

# XX Hochspannungskalibrierung

## XX.1 Kalibrierverfahren

Die Kalibrierung von Hochspannungen bis zu 40 kV wird durch den Hochspannungstastkopf Fluke 80K-40 am Multimeter realisiert. Dazu wird zunächst das genaue Teilverhältnis des Tastkopfes an 1000 V Gleichspannung bzw. 50 Hz-Wechselspannung bestimmt bzw. verifiziert und danach auf Basis einer streng linearen Kennlinie die unbekannte Spannungsquelle gemessen. Die Einkalibrierung erfolgt hierbei an dem zum Hochspannungskopf zugehörigen Multimeter HP 974A mit einem konstanten Eingangswiderstand von 10 MΩ. Zu beachten ist, dass im festen Messbereich (**Range 50**) gemessen wird, damit eine etwaige Bereichsumschaltung bei höheren Spannungen keine zusätzlichen Korrekturen aufgrund bereichsübergreifender Nichtlinearitäten erfordert.

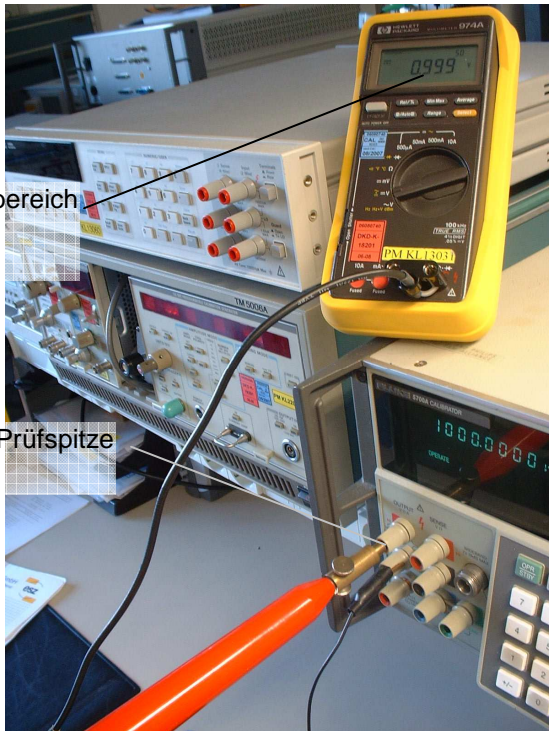


Bild XX.1 Einkalibrierung und Verifikation des Hochspannungsmesssystem HP 974A + Fluke 80K-40 im festen Messbereich Range 50

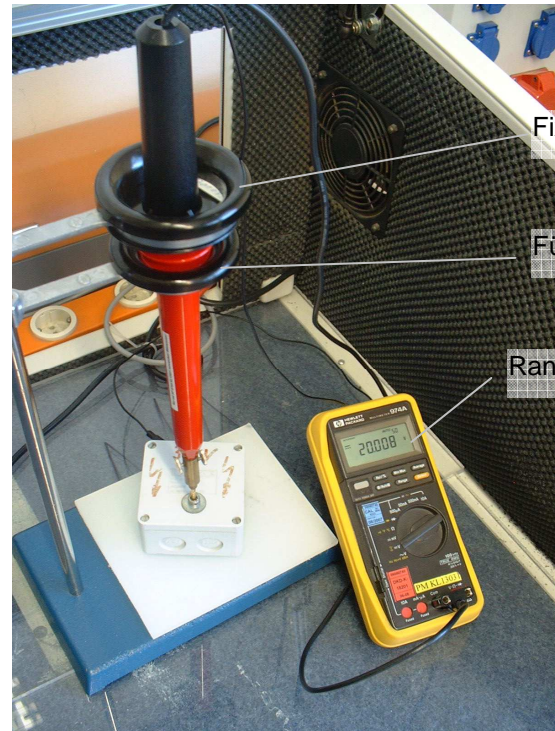


Bild XX.2 HV-Kalibrierung am Messplatz

fester Messbereich  
Range 50

Fixierung

Führung

Range 50

Spezialadapter  
auf Banane

Prüfspitze

DC-Gleichspannung  $V=$   
Range 50

AC-Wechselspannung  $V\approx$   
Range AUTO

Zur Verbesserung der Messgenauigkeit können die Anzeigewerte nach der Messung über die bekannte Nichtlinearität des Teilers und ein Polynom höherer Ordnung korrigiert werden (siehe Kapitel XIV.1 – Kennlinienkorrektion).

Ausgabe:	erstellt	geprüft/genehmigt	Kapitel	Seite
5.5.11	von: PF am: 08.01.09	von: PF am: 08.01.09	Hochspannungskalibrierung	1 von 5

### Sicherheitsrichtlinien, s.a. Arbeitsanweisung AA0025:

- Bei der Kalibrierung von Hochspannungsgeräten **muss** sich **immer** eine zweite Person im Raum befinden.
- Die zweite Person muss informiert sein, zu welchem Zeitpunkt mit den Arbeiten bei laufender Hochspannung begonnen wird (Sichtkontakt)
- Die zweite Person muss in die Sicherheitsvorkehrungen eingewiesen sein:
  - Wo sind die NOT-AUS - Schalter?

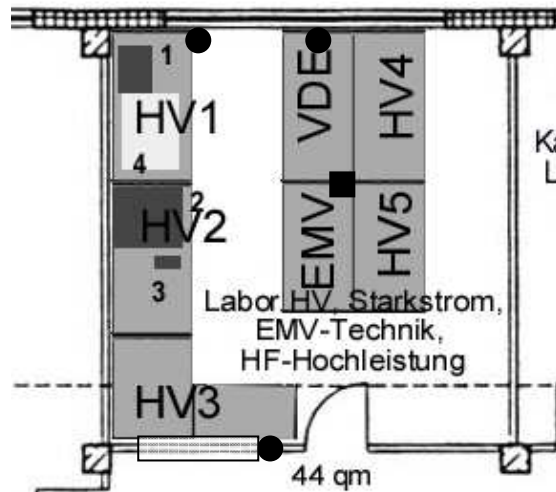


Bild XX.3 Laborplan HV-Labor, EMV-Impuls, siehe auch Kapitel 3.1.1

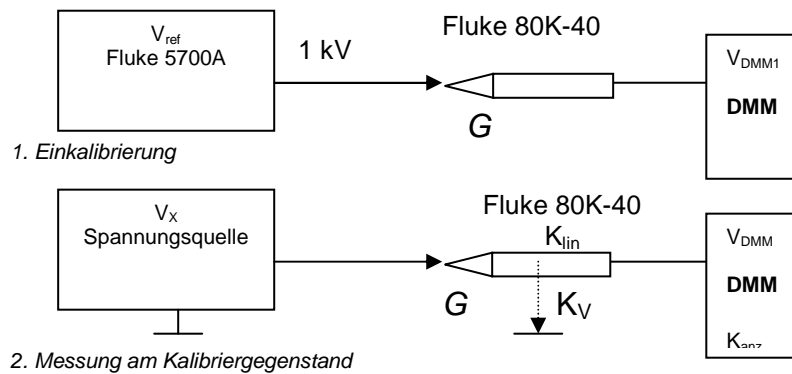
- Welcher Netzstecker ist zu ziehen?
- Wie und wo kann das Gerät ausgeschaltet werden?
- Wo befindet sich das nächste Telefon für eventuellen NOTRUF?
- Unter Spannung stehende Personen **nicht** berühren !
- Messspitzen sind mit dem Messpunkt fest zu verbinden.
- Verboten: Lose Verbindungen (Gefahr der Funkenbildung und Überschlag)
- Personen, die an der Kalibrierung nicht beteiligt sind, sind vom Arbeitsplatz fernzuhalten.
- **Nach der Kalibrierung** sind eventuell geladene Teile mit der vorhandenen **Erdungsspitze** zu entladen



Bild XX.4 Hochspannungsprüfplatz im Labor

Ausgabe:	erstellt	geprüft/genehmigt	Kapitel	Seite
5.5.11	von: PF am: 08.01.09	von: PF am: 08.01.09	Hochspannungskalibrierung	2 von 5

## XX.2 Messunsicherheitsbudget



### Modellgleichung:

Mit dem Teilverhältnis  $G = \frac{V_{ref}}{V_{DMM,1}}$  ergibt sich die Spannung der unbekanntes Quelle zu

$$V_X = G \cdot V_{DMM} \cdot K_{lin} \cdot K_V \cdot K_{Anz} \cdot K_{Kal}$$

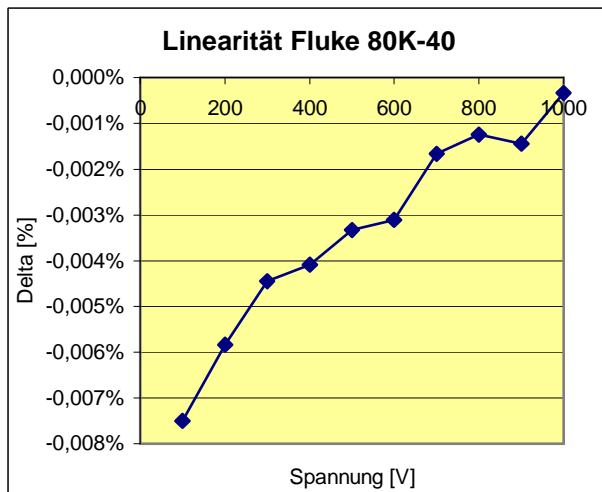


Bild XX.3 Linearität bis 1kV des HV-Teilers an Fluke 5700 und HP 3458A, FIXEDZ, RANGE 100

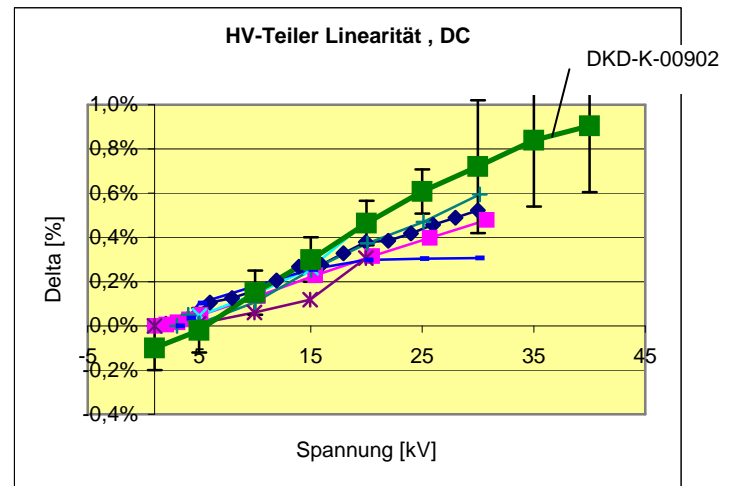


Bild XX.4 Gegenseitige Linearitätsmessung >1 kV verschiedener HV-Teiler im Labor (Tektronix P6015, Wavetek HV231-10, Fluke 80K-40, Heinzinger DVM65 etc.)

Die beigeordnete **relative** erweiterte Messunsicherheit (k=2) bestimmt sich zu:

$$W = 2 \cdot w = 2 \cdot \sqrt{w_{DMM}^2 + w_G^2 + w_{lin}^2 + w_V^2 + w_{Kal}^2 + w_{Anz}^2}$$

Ausgabe:	erstellt	geprüft/ genehmigt	Kapitel	Seite
5.5.11	von: PF am: 08.01.09	von: PF am: 08.01.09	Hochspannungskalibrierung	3 von 5

### XX.3 Wechselfspannung

Die Linearität bei HV-Wechselfspannung, 50 Hz, wurde an den Hochspannungsgeneratoren HCK WTG 1/6 und eltha H16 (HV-Prüfgenerator) bis 5 kV an verschiedenen Teilern untersucht und zusätzlich durch ein externes Labor ermittelt.

### XX.4 Hochspannungsmessgeräte (Direkt anzeigende Messgeräte und Messsysteme)

Für die Kalibrierung von Spannungsmessgeräten kann bei Verwendung einer konstanten HV-Quelle (z.B. Heinzinger HNCs 30000-1ump, HCK WTG 1/6, eltha H16) und gleichzeitiger Verwendung des eingemessenen HV-Teilers (parallel zum Messobjekt) das Messunsicherheitsbudget aus XX.2 angewendet werden. Dabei wird angenommen, dass die Spannungsquelle hinreichend stabil ist und keinen weiteren signifikanten Einfluss auf die Messunsicherheit hat. Das Budget muss dann lediglich um einen Anteil der Auflösung  $K_{ind}$  des Kalibriergegenstandes erweitert werden. Für die gemessene Spannung an einem direkt ablesbaren Messgerät ergibt sich also

$$w^2(V_{X,Anz}) = w^2(V_X) + \left( \frac{a_{Anz,X}}{V_{Anz,X} \cdot \sqrt{3}} \right)^2 \quad \text{und} \quad W(V_{X,Anz}) = 2w(V_{X,Anz})$$

mit  $a_{Anz,X} = 0,5$  Digit der Auflösung der Anzeige. Da dieser Anteil vom jeweiligen Messobjekt abhängt bleiben die kleinsten angebbaren Messunsicherheiten gegenüber der Kalibrierung von Spannungsquellen zunächst unverändert.

Ausgabe:	erstellt	geprüft/ genehmigt	Kapitel	Seite
5.5.11	von: PF am: 08.01.09	von: PF am: 08.01.09	Hochspannungskalibrierung	4 von 5

## XX.5 Ergebnisse

Die Obergrenzen der Messunsicherheit werden bereichsweise formuliert:

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	kleinste angebbare Messunsicherheit	Bemerkungen
Hochspannung	1 kV bis 5 kV	DC	0,2 %	Fluke 80K-40 + HP 974A, DC-Messgeräte bis max. 30 kV, AC max. 5 kV, 50 Hz
	>5 kV bis 15 kV		0,5 %	
	>15 kV bis 35 kV		1 %	
	>35 kV bis 40 kV		1,2 %	
	1 kV bis 25 kV	45 Hz bis 65 Hz	1 %	

Die zu Grunde liegenden **Zahlenwerte und Ergebnisse** der Berechnungen für die einzelnen Bereiche sind der mitgeltenden Excel-Tabelle

- „Messunsicherheiten Tabelle XX - Hochspannung“  
 zu entnehmen, die Ergebnisse werden im Leistungsnachweis aufgeführt.

<b>Ausgabe:</b> 5.5.11	<b>erstellt</b> von: PF am: 08.01.09	<b>geprüft/ genehmigt</b> von: PF am: 08.01.09	<b>Kapitel</b> Hochspannungskalibrierung	<b>Seite</b> 5 von 5
---------------------------	--	--	---	-------------------------