

Messunsicherheiten in der vektoriellen Netzwerkanalyse

Matthias Hübler

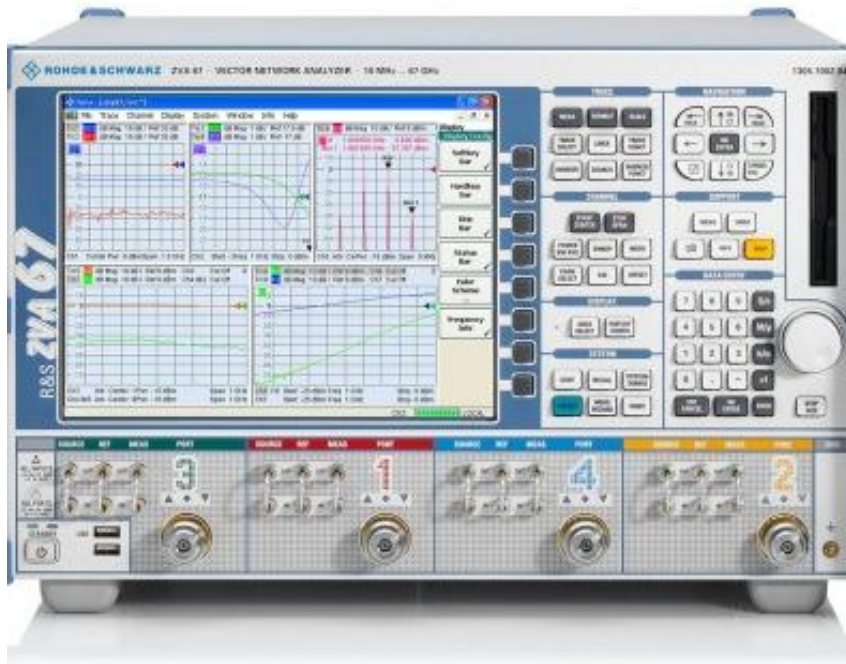
277. PTB-Seminar

“Berechnung der Messunsicherheit – Empfehlungen für die Praxis”

Berlin, 11./12. März 2014



Motivation und Überblick zum Vortrag



Vektorieller Netzwerkanalysator
R&S®ZVA67



BILD 4 Standards im Verifizierkit R&S®ZV-Z435 (v.l.): 2 x Offset Short, 2 x Mismatch, ein Dämpfungsglied und ein Stepped Through.

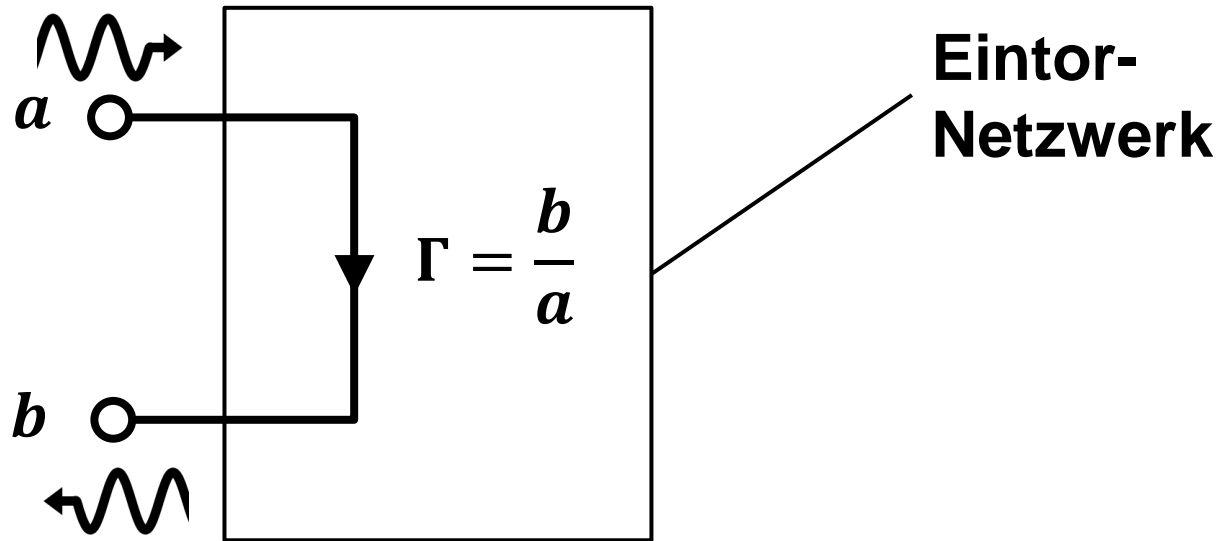
Verifizierkit R&S®ZV-Z435



T-Check R&S®ZV-Z335

Was misst ein vektorieller Netzwerkanalysator? (1)

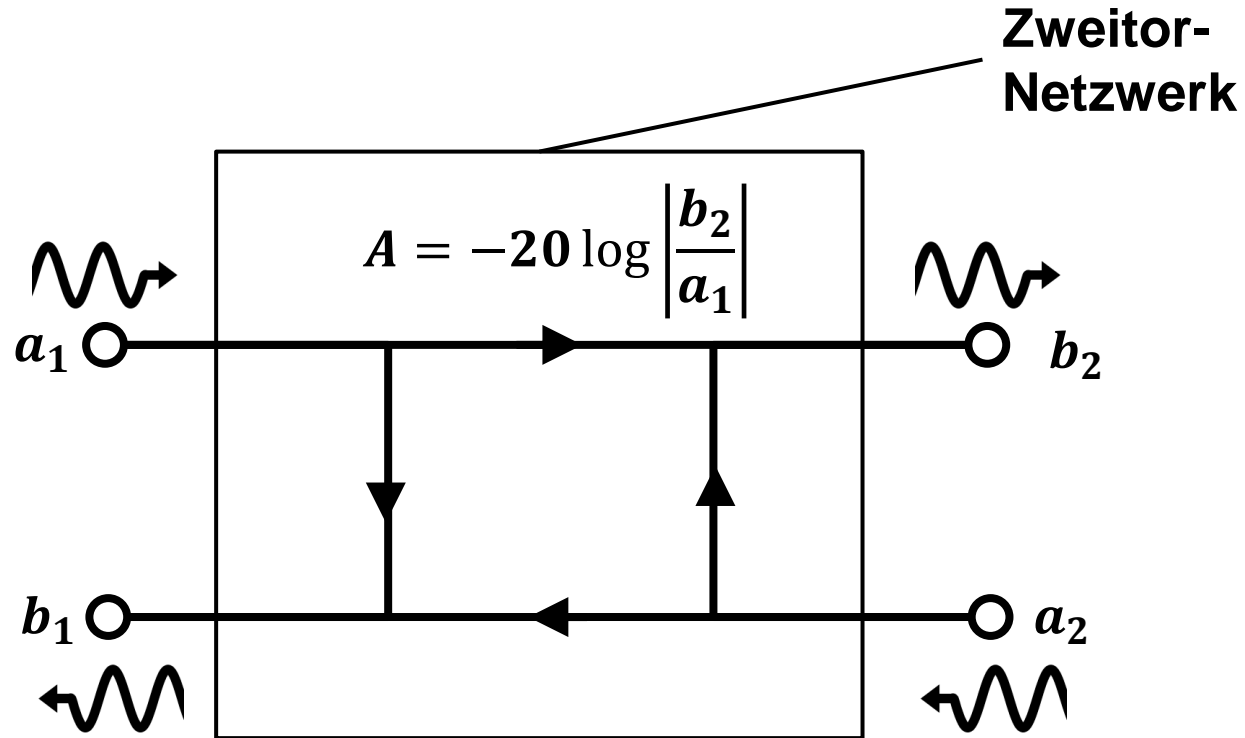
Reflexion Γ



a ...hinlaufende Welle
 b ...rücklaufende Welle
 Γ ...Reflexion

Was misst ein vektorieller Netzwerkanalysator? (2)

