OE8JHK

NANO VNA

Anwendung in der Amateurfunkpraxis

Von und für den Funkamateur OE8JHK 11/2026

Dokument erstellt mit KI Unterstützung



Inhaltsverzeichnis

Messübersicht 4
1. Grundlagen und Sicherheit 5
2. Vor jeder Messung: Kalibrierung 6
2.1 Einport-Kalibrierung S11 6
2.2 Zweitor-Kalibrierung S21 7
3. Antennen messen: SWR und Frequenzanpassung 7
4. Impedanz, Resonanz und Smith-Diagramm 8
5. Return Loss und Reflexionskoeffizient 9
6. Koaxialkabel: Dämpfung messen 10
7. Kabellänge, Kabelbruch und Kurzschluss (TDR) 11
8. Wellenwiderstand und elektrische Leitungslänge 12
9. Filter, Duplexer, Sperrkreise und Dämpfungsglieder 13
10. Balun, Unun und Mantelwellensperre 14
11. Kondensatoren, Spulen, LC-Kreise und Quarze 15
12. Abstimmgeräte und Anpassnetzwerke 16
13. Häufige Messfehler und Gegenmaßnahmen 17
14. Kurzübersicht: Welche Anzeige für welche Frage? 18
15. Formelsammlung 19
16. Quellen und vertiefende Anleitungen 20
17. Messprotokoll – Vorlage 21

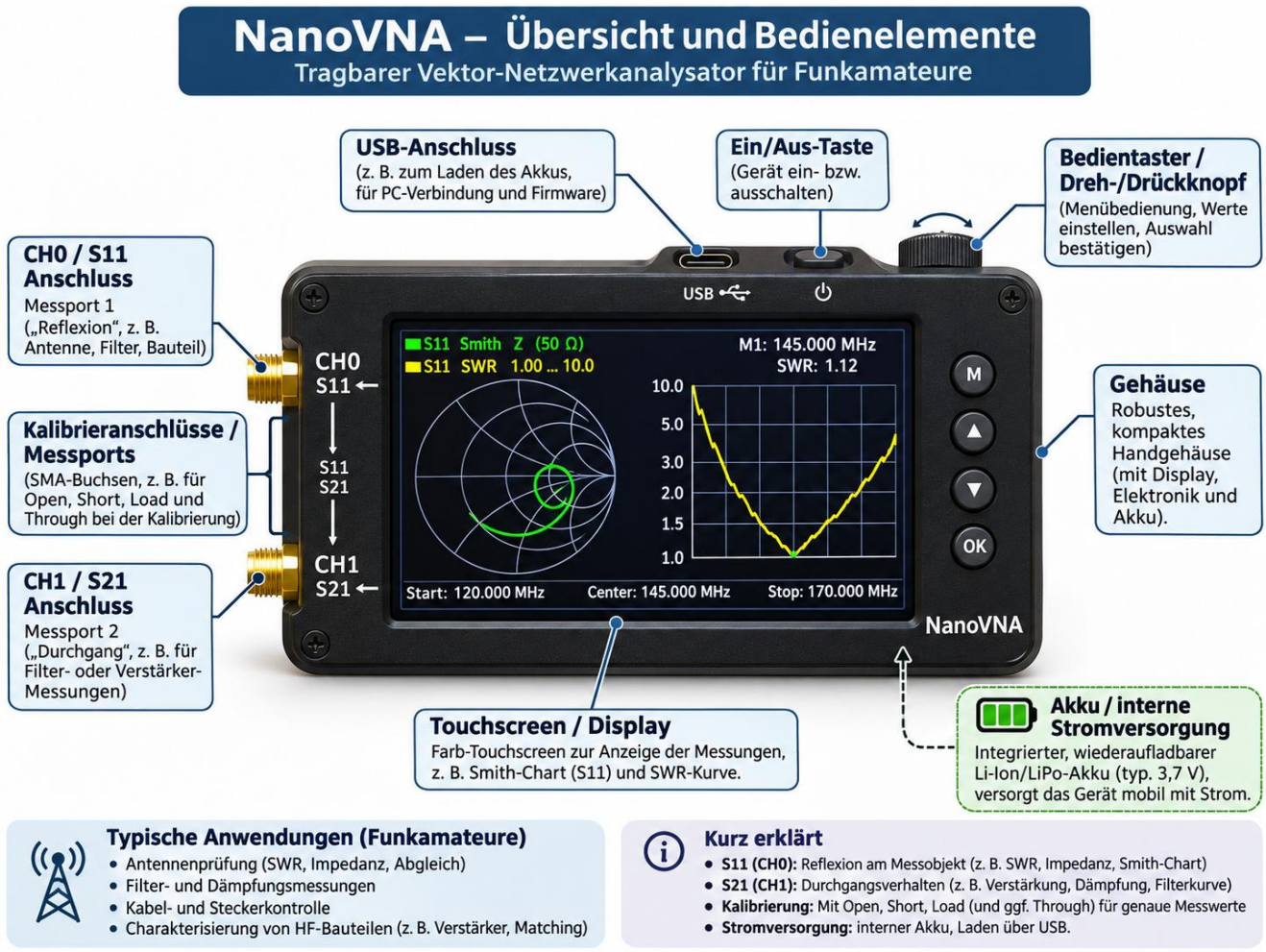
NanoVNA in der Amateurfunkpraxis

Messhandbuch für Antennen, Koaxialkabel, Filter und HF-Bauteile

Praxisleitfaden · **Ausgabe November 2026** · für NanoVNA-H/H4, V2 und ähnliche Geräte

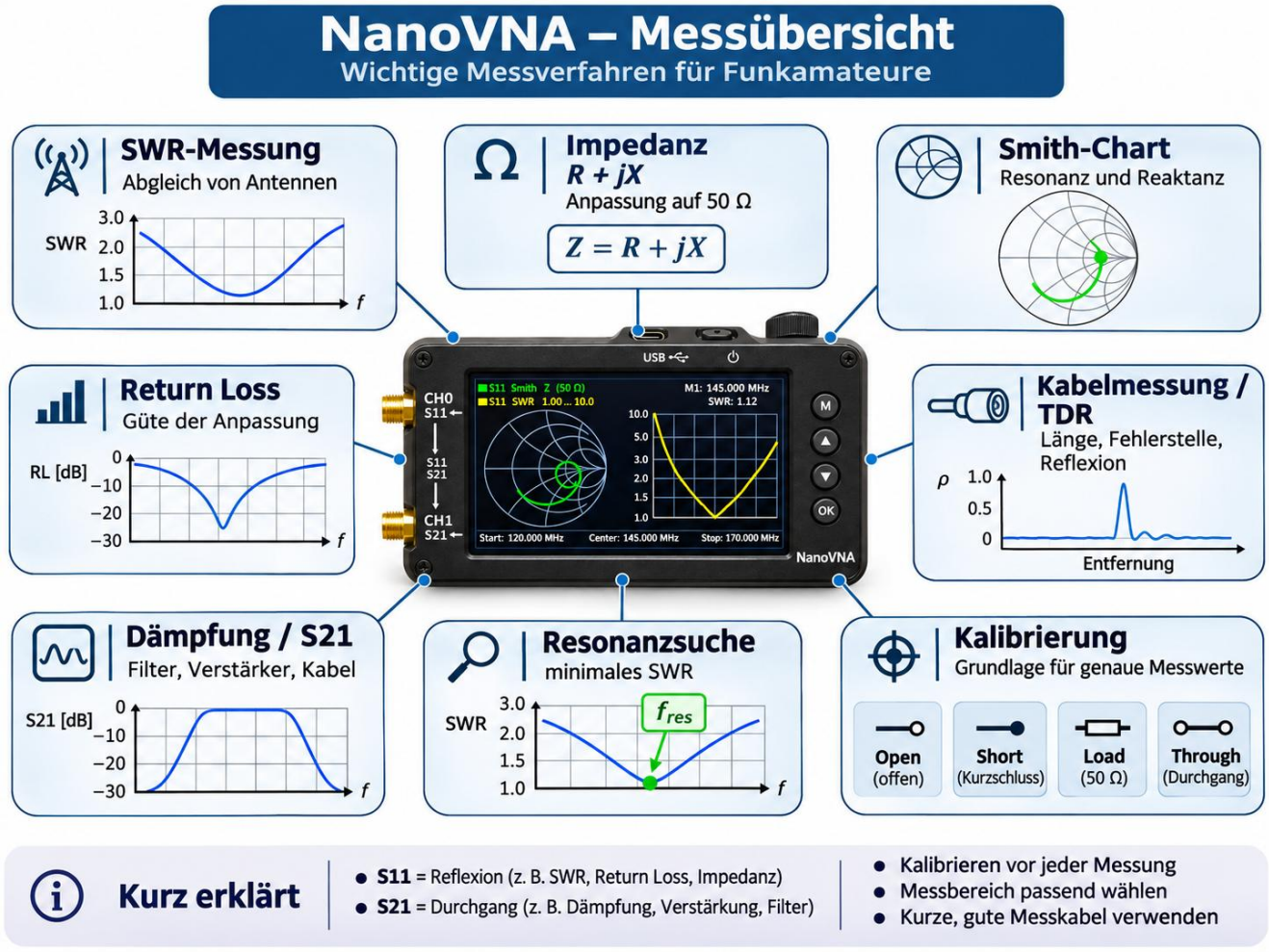
Dieses Handbuch erläutert die wichtigsten mit einem üblichen zweitorigen NanoVNA sinnvoll durchführbaren Messungen. Menübezeichnungen und nutzbare Frequenzbereiche unterscheiden sich je nach Hardware und Firmware.

Die Messanordnung und die Grundprinzipien bleiben gleich.



