungseingangsspannung hochohmig mit der Verstärkung eins ohne Phasendrehung an die Guardleitung abgibt.

## 11.3 Sensetechnik

Die Sensetechnik (Fühltechnik) wird immer dann eingesetzt, wenn ein durch Stromfluß unerwünscht erzeugter Spannungsabfall vorkommt. Dieser Spannungsabfall tritt normalerweise in den Zuleitungen von einer Spannungs- oder Stromquelle zu einer Last hin auf. Die Quelle kann ein Spannungskalibrator, ein Netzteil oder eine bekannte Referenzstromquelle für Widerstandsmessungen sein. Entsprechend ist die Last ein Multimeter, ein normaler Verbraucher oder ein Meßwiderstand. In den beiden ersten Fällen liegt am Multimeter beziehungsweise am Verbraucher nicht die volle Spannung der Quelle an. Beim dritten Fall wird am Widerstand die falsche Spannung und damit der Widerstand unrichtig bestimmt. Wenn man den Zuleitungswiderstand und den Strom genau kennt, kann man die fehlerhafte Spannung korrigieren. Dies ist in der Praxis jedoch normalerweise nicht genau genug möglich.

$$U_Q = U_{Z1} + U_{Z2} + U_L \quad (11.1)$$



**Beispiel:**  $R_L=10\text{Ohm}$ ;  $I=1\text{mA}$ ;  $R_Z=1\text{mOhm} \Rightarrow U_L=10\text{mV}$ ;  $U_Z=1\mu\text{V} \Rightarrow U_Q=2\mu\text{V}+10\text{mV}=10,002\text{mV}$ . Ein Widerstand würde bei diesen realistischen Werten bei zweipoliger Messung um  $0,02\%$  zu hoch bestimmt.

Durch Hinzufügen von zwei weiteren Leitungen (Sense) zu den beiden normalen Leitungen (Output) und einer entsprechenden Schaltungsänderung in

---

der Quelle, wird das Problem des störenden Spannungsabfalls umgangen. Dabei wird die Senseleitung, die auf Grund der hochohmigen Senseelektronik fast stromlos bleibt, direkt an die Last herangeführt, um dort direkt den Spannungsabfall zu detektieren. Damit wird der Spannungsabfall der Leitungen elegant umgangen, obwohl er nach wie vor noch besteht. Der Spannungskalibrator oder das Netzteil regelt nun die Spannung am Ausgang (Output) so lange nach, bis die detektierte Spannung mit der gewünschten übereinstimmt. Bei der Widerstandsmessung wird jetzt nur der Spannungsabfall am Widerstand gemessen und mit dem ohmschen Gesetz ergibt dies über den bekannten Meßstrom den Widerstandswert. Für diese Meßmethode sind viele Normalwiderstände mit je zwei Strom- und Spannungsanschlüssen versehen. Allgemein ist darauf zu achten, daß die Senseanschlüsse so nah wie möglich an der Last anzuschließen sind. Bei Kalibratoren kann man meist zwischen den beiden Anschlußmethoden wählen. Die Sensetechnik wird bei der Wahl der Vierpolmessung von Widerständen in Multimetern automatisch intern umgeschaltet. Nachteilig bei der Sensetechnik ist der zusätzlich Leitungsaufwand, der aber bei Präzisionsmessungen gerne in Kauf genommen wird. Es kann bei Kalibratoren, auch wenn dies mathematisch nicht zu erklären ist, bei hohen Spannungen und Frequenzen (z.B.:100V/1MHz) zu Unterschieden bei interner oder externer Sensetechnik kommen.