Dämpfung A



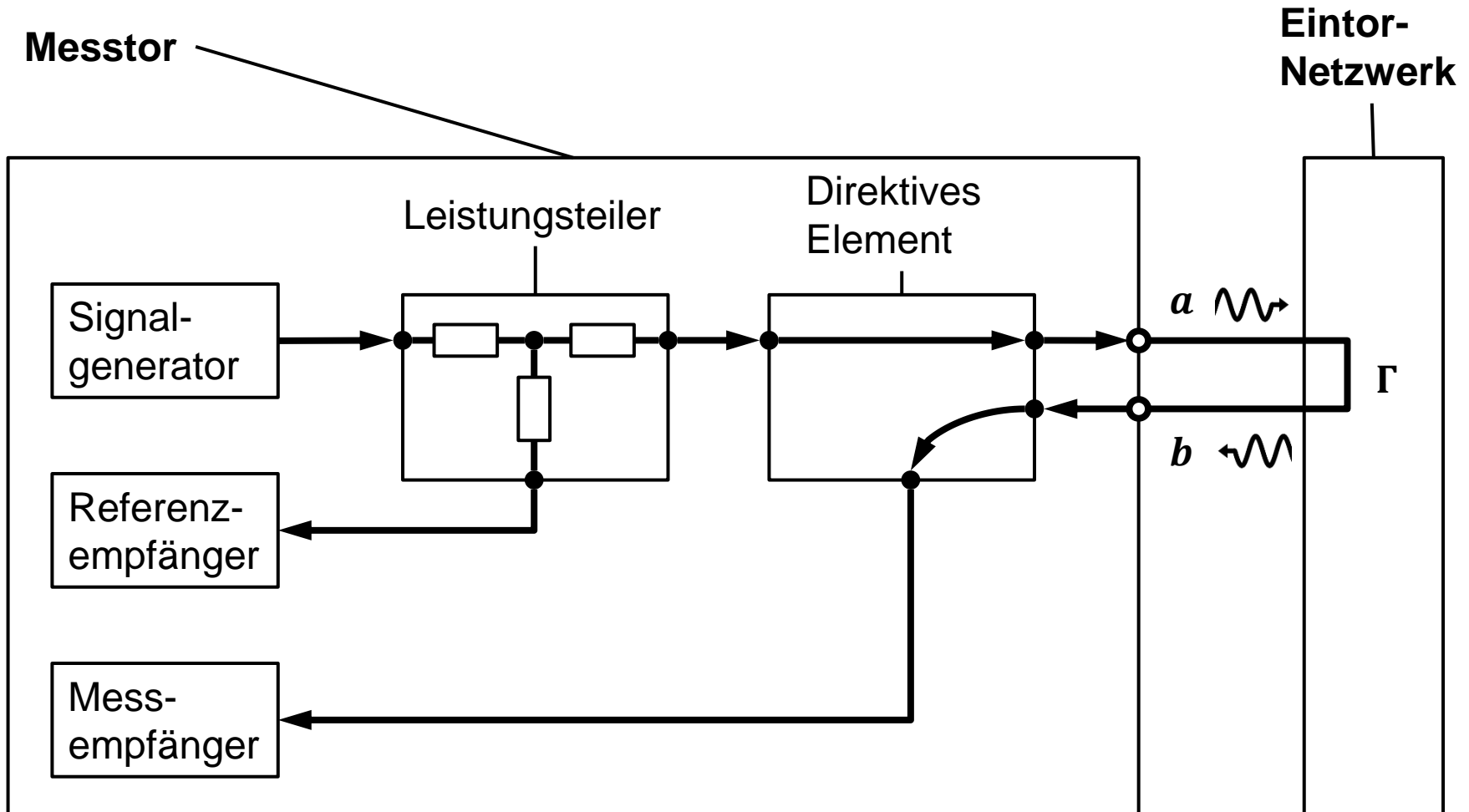
a ...hinlaufende Welle

b ...rücklaufende Welle

A ...Dämpfung

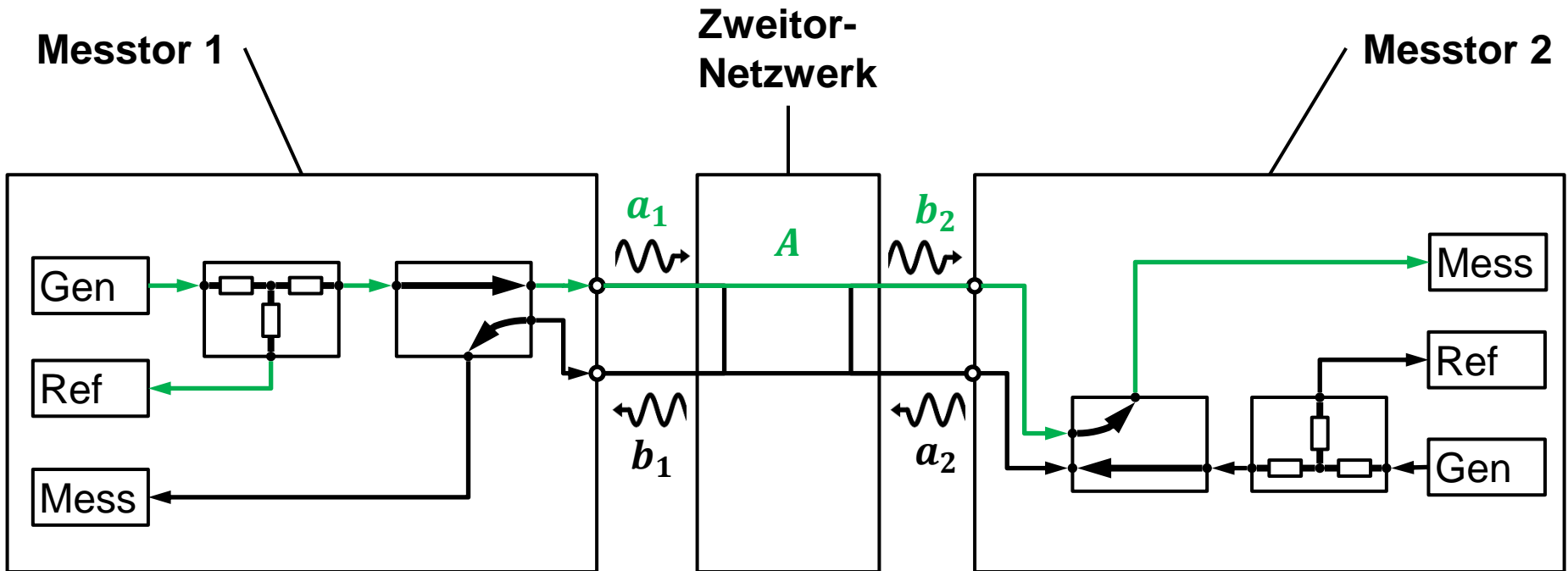
Wie misst ein vektorieller Netzwerkanalysator? (1)