Messübersicht

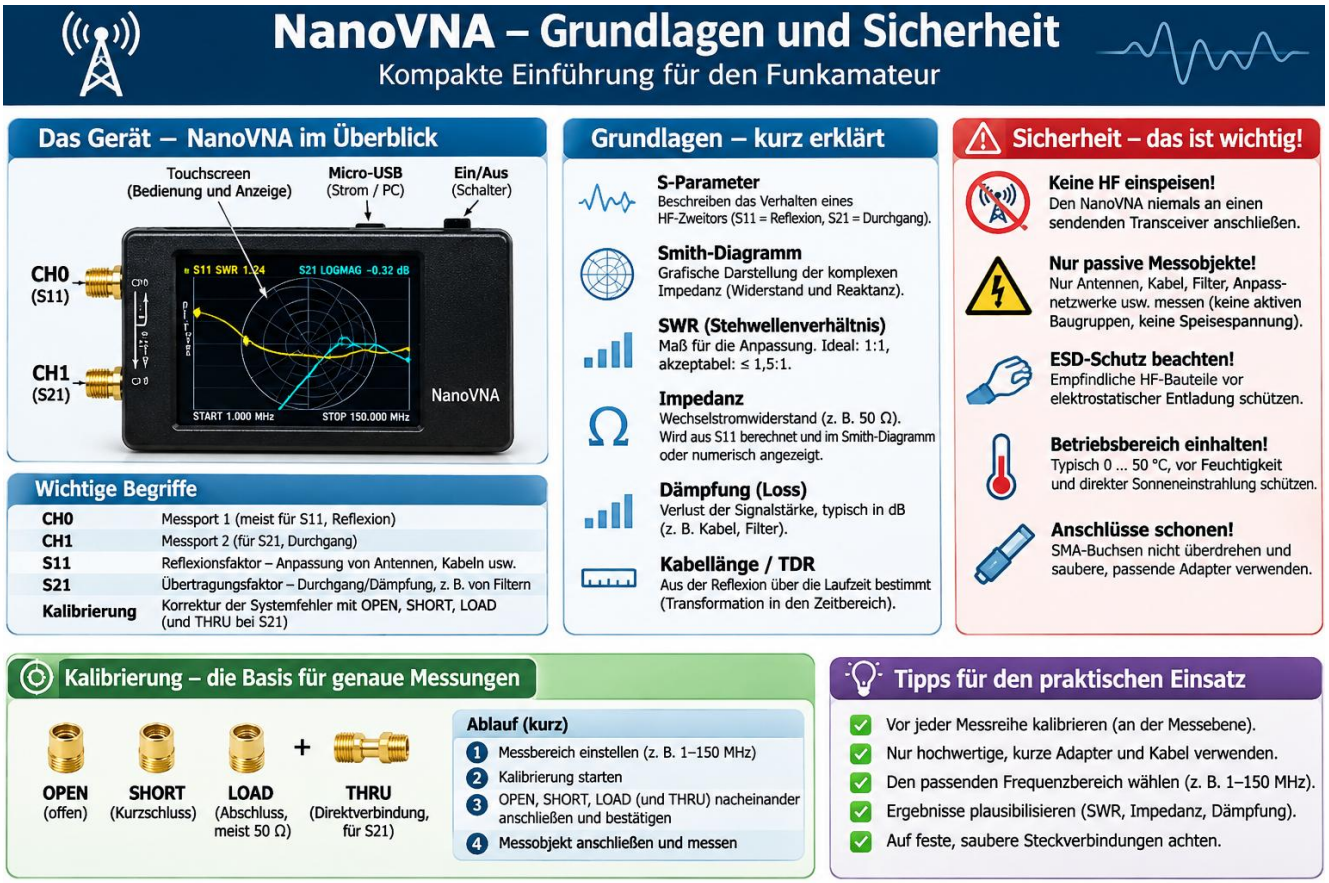
Messaufgabe	Port / Anzeige	Typisches Ergebnis
Antennenanpassung, SWR	CH0 · S11 / SWR	SWR-Verlauf über Frequenz
Impedanz, Resonanz, Smith-Diagramm	CH0 · S11 / Smith, R+jX	Ohm, Blindanteil, Resonanz
Return Loss	CH0 · S11 / LOGMAG	Reflexionsdämpfung in dB
Koaxkabel: Länge / Fehlerstelle	CH0 · S11 / TDR	Abstand bis Reflexionsstelle
Koaxkabel: Dämpfung	CH0 → CH1 · S21 / LOGMAG	Einfügedämpfung in dB
Filter, Sperrkreise, Dämpfungsglieder	CH0 → Prüfling → CH1 · S21	Durchlass-/Sperrkurve
Balun, Unun, Mantelwellensperre	S11 oder S21 je nach Aufbau	Anpassung bzw. Impedanz über f
Quarze / LC-Schwingkreise	S21 mit geeigneter Kopplung	Resonanzfrequenz, Bandbreite



1. Grundlagen und Sicherheit

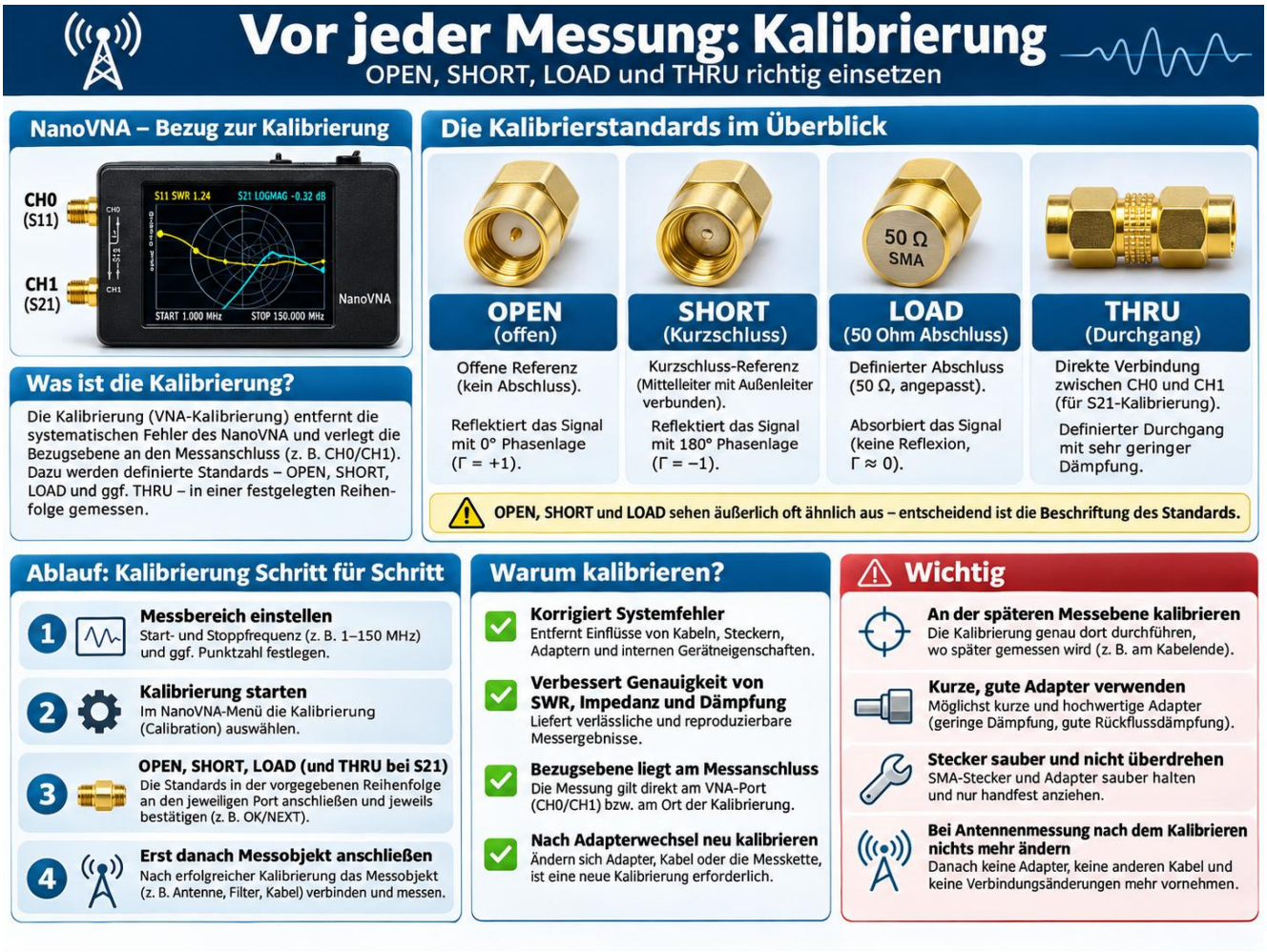
Der NanoVNA erzeugt ein schwaches HF-Prüfsignal und misst Reflexion (S11) oder Durchgang (S21). Er ist kein Leistungsmesser für Sendebetrieb und keine belastbare Prüfung der Strahlungsleistung einer Antenne.

- CH0 (Port 1): Signalausgang und Reflexionsmessung S11. CH1 (Port 2): Empfang des durch den Prüfling gelangenden Signals S21.
- S11 beschreibt das Verhältnis von reflektierter zu einlaufender Welle am Messanschluss; S21 den Durchgang von CH0 nach CH1.
- An keinem Port dürfen Senderleistung, DC-Speisespannung oder eine aktive HF-Quelle ohne geeigneten Schutz anliegen. Funkgerät vollständig abklemmen; gespeiste Mastverstärker / Bias-T unbedingt beachten.
- Bei Außenantennen Gewittergefahr, Potentialausgleich und statische Aufladung berücksichtigen. Niemals bei Gewitter messen.
- Viele Geräte sind für 50 Ω ausgelegt. Die Frequenz- und Dynamikgrenzen sind modellabhängig; außerhalb des spezifizierten Bereichs sind Kurven unzuverlässig.



2. Vor jeder Messung: Kalibrierung

Zuerst Messbereich (START/STOP oder CENTER/SPAN) einstellen, danach mit den Standards kalibrieren. Der Bezugspunkt der Kalibrierung („reference plane“) ist dort, wo später der Prüfling angeschlossen wird. Alle Adapter und kurzen Messleitungen, die nicht mitgemessen werden sollen, bleiben bei der Kalibrierung eingebaut.



2.1 Einport-Kalibrierung S11

1. Messleitung an CH0 anschließen und am freien Ende OPEN anbringen; im Kalibriermenü OPEN erfassen.
2. OPEN durch SHORT ersetzen und SHORT erfassen.
3. 50-Ω-LOAD anschließen und LOAD erfassen.
4. Kalibrierung abschließen/aktivieren (DONE/APPLY) und gegebenenfalls speichern.
5. Mit LOAD prüfen: SWR ungefähr 1:1; mit OPEN/SHORT: starke Reflexion. Die Qualität hängt von Standards und Frequenz ab.

