

## Messgenauigkeit und Messbereiche im dynamischen AC-Messfall



Wer in der Messtechnik unterwegs ist, der kommt um Messfehler und Messungenauigkeiten nicht herum. In unserem Beitrag zeigen wir die Auswirkungen im dynamischen AC-Messfall.

### Index

|                                                                    |   |
|--------------------------------------------------------------------|---|
| 1. Parallel geschalteter ohmscher Widerstand oder Kondensator..... | 2 |
| 2. Abschätzung mit einem Impedanz-Diagramm.....                    | 4 |

# Messgenauigkeit und Messbereiche im dynamischen AC-Messfall

**Wer in der Messtechnik unterwegs ist, der kommt um Messfehler und Messungenauigkeiten nicht herum. In unserem Beitrag zeigen wir die Auswirkungen im dynamischen AC-Messfall.**

In der Elektronikpraxis Ausgabe 4/2017, S.78 ff. wurden die Einflüsse eines Messgerätes auf Messungenauigkeit und Messfehler im statischen DC-Messfall vorgestellt. Weiterhin wurde der Vorteil von Messgeräten mit einer höheren Anzahl von Messbereichen in Bezug auf die Messunsicherheit dargestellt. In diesem Artikel wird darauf aufbauend auf die Auswirkungen im dynamischen AC-Messfall eingegangen.

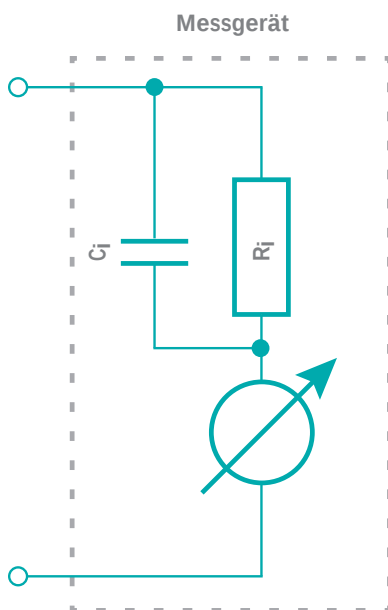
Im letzten Artikel wurde definiert, dass die Messgenauigkeit die Summe aus Messunsicherheit und Messfehler darstellt. Die Messunsicherheit stellt sich auch bei dynamischen AC-Messungen wie auch bei den statischen Messungen dar, d.h. es sind die in den Datenblättern angegebene Werte zu berücksichtigen. (siehe Elektronikpraxis Ausgabe 22/2016, S.96 ff.).

Beim Messfehler, welcher durch das Messgerät selbst entsteht, kommt nun bei dynamischen AC-Messungen neben dem internen ohmschen Widerstand auch die dazu parallele interne Kapazität zum Tragen (siehe Abbildung 1).

## 1. PARALLEL GESCHALTETER OHMSCHER WIDERSTAND ODER KONDENSATOR

Die Eingangsimpedanz eines Oszilloskops, Digitizers oder Multimeters wird daher üblicherweise als die Parallelschaltung eines ohmschen Widerstandes und eines Kondensators definiert. Typische Werte für Digital Multimeter sind hier 10 M $\Omega$  und Kapazitäten von 20 pF bis zu 300 pF (siehe Artikel „So wählen Sie Oszilloskop, Digitizer und DMM aus“ Ausgabe 22/2016). Bei Oszilloskopen ist hier mit 1 M $\Omega$  und parallel dazu 20 pF zu rechnen.

In dem bisher verwendeten Beispiel der Messung an einem Spannungsteiler wird nun ein sinusförmiges Quellsignal von 24 V<sub>AC</sub> eingespeist (siehe Abbildung 2).