Reflexion Γ



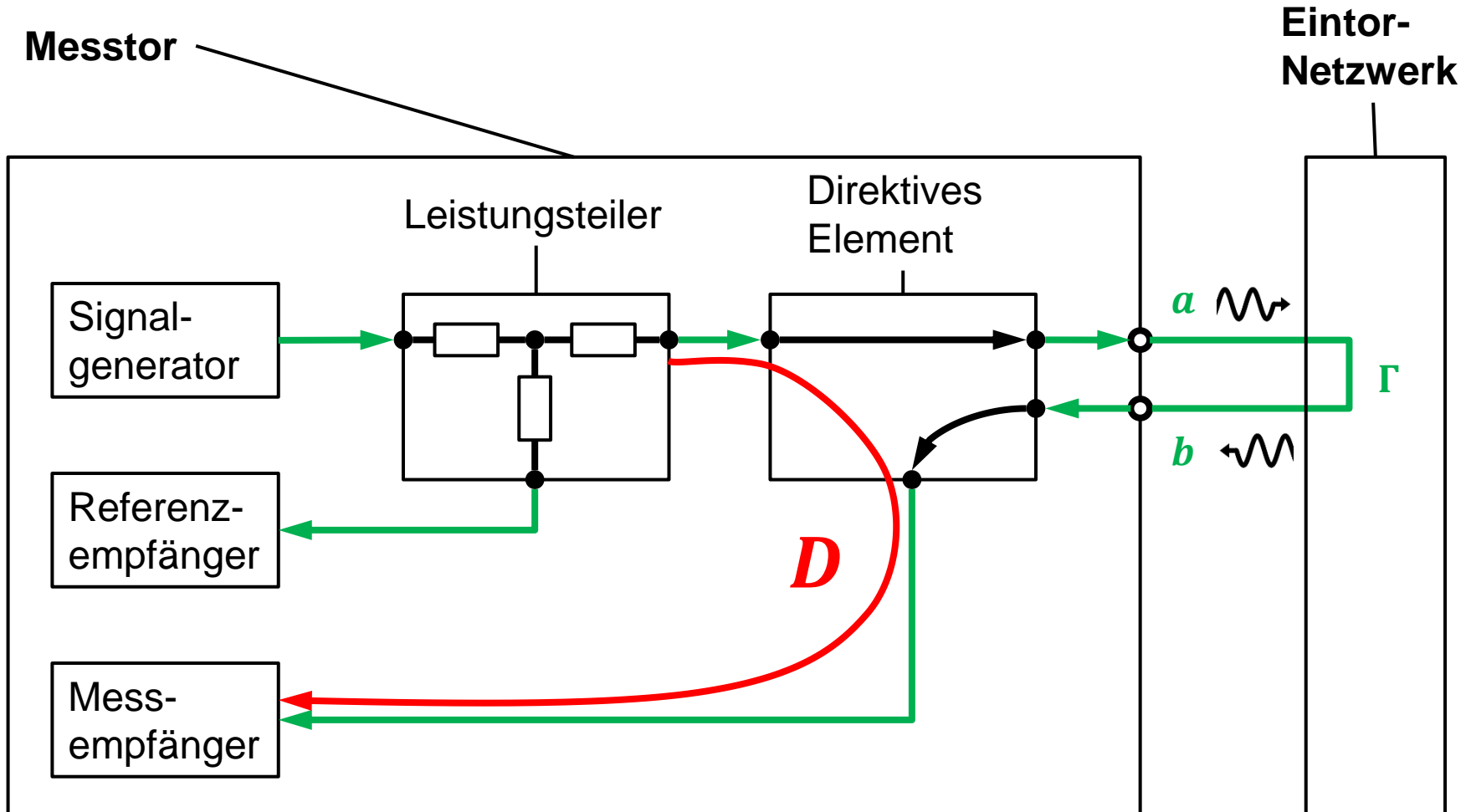
Wie misst ein vektorieller Netzwerkanalysator? (2)

Dämpfung A



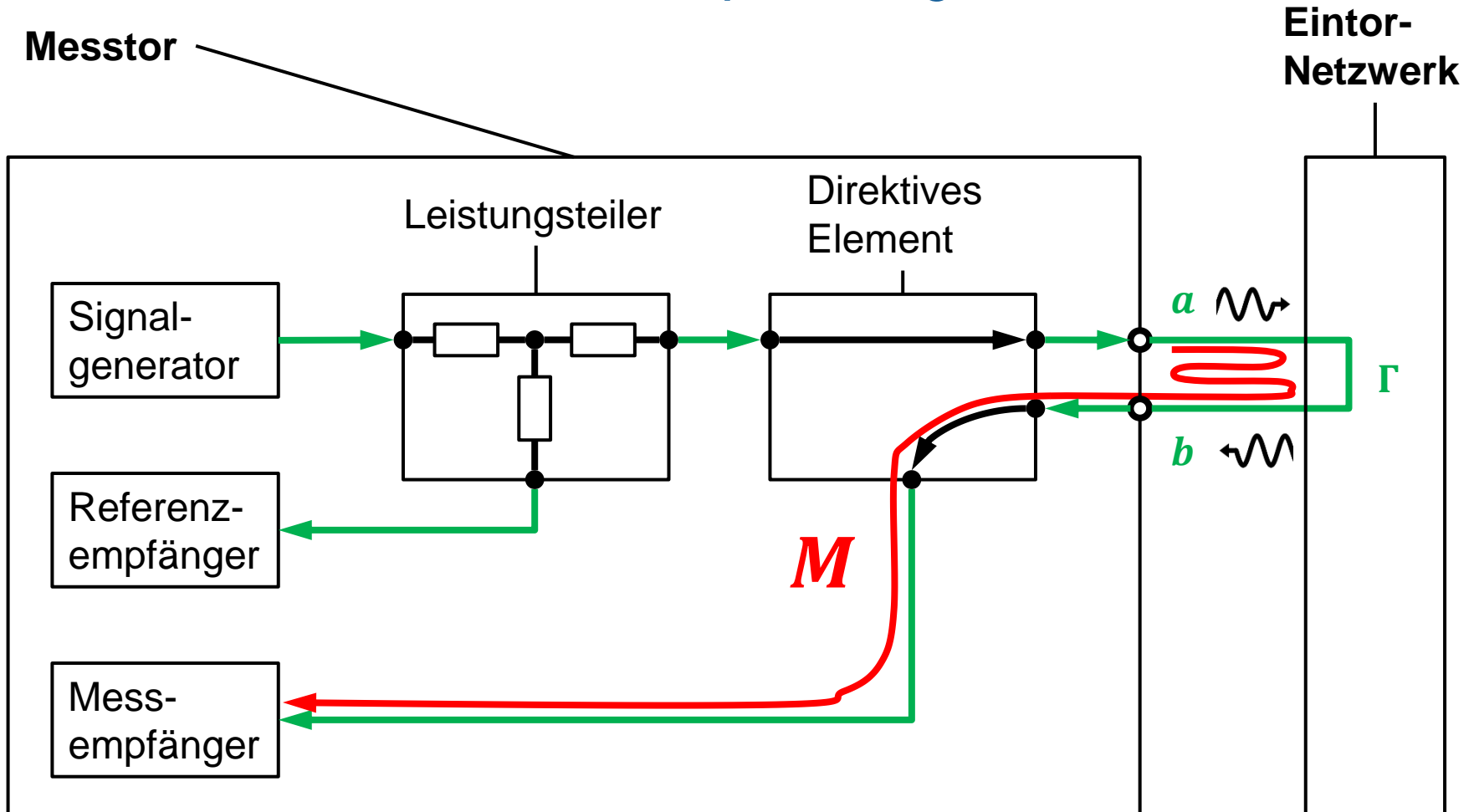
Einflussgrößen der Reflexionsmessung (1)