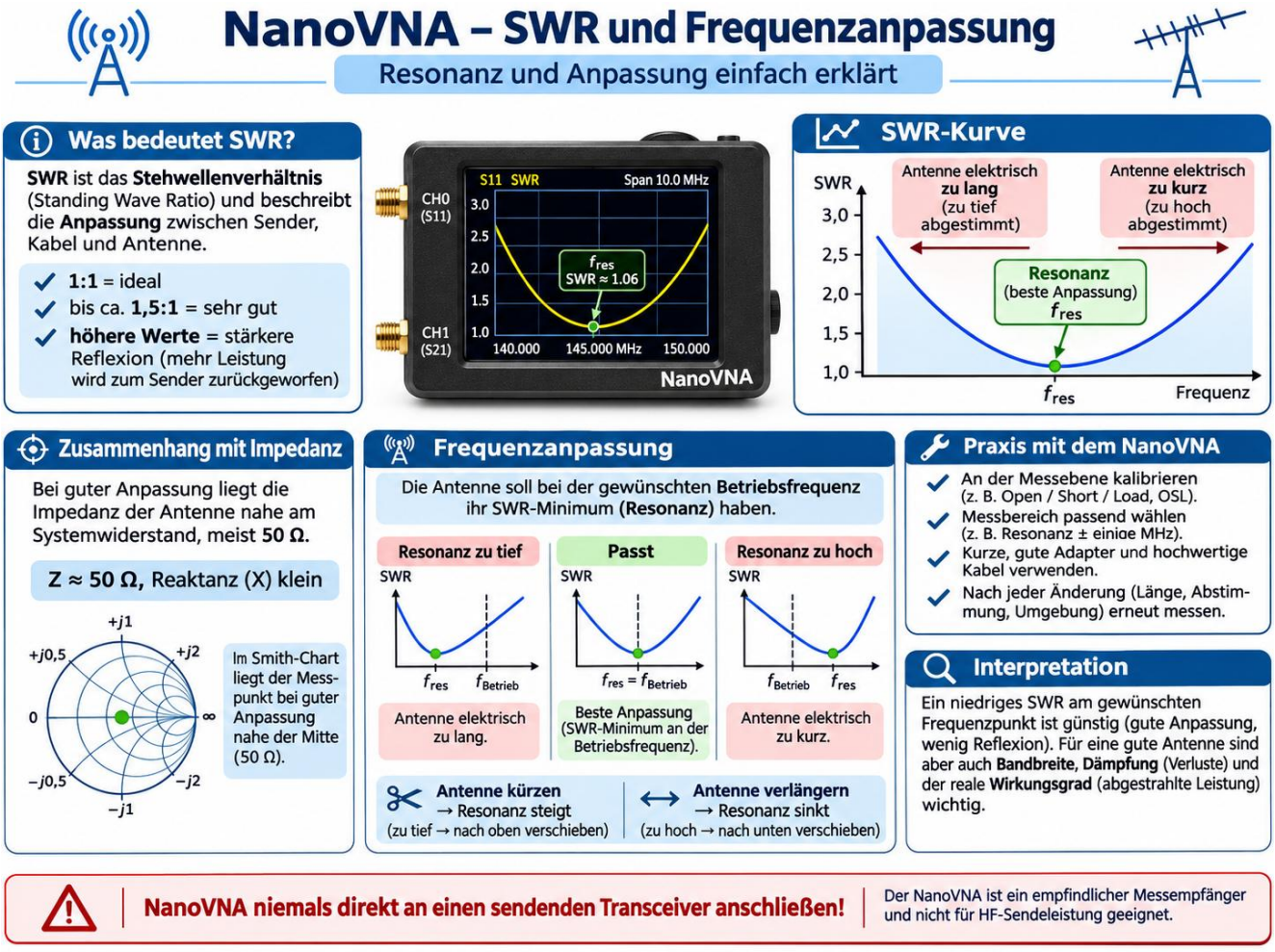
2.2 Zweitor-Kalibrierung S21

1. Die zum Prüfling führenden Leitungen an CH0 und CH1 anbringen und für den vorgesehenen Frequenzbereich kalibrieren.
2. S11-Standards wie vom jeweiligen Gerät gefordert messen; gegebenenfalls ISOLATION mit getrennten/abgeschlossenen Ports erfassen.
3. Beide späteren Prüflingsanschlüsse direkt mit einem passenden THRU verbinden und THRU erfassen.
4. Nach Abschluss THRU kontrollieren: S21 ungefähr 0 dB im brauchbaren Frequenzbereich.

Praxis-Hinweis Änderst du Frequenzbereich, Adapter, Kabellage oder Anschluss-Ebene wesentlich, neu kalibrieren. Besonders bei UHF/VHF können schlecht passende Adapter das Resultat verfälschen.

3. Antennen messen: SWR und Frequenzanpassung

```
NanoVNA CH0 ─── Messkabel ─── Antenne
S11 → SWR / LOGMAG / SMITH
```

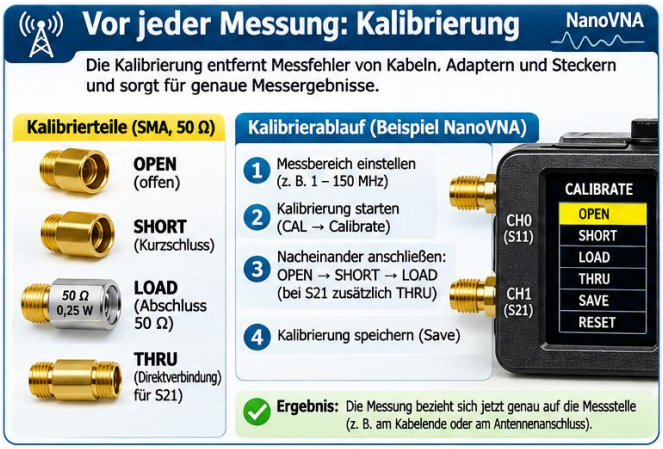


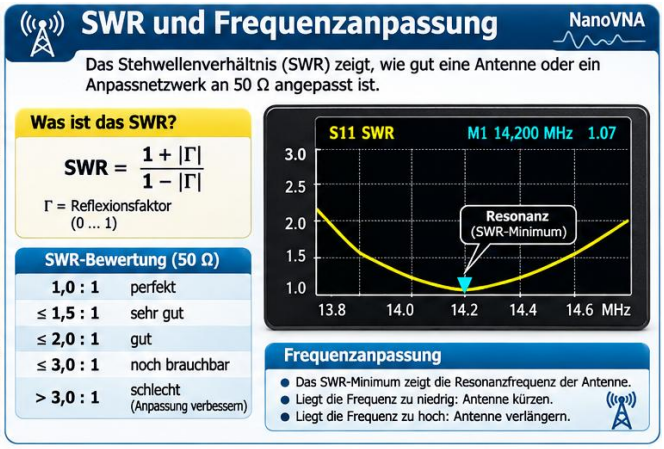
1. Antenne vom Transceiver trennen; Messleitung mit CH0 verbinden.
2. S11-Kalibrierung am Antennenanschluss durchführen, wenn die tatsächliche Antennenimpedanz interessiert.
3. Antenne anschließen; gewünschten Bereich wählen, etwa 140–150 MHz für eine 2-m-Antenne.
4. Trace auf S11 und FORMAT auf SWR setzen; Marker auf Minimum sowie die gewünschte Betriebsfrequenz setzen.
5. Zusätzlich Smith-Diagramm oder R+jX betrachten: SWR-Minimum allein beweist keine Resonanz.

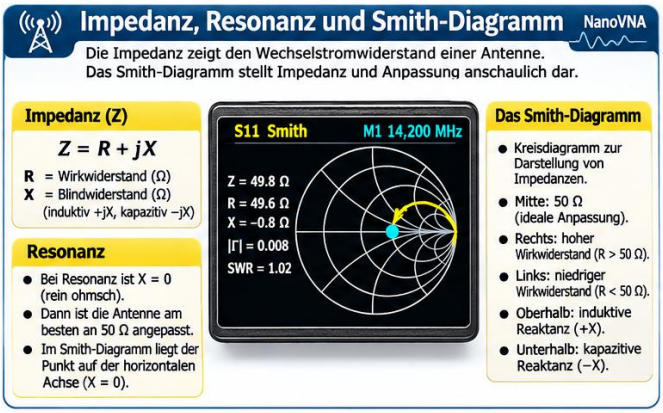
SWR	Reflexionsanteil der Leistung (ungefähr)	Einordnung
1,0	0 %	ideale Anpassung
1,5	4 %	meist gut
2,0	11 %	oft noch nutzbar, abhängig vom System
3,0	25 %	deutliche Fehlanpassung

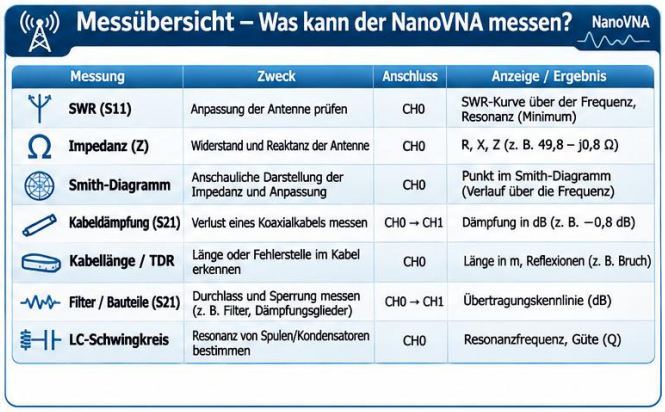
Praxis-Hinweis Wird am Funkgerät-Ende einer langen verlustbehafteten Leitung gemessen, sieht das SWR oft besser aus als direkt an der Antenne: Kabeldämpfung vermindert die zurückkommende Reflexion. Für die Antennenbeurteilung möglichst am Speisepunkt kalibrieren.