**Abbildung 1:** Messung am Spannungsteiler; links als unbelastetes System und rechts als Ersatzschaltbild.

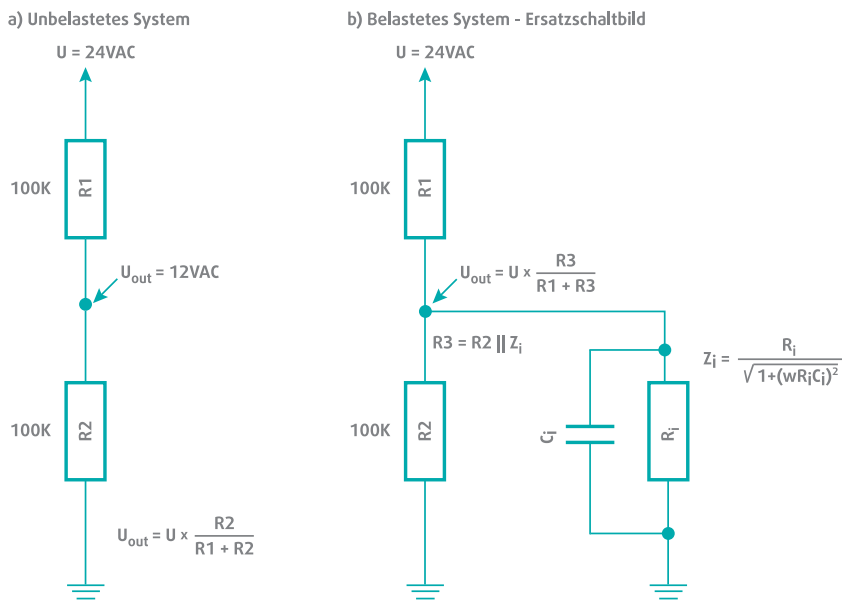


Abbildung 2: Eine prinzipielle Darstellung der Eingangsimpedanz.

Die Abbildung 2a) zeigt wieder das unbelastete System mit der idealen Ausgangsspannung von  $12\text{ V}_{AC}$ . Wird ein Messgerät angeschlossen um die Spannung über  $R_2$  zu messen, wirkt in unserem dynamischen Messfall nun die Kombination aus parallel geschaltetem Widerstand und parallel geschalteter Kapazität. Dies wird in Bild b) im Ersatzschaltbild gezeigt. Damit ergibt sich eine Impedanz  $Z_i$ , welche dem zum messenden Widerstand parallel geschaltet wird und somit einen frequenzabhängigen Messfehler erzeugt. Die Impedanz  $Z_i$  berechnet sich wie in Abbildung 2 dargestellt.

Als praktisches Beispiel werden ein Messgerät mit niedriger Eingangskapazität von  $20\text{ pF}$ , wie zum Beispiel das Multi Measurement Device PXMe7820 von VX Instruments, und ein exemplarisches Messgerät mit einem marktüblichen Kapazitätswert von  $300\text{ pF}$  angenommen. Für beide Geräte wird ein ohmscher Eingangswiderstand von  $10\text{ M}\Omega$  zugrunde gelegt. Damit ist die Auswirkung der unterschiedlichen Eingangskapazitäten auf die Gesamtimpedanz zu sehen (siehe Abbildung 3).