Direktivität D



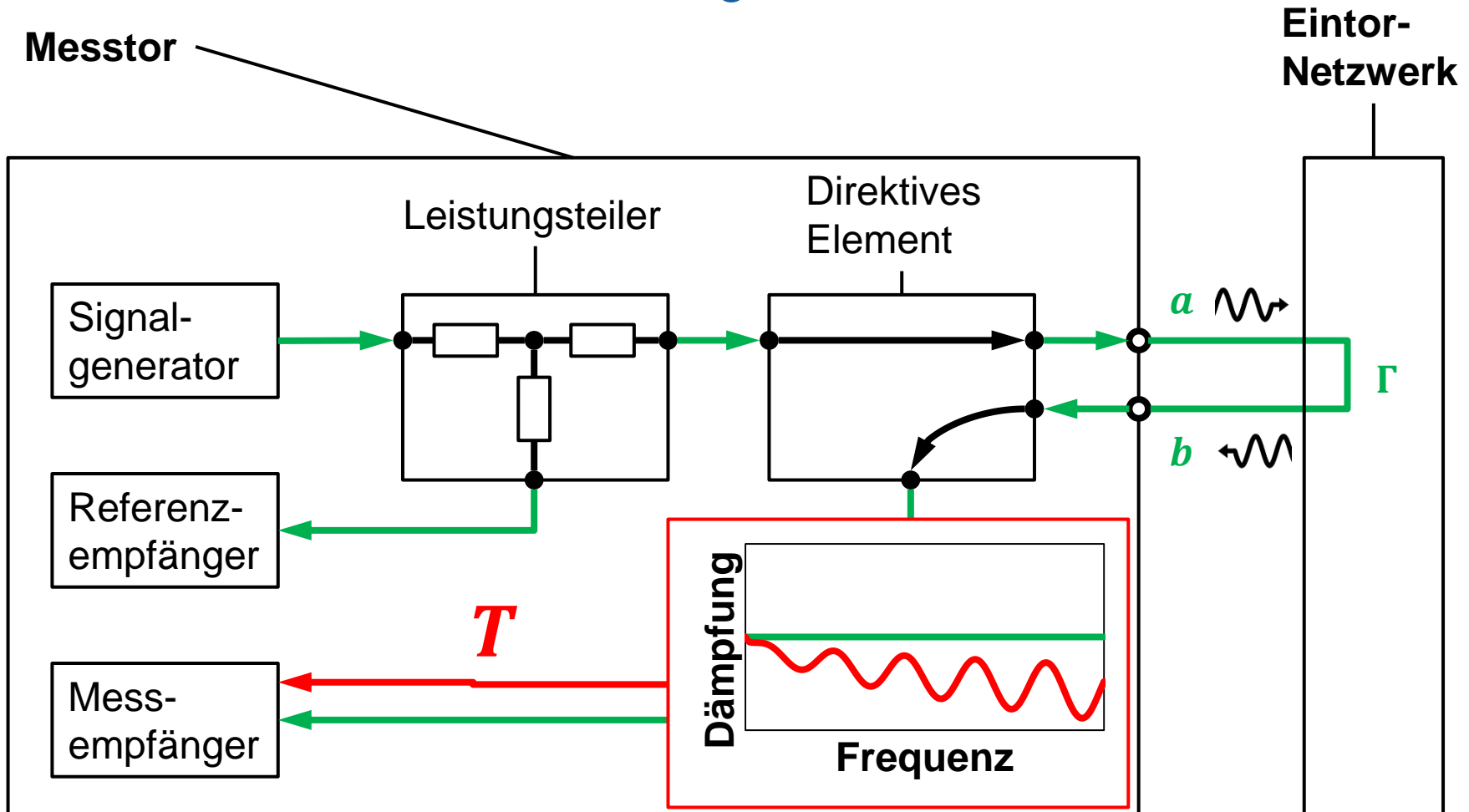
Einflussgrößen der Reflexionsmessung (2)

Messtoranpassung M



Einflussgrößen der Reflexionsmessung (3)

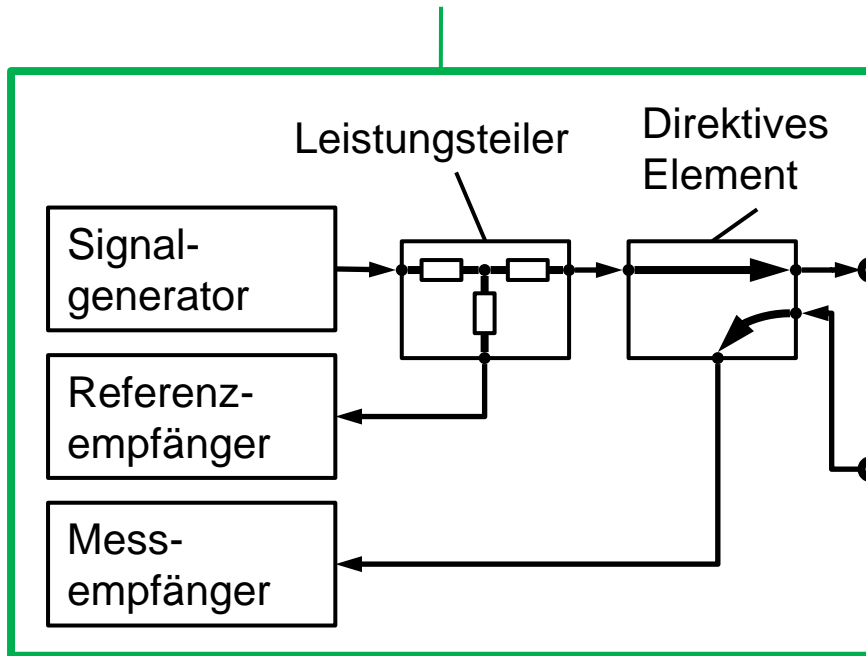
Reflexionsgleichlauf T



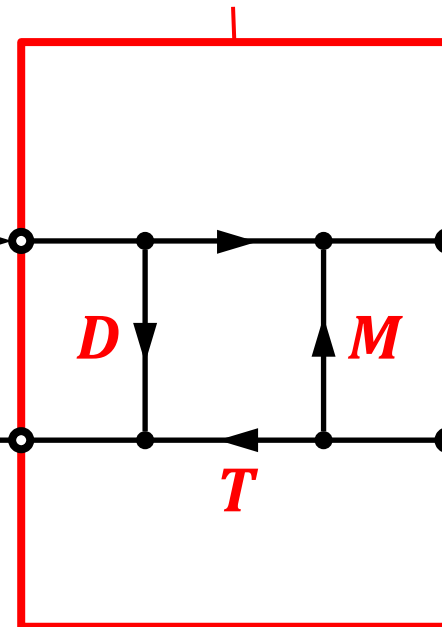
Korrektion der Reflexionsmessung (1)

Unkorrigiertes Fehlermodell

Ideales Messtor



Unkorrigiertes Fehlerzweitor



D ...Direktivität

T ...Reflexionsgleichlauf

M ...Messtoranpassung

Korrektion der Reflexionsmessung (2)