4. Impedanz, Resonanz und Smith-Diagramm









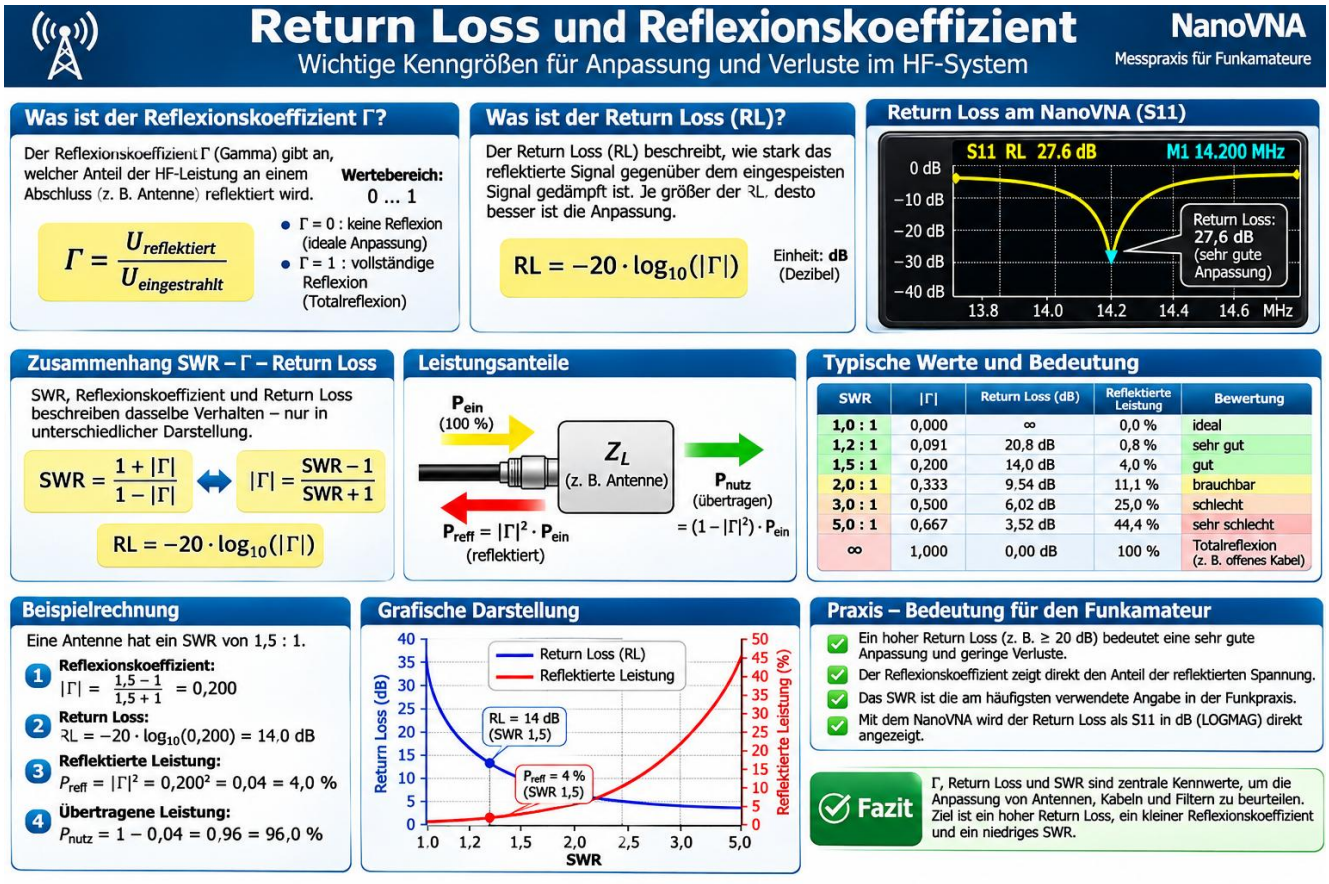
Eine komplexe Impedanz wird als Z = R + jX angegeben. R ist der Wirkwiderstand (Ω), X die Reaktanz (Ω). X > 0 bedeutet induktives, X < 0 kapazitives Verhalten (übliche Vorzeichenkonvention). Bei X ≈ 0 liegt ein rein ohmscher Eingang vor; das ist nicht automatisch 50 Ω.

1. CH0 wie bei S11 kalibrieren und Prüfling anschließen.
2. SMITH bzw. R+jX wählen (je nach Software separat als Zahlenanzeige).
3. Marker auf die interessierende Frequenz oder den Nulldurchgang von X setzen.

Beispiel: 30 + j40 Ω bedeutet 30 Ω Wirkwiderstand und +40 Ω induktive Reaktanz. 50 + j0 Ω liegt in der Mitte des 50-Ω-Smith-Diagramms und entspricht idealer Anpassung.

Resonanz: Bei einem Antennenspeisepunkt ist X ≈ 0 ein wichtiger Hinweis. Bei Mehrbandantennen, Transformatoren und abgestimmten Netzen können mehrere Nulldurchgänge auftreten.

5. Return Loss und Reflexionskoeffizient

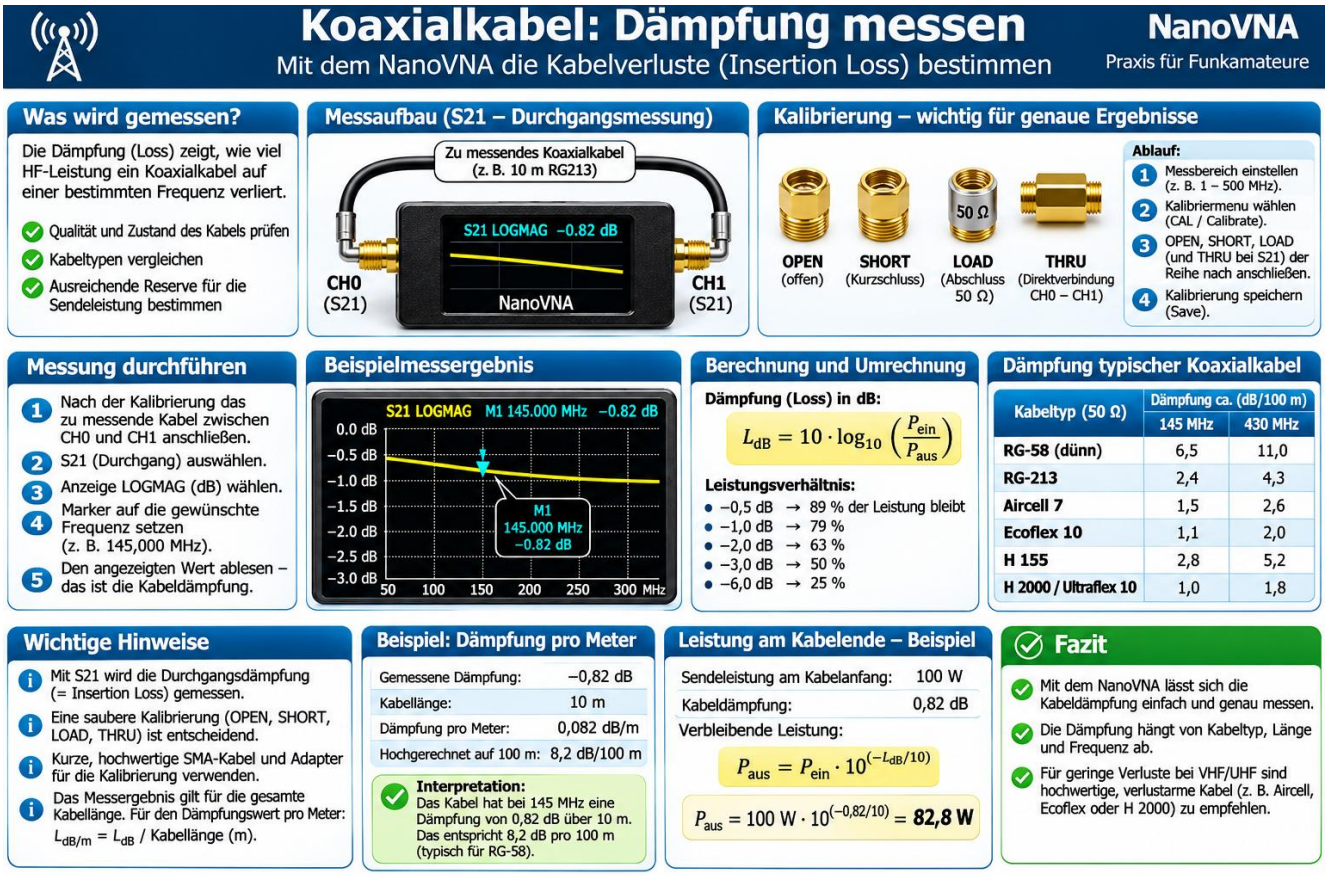


S11 LOGMAG wird häufig als negativer dB-Wert dargestellt. Ein Wert von −20 dB bedeutet |Γ| = 0,1, also rund 1 % reflektierte Leistung; der positive „Return Loss“ beträgt dann 20 dB. Je negativer S11 LOGMAG, desto besser ist die Anpassung.

S11 LOGMAG	Return Loss	SWR etwa
−6 dB	6 dB	3,0
−10 dB	10 dB	1,92
−14 dB	14 dB	1,50
−20 dB	20 dB	1,22