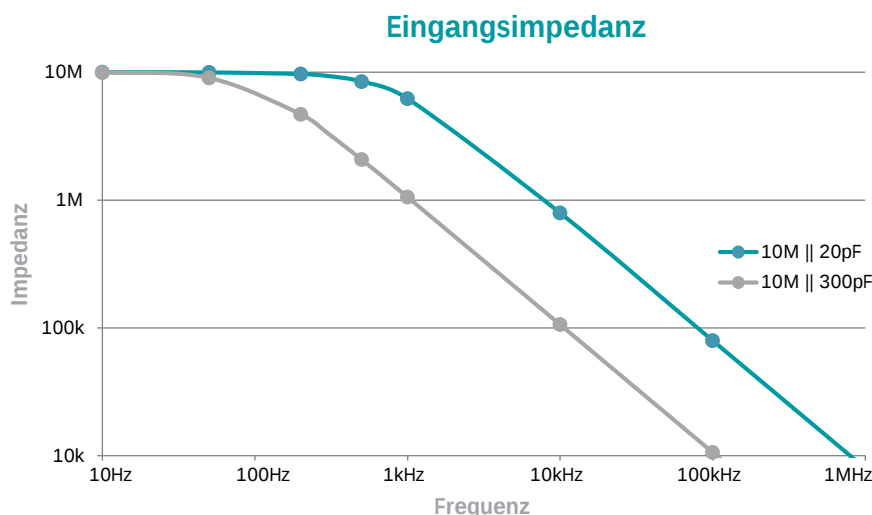
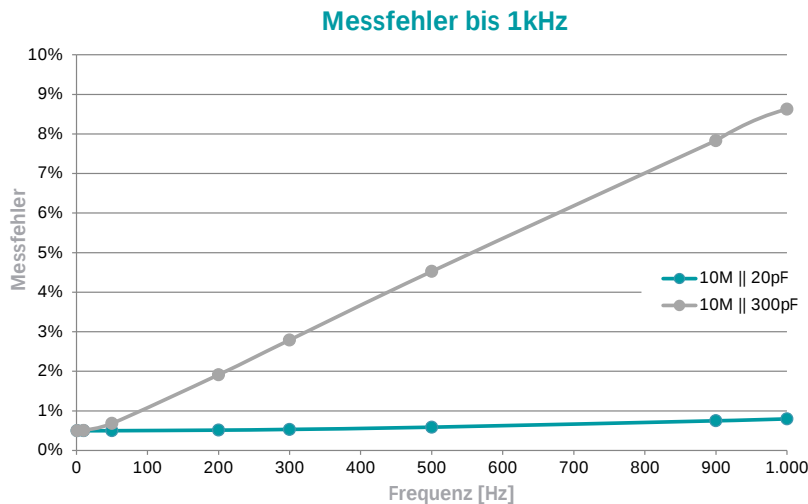


Abbildung 3: Die Eingangsimpedanz für beide Messgeräte.

Bereits bei niedrigen Frequenzen ab 100Hz führt dies zu einem deutlichen Unterschied in der Beeinflussung des Messsignals, also des erzeugten Messfehlers. Für unser aufgeführtes Beispiel ergibt sich damit der in Abbildung 4 aufgezeigte Messfehler für beide Messgeräte.



Bereits bei einer Frequenz von 1 kHz ist hier ein deutlicher Unterschied zwischen beiden Geräten zu erkennen. Ein Messfehler von nahezu 5% ist für die meisten Anwendungen nicht akzeptabel.

Abbildung 4: Ein Messfehler bis 1 kHz.

## 2. ABSCHÄTZUNG MIT EINEM IMPEDANZ-DIAGRAMM

Ein schnelle Abschätzung der Eingangsimpedanz eines Messgerätes über die Frequenz, kann mit Hilfe eines so genannten Impedanz-Diagramms oder auch Hf-Tapete genannt, erfolgen (siehe Abbildung 5).

Um die Impedanz bei einer bestimmten Frequenz abzuschätzen, wählt man als erstes diesen Punkt, z. B. 10 kHz, auf der x-Achse aus. Im weiteren Verlauf folgt man einer gedachten Linie in y-Richtung bis diese die Diagonale mit dem passenden Kapazitätswert, z. B. 10 F, schneidet. Projiziert man diesen Schnittpunkt in horizontaler Richtung auf die y-Achse, erhält man die gesuchte Impedanz, d. h. in