Eintorkalibrierung

Ideales Messtor

Unkorrigiertes Fehlerzweitor

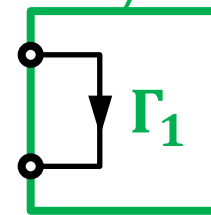
Kalibrier-
Standards

Leistungsteiler
Direktives Element

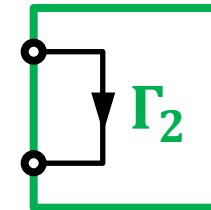
Signal-
generator

Referenz-
empfänger

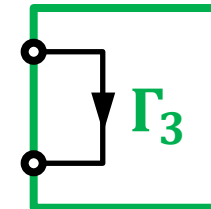
Mess-
empfänger



Open
Leerlauf



Short
Kurzschluss



Match
Anpassung

D...Direktivität

T...Reflexionsgleichlauf

M...Messtoranpassung

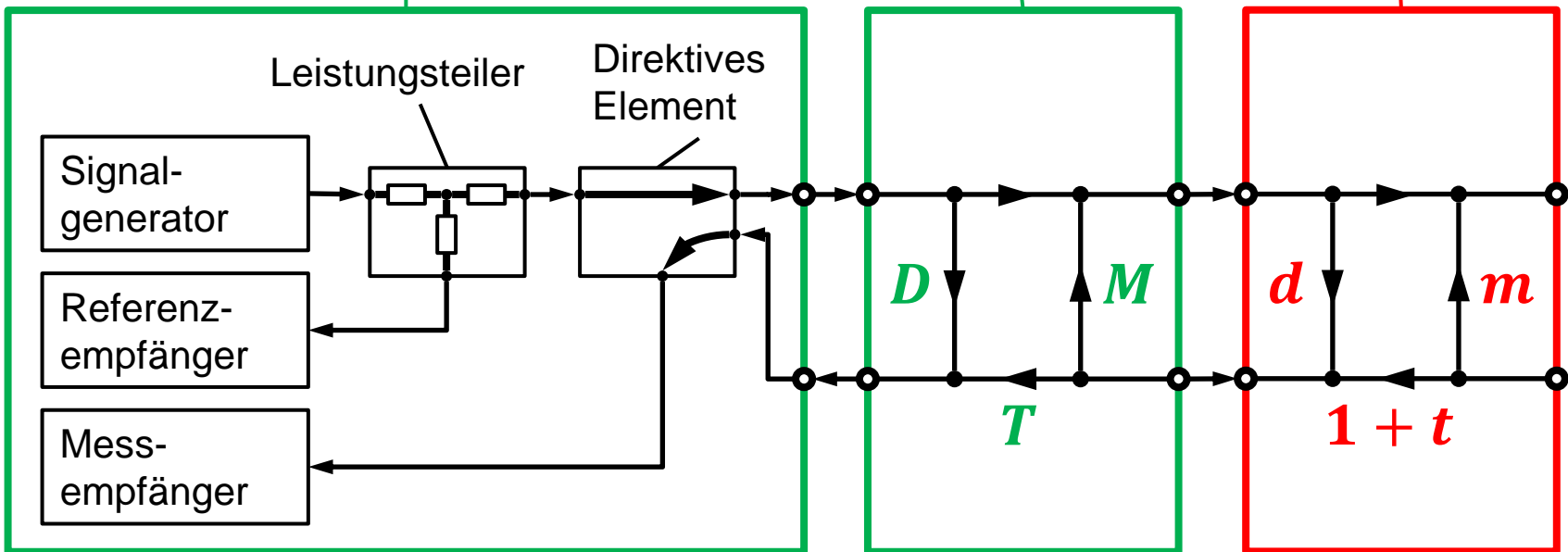
Korrektion der Reflexionsmessung (3)

Korrigiertes Fehlermodell

Ideales Messtor

Unkorrigiertes Fehlerzweitor

Korrigiertes Fehlerzweitor



d ...effektive Direktivität

t ...effektiver Reflexionsgleichlauf

m ...effektive Messtoranpassung

Messunsicherheitsanalyse Reflexion

Modellfunktion:

$$\Gamma_{Mess} = d + (1 + t)\Gamma + m\Gamma^2$$

Sensitivitäts-
koeffizienten:

$$\frac{\partial \Gamma_{Mess}}{\partial d} = 1 \quad \frac{\partial \Gamma_{Mess}}{\partial t} = \Gamma \quad \frac{\partial \Gamma_{Mess}}{\partial m} = \Gamma^2$$

Datenblattwerte:

Datenblatt	
Effektive Direktivität d	> 46 dB
Effektiver Reflexionsgleichlauf t	< 0.05 dB
Effektive Messtoranpassung m	> 40 dB



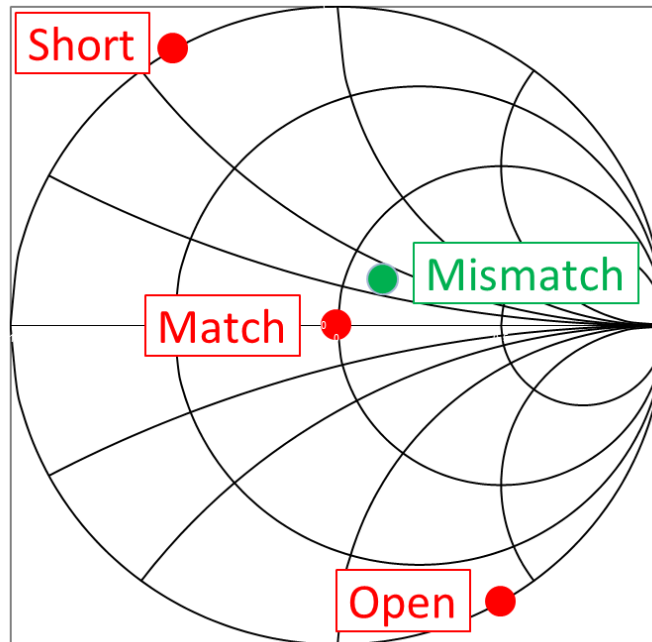
Wozu brauche ich Verifizierstandards?

- Diverse Fehlerquellen können die Korrektur beeinträchtigen:
 - Defekte/Verschmutzte Konnektoren
 - Falsche Kalibrierkit-Daten
 - Instabile Kabel
 - Usw.
- Fehlerhafte Korrekturen bleiben häufig unbemerkt und führen zu fehlerhaften Messergebnissen
- Daher: Vergleichsmessungen mit weiteren bekannten (Verifizier-) Standards sind nötig.
- Verifizierstandards müssen
 - unkorreliert zu den verwendeten Kalibrierstandards sein
 - empfindlich für die relevanten Einflussgrößen sein

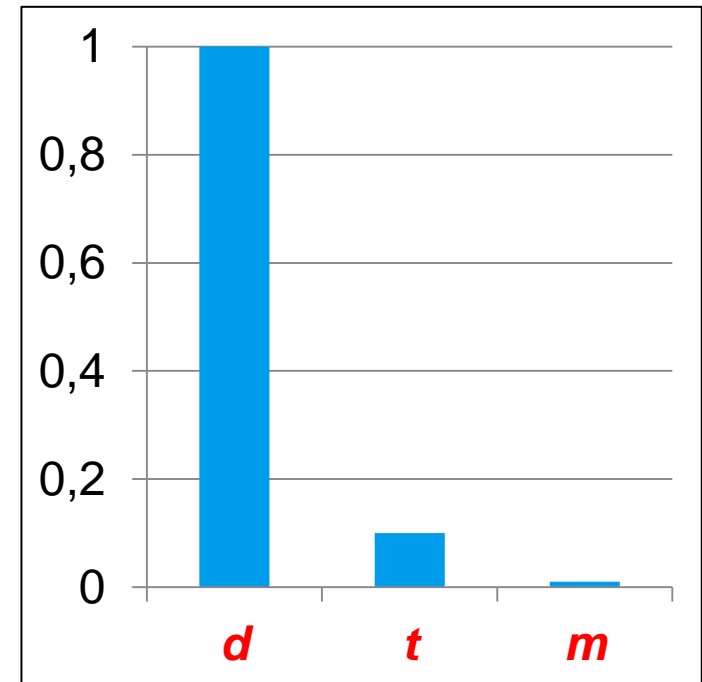


R&S® Verifizierstandard Mismatch

Korrelation zu Kalibrierstandards



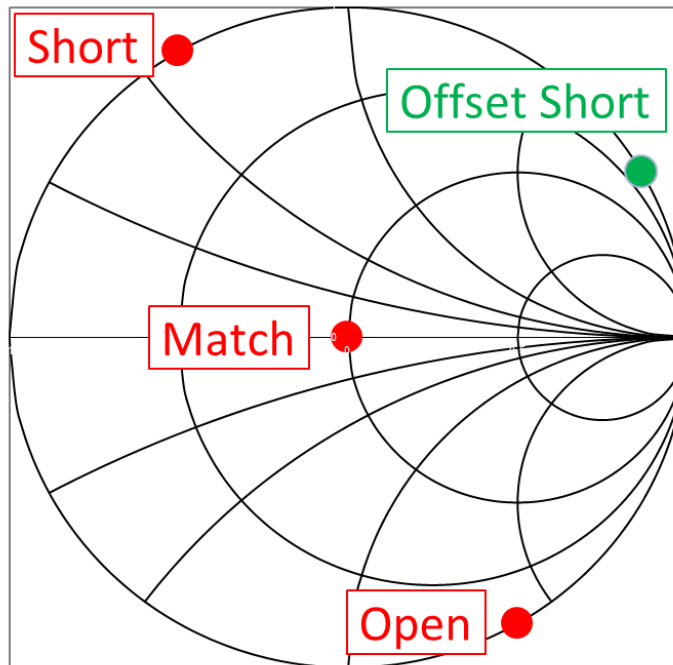
Sensitivitätskoeffizienten



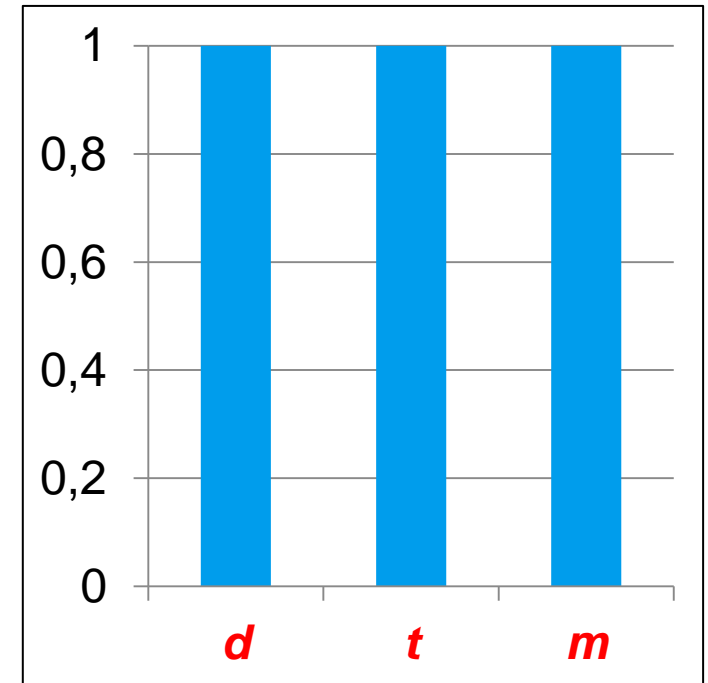
=> Der Mismatch verifiziert die effektive Direktivität *d*

R&S® Verifizierstandard Offset Short

Korrelation zu Kalibrierstandards

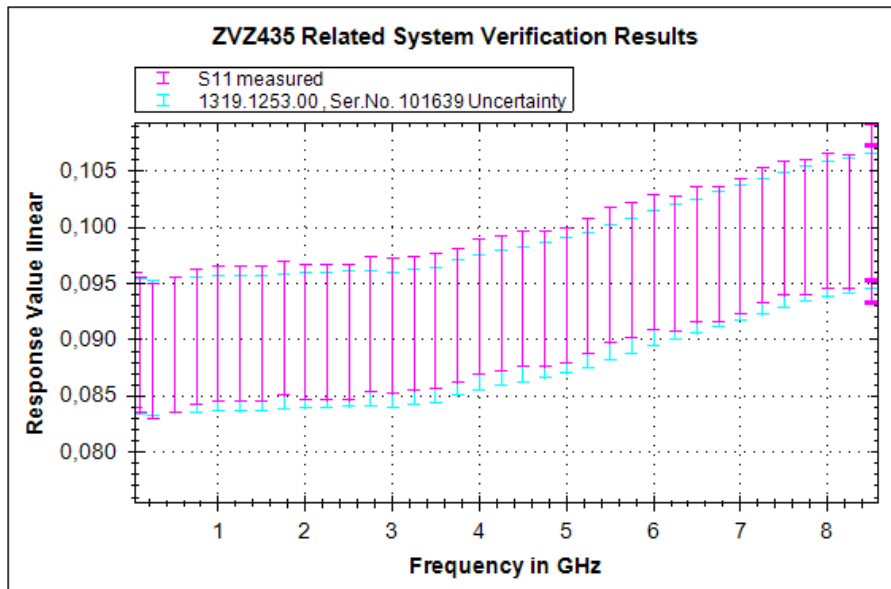


Sensitivitätskoeffizienten

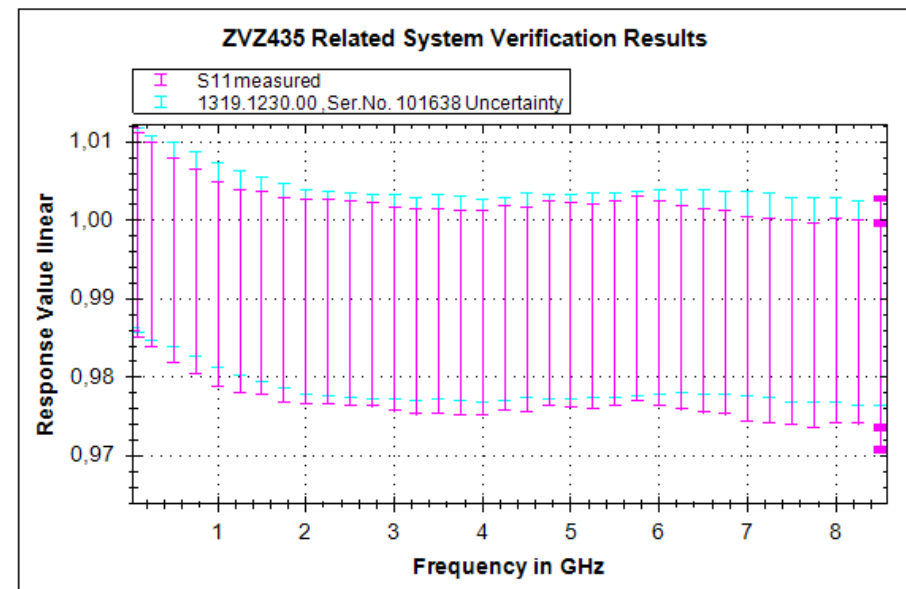


⇒ Der Offset Short verifiziert effektiven Reflexionsgleichlauf t und effektive Messtoranpassung m

Mismatch



Offset Short



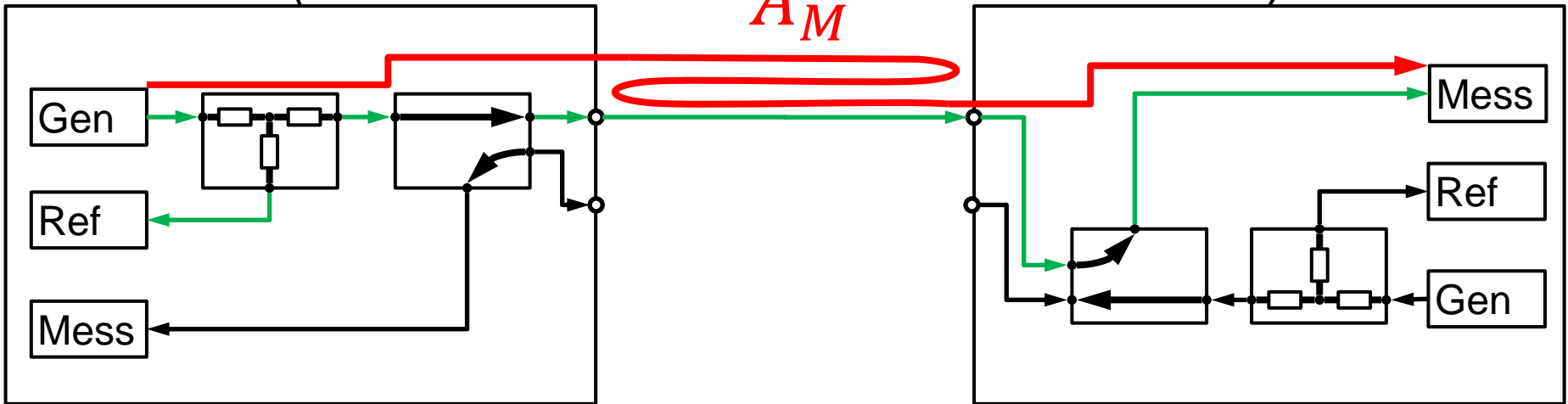
Einflussgrößen der Dämpfungsmessung (1)

Fehlanpassung A_M

Messtor 1

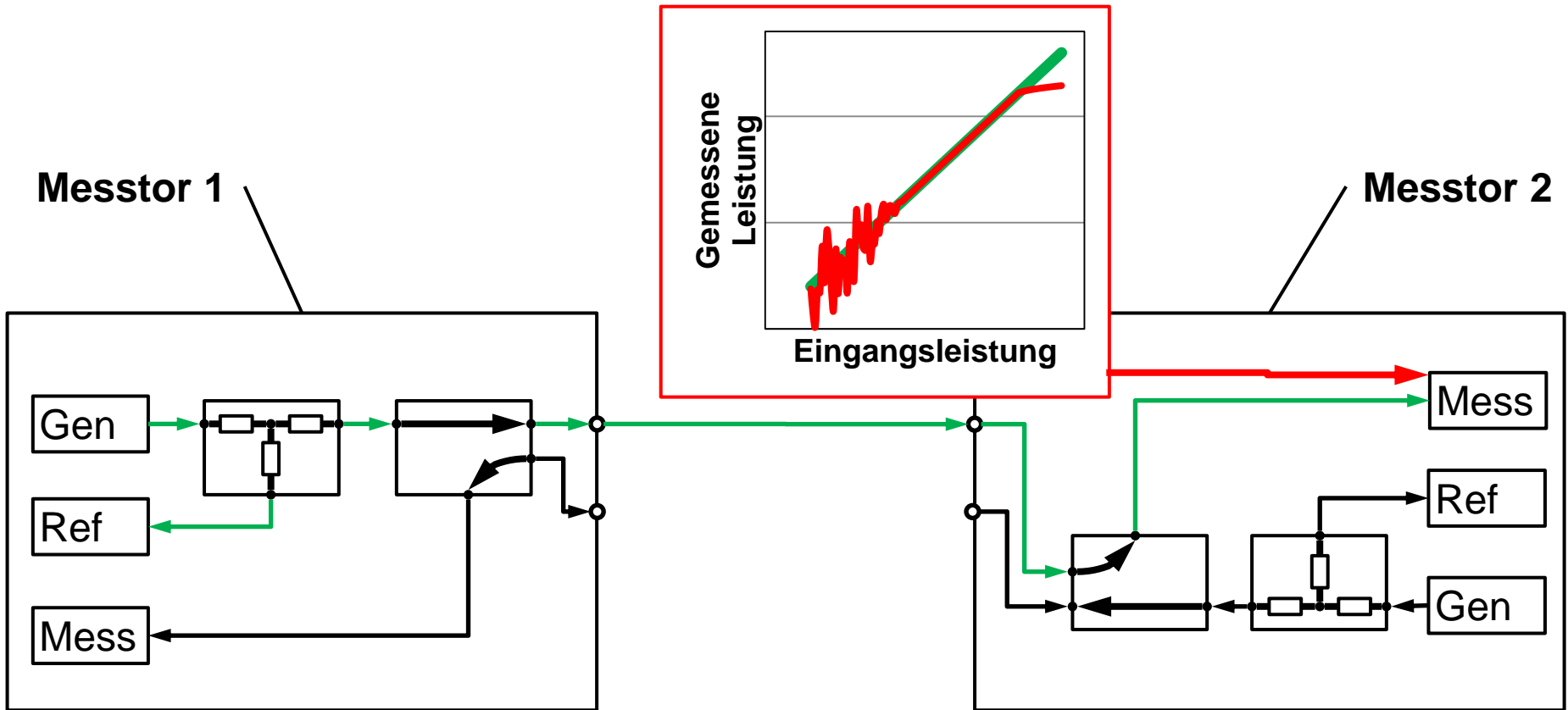
Messtor 2

A_M



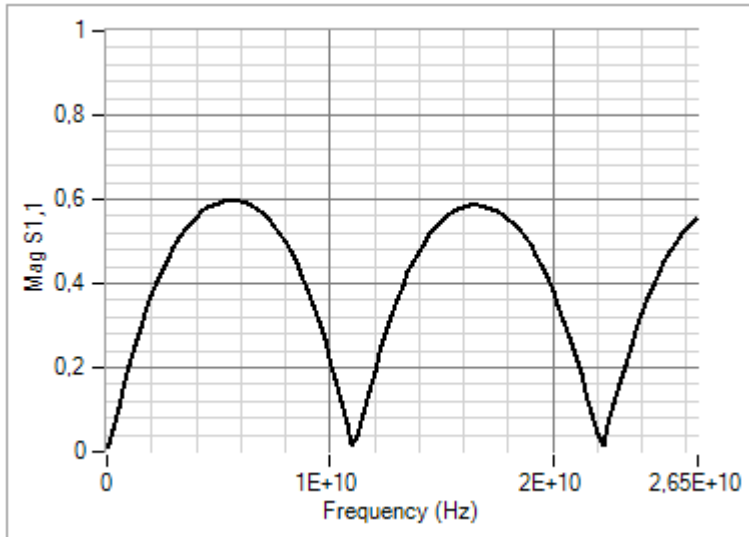
Einflussgrößen der Dämpfungsmessung (1)

Linearität A_{Lin}



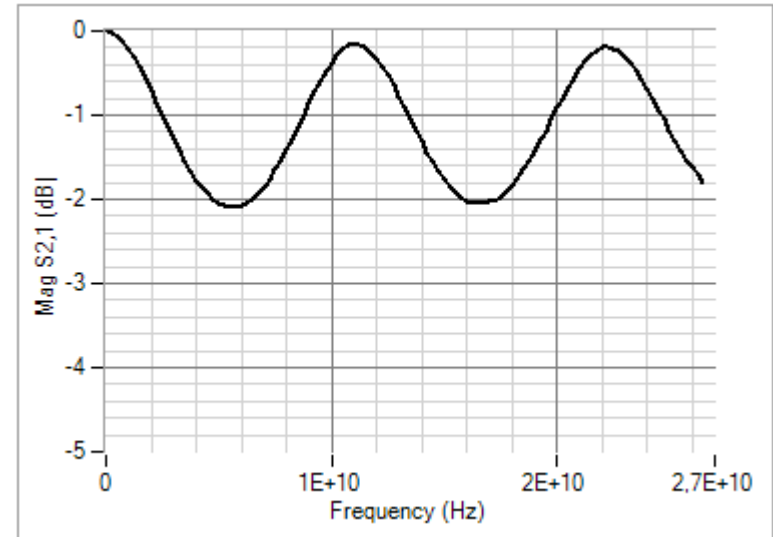
R&S® Verifizierstandard Stepped Thru

Reflexion



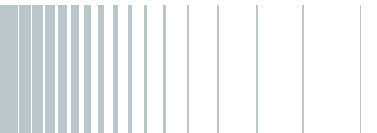
⇒ fehlangepasst

Dämpfung



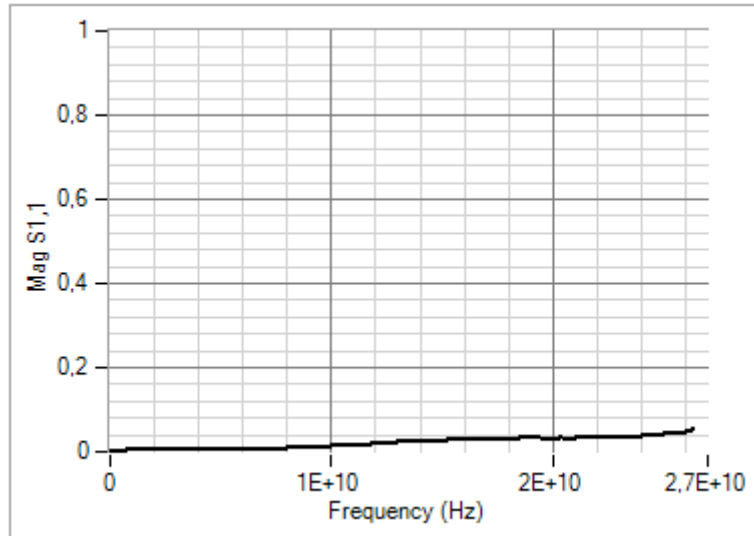
⇒ geringe Dämpfung

⇒ Der Stepped Thru verifiziert die Fehlanpassung A_M



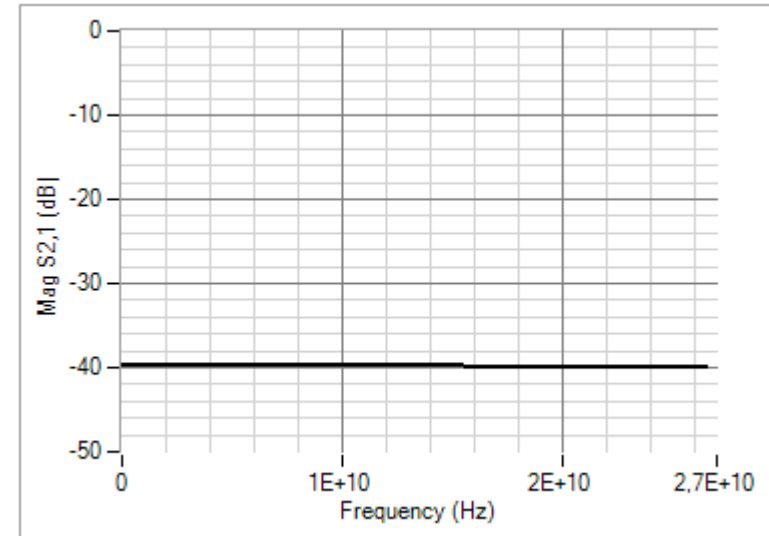
R&S® Verifizierstandard Attenuator

Reflexion



⇒ angepasst

Dämpfung

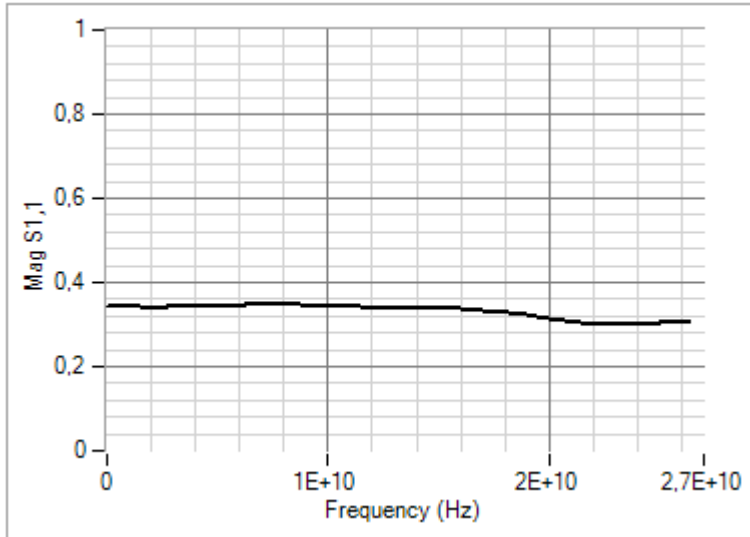


⇒ hohe Dämpfung

⇒ Der Attenuator verifiziert die Linearität A_{Lin}

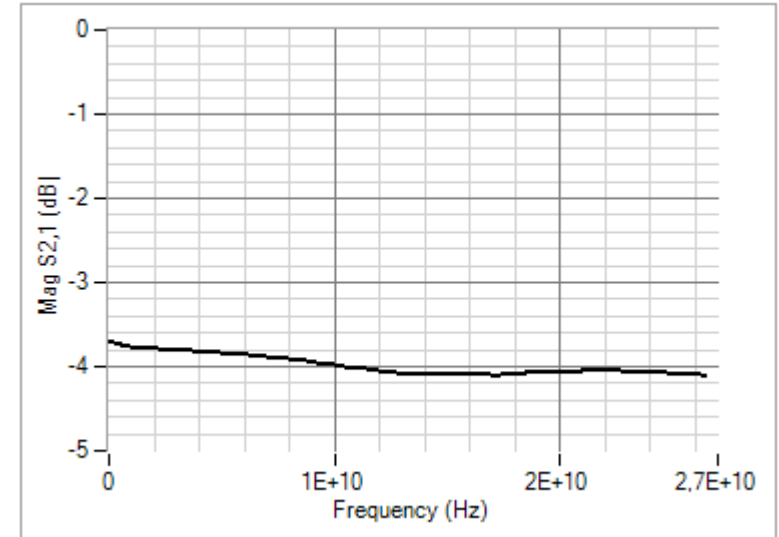
R&S® Verifizierstandard T-Check

Reflexion



⇒ **fehlangepasst**

Dämpfung



⇒ **geringe Dämpfung**

- ⇒ Der T-Check ist empfindlich für die Einflussgrößen d, t, m, A_m
- ⇒ Verifikation mit nur einem Standard
- ⇒ Aber: Fehler können nicht einem Messtor/Einflussgröße zugeordnet werden

Vergleich des R&S® Verifikationskit gegen bestehende Lösungen

R&S® Verifikationskit



Vorteile:

- Eintor- und Zweitor-Verifikation möglich
- Einfache Handhabung

Bestehende Lösung

- Ungestützte Luftleitungen (angepasst, fehlangepasst)
- Dämpfungsglieder

Nachteile:

- Keine Eintor-Standards, daher nur Zweitor-Verifikation möglich
- Schwierige Handhabung



R&S® T-Check

Vorteile:

Verifikation mit einem Standard



Zusammenfassung

- Zur Messung der Reflexion und der Dämpfung müssen die nichtidealen Eigenschaften der Messtore durch Messung bekannter Kalibrierstandards korrigiert werden
- Ein Verifizierkit wird benötigt, um diese Korrektur zu überprüfen
- Mit geeigneten Eintor- und Zweitoren-Verifizierstandards kann ein Fehler der Korrektur einem Messtor und einer Einflussgröße zugeordnet werden



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