6. Koaxialkabel: Dämpfung messen

```
CH0 ─── Koaxialkabel (Prüfling) ─── CH1
S21 → LOGMAG (dB)
```

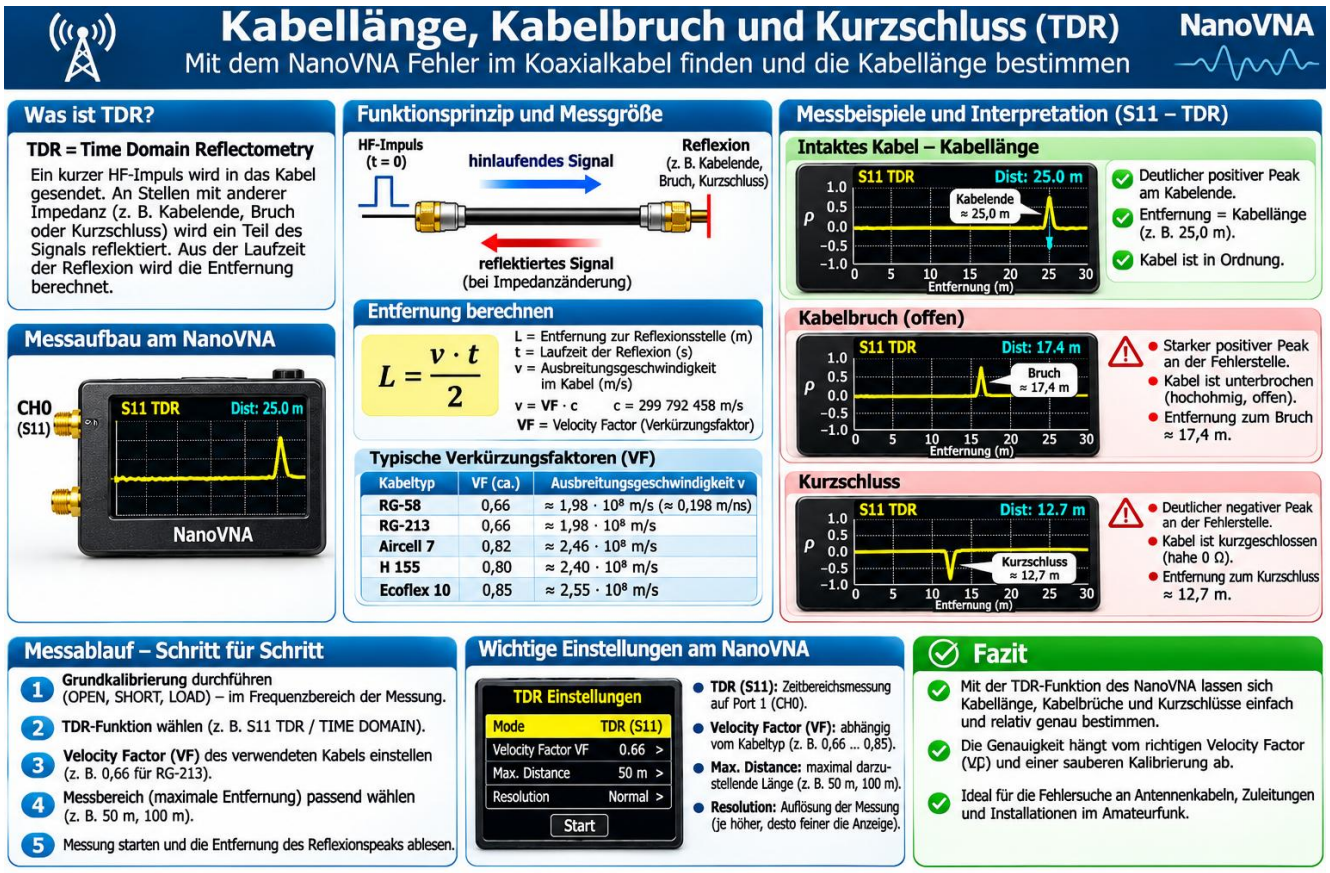


1. Beide Kabelenden zugänglich machen. Sender und Antenne abtrennen.
2. Messbereich wählen, z. B. 1–500 MHz. S21 mit THRU an den Anschlussstellen kalibrieren.
3. Kabel zwischen CH0 und CH1 anschließen und S21 LOGMAG ablesen.
4. Negativen dB-Wert als Dämpfung interpretieren: S21 = −2,0 dB entspricht 2,0 dB Einfügedämpfung.

Beispiel: Bei 145 MHz werden −1,5 dB angezeigt. Dann kommen bei ideal angepasstem Kabel rund 71 % der eingespeisten HF-Leistung am Ende an (10^(−1,5/10) ≈ 0,71). Die Leitung darf dabei nicht gleichzeitig am Sender hängen.

> **Praxis-Hinweis** Bei sehr langen Leitungen oder hohen Frequenzen sind Rauschboden, Steckverbinderverluste und der Kalibrieraufbau zu beachten. S21 ist nicht ohne Weiteres eine Messung der Leistungsbelastbarkeit.

7. Kabellänge, Kabelbruch und Kurzschluss (TDR)



TDR ist eine rechnerische Zeitbereichsdarstellung aus S11-Daten. Sie zeigt Reflexionsstellen wie Stecker, Knicke, offenen Abschluss oder Kurzschluss. Die Ortsauflösung hängt vom gewählten Frequenzbereich und der Punktzahl ab.

1. Das unbekannte Kabel an CH0 anschließen; für die Analyse des Kabels direkt am CH0-Anschluss bzw. vor dem Kabel kalibrieren.
2. Am anderen Ende zunächst OPEN lassen; für Vergleichsmessungen kann SHORT verwendet werden.
3. S11 wählen; DISPLAY → TRANSFORM → ON aktivieren. Für Fehlersuche LOW PASS STEP oder LOW PASS IMPULSE auswählen, falls vorhanden; zugehöriges Anzeigeformat beachten.
4. Passenden Verkürzungsfaktor (Velocity Factor, VF) eintragen, z. B. 66 bzw. 0,66 abhängig von der Firmware-Eingabe.
5. Marker auf deutliche Endreflexion setzen und Entfernung ablesen. Bei manueller Zeitablesung die Hin- und Rücklaufzeit halbieren.

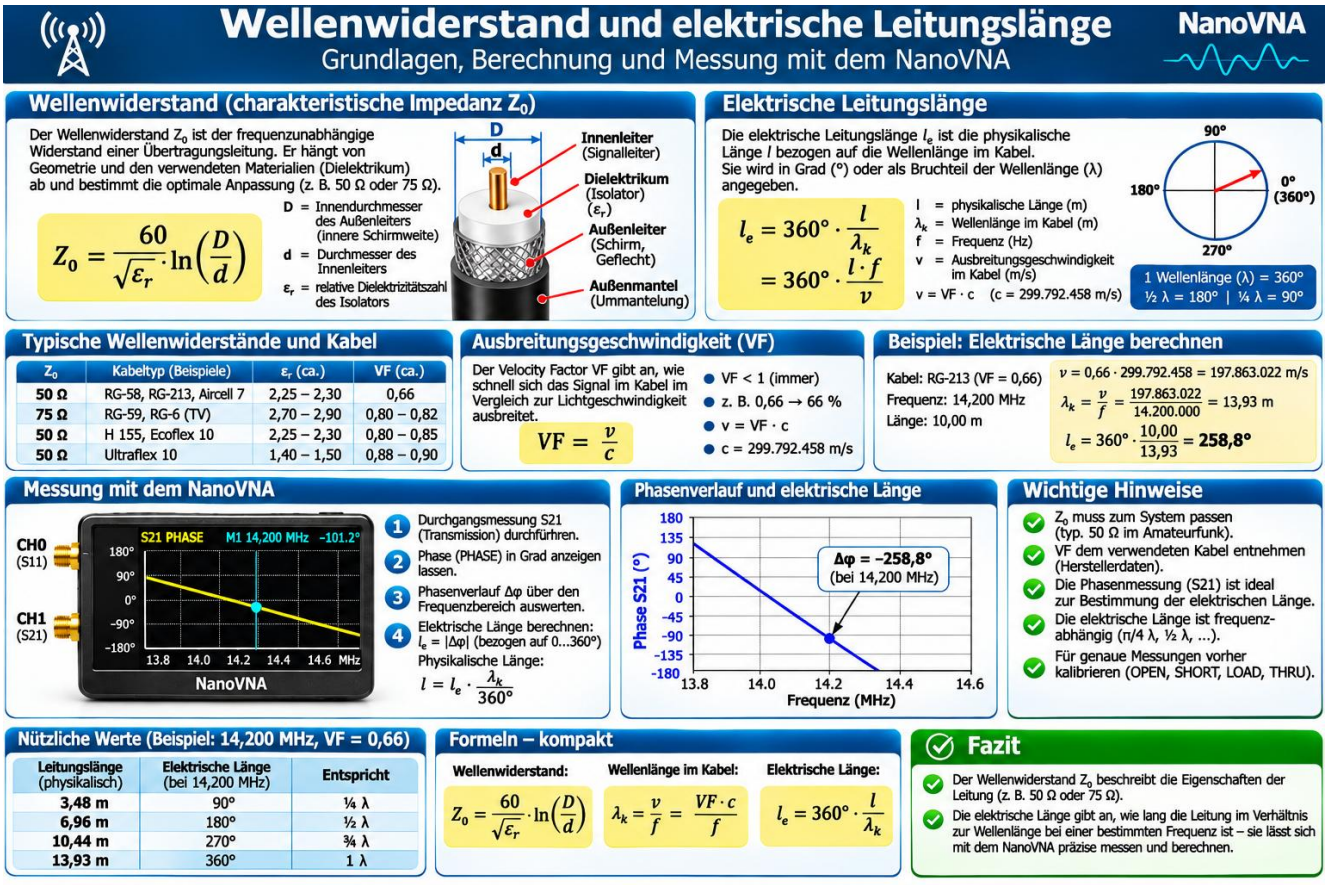
Formel: Kabellänge L = (c × VF × Δt) / 2. c ≈ 299 792 458 m/s; Δt ist die gemessene Hin- und Rücklaufzeit. Beispiel: Δt = 100 ns und VF = 0,66 → L ≈ 9,89 m.

Kabeltyp	Typischer VF	Hinweis
RG-58 / RG-213 mit massivem PE	≈ 0,66	Datenblatt geht vor
Aircell 7	≈ 0,83	geschäumte Isolation
Ecoflex 10	≈ 0,85	Herstellerwert prüfen
unbekanntes Koax	nicht raten	an bekannter Länge bestimmen

Ein offenes Ende und ein Kurzschluss zeigen unterschiedliche Vorzeichen bzw. Stufenformen; genaue Darstellung hängt von STEP/IMPULSE und Firmware ab. Überlagerte Reflexionen, Dämpfung und begrenzte Auflösung können die Fehlersuche erschweren.

> **Praxis-Hinweis** Ein kurzer Kabelrest von wenigen Zentimetern lässt sich mit klassischen NanoVNA-Versionen meist nicht genau per TDR lokalisieren; Frequenzspanne und Anzahl der Messpunkte begrenzen die Auflösung.

8. Wellenwiderstand und elektrische Leitungslänge

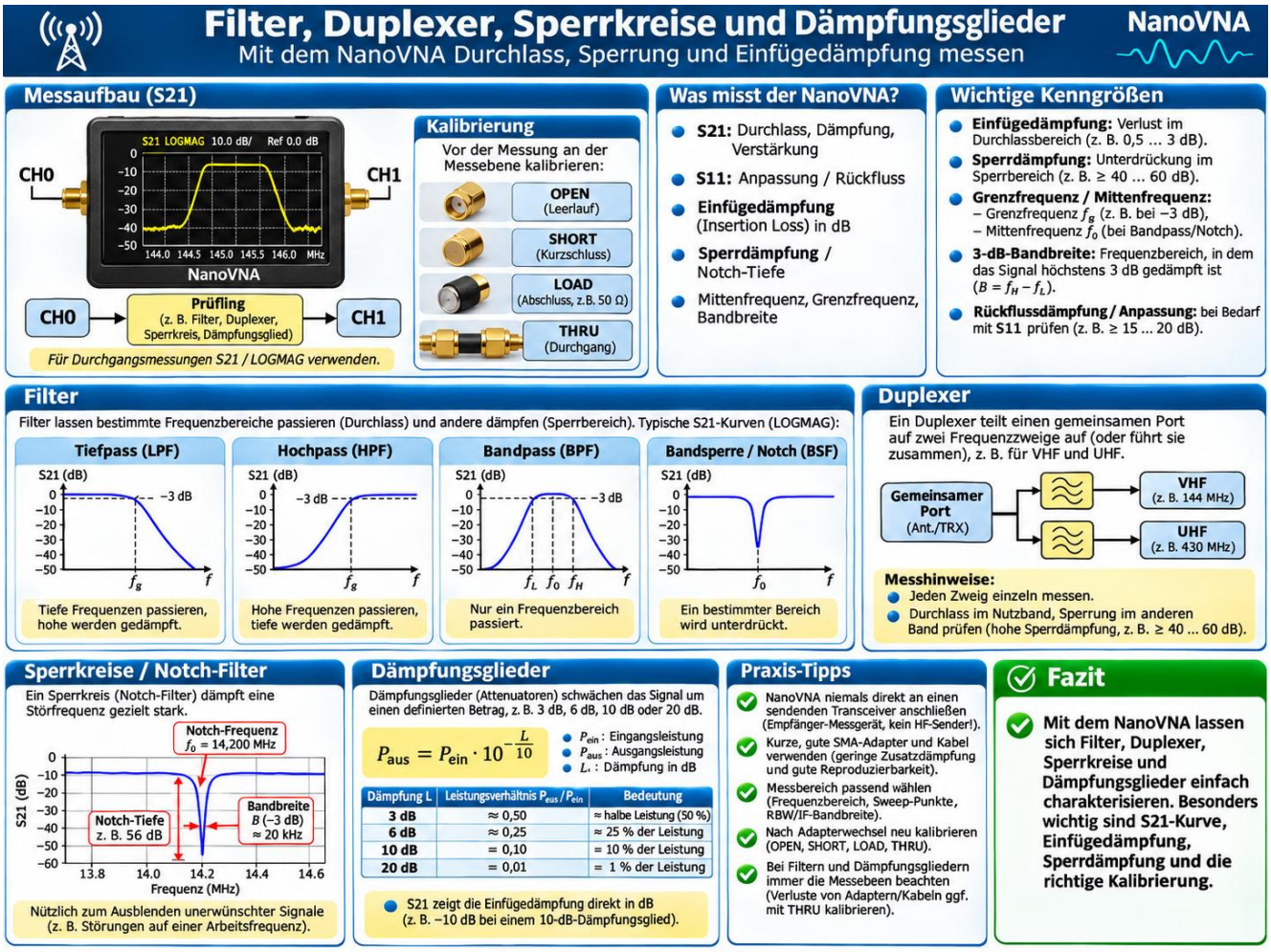


50 Ω oder 75 Ω lässt sich nicht zuverlässig allein aus einem SWR-Wert am offenen Kabelende ablesen. Für den charakteristischen Wellenwiderstand Z_0 eine geeignete Leitungs- oder TDR-Auswertung mit korrektem Bezug auf die 50-Ω-Systemimpedanz verwenden. Alternativ bekannte Lasten und eine Impedanztransformation bei einer elektrischen Viertelwelle auswerten.

Eine verlustarme Leitung der Länge λ/4 transformiert eine Last ZL annähernd zu Zin = Z_0^2 / ZL. Das ist frequenzabhängig und bei realer Leitung nur eine Näherung. Zur Bestimmung von VF kann eine bekannte physikalische Länge und die zugehörige Phasen- oder Laufzeitmessung verwendet werden.

9. Filter, Duplexer, Sperrkreise und Dämpfungsglieder

```
CH0 ——— Filter / Dämpfungsglied ——— CH1
S21 LOGMAG → Durchlassbereich, Sperrbereich, Bandbreite
```



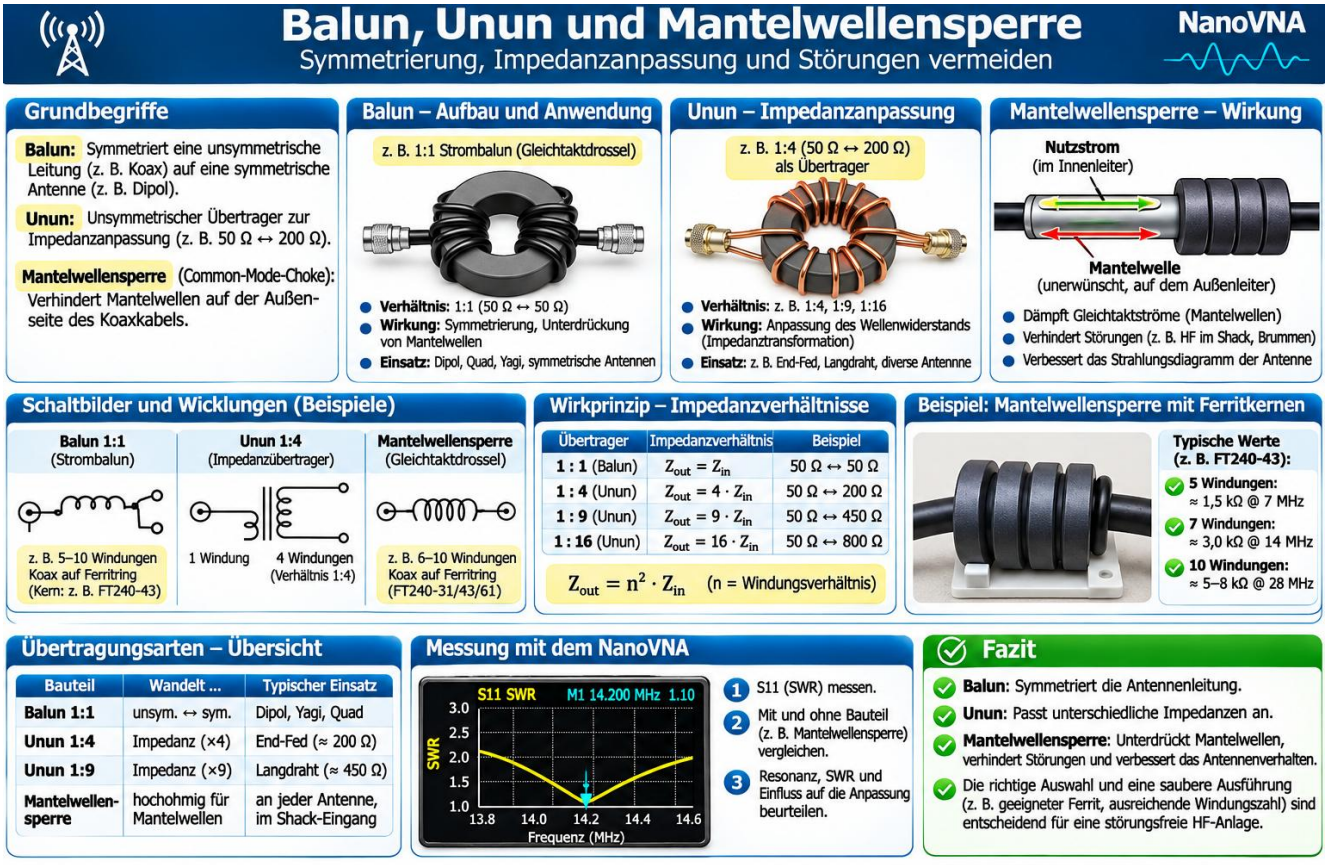
1. Prüfling spannungsfrei schalten; nur passive 50-Ω-kompatible Baugruppen direkt anschließen.
2. Zweitor-Kalibrierung einschließlich THRU am Prüflingsanschluss durchführen.
3. Filter zwischen CH0 und CH1 setzen und S21 LOGMAG wählen.
4. Marker auf Durchlassmaximum, −3-dB-Punkte relativ zum Durchlassmaximum oder Sperrminimum setzen.

Tiefpass: hohe Durchlässigkeit unten, Abfall nach oben. Hochpass: umgekehrt. Bandpass: lokales Durchlassmaximum. Bandsperre/Notch: deutlicher Einbruch an der Sperrfrequenz. Bei schmalen Filtern den Frequenzbereich stark verkleinern und genügend Punkte wählen.

Bei Dämpfungsgliedern entspricht S21 = −10 dB annähernd einer Einfügedämpfung von 10 dB. Eine separate S11-Prüfung zeigt, ob der Eingang tatsächlich gut angepasst ist.

Praxis-Hinweis Duplexer und scharfe Keramik-/Quarzfilter können höhere Messdynamik verlangen als ein einfacher NanoVNA bietet. Sehr tiefe Sperrwerte nahe dem Rauschboden nicht als exakte Zahlen ausgeben.

10. Balun, Unun und Mantelwellensperre

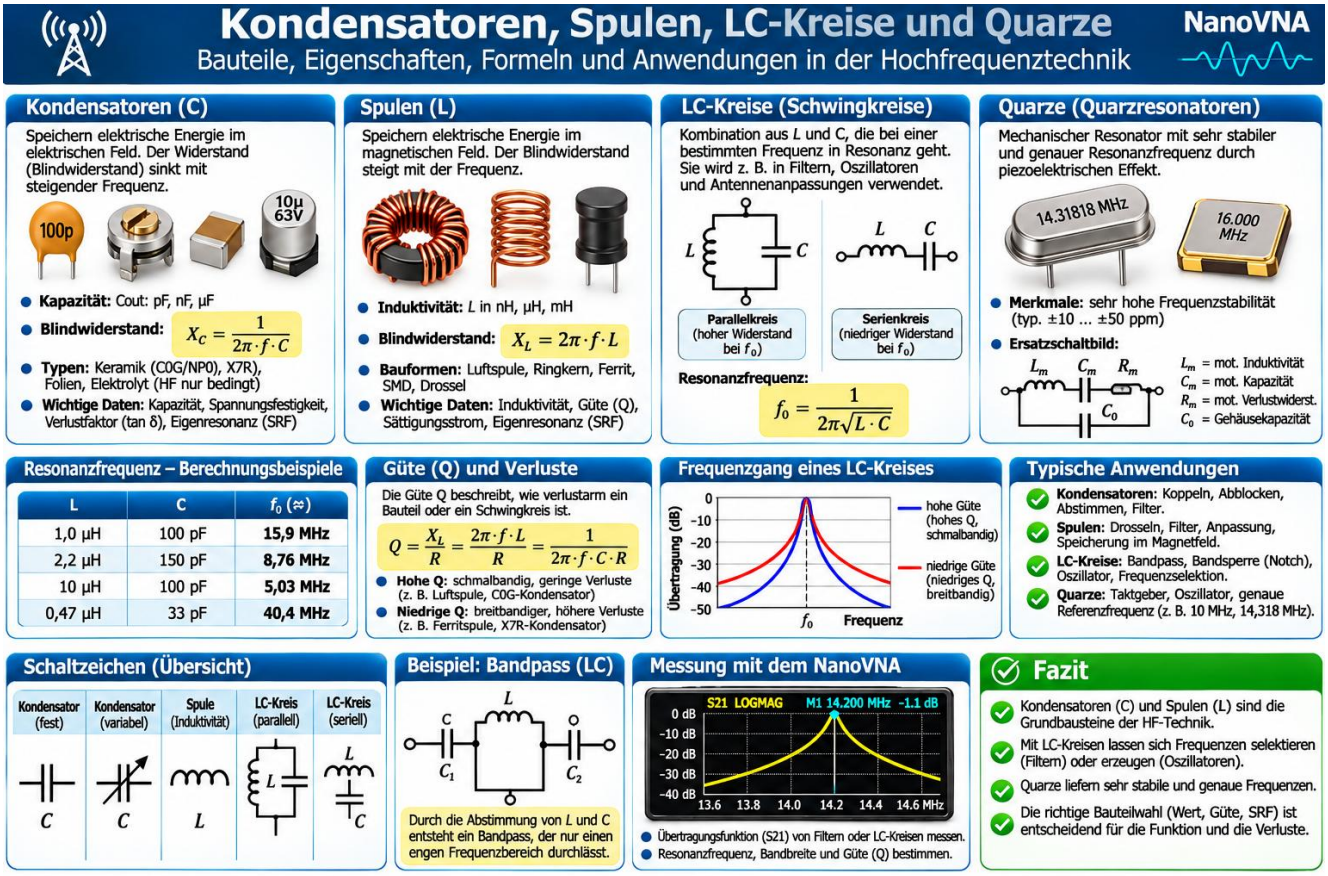


Ein 1:1-Balun, 1:4- oder 1:9-Transformator wird je nach Bauart über S11 mit einer zum Übersetzungsverhältnis passenden ohmschen Last auf der Sekundärseite getestet. Beispiel eines idealen 1:4-Impedanztransformators: bei 50 Ω am Eingang sind 200 Ω am Ausgang eine typische Testlast; reale Verschaltungen beachten.

Bei 1:49-EndFed-Transformatoren kann eine 2450-Ω-Testlast als rechnerischer Ausgangspunkt dienen. Die Messung mit Ersatzwiderstand ersetzt nicht die Prüfung der fertigen Antenne und deren Gegengewicht/Umgebung.

Mantelwellensperren sind für Gleichtaktstrom gedacht. Eine S21-Messung des Koax-Innenleiters gegen Schirm prüft primär den normalen Durchgang und misst nicht automatisch die Gleichtakt-Sperrimpedanz. Für eine aussagekräftige Messung sind ein geeigneter Gleichtakt-Messaufbau und dessen Kalibrierung erforderlich; aus einfachen S21-Kurven darf die Sperrimpedanz nur unter begründeten Messannahmen abgeleitet werden.

11. Kondensatoren, Spulen, LC-Kreise und Quarze

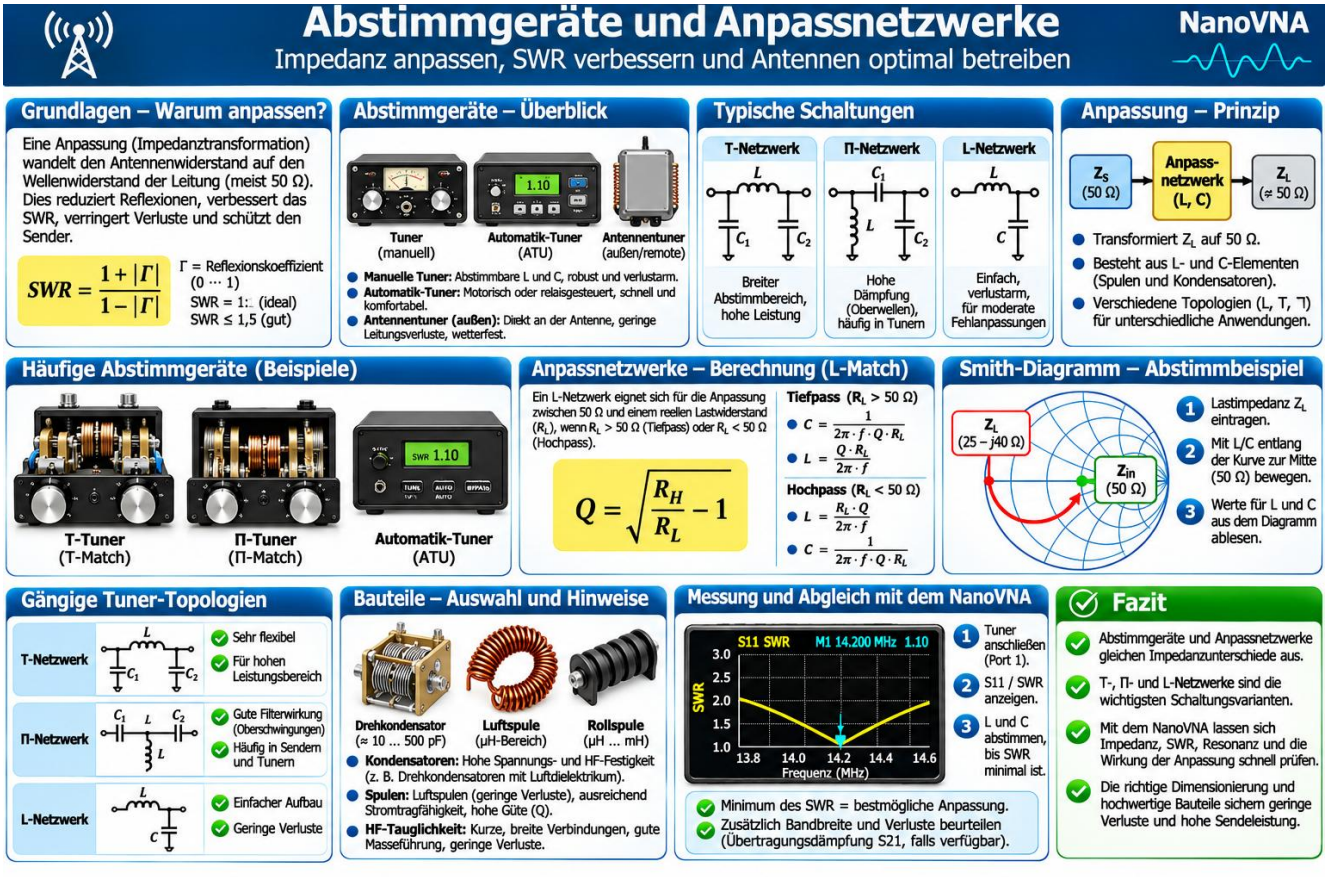


Kleine passive Bauteile können mit einem passenden HF-Testadapter, kurzer Anschlussführung und S11-Impedanzmessung geprüft werden. Parasitäre Kapazitäten und Induktivitäten werden bei hohen Frequenzen schnell dominant. Für kleine Kapazitäten und hohe Impedanzen ist der NanoVNA oft weniger genau als ein spezielles LCR-Messgerät.

Für ideale Bauteile gilt: XL = 2πfL und XC = −1/(2πfC); aus dem Betrag der Reaktanz folgt L ≈ X/(2πf) bzw. C ≈ 1/(2πf|X|). Nur im Frequenzbereich verwenden, in dem das Bauteil näherungsweise ideal ist.

LC-Schwingkreis: Resonanz grob $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{(LC)})$. Die gemessene Resonanzstelle hängt stark von serieller oder paralleler Verschaltung und Kopplung ab. Quarzresonatoren mit schwacher Kopplung / geeignetem Prüfadapter messen; starke direkte 50-Ω-Belastung kann die Kurve verändern.

12. Abstimmgeräte und Anpassnetzwerke



Für ein unbestromtes passives Antennenanpassgerät kann S11 am Senderanschluss gemessen werden, wenn am Antennenanschluss eine definierte Prüflast liegt. So lässt sich die Anpassung auf verschiedenen Bändern beobachten. Eine S21-Messung zwischen den Anschlüssen zeigt die Durchgangseigenschaften unter 50-Ω-Bedingungen, entspricht aber nicht zwingend der Einfügedämpfung bei realer Antennenlast.

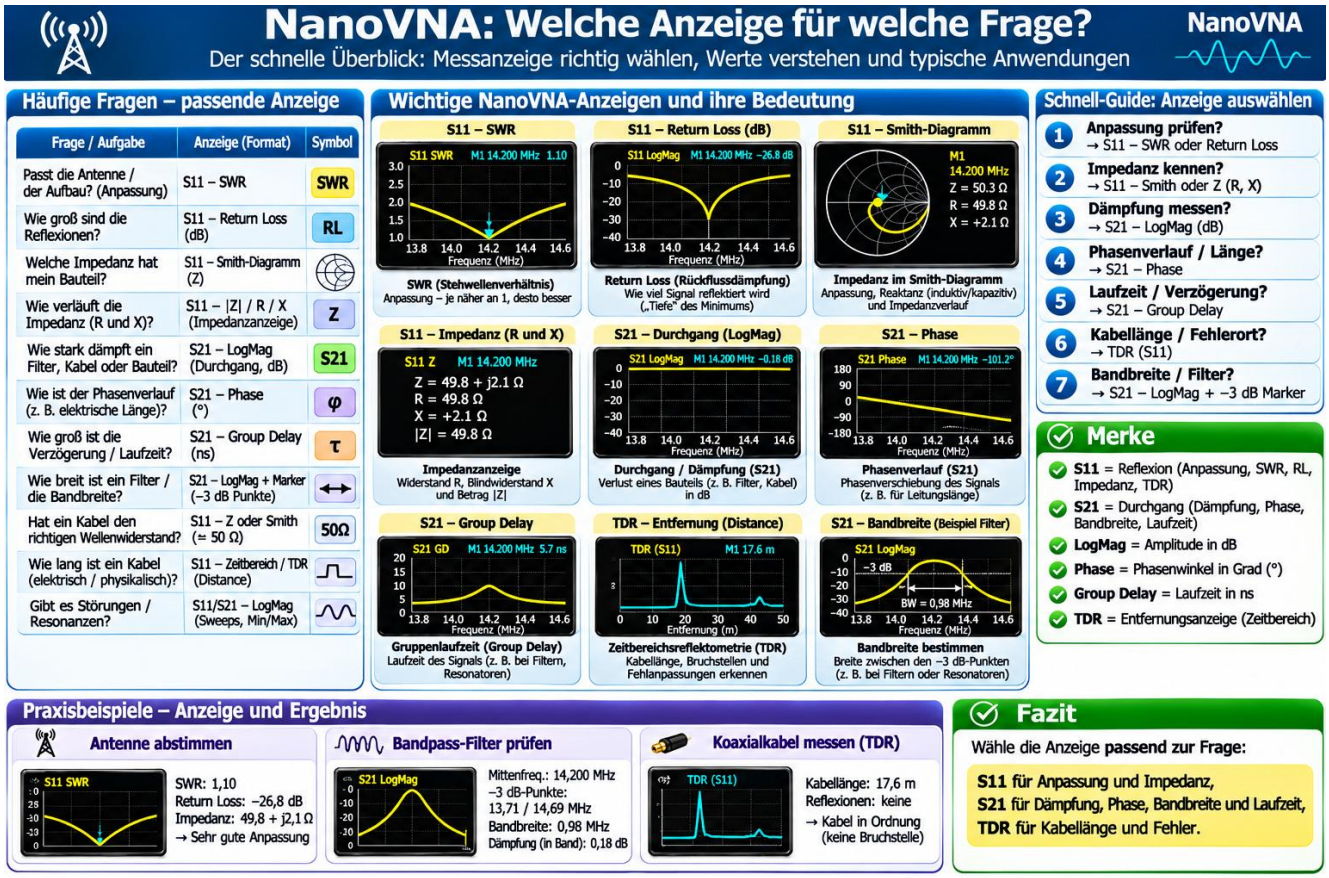
Zwei Tuner hintereinander können zwar ein niedriges SWR am Sender liefern, aber zusätzliche Verluste, ungünstige Spannungs-/Strommaxima und schwer nachvollziehbare Abstimmungen verursachen. NanoVNA-Messungen immer ohne laufenden Sender durchführen.

13. Häufige Messfehler und Gegenmaßnahmen



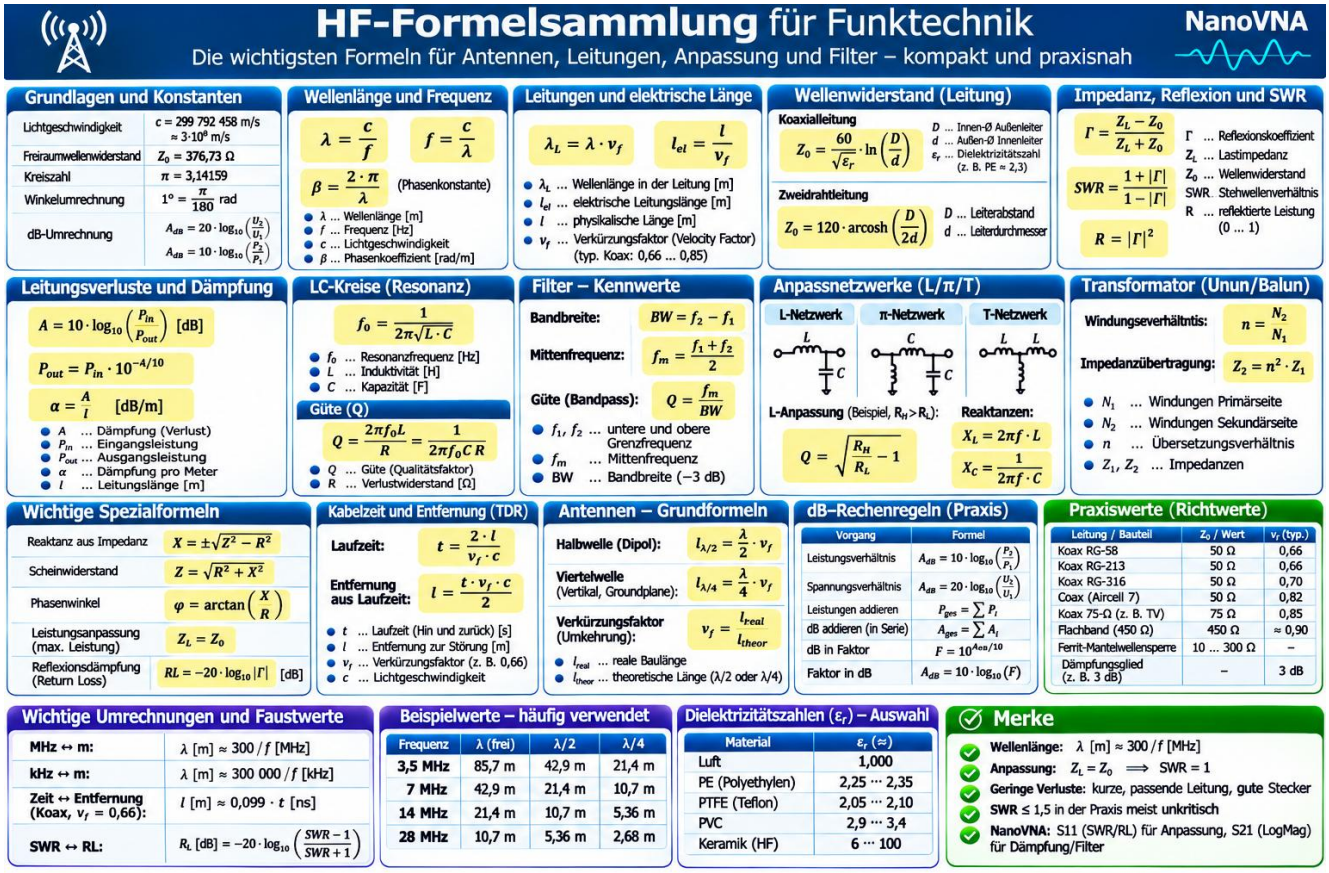
Fehlerbild	Häufige Ursache / Abhilfe
SWR scheinbar perfekt trotz schlechter Antenne	Kabeldämpfung oder Kalibrierung am falschen Ort; am Speisepunkt messen.
S21 zeigt mehr als 0 dB für passives Teil	Kalibrierfehler, falscher Bezug, Messrauschen oder Drift; THRU neu kontrollieren.
Kurve ändert sich beim Bewegen der Kabel	Schlechte Stecker, Belastung, Phasenänderung; Kabel ruhig führen, neu kalibrieren.
Schmaler Filter „verschwindet“	Zu große Frequenzspanne / zu wenige Sweep-Punkte; enger messen.
TDR zeigt falsche Länge	Falscher VF, Reflexion am Adapter, unzureichende Auflösung oder falsche Markerposition.
Frequenz oberhalb der Gerätegrenze	Modell-/Firmwaredaten prüfen, nicht als verlässliche Messung betrachten.

14. Kurzübersicht: Welche Anzeige für welche Frage?



Frage	Messung	Anzeige
Wo ist meine Antenne gut angepasst?	S11	SWR
Ist sie bei 7,1 MHz resonant?	S11	R+jX / Smith, X ≈ 0
Wie groß ist die Reflexion?	S11	LOGMAG / Return Loss
Wie viel dB verliert mein Koax?	S21	LOGMAG
Wo sitzt ein Leitungsbruch?	S11 → Zeitbereich	TDR STEP / IMPULSE
Wo lässt ein Filter durch?	S21	LOGMAG
Welchen Wert hat die Eingangsimpedanz?	S11	Smith / R+jX

15. Formelsammlung



Größe	Beziehung
Reflexionskoeffizient	$\Gamma = (Z - Z_0) / (Z + Z_0)$
SWR	$(1 + \lvert\Gamma\rvert) / (1 - \lvert\Gamma\rvert)$
Reflektierter Leistungsanteil	$\lvert\Gamma\rvert^2$
Return Loss (positiv)	$-20 \log_{10}(\lvert\Gamma\rvert)$ dB
Durchgangsleistung bei S21 in dB	$P_2/P_1 \approx 10^{(S21[dB]/10)}$ bei angepassten Ports
TDR-Länge	$L = c \cdot VF \cdot \Delta t / 2$
LC-Resonanz	$f_0 = 1 / (2\pi \sqrt{(LC)})$

16. Quellen und vertiefende Anleitungen

NanoRFE – Gerätehandbücher und Datenblätter: https://nanorfe.com/nanovna-manuals.html

NanoVNA – Zeitbereichstransformation und Velocity Factor: https://nanovna.com/?page_id=64

VERON A18 – NanoVNA-Kalibrierung: https://nanovna.nl/en/guides/nanovna-calibration

VERON A18 – S21 / Filter messen: https://nanovna.nl/en/guides/s21-filter-measurements

VERON A18 – Weitere Praxisanleitungen: https://nanovna.nl/en/guides

Hinweis: Zahlenbeispiele sind gerundet. Die Genauigkeit realer Messungen hängt insbesondere von Gerätemodell, Kalibrierung, Zubehör, Frequenz und Prüfling ab.

17. Messprotokoll – Vorlage

OE8JHK

Meßprotokoll

NanoVNA / Amateurfunkpraxis

Datum:		**Uhrzeit:**	
Bearbeiter:		**Rufzeichen:**	
Messobjekt:			
Gerät / Typ:		**Seriennummer:**	
Frequenzbereich:		**Messart:**	
Kalibrierung:		**Adapter / Kabel:**	
Umgebung / Ort:		**Temperatur:**	
Bemerkungen:			

Messart (Auswahl): ☐ SWR ☐ Impedanz ☐ Return Loss ☐ S21 / Dämpfung ☐ TDR
☐ Filter ☐ Anpassnetzwerk ☐ Sonstiges: _____

Messwerte / Marker

Marker	f [MHz]	SWR	RL [dB]	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	Dämpfung [dB]	Kabellänge [m]
f1								
f2								
SWR min								

Datum der Auswertung: _____ Seite ___