### LRC DIAGRAM

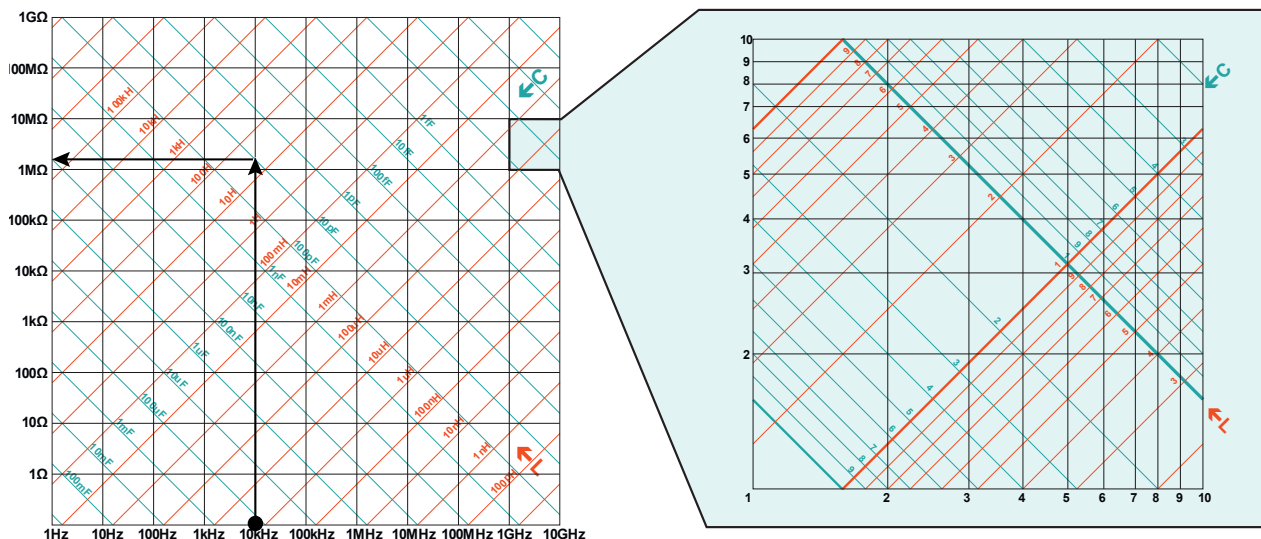


Abbildung 5: Für eine schnelle Abschätzung der Eingangsimpedanz eines Messgerätes über die Frequenz hilft das sogenannte Impedanz-Diagramm oder auch HF-Tapete.

unserem Beispiel einen Wert von ca. 1,4 M $\Omega$ . Zu beachten dabei ist die doppelt logarithmische Darstellung, welche im rechten Teil der Abbildung 5 in vergrößerter Darstellung abgebildet ist.

Ein Beispiel eines Impedanz-Diagramms kann auf der Seite der VX Instruments GmbH unter [www.vxinstruments.com/rf-wallpaper](http://www.vxinstruments.com/rf-wallpaper) herunter geladen werden.

Eine niedrige Eingangskapazität ist unabdingbar, wenn präzise AC-Messungen gefordert sind. Diese kann je nach Anwendungsfall bereits bei sehr niedrigen Frequenzen eine wichtige Rolle bei der erreichbaren Genauigkeit spielen.

In den nächsten Artikeln wird auf die Auswirkungen der Messgeräte bei High-Side Messungen und auf den Unterschied zwischen differentieller Messung und isolierter Messtechnik eingegangen. Weiterhin werden die Auswirkungen der Eingangsimpedanz bei der Aufzeichnung schneller Signale mit Oszilloskop und Digitizer betrachtet.

## Kontakt

VX Instruments GmbH  
Roedersteinstr. 10  
84034 Landshut  
Germany

Telefon: +49 871 - 931555 - 0  
Fax: +49 871 - 931555 - 55  
E-Mail: [info@vxinstruments.com](mailto:info@vxinstruments.com)  
Web: [www.vxinstruments.com](http://www.vxinstruments.com)



### PXI System Alliance

VX Instruments ist einer von neun Executive Members (insgesamt über 60 Mitglieder) in der PXI System Alliance, dem Konsortium, das den PXI-Standard definiert und weiterentwickelt. Hier sind wir stimmberechtigt und haben außerdem Zugang zum technischen Komitee.



### LXI Consortium

Das LXI Consortium beschäftigt sich mit der Entwicklung und Verbreitung des LXI-Standards. Dies ist ein offener, leicht zugänglicher Standard für die funktionelle Mess- Test- und Datengewinnungsindustrie.



### PCI-SIG

Die PCI-SIG ist eine Vereinigung, die sich der Spezifizierung des PCI-Standards widmet.



### ISO 9001:2015

Die VX Instruments GmbH wurde im Februar 2003 erstmals von der INTERNATIONAL CERT GmbH zertifiziert.