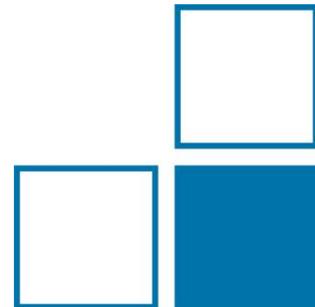


Vorstellung eines neuen Kalibrierverfahrens für Mehrtor-VNA

303. PTB-Seminar

**Aktuelle Fortschritte von Kalibrierverfahren im Nieder- und
Hochfrequenzbereich 2017**

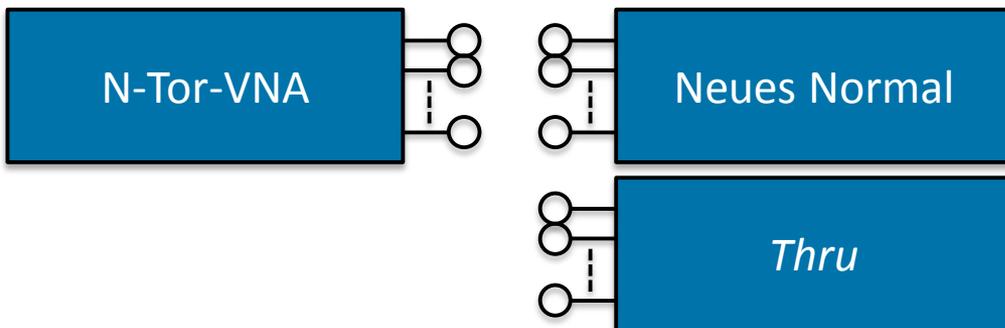
Karsten Kuhlmann, PTB



- Idee
- Simulierte Kalibrierung
 - 3-Tor-VNA
 - 4-Tor-VNA
- Messung
- Zusammenfassung und Ausblick

- Idee
- Simulierte Kalibrierung
 - 3-Tor-VNA
 - 4-Tor-VNA
- Messung
- Zusammenfassung und Ausblick

- Zwei N-Tor-Normale sind ausreichend für die Kalibrierung eines N-Tor-VNA
- Ausnahmen:
 - 1-Tor-VNA: 3 Unbekannte, nur 2 Gleichungen
 - 2-Tor-VNA: 7 Unbekannte, 8 Gleichungen (aber nur 6 unabhängig)
- Vorgehen:
 - Ein zuvor kalibriertes N-Tor-Normal
 - N/2 Durchgangsverbindungen (*thru*), *switch terms* bestimmen
 - Algorithmus: Methode der kleinsten Quadrate, Gronefeld1999

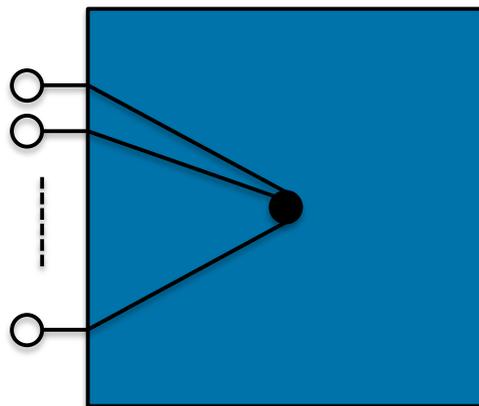


Variationen:

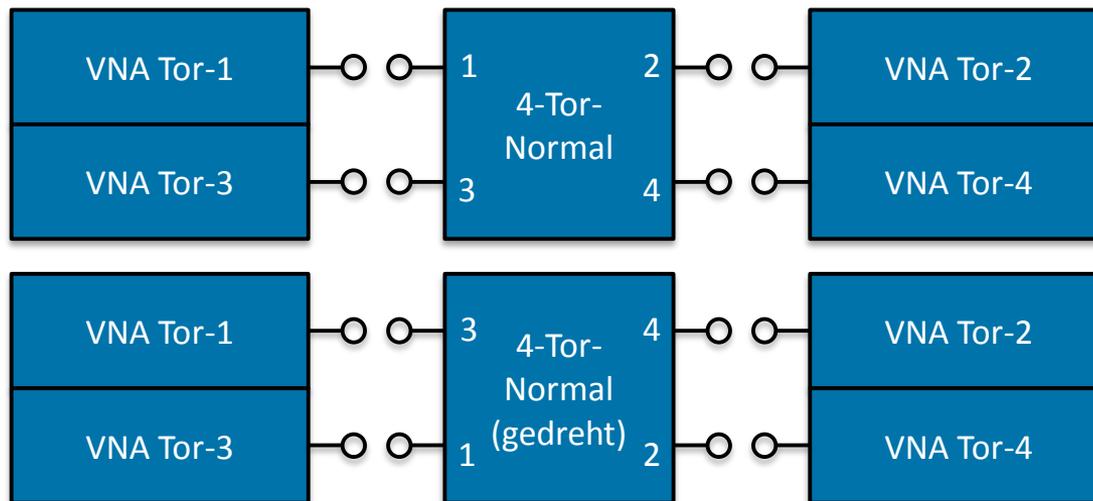
- *Non-insertable* (kein *thru*): charakterisierter Adapter
- Ungerade Anzahl an VNA-Toren: Ein VNA-Tor wird mit klassischem Normal abgeschlossen (OSM)

Realisierung des neuen Normal als Sternschaltung

- Transmissions- und Reflexionseigenschaften: mittel
- Gute Ergänzung zum *thru* (Reflexion=0, Transmission=1)



- Alternative: Zwei Messungen mit einem N-Tor-Normal
- Bsp.: 4-Tor

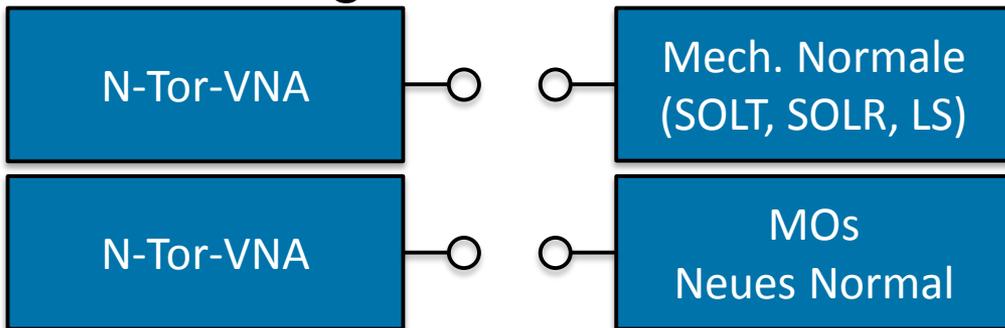


- Nicht für alle Tor-Konfigurationen möglich
- Normal darf nicht symmetrisch sein

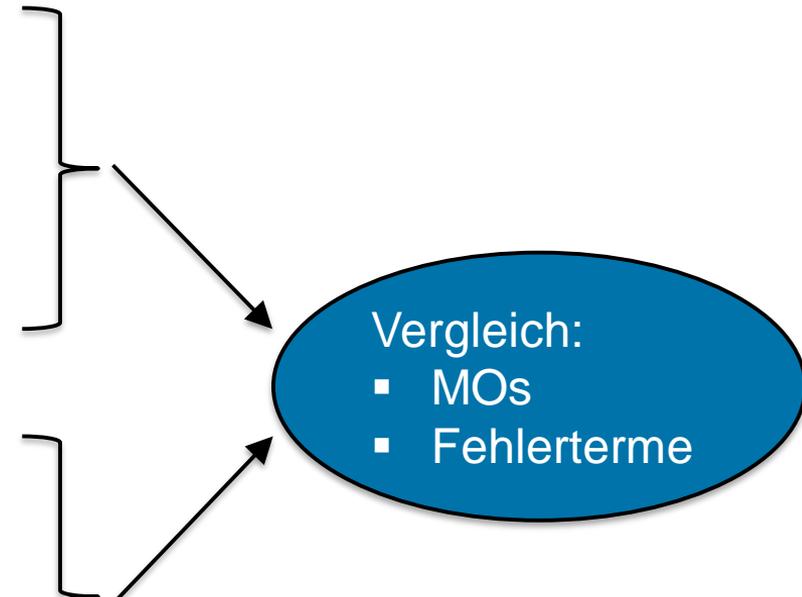
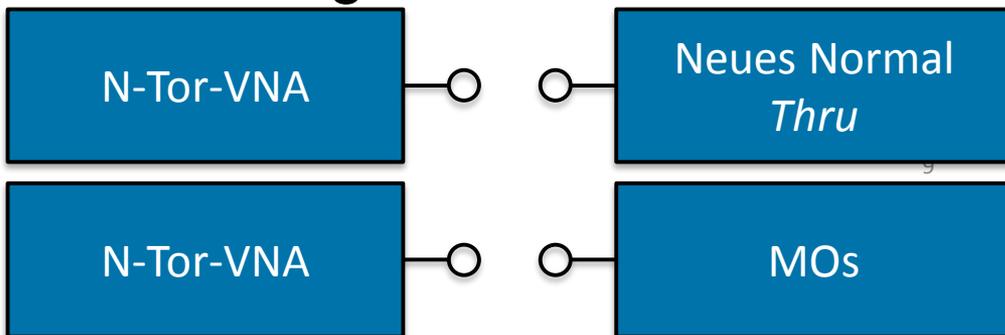
- Idee
- Simulierte Kalibrierung
 - 3-Tor-VNA
 - 4-Tor-VNA
- Messung
- Zusammenfassung und Ausblick

Simulierte Kalibrierung

Kalibrierung A



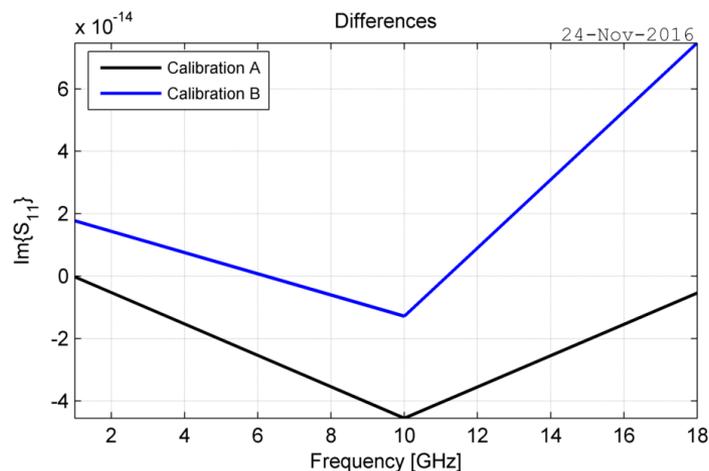
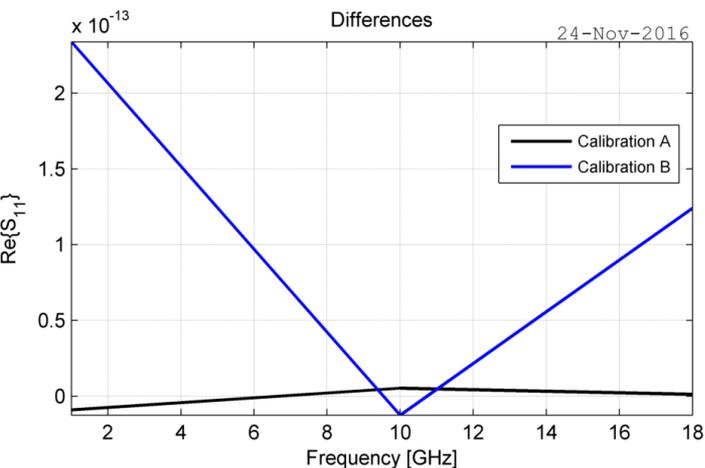
Kalibrierung B



Simulierte Kalibrierung

MO: 3R-Leistungsteiler (3-Tor)

Differenz zur Vorgabe: numerisch Null

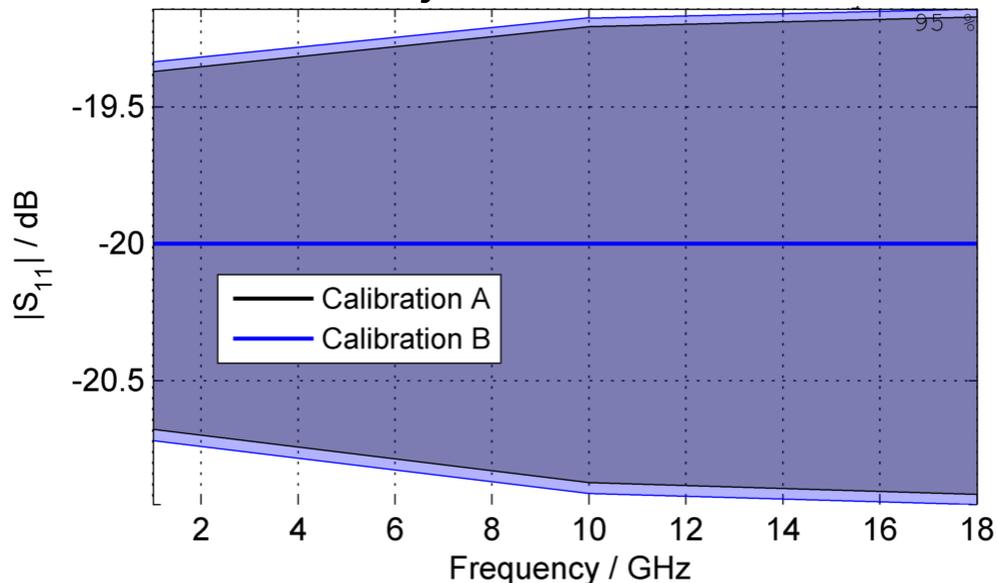


...

Simulierte Kalibrierung

MO: 3R-Leistungsteiler (3-Tor)

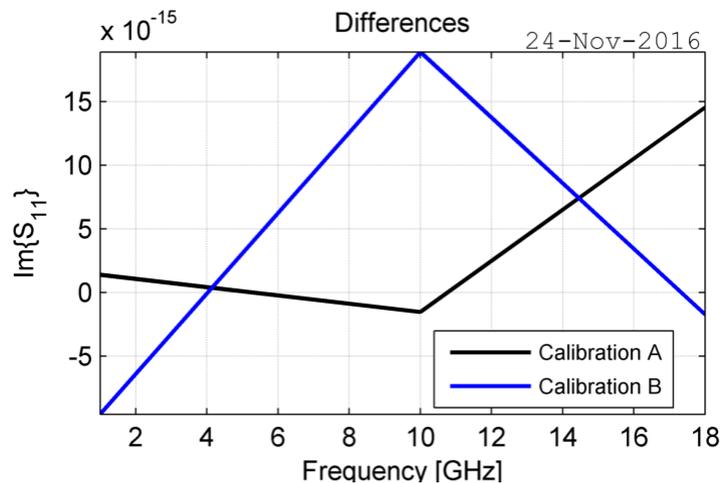
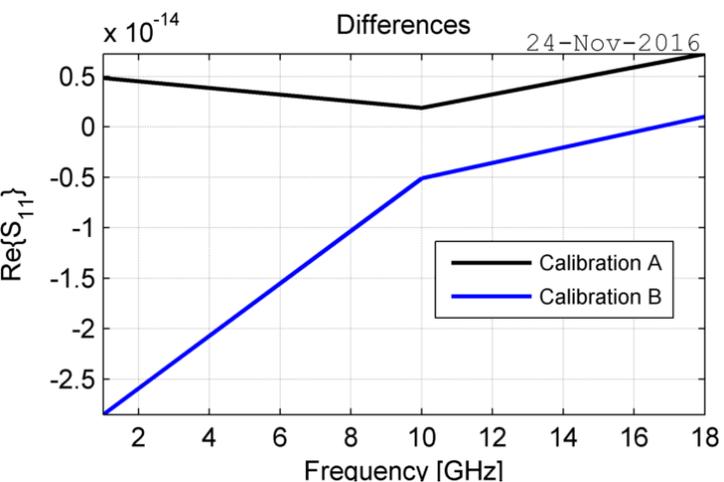
MU: etwas größer als für Kalibrierung A (wie erwartet)
wie bei jeder sekundären Kalibrierung (e.g. ECU)



Simulierte Kalibrierung

MO: Koppler (4-Tor)

Differenz zur Vorgabe: numerisch Null

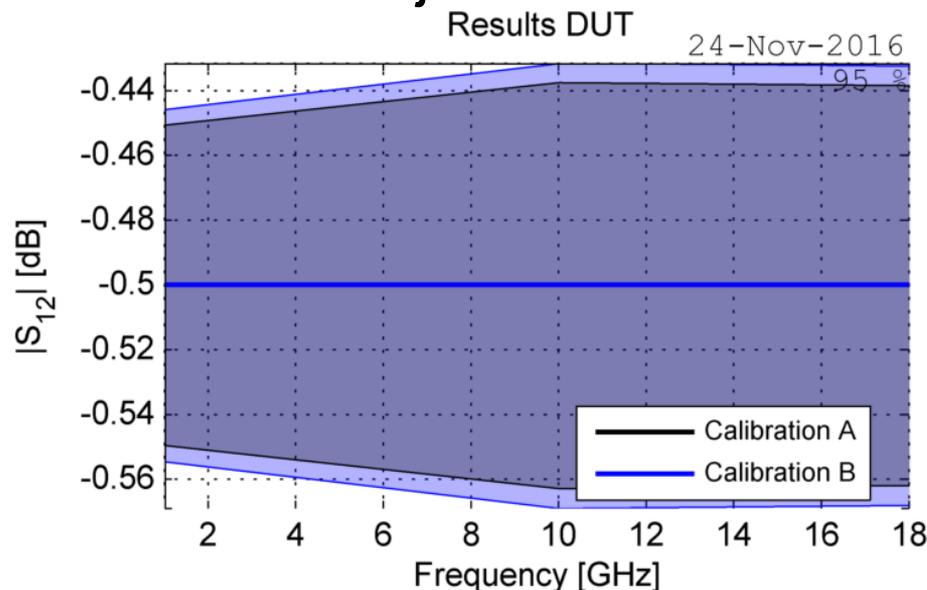


...

Simulierte Kalibrierung

MO: Koppler (4-Tor)

MU: etwas größer als für Kalibrierung A (wie erwartet)
wie bei jeder sekundären Kalibrierung (e.g. ECU)



Studie der Fehlerterme D, T und M:

- Reflexionsbetrag des neuen Normals (Phase willkürlich)
- Reflexionsphase des neuen Normals (Betrag=0.1)
- Symmetrisches oder zufälliges N-Tor-Normal

Ergebnis: Kein Einfluss auf MU!

- Idee
- Simulierte Kalibrierung
 - 3-Tor-VNA
 - 4-Tor-VNA
- **Messung**
- Zusammenfassung und Ausblick

Messung

4-Tor-Normal

- Einfaches FR-4 PCB
- Unsymmetrisch (Leitungslängen und -breiten)
- *Non metrology* N-Verbinder

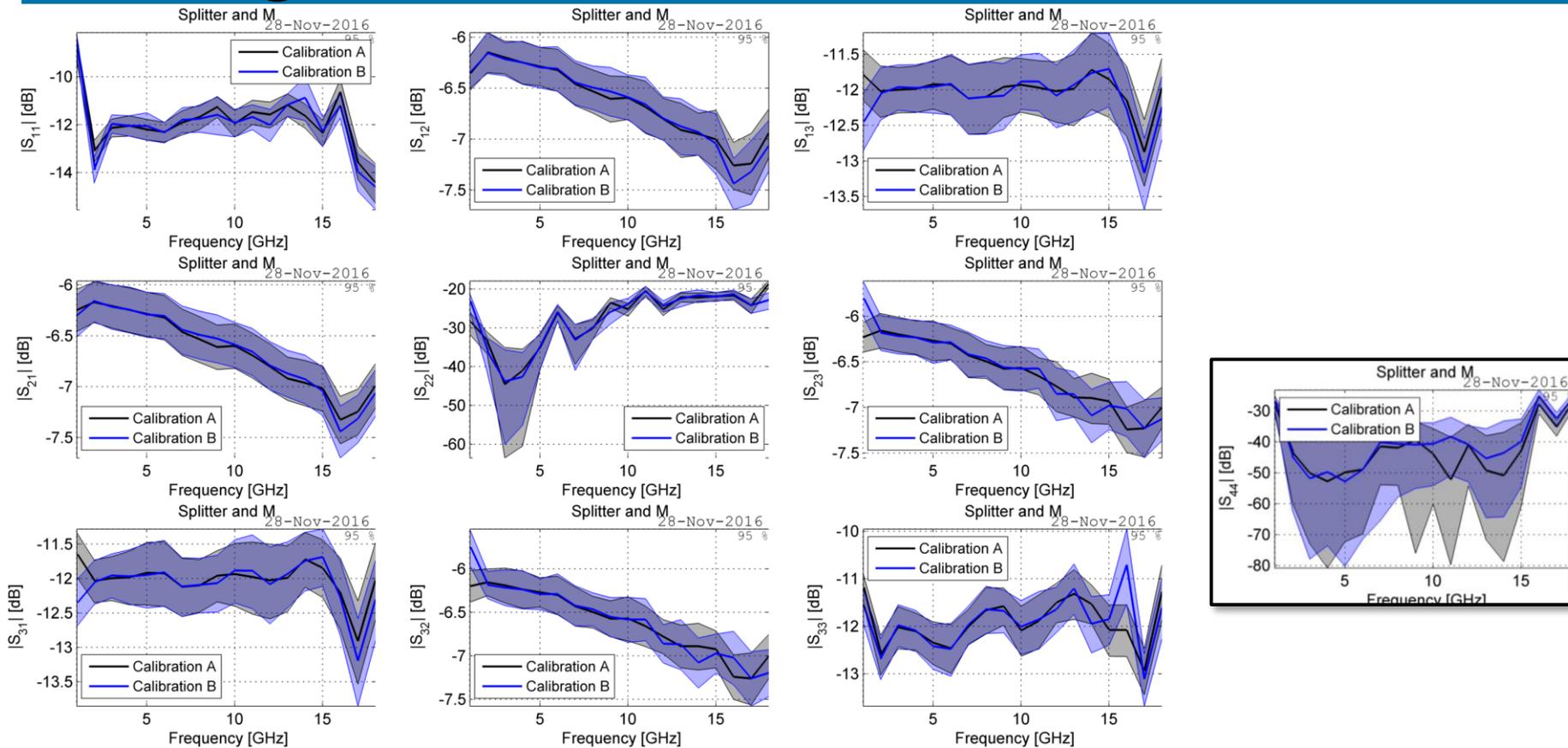
Kalibrierung A

- Standard HP Kit 85054B
- OSM für jedes Tor und angenommen $M=0$
- *Thru 1*: Tore 1-2, 3-4
- *Thru 2*: Tore 1-4, 3-2
- MO: Splitter an Toren 1-3 und Match an Tor 4

Kalibrierung B

- 4-Tor-Normal (Ergebnis von Kalibrierung A)
- *Thru 1*: Tore 1-2, 3-4





- Idee
- Simulierte Kalibrierung
 - 3-Tor-VNA
 - 4-Tor-VNA
- Messung
- Zusammenfassung und Ausblick

- Idee vorgestellt
- Benötigt für Kalibrierung:
 - Bekanntes N-Tor-Normal
 - *thru* Verbindungen, ggf. mit Adpt. (oder gedrehtes Normal)
 - Ein 1-Tor-Normal für ungerade Anzahl von VNA-Toren
- Simulation OK
- Betrag und Phase von N-Tor-Normal und Symmetrie scheinen keinen Einfluss auf MU zu haben
- Einfache Realisierung: Sternschaltung

- Vorteil gegenüber ECU
 - Drift und thermische Einflüsse
- Nachteile gegenüber ECU
 - Flexibilität
 - N-Tor-Kalibrierung benötigt
- Anwendung:
 - Kal. mit immer identischen Anschlüssen (günstiger und schneller)
 - NMIs und Kal.-Labore: präziser
 - Eher nicht für breit aufgestellte Forschungsinstitute (Universitäten, ...)

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Fragen?



**Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Braunschweig und Berlin**

Bundesallee 100

38116 Braunschweig

Karsten Kuhlmann

Telefon: 0531 592-2222

E-Mail: karsten.kuhlmann@ptb.de

www.ptb.de



Stand: 05/17