



Gunthard Kraus, DG 8 GB

## Das interessante Programm

Heute: **TRL85.exe**

---

### 1.

#### **Kurzer Steckbrief**

---

*Name:* TRL85.exe

*Einsatzgebiet:*

Exakte Synthese und Analyse von

- Microstrips
- Edge coupled microstrips
- Striplines
- Edge coupled Striplines
- Coaxial Cables

*Dateityp und Dateigröße:*

TRL85.EXE-File mit Windows-Bedieneroberfläche und zusätzlicher ONLINE-Hilfe. Dateigröße ca. 2 MB

Probleme beim Betrieb unter WIN 95/98/ME und mit schnellem Rechner wurde nicht festgestellt.

*Festgestellte Bugs oder grobe Rechenfehler:*

Linker Rand des Ergebnisprotokolls ist auf dem Bildschirm manchmal zu weit nach links verschoben und lässt sich dann nicht mehr zurückholen.

*Bedienerfreundlichkeit:*

Das Programm ist leicht zu verstehen und man kann sich relativ leicht einarbeiten. Rechnet wahlweise mit metrischen oder englischen Einheiten. Sehr praxisingerecht aufgebaut.

*Online-Hilfe:*

Ja, mit hoher Qualität und unter Angabe des Gültigkeitsbereiches der Ergebnisse.

*Beschaffungsmöglichkeiten:*

Download von <http://www.ansoft.com>

---

### 2.

#### **Beschreibung von TRL85**

---

Die Firma ANSOFT hat eine kostenlose, aber leistungsbegrenzte Studentenversion ihres sehr teuren und aufwendigen Mikrowellen-CAD-Programmes „Serenade“ im Internet zum Download bereitgestellt.

Adresse: <http://www.ansoft.com>.

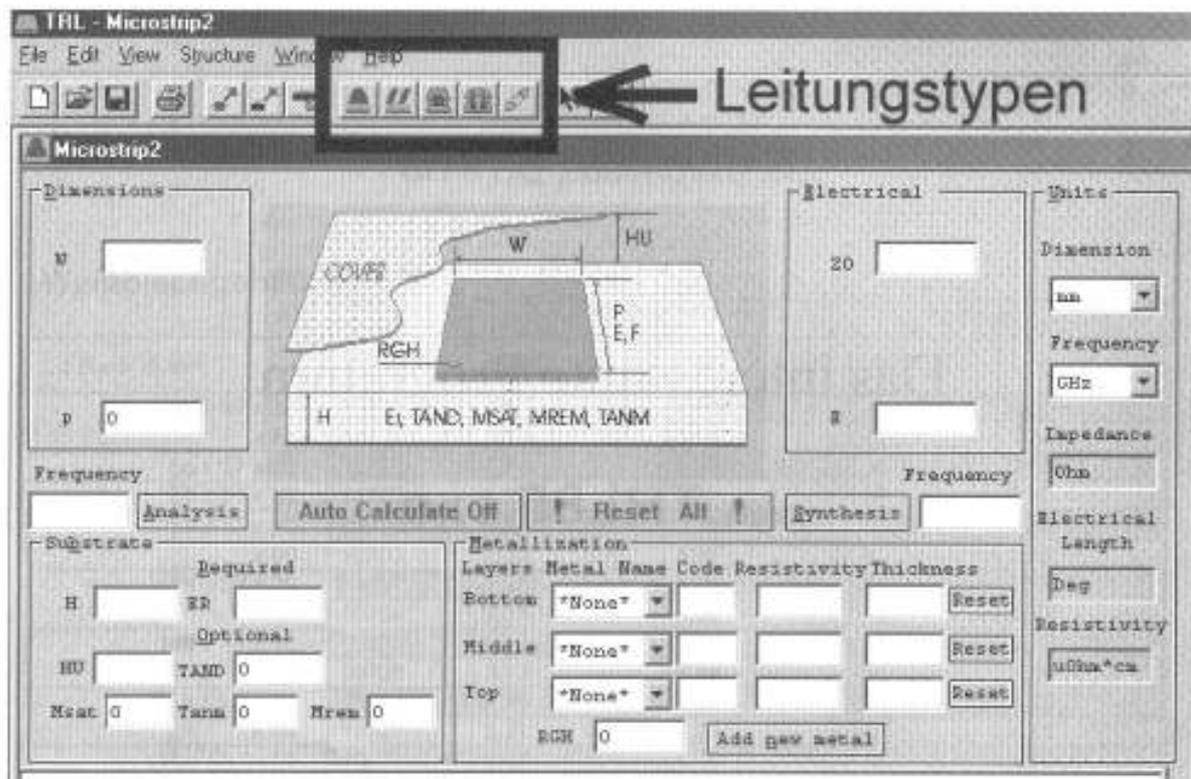


Bild 1: So sieht der übersichtliche Bildschirm des Stripline-Calculators "TRL85" aus

Mitgeliefert wird dabei der Stripline-Calculator "TRL85", dessen „TRL85.exe-Datei“ nach der Serenade-Installation samt der Online-Hilfe jederzeit in ein anderes Verzeichnis kopiert oder auf einen anderen Rechner übertragen werden kann.

TRL85 basiert auf denselben Berechnungsalgorithmen wie PUFF oder PCAAD, ist aber deutlich leistungsfähiger.

Neben den bekannten WINDOWS-Werkzeugen schätzt man z. B. vor allem die Möglichkeit, dass der Einbau der Schaltung in ein Gehäuse über den „Abstand zum Deckel“ berücksichtigt werden kann. Außerdem werden die Frequenzabhängigkeiten der Verluste getrennt nach Leitungs- und Isolatorverlusten sorgfältig protokolliert usw.

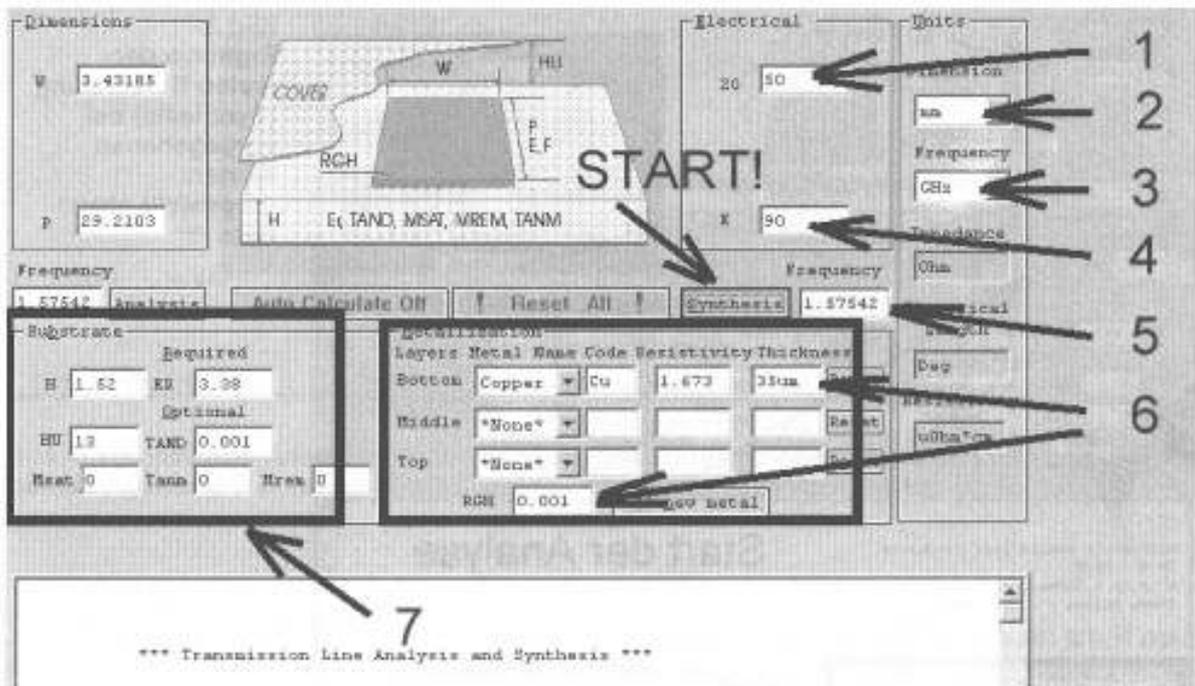
## 2.1. Arbeiten mit TRL85

Im weiteren wird davon ausgegangen, dass nun ein TRL85-Verzeichnis auf dem benutzten Rechner zur Verfügung steht.

Dazu kann man einen Startbutton für das TRL85-Programm auf dem WINDOWS-Bildschirm einrichten oder einfach in das Verzeichnis für TRL85 wechseln und die Datei „TRL85.exe“ anklicken.

Auf dem dann dargestellten Bildschirm (**Bild 1**) sollte man zuerst nacheinander auf die markierten Symbole klicken und sich auf diese Weise den Grundaufbau der verschiedenen analysierbaren Leitungstypen samt den gebotenen Bildschirm-Menüs ansehen.

Es handelt sich um  
Microstrip  
Edge coupled Microstrip



**Bild 2: Systematische Vorgehensweise bei Eingabe und Synthese**

- Stripline
- Edge coupled Stripline
- Coaxial cable

Anhand nachfolgender Beispiele kann man sich schrittweise mit dem Programm vertraut machen.

### 2.2. Anwendungsbeispiel: Analyse und Synthese einer 50 Ω- Microstrip-Zuleitung

Für das bekannte Platinenmaterial Rogers RO 4003 mit folgenden Daten:

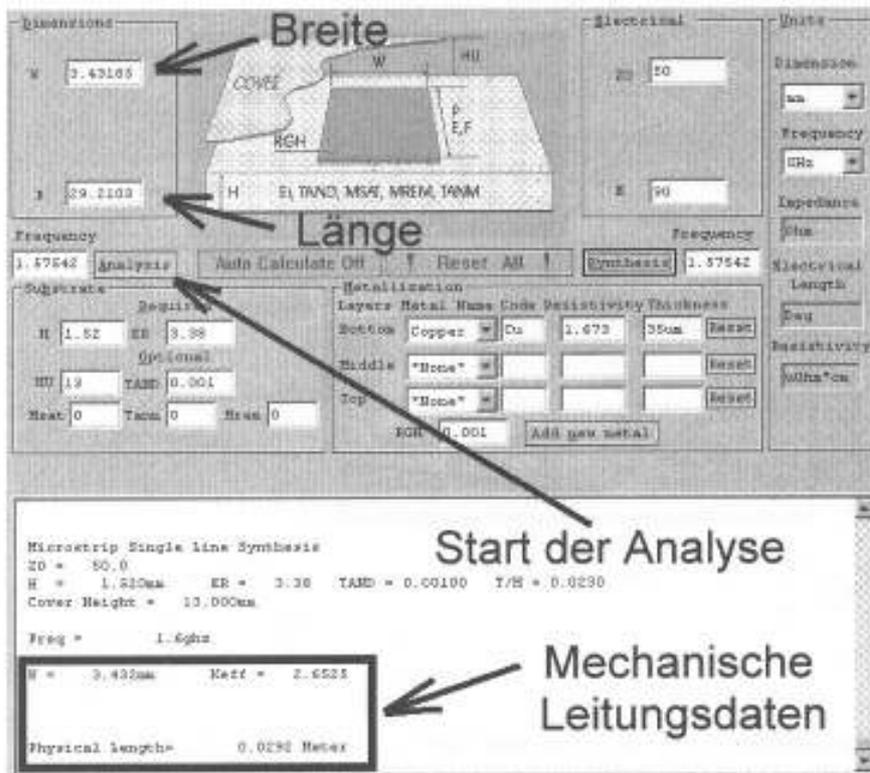
- ER ( $\epsilon_r$ ) = 3.38
- Platinendicke H = 0,813 mm
- Kupfereauflage beidseitig 35 µm
- Verlustfaktor TAND = 0.001 bei 1.6 GHz
- Abschirmblech 13 mm über der Platine

soll eine „Lambda-Viertel-Version“ mit einer elektrischen Länge von 90 Grad bei der GPS-Frequenz  $f = 1575,42$  MHz untersucht werden.

Man wählt also per Button die Option „Microstrip“, und schaut den Bildschirm erst einmal genau an:

In der rechten Hälfte des Menüs befindet sich die Taste „Synthesis“. Damit wird gearbeitet, wenn man einen bestimmten Wellenwiderstand und eine bestimmte elektrische Leitungslänge (in Grad) bei der geforderten Arbeitsfrequenz vorgibt. Als Ergebnis erhält man die physikalische (= mechanische) Länge und Breite der Leitung für die unten links eingetragenen Platinendaten und die unten rechts eingetragenen Werte des Leiterbahn-Werkstoffes.

In der linken Menü-Hälfte befindet sich die Taste „Analysis“. Damit können aus den mechanischen Abmessungen die elektrische Eigenschaften (Wellenwiderstand, elektrische Länge in Grad, Verluste in dB / mm, sogar getrennt nach dielektrischen und Leiterverlusten...usw.) bestimmt werden.



**Bild 3:**  
Ergebnis der  
ersten Berechnung  
(Synthesis) bei  
vorgegebenen  
Werten;  
dargestellt oben  
links

Nun sind folgende Punkte sorgfältig nacheinander auszuführen (**Bild 2**):

- (1) Bitte hier einen Wellenwiderstand von  $50 \Omega$  eintragen.
- (2) Steht die Maßeinheit auf mm?
- (3) Wird die Frequenz bereits in GHz gemessen?
- (4) Die elektrische Länge sei 90 (die zugehörige Maßeinheit ist bereits auf Grad gestellt).
- (5) Tragen Sie die Frequenz 1.57542 (GHz) korrekt ein.
- (6) In diesem markierten Feld müssen die Angaben für den Leiterbahnwerkstoff [Kupfer / Dicke = Thickness = 0.035 (mm) / RGH = roughness = Oberflächenrauigkeit =  $5 \mu\text{m}$ ] stehen. Unter „Bottom“ wählt man die Option „Copper“ und schreibt bei „RGH“ die vorgeschlagenen  $5 \mu\text{m}$  hinein.

- (7) Und hier schließlich alle Informationen über die Platine (Dicke = 0.813 (mm) / ER = 3.38 / Deckelabstand von der Platine = 13 (mm) / TAND = 0.001).

Ist alles erledigt, drückt man die Taste „Synthesis“ und das Ergebnis erscheint entsprechend (**Bild 3**) auf dem Bildschirm.

Im oberen linken Teil des Menüs sind plötzlich die beiden Kästchen für W (= width = Breite) und P (= physical length = mechanische Länge) mit den berechneten Werten gefüllt.

Unterhalb der Menüfläche wird in einem großen separaten Feld ein Ergebnisprotokoll ausgegeben. Im markierten Rahmen finden sich auch hier die Werte für Länge und Breite der Streifenleitung; diese betragen:

Breite = 1,83 mm  
Länge = 29,24 mm  
für Z =  $50 \Omega$



Single Line in Microstrip

H = 1.520mm    ER = 3.38    TAND = 0.00100    T/H = 0.0230  
 Cover Height = 13.000mm

Freq ghz	Width mm	W/H	Z0 Ohms	Keff	D Loss dB/mm	C Loss dB/mm	T LOSS dB/mm
1.6	3.432	2.258	50.01	2.653	0.0002	0.0004	0.0006

Electrical Length= 90.00 deg

**Bild 4: Vergrößerter Ausschnitt des Protokoll-Feldes; hier findet man weitere Angaben, wie Dämpfungswerte D = dielectric loss und C = conductor loss bei 1,6 GHz.**

Jetzt drückt man noch den Button „Analysis“ und sucht, was sonst noch Neues geboten wird:

Im Menü hat sich nur wenig geändert: lediglich beim Wellenwiderstand und der elektrischen Länge sieht man die Rundungsfehler beim „Rückwärtsrechnen“.

Im Protokollfeld (**Bild 4**) dagegen erhält man nun zusätzlich die Dämpfungswerte bei 1,6 GHz, und zwar getrennt nach „D“ (= dielectric loss), „C“ (= conductor loss) und „T“ (= total loss).

The screenshot shows a software window titled "THR - Edge-coupled TL2". It contains several panels:

- Dimensions:** W = 1.5769, S = 0.32877, P = 29.6427
- Electrical:** Z0 = 51.4874, K = 17.8234, f = 90, Zc = 40.8, Zs = 45
- Substrate (Platinenmaterial):** Required: εr = 3.38, TAND = 0.001; Optional: εr = 13, TAND = 0.001
- Metalization (Leiterbahnen):** Material: Copper, Resistivity: 1.675, Thickness: 35um
- Results (Simulations-Ergebnis):** Includes fields for Dimension, Frequency, Resistance, Inductance, Length, and Resistivity.

**Bild 5: Darstellung des Simulations-Ergebnisses: oben links sind die Werte für Leiterbreite W, Koppelpalt S und die Leitungslänge P angegeben**

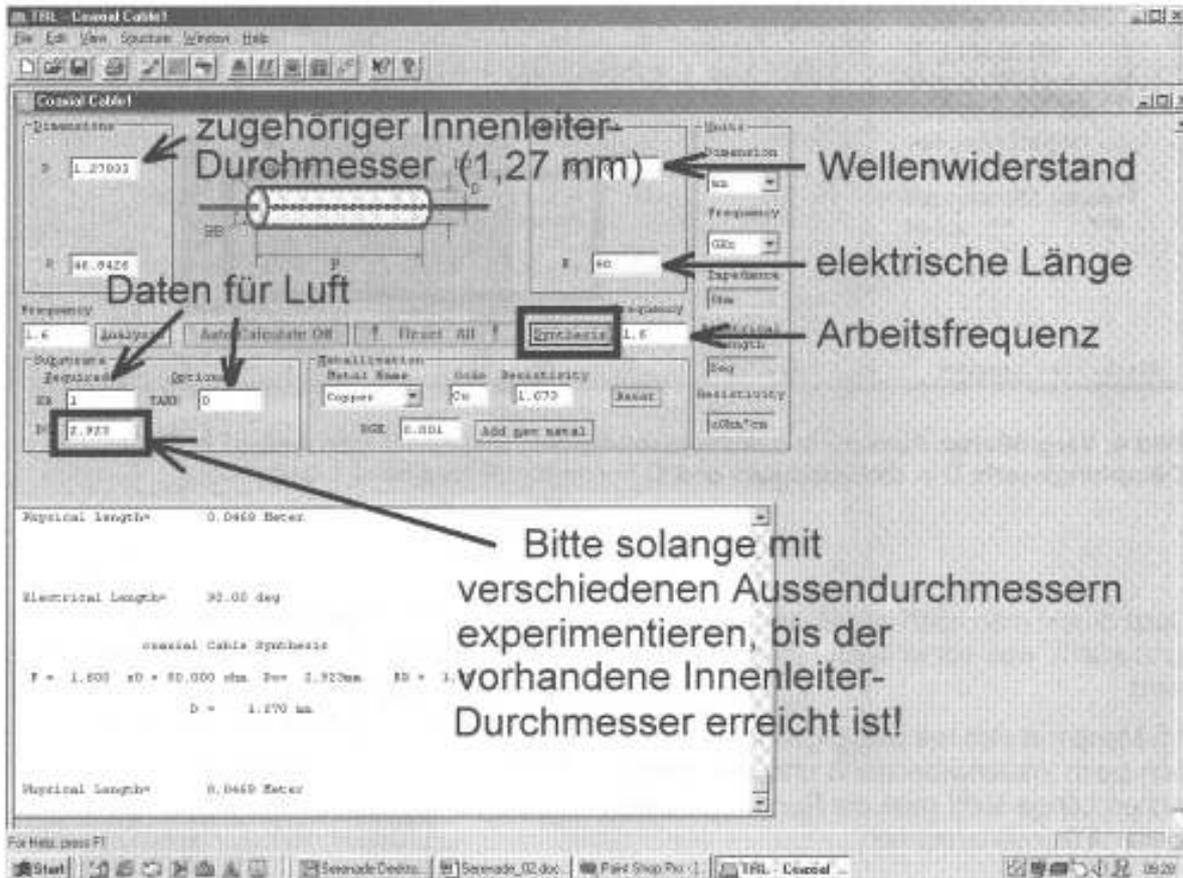


Bild 6: Bildschirmaufbau von TRL5 bei Berechnung einer koaxialen Durchführung

Auf Wunsch speichert TRL5 alle Ergebnisse in einer eigenen Datei; beim Verlassen des Programms wird man extra gefragt.

### 2.3. Anwendungsbeispiel: Gekoppeltes Leitungspaar

Bei Bandpass-Filtern aus gekoppelten Leitungsparen erhält man am Ende des Filterentwurfes die Werte der EVEN- und ODD-Widerstände. Sie müssen vor dem Platinen-Entwurf erst in mechanische Daten umgesetzt werden. Das kann zwar „PUFF“ auch, aber mit „TRL5“ kann man eben zusätzlich den Einbau in das Abschirmgehäuse mit dem Deckelabstand von z. B. 13 mm einkalkulieren.

Für das Leitungspaar in einem solchen Filter werden folgende Daten angenommen:

$$\begin{aligned} Z_{\text{EVEN}} &= 65 \, \Omega \\ Z_{\text{ODD}} &= 40,8 \, \Omega \\ \text{Elektrische Länge} &= 90 \text{ Grad} \end{aligned}$$

Es wird wieder dieselbe Platine aus RO4003 verwendet und ihre einzutragenden Daten lauten:

$$\begin{aligned} \text{Dielektrizitätskonstante } \epsilon_r &= 3.38 / \\ \text{Platinendicke } H &= 0,813 \text{ mm} / \\ \text{Kuperauflage beidseitig} &= 35 \, \mu\text{m} / \\ \text{Verlustfaktor } \tan \delta &= 0.001 \text{ bei } 1.6 \text{ GHz} / \\ \text{Abschirmblech } &= 13 \text{ mm über der Platine.} \end{aligned}$$

Mit dem zweiten Button von links schaltet man nun auf „edge coupled microstrip“ um



und trägt im erscheinenden Bildschirm-Menü zuerst wieder die Platinendaten im Bereich „Substrate“ ein.

Außerdem sind erneut die Angaben über die Metallisierung („Metallization“) nötig. Man wählt deshalb Kupfer („Copper“) unter „Bottom“ und gibt, bei „RGH“ eine Oberflächenrauigkeit von 5  $\mu\text{m}$  vor.

Jetzt wird es interessant, denn im Feld „Electrical“ kann man nun endlich die elektrische Länge  $E$ , den ODD-Widerstand  $Z_o$  und den EVEN-Widerstand  $Z_e$  eingeben.

Ein Druck auf den „Synthesis“-Button liefert in der linken Schirmhälfte sofort folgende Werte (**Bild 5**):

Leiterbreite  $W = 1,58 \text{ mm}$ ;  
Koppelspalt  $S = 0,33 \text{ mm}$ ;  
Phys. Leitungslänge  $P = 29,65 \text{ mm}$

Bestätigt man nun den „Analysis“-Button, kann man sehen, wie TRL85 aus den Werten  $W$ ,  $S$  und  $P$  wieder die elektrische Länge  $E$ , sowie die Widerstände  $Z_o$  und  $Z_e$  ermittelt. Wichtig ist aber vor allem das Ergebnisprotokoll in der unteren Bildschirmhälfte, denn dort findet man die genauen Verlustfaktoren und andere Angaben.

Aber bitte nicht vergessen: OPEN-END-Korrekturen bei leerlaufenden Leitