



Der Quantenkalibrator: Möglichkeiten eines Primärnormals im industriellen Kalibrierlabor



Zertifizierung ist **Sicherheit**.
Und **Sicherheit** kommt von esz.

Referent: Martin Bauer

- Das Verbundprojekt
- Kalibrierwesen und Industrie – eine Motivation
- Der Josephson-Chip – ein Quantennormal
- Das Quantenvoltmeter
 - DC Spannungskalibrierung
 - AC Spannungskalibrierung
- Der Quantenkalibrator
 - Stromstärkekalibrierung
 - Widerstandskalibrierung
- Zusammenfassung

Das Verbundprojekt

MNPQ-Technologietransfer-Projekte



1.Projekt
2008

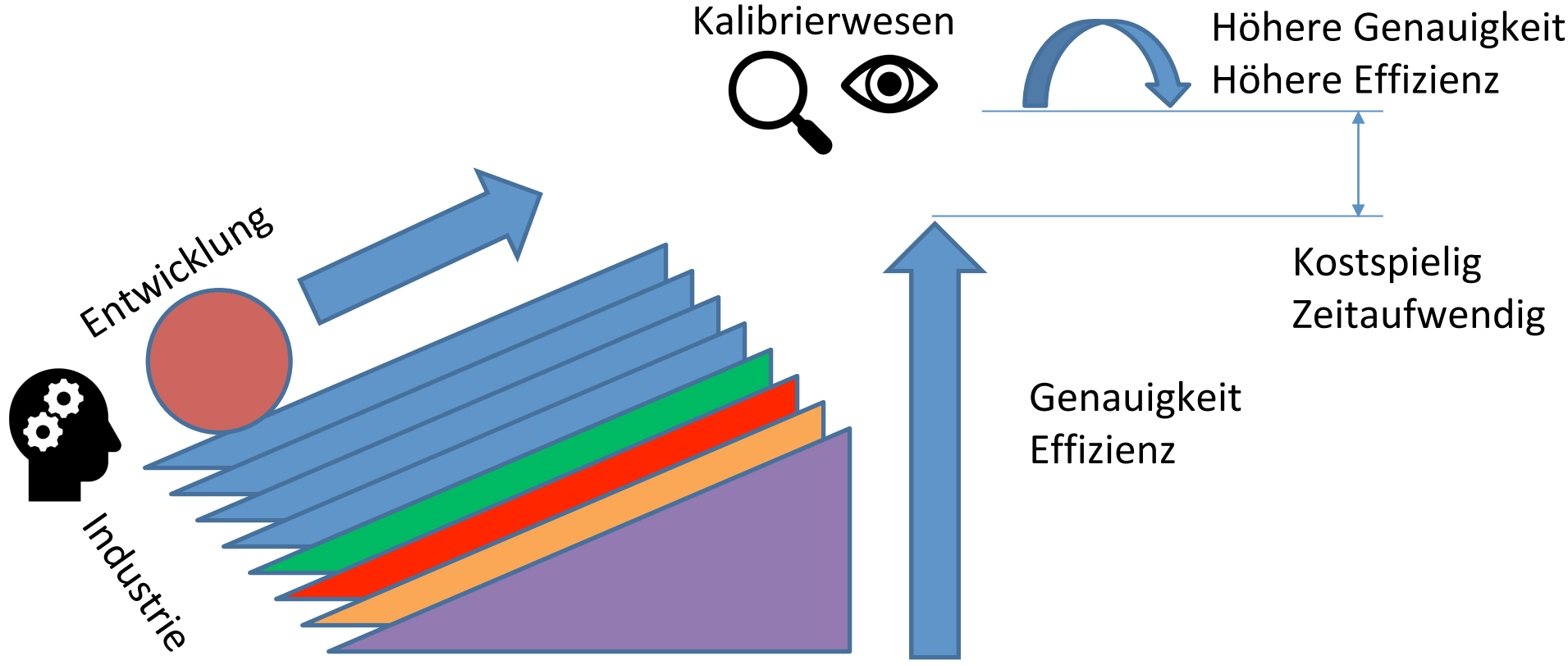
↓
Programmierbare Josephson
Spannungsnormale

2.Projekt
2010




↓
Entwicklung des AC-Quantenvoltmeters

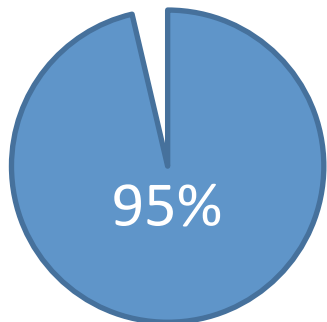
3.Projekt
2014

↓
Erweiterung zum Quantenkalibrator



Was bedeutet das für esz AG?

 KALIBRIERUNG	 SOFTWARE	 SERVICE
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Alle Messgrößen – Hersteller unabhängig ➤ 200 akkreditierte Messgrößen ➤ Schnell und flexibel - 3-5 AT Durchlaufzeit ➤ Vor-Ort Kalibrierung - weltweit 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Passgenaue Prüfmittelverwaltung für Ihr Qualitätsmanagement ➤ Archivierung, Aufbereitung und Verwaltung der Prüfmitteldaten ➤ Schnelles, einfaches und effizientes Kalibrierlabormanagement ➤ Kosten- und zeitsparende Lösungen 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lieferservice - einfach und bequem ➤ Messgeräte Service - Update und Reparatur ➤ Kalibrierscheindownload ➤ Reaktionszeiten < 24h

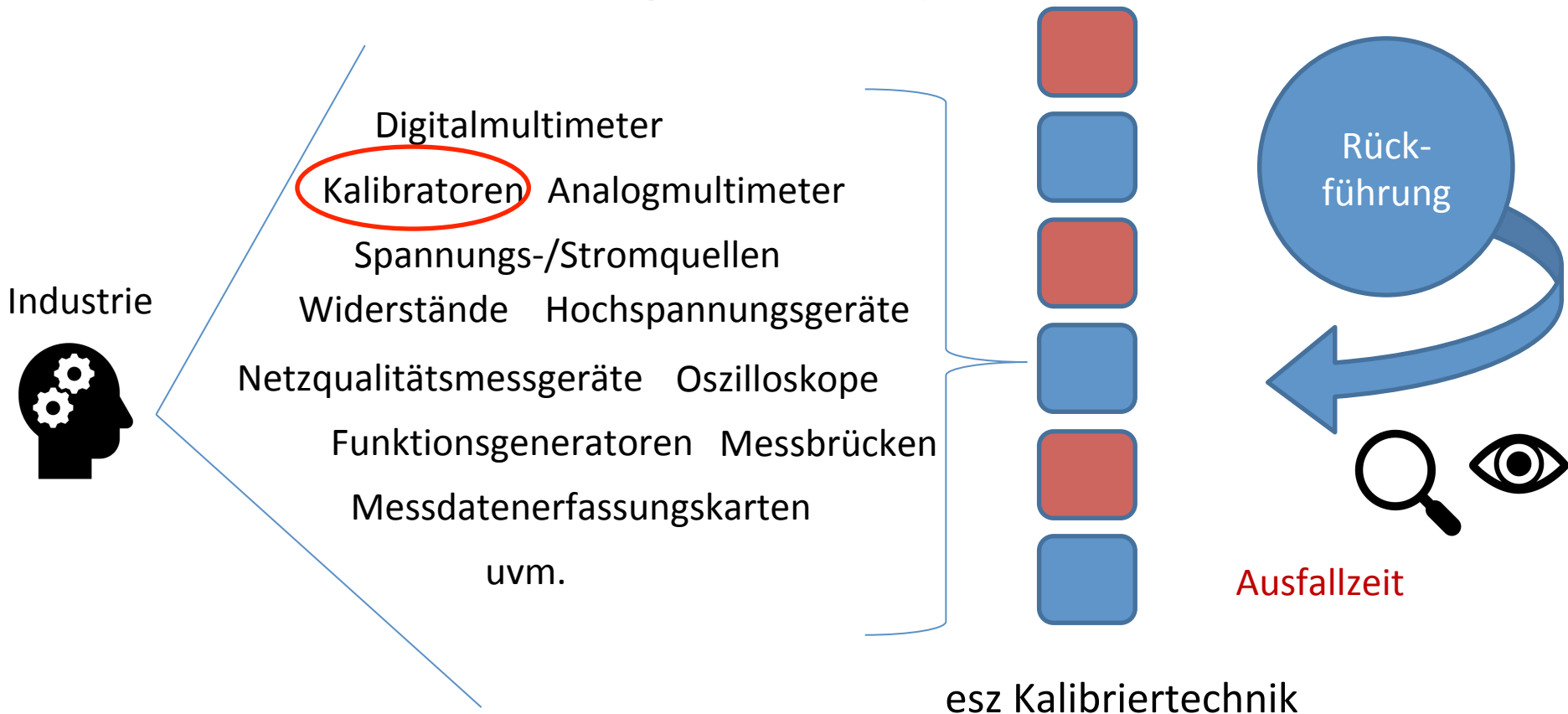


Industrielle Messtechnik

Arbeitspferd: Multifunktionskalibratoren und Normale für Stromstärke, Spannung und Widerstand

- ✓ Schnelle Durchlaufzeiten
- ✓ Individuelle Lösungen

Das Aufgabenspektrum



Vorteile des Quantenkalibrators

👍 Keine Rückführung nötig

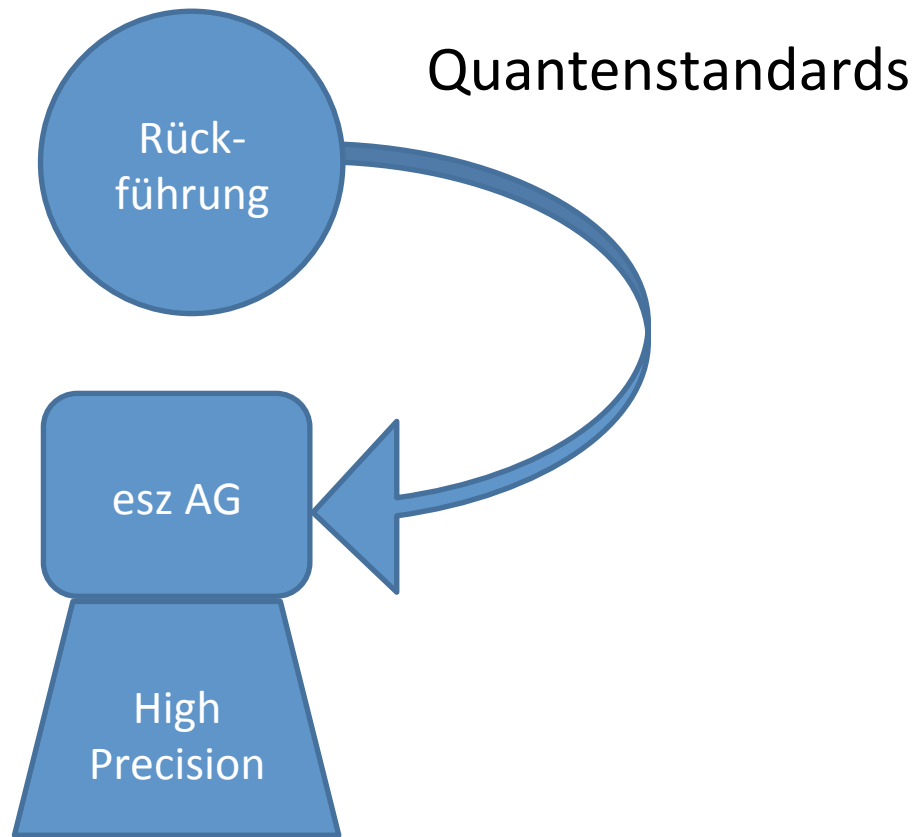
👍 Hohe Effizienz

👍 Hohe Genauigkeit

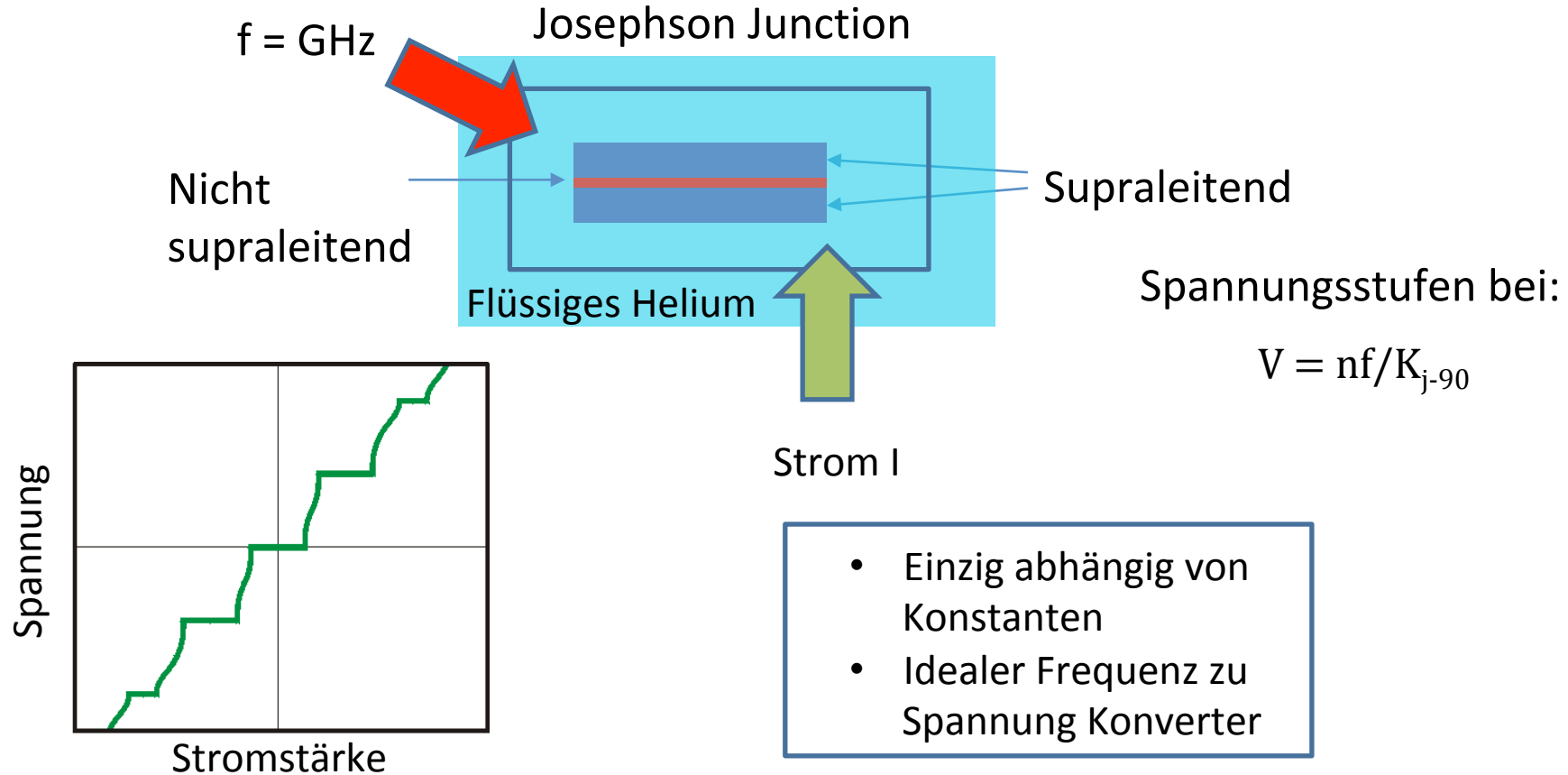
👍 Hohe Präzision

👍 Vielseitig

👍 Benutzerfreundlich

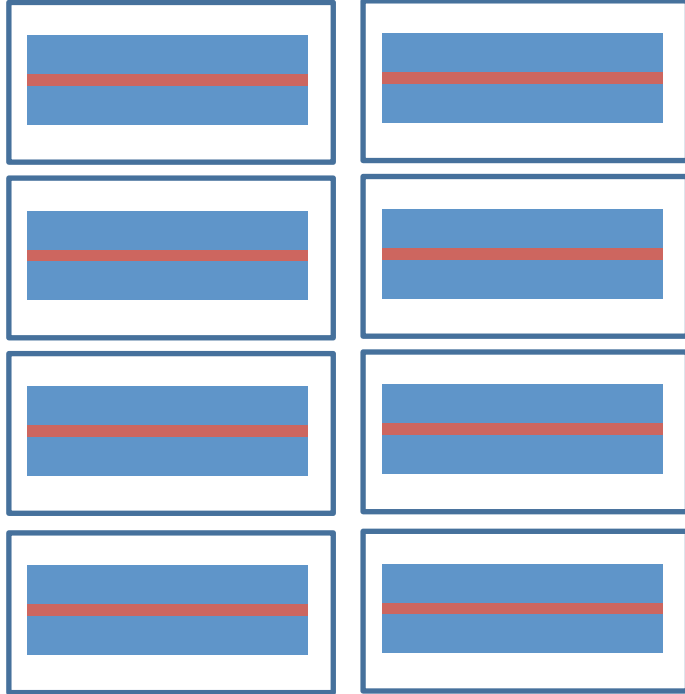


Spannungsnormal



Der Josephson-Chip

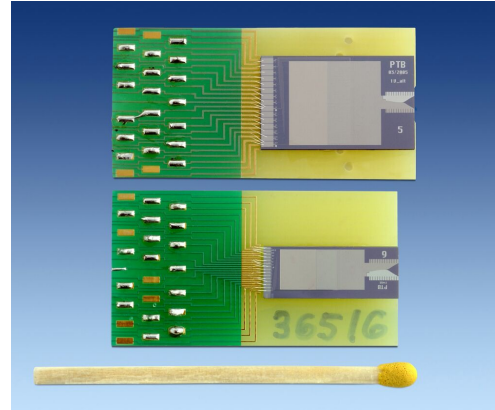
Josephson Junction



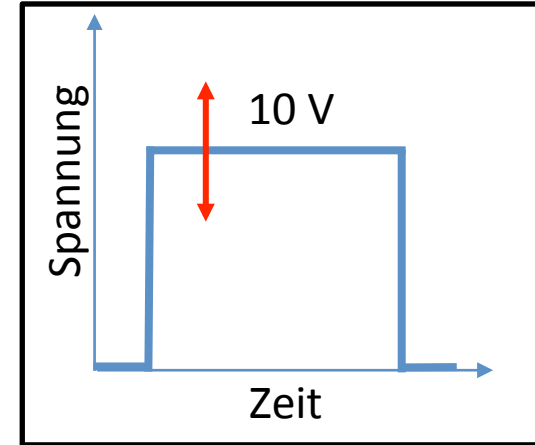
...

...

Spannung über eine Junction ist sehr gering
→ Reihenschaltung über viele Junctions

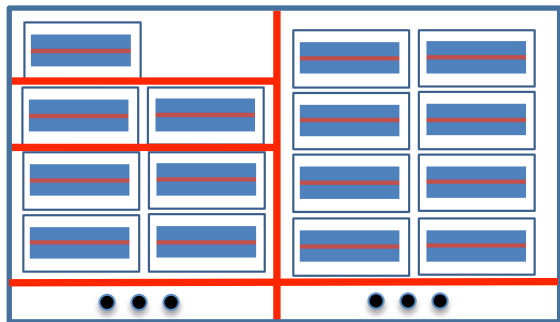


...



$$V = J \, n f / K_{j-90}$$

AC-Spannungssignal



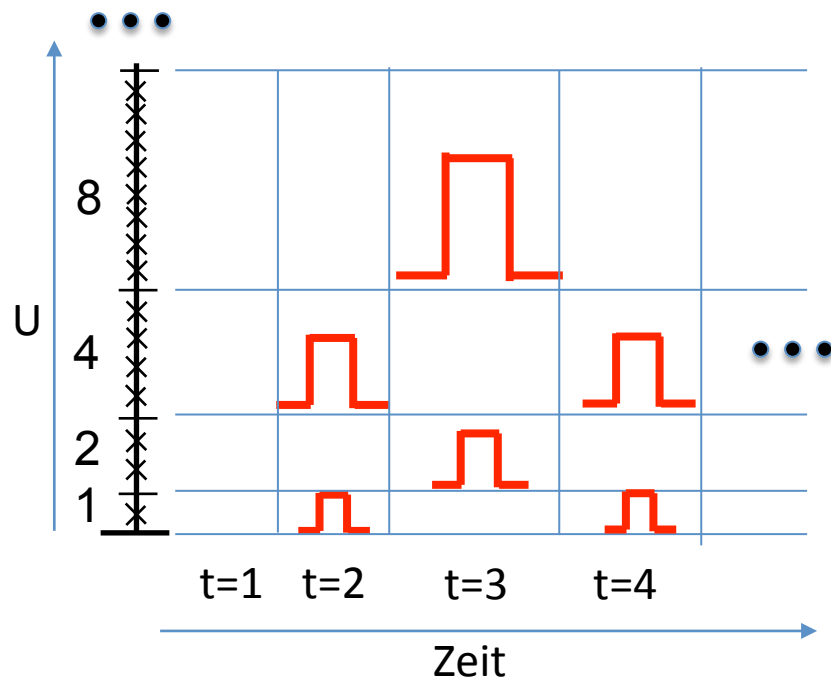
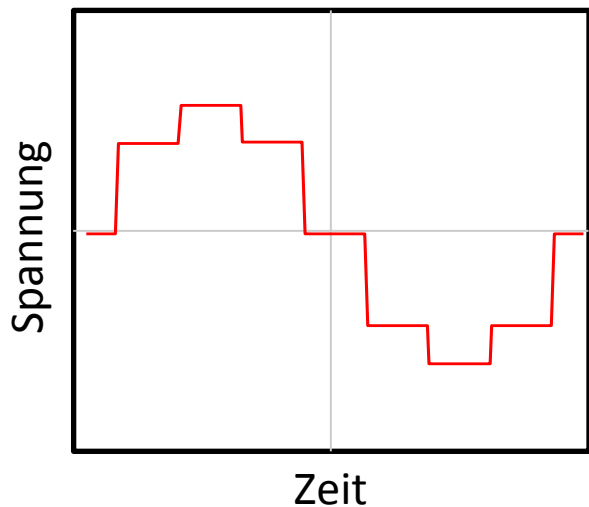
18 Segmente

69632

Josephson
Kontakte

Binäre
Aufteilung

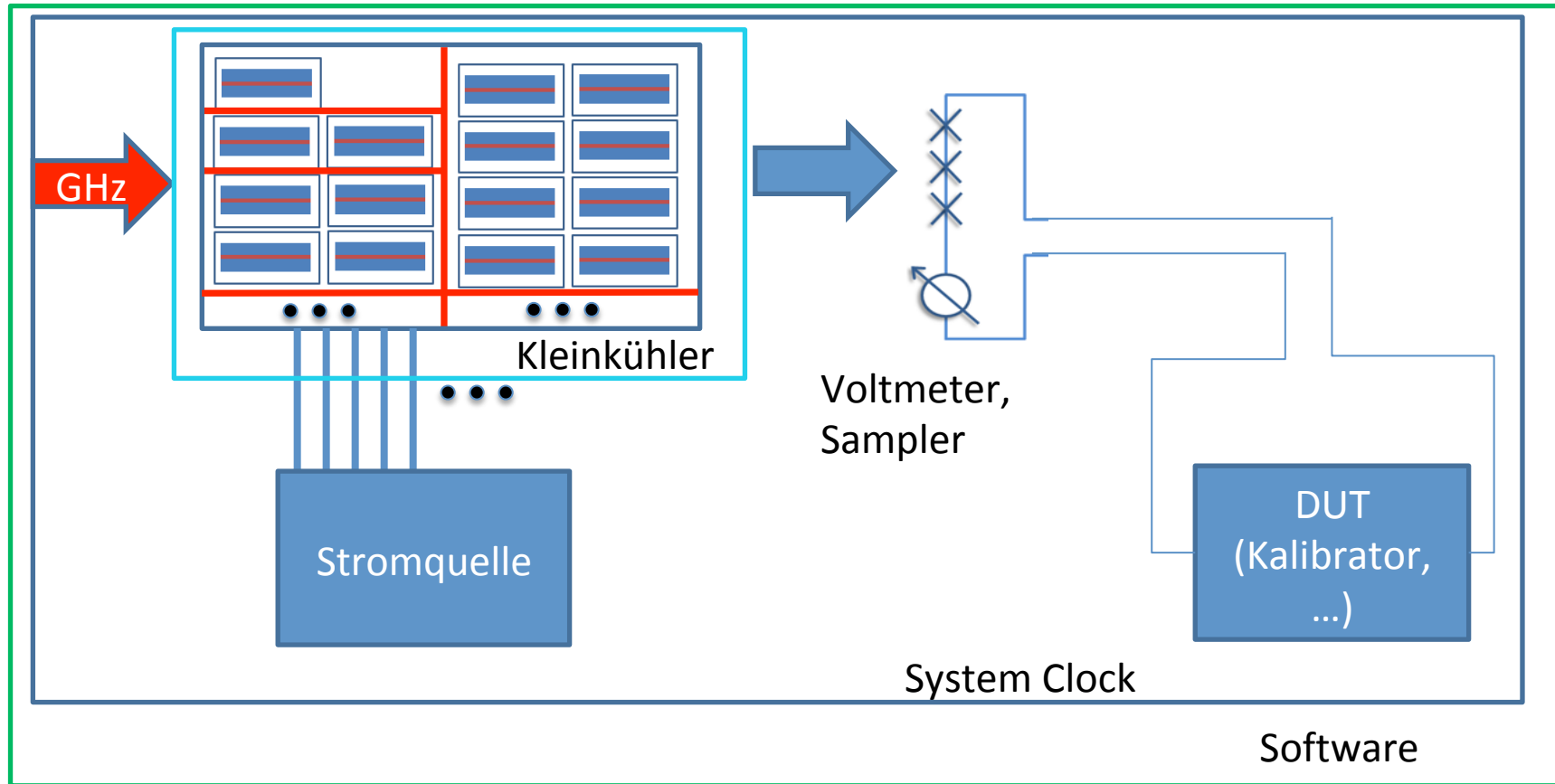
7.2 V (RMS)



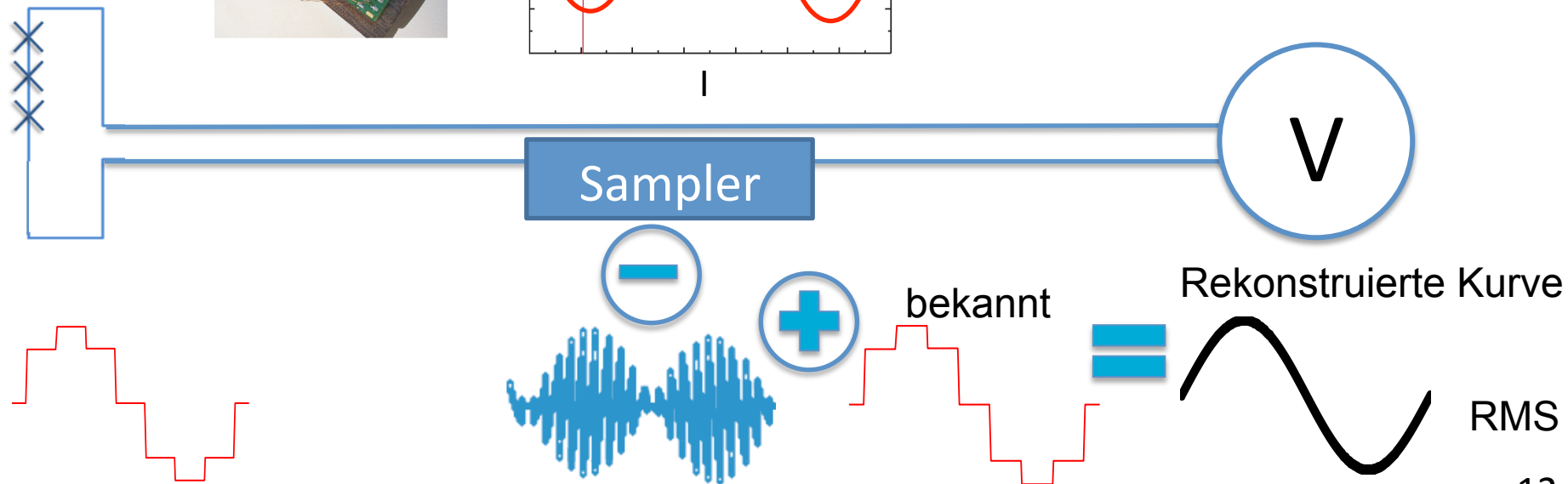
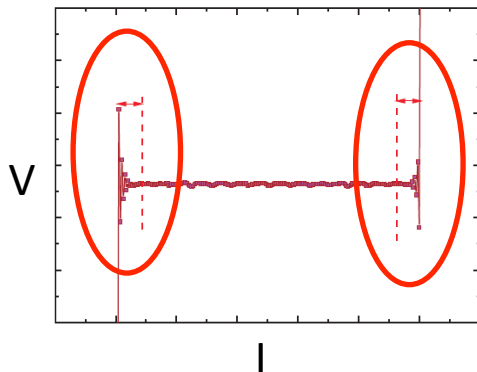
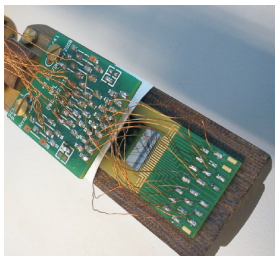
Stromstärke
Hi

Lo

Das Quantenvoltmeter



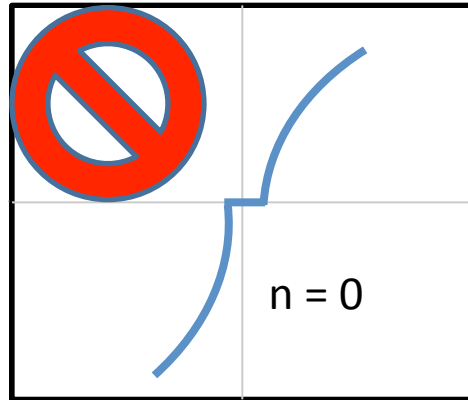
Funktionsprinzip





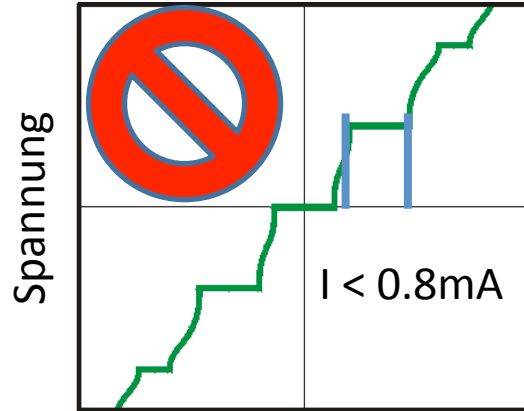
Wie kann die Integrität des Systems sichergestellt werden?
(Automatische Testroutine)

Überprüfen des
kritischen Stromes



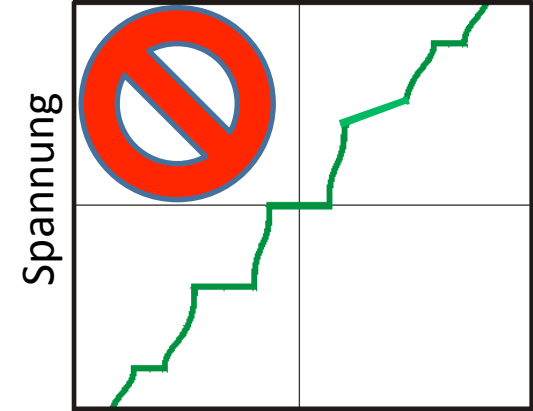
Stromstärke
Kein Plateau

Überprüfung der
Stufenbreite



Stromstärke

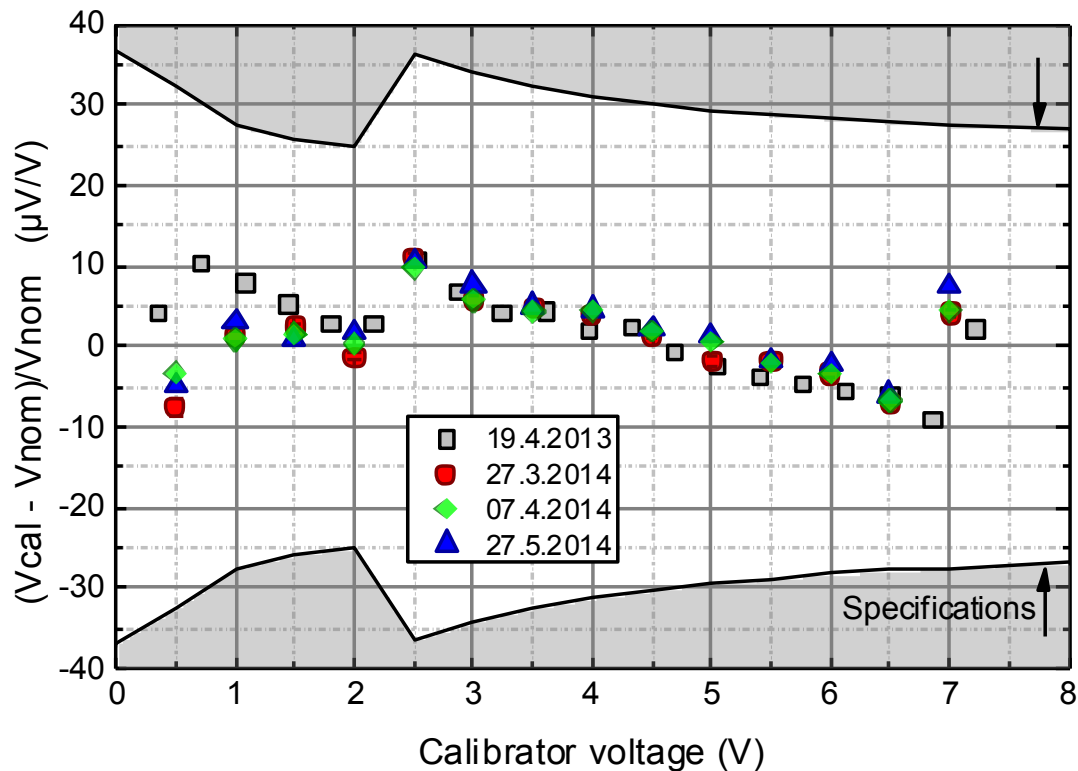
Slope bei Variation
des Stromes



Stromstärke



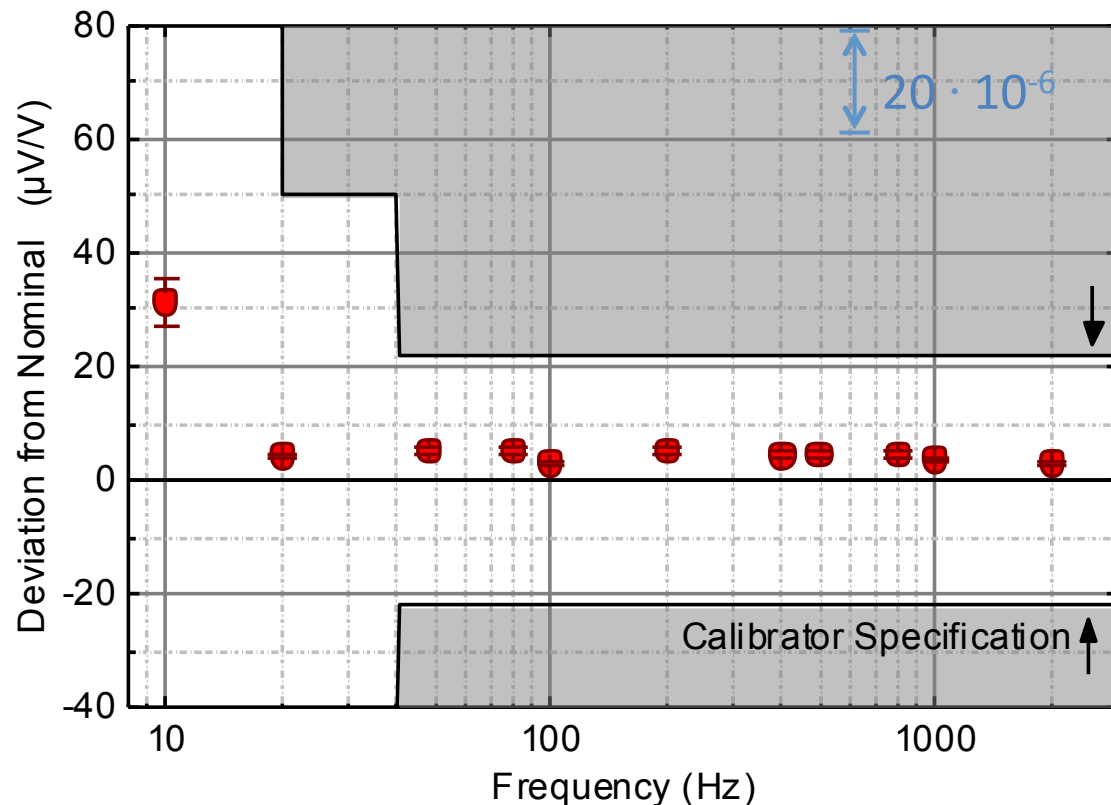
Messungen von Fluke 5720A: 1 kHz



- Innerhalb der Spezifikationen
- Langzeitstabil
- Automatisiert
- Schnell:
1 Messpunkt = 1 Minute

Spannung - AC

Typische Frequenzkalibrierung eines FLUKE 5700 bei 7 V (RMS)

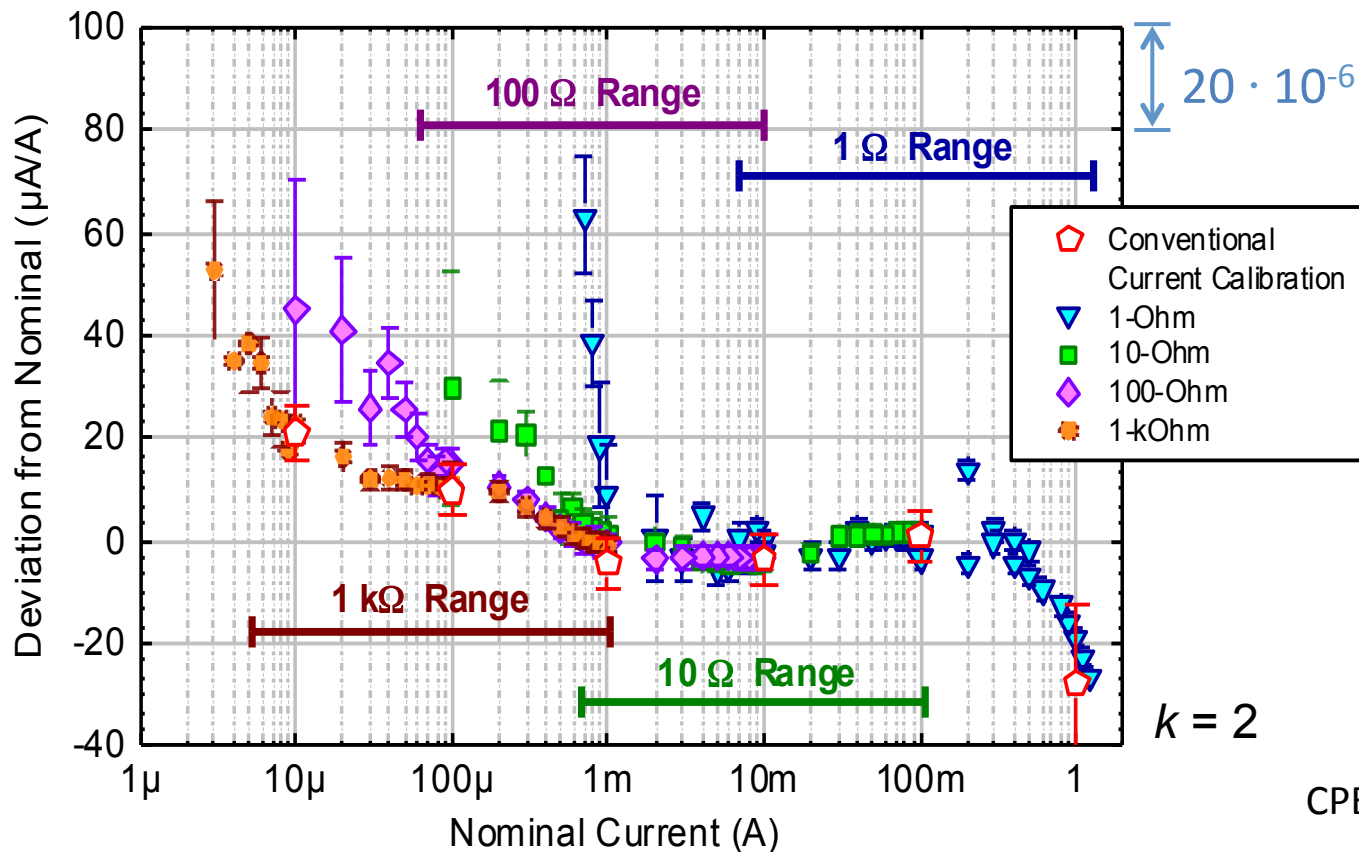


CPEM 2014 Jinni Lee

- DUT Stabilität innerhalb der Spezifikation
- 11 Frequenzen in 13 Minuten
- Automatisiert
- Thermal converter benötigt Stunden

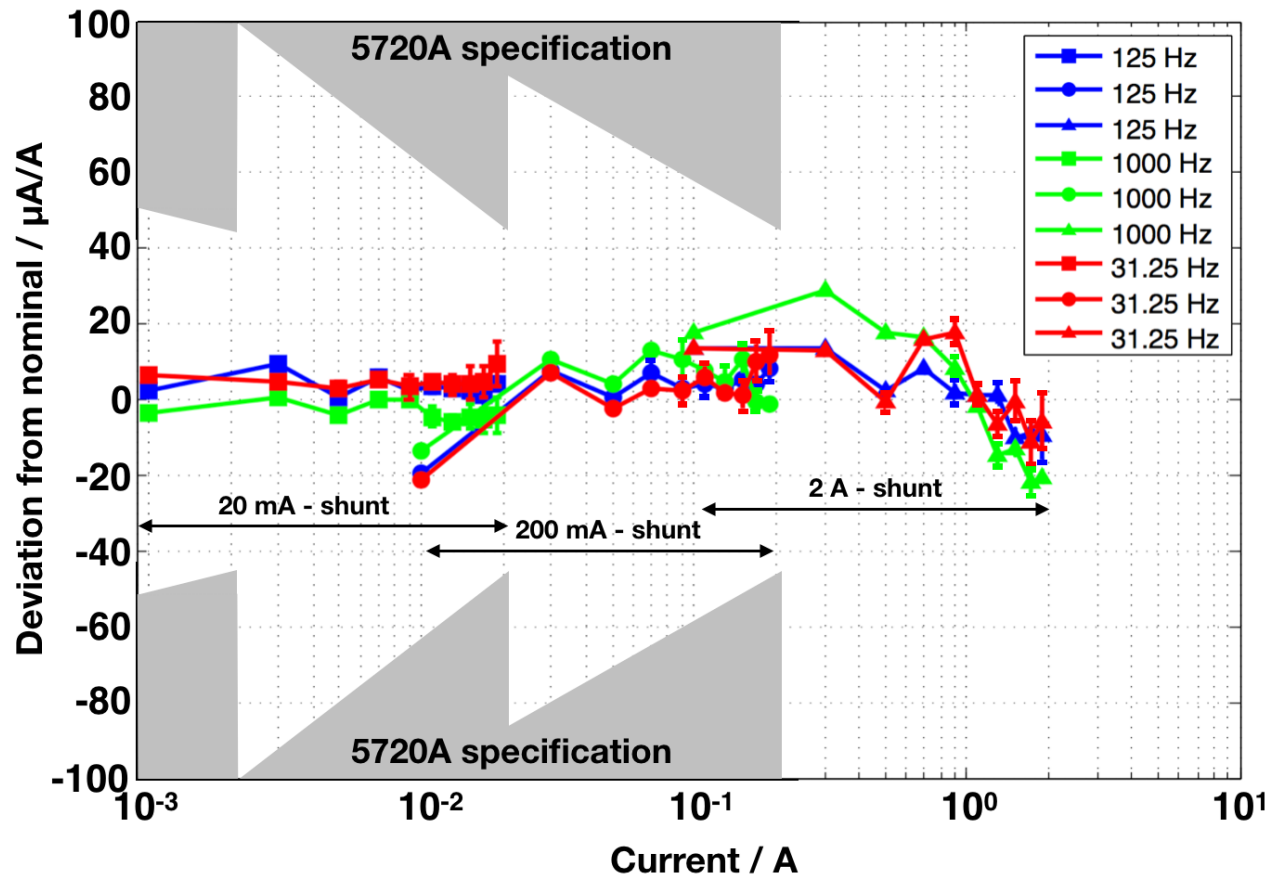
Stromstärke

Stromstärke -DC



- Nur 4 Normale um breiten Strombereich abzudecken
- Übereinstimmung mit konventionellen Methoden

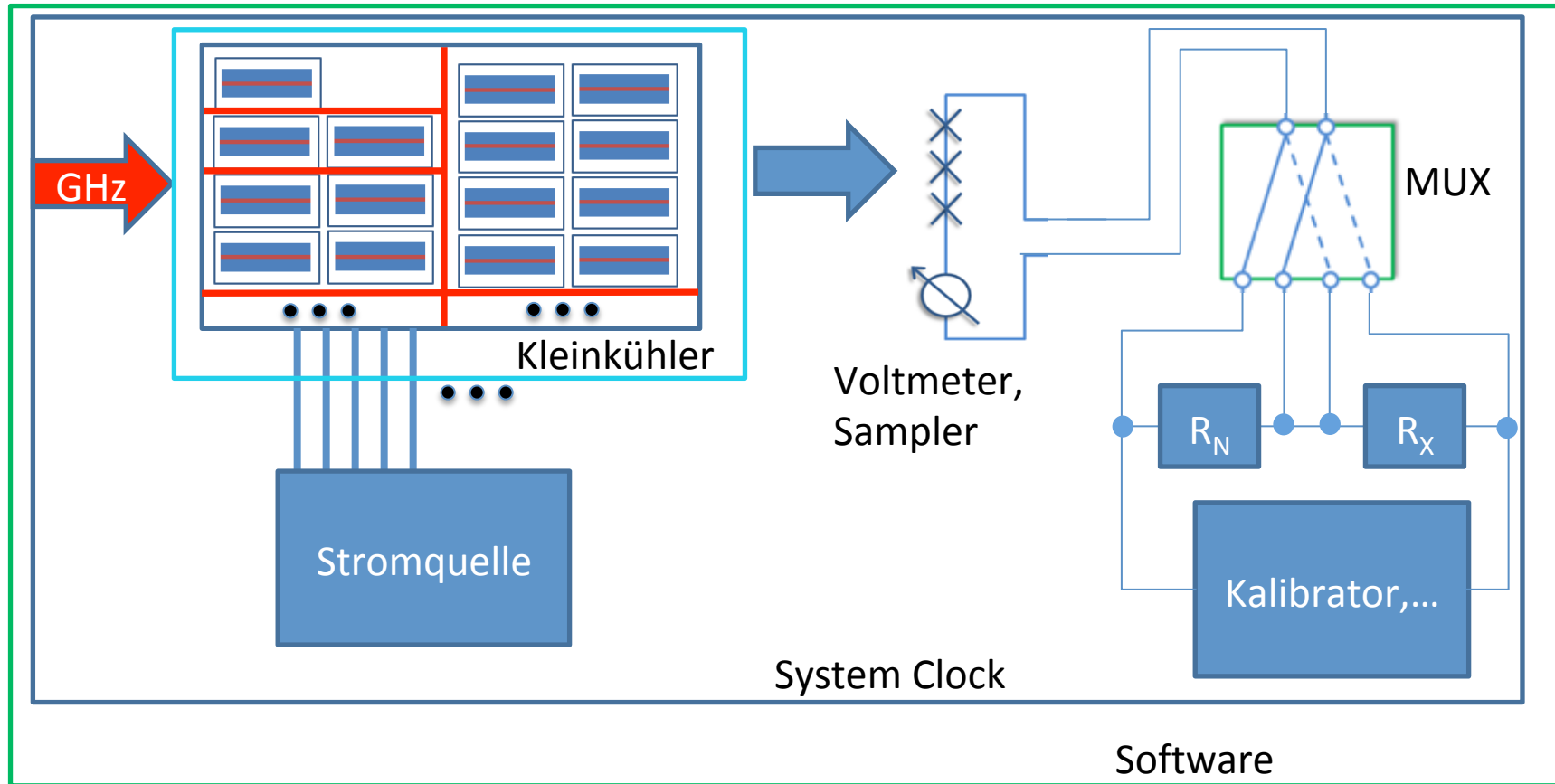
CPEM 2016 Jinni Lee



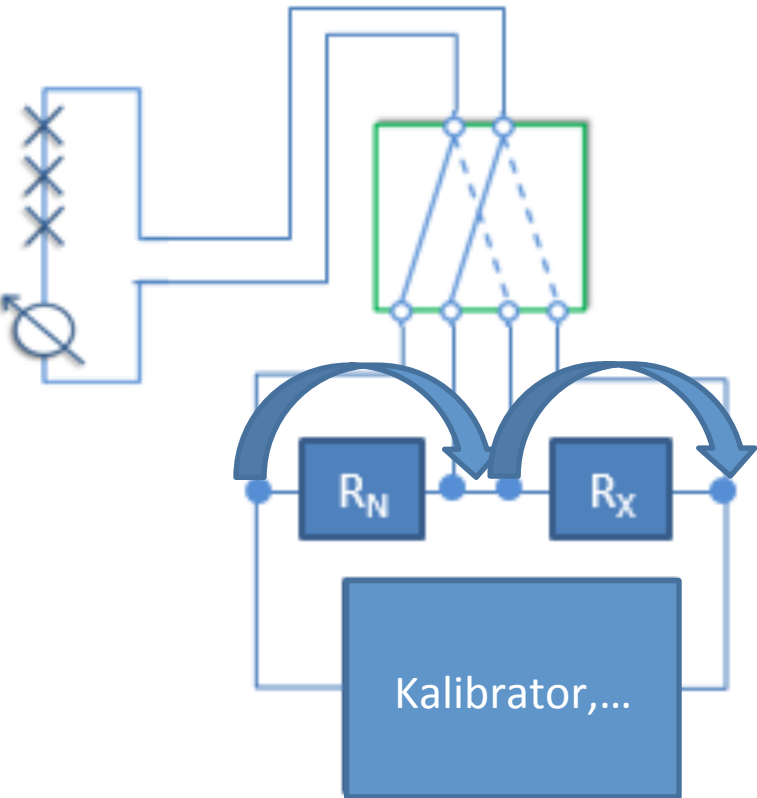
- Sehr stabil über Frequenz und Stromstärke
- Extrem kleine statistische Unsicherheiten
- Durch Automatisierung ohne manuellen Eingriff möglich

Spannung

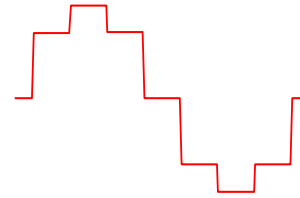
Der Quantenkalibrator



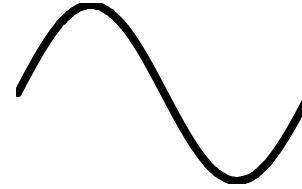
Der Quantenkalibrator



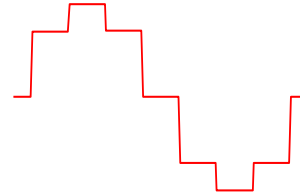
1.)



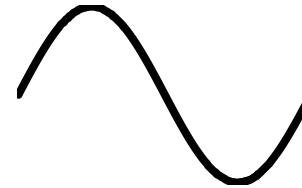
U über R_N



2.)

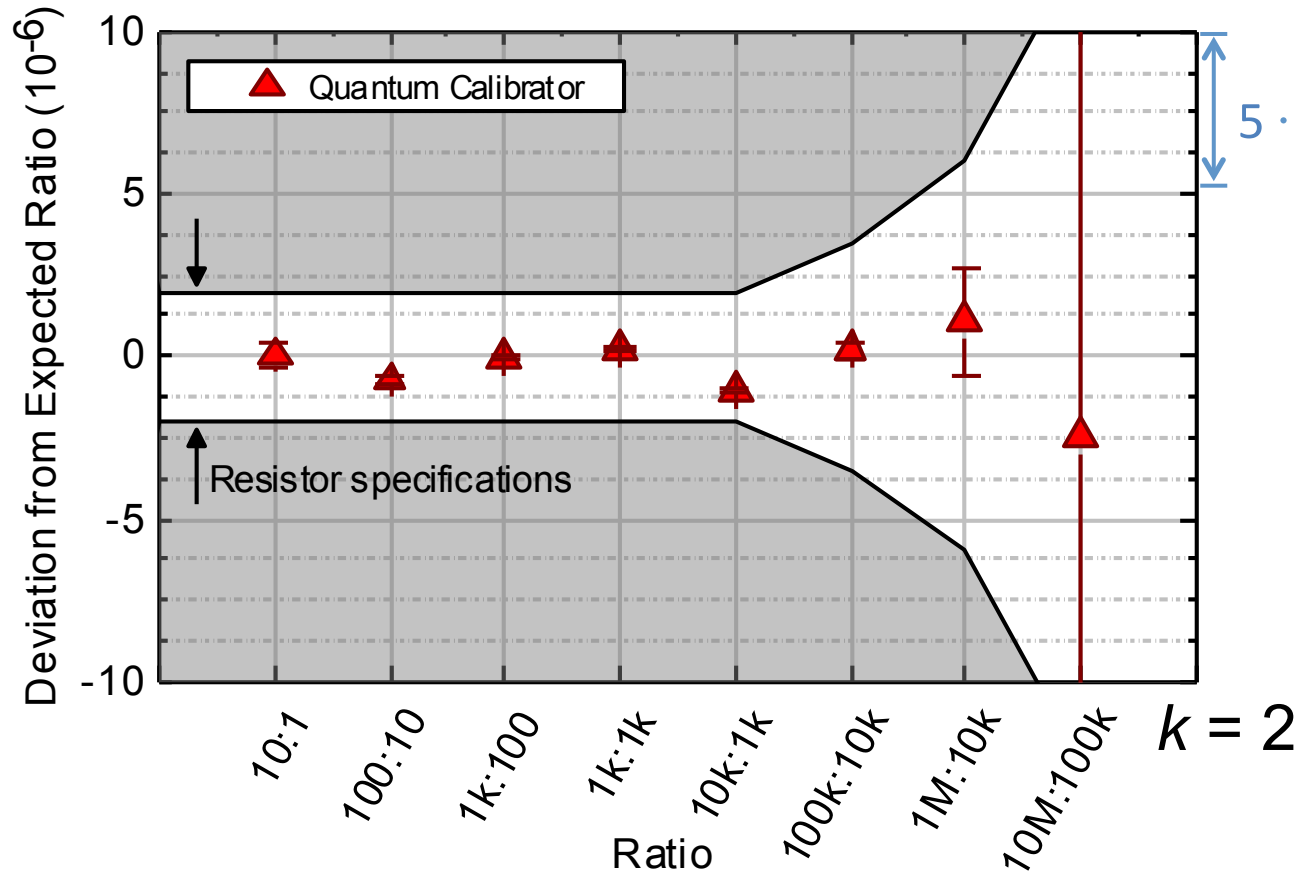


U über R_X



$$U_{RN} / U_{RX} = R_N / R_X$$

Widerstand - DC

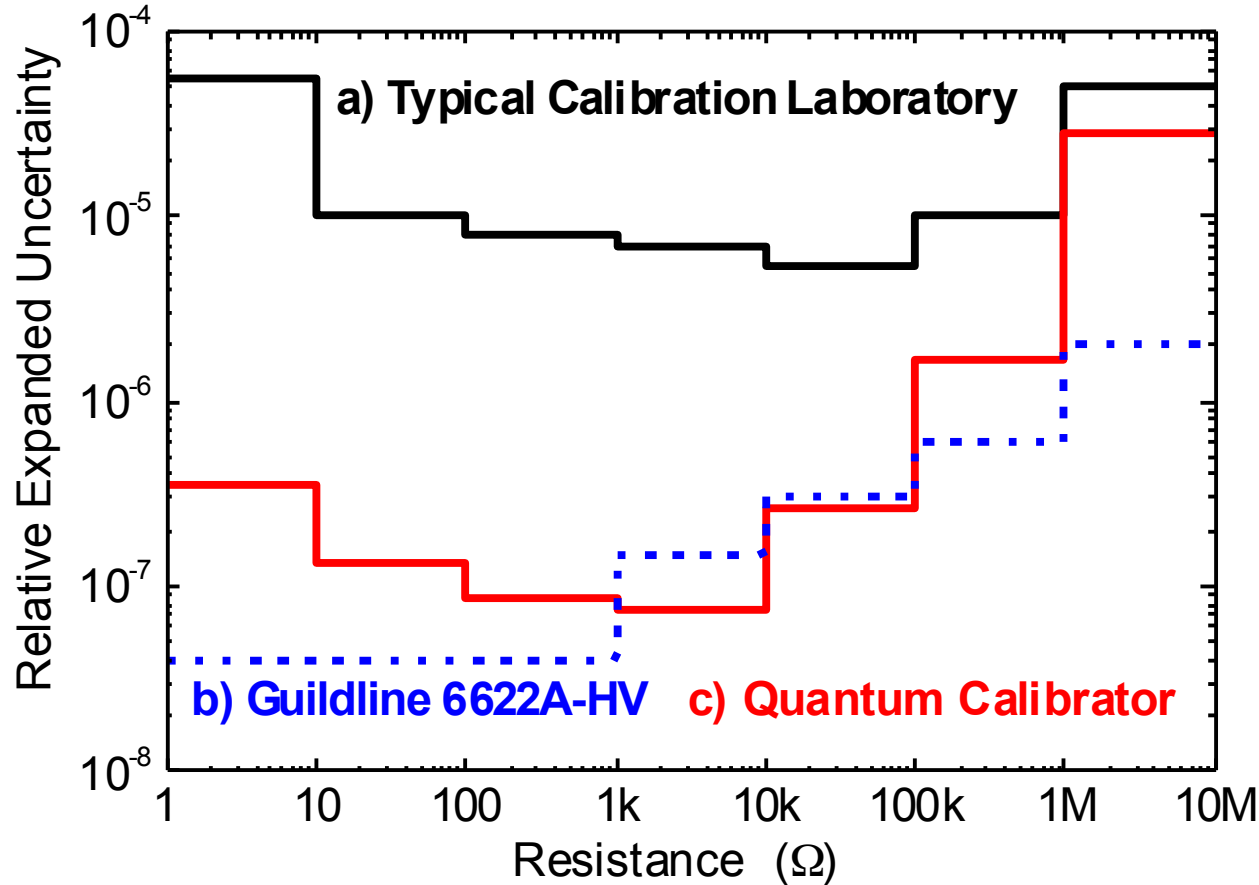


- Genauigkeit übertrifft Spezifikation

- Mit größerem R größere Unsicherheit

CPEM 2016 Jinni Lee

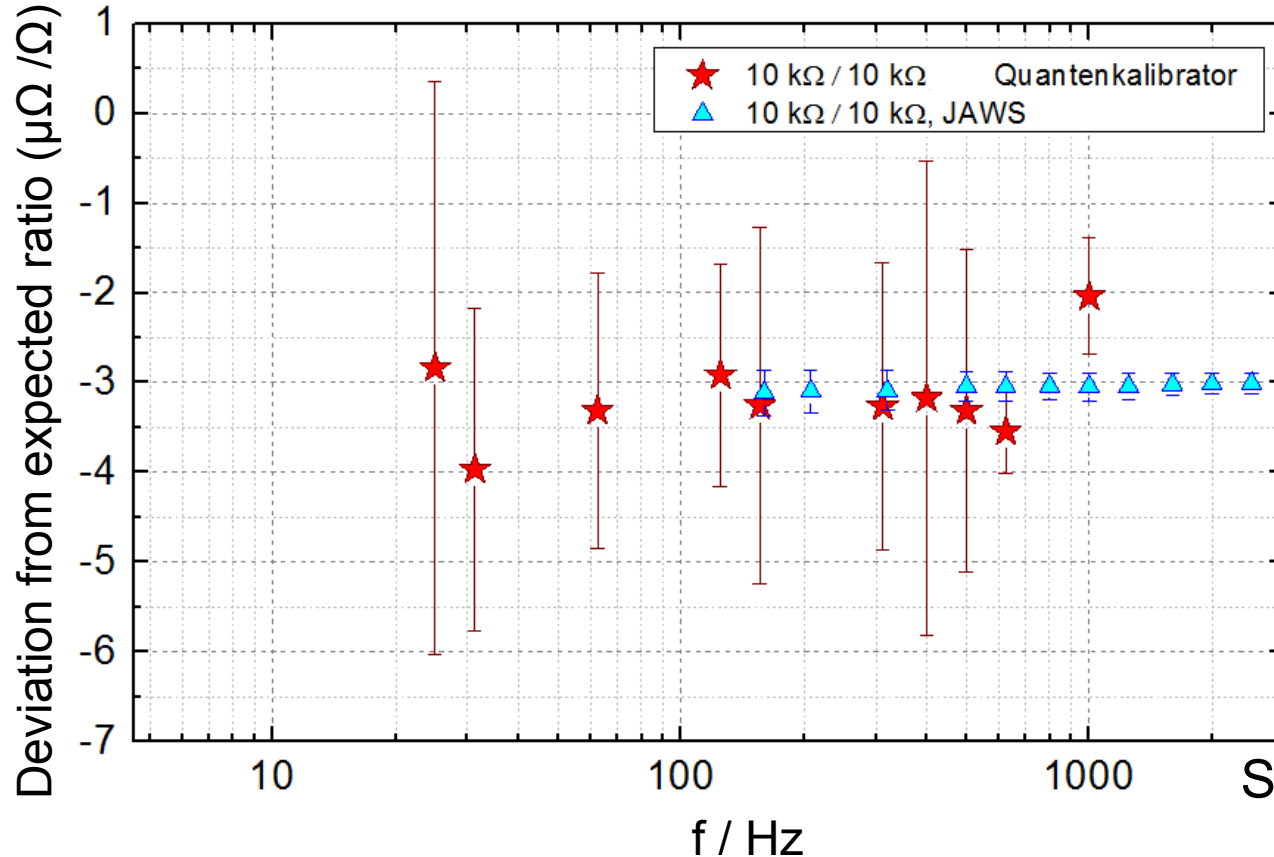
Unsicherheit – ein Vergleich



Zeigt signifikante
Verbesserung
der Messtechnik

$k = 2$

Widerstand - AC

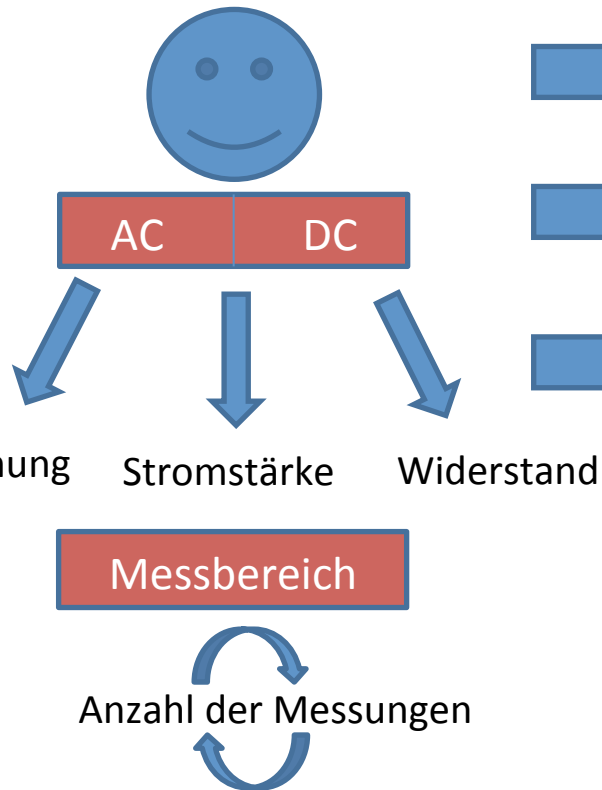


- $\pm 1 \mu\Omega / \Omega$
Abweichung
- Stabil bis 1 kHz
- 1 Messpunkt
entspricht 10x 60s

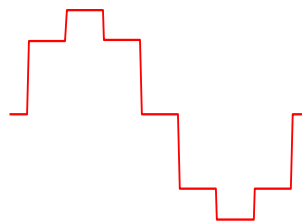
Statistische Unsicherheiten

Einflussparameter

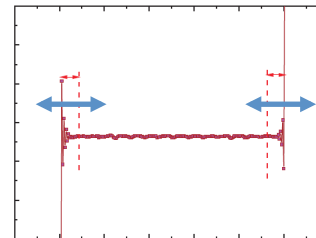
Auswahl Parameter



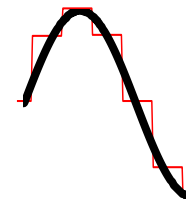
Intrinsische Parameter



Anzahl der Stufen



Abschneiden der transienten



Phasenverschiebung



Abtastrate

Anzahl der Perioden zur Mittelung



Mikrowellenfrequenz

Zusammenfassung

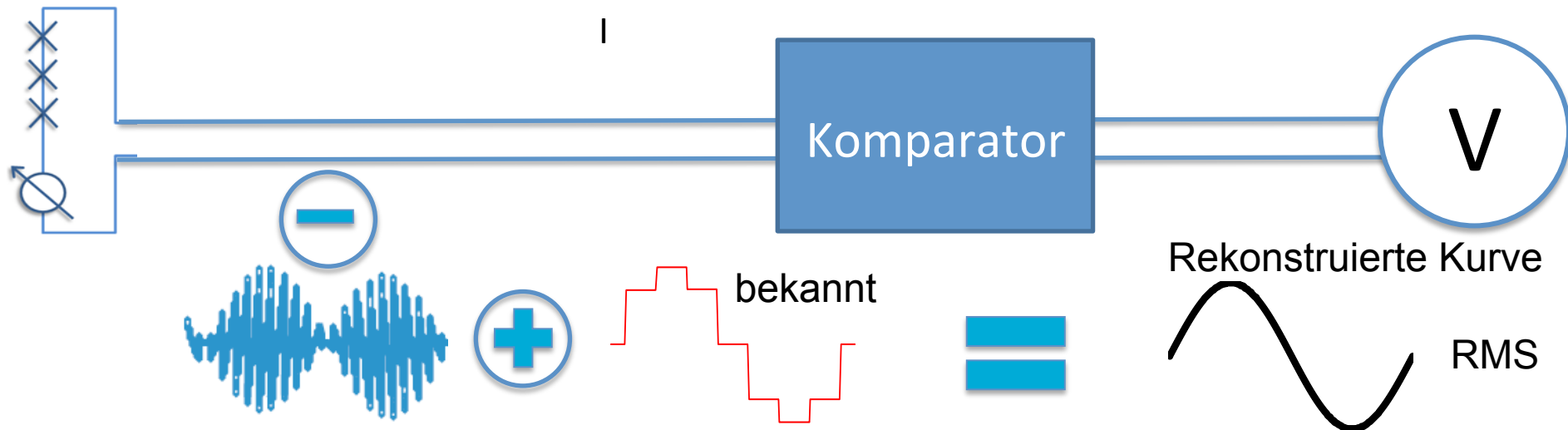
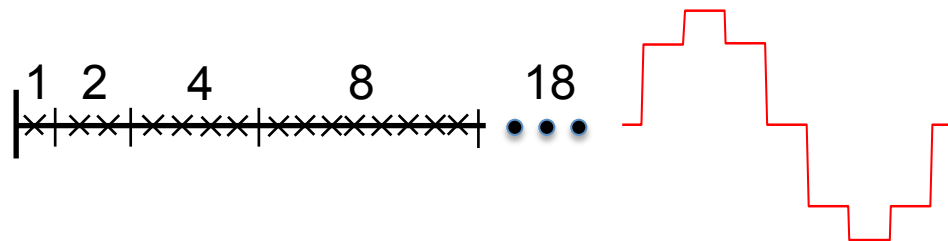
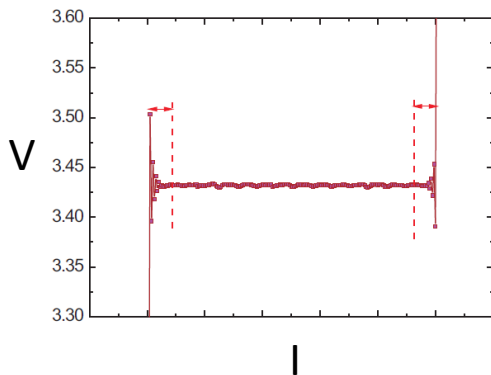
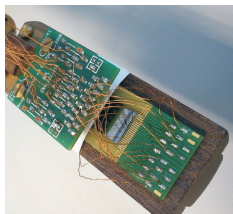
- Kleines Instrumentarium deckt breites Feld ab

Spannung Stromstärke Widerstand ← DC/AC

- Quantenstandard erspart Rückführung
- Vollautomatisiert
- Sehr geringe Unsicherheiten, hohe Genauigkeit
- Benutzerfreundlich → Turn key system



Funktionsprinzip





Chip

Mikrowellenquelle

Stromquellen

Kalibrator

Normal

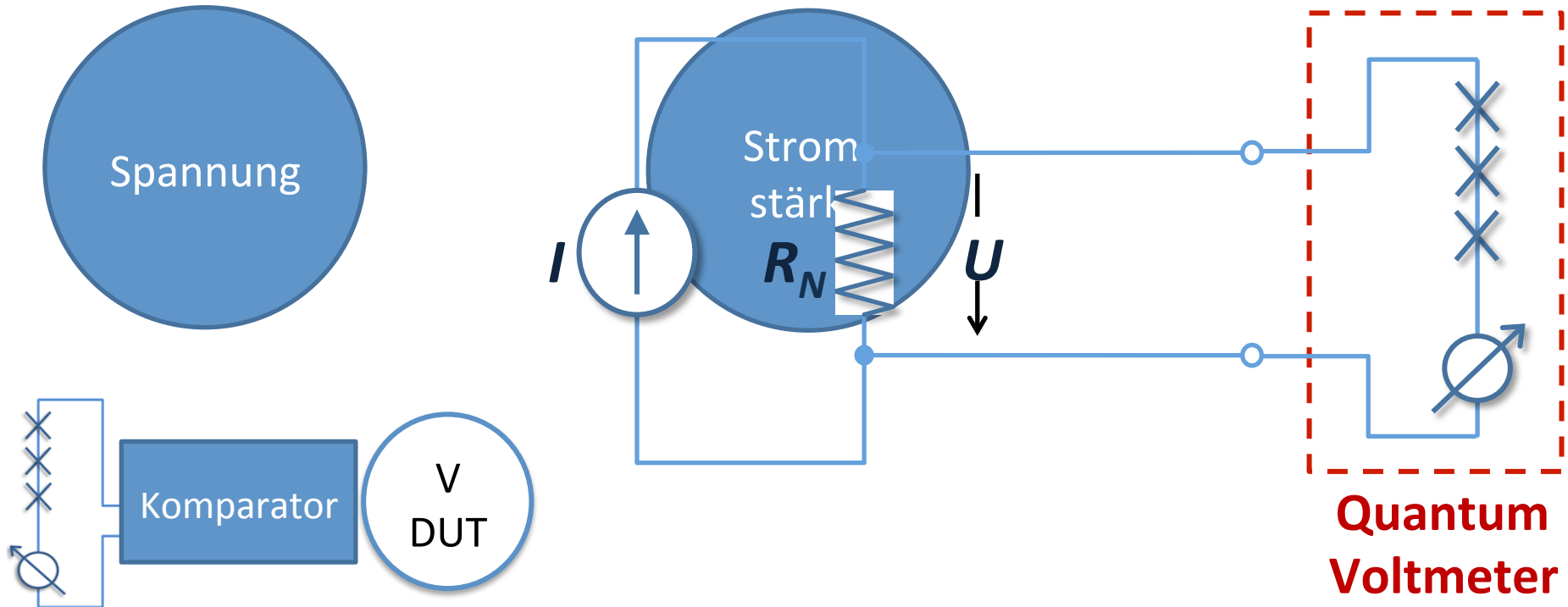
Sampler

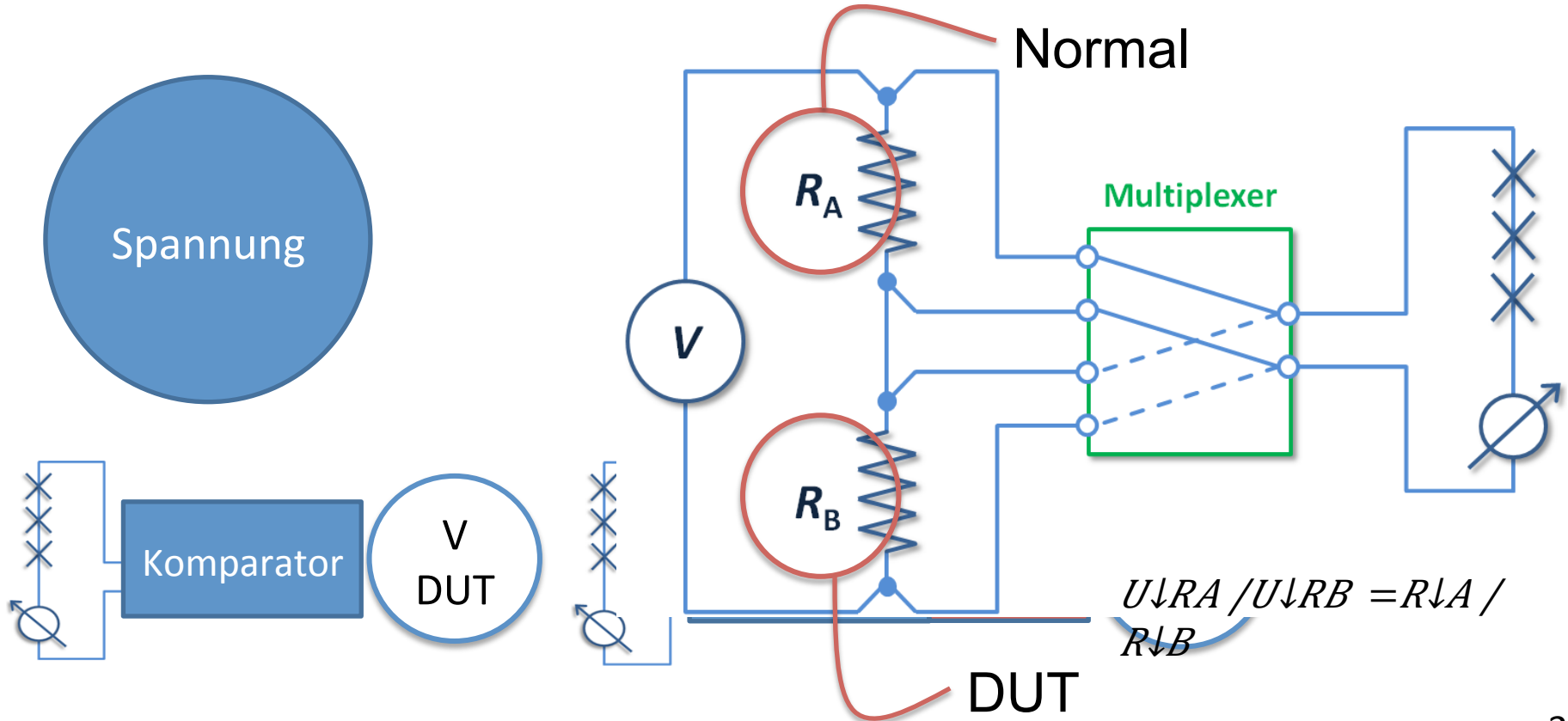
Kleinkühler



Software

Einsatzgebiete und Performance





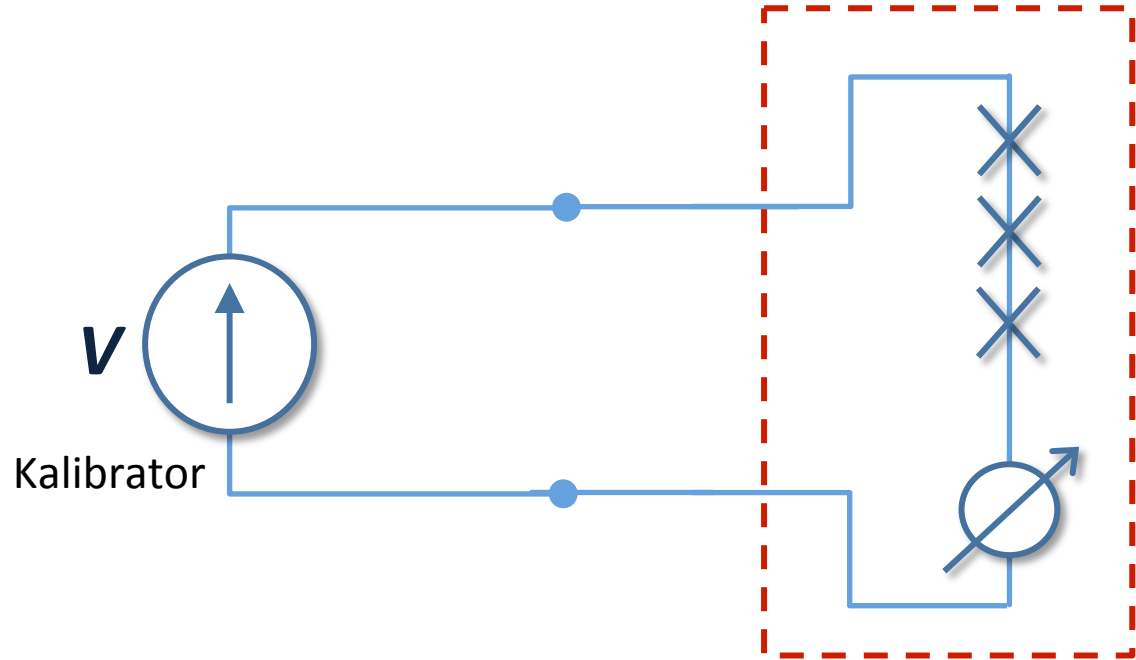
Einsatzgebiete und Performance



10 V Spitzenspannung

DC bis 1 kHz

Keine weiteren Normale nötig



Der Quantenkalibrator: Möglichkeiten eines Primärnormals im industriellen Kalibrierlabor

Ein Verbundprojekt aus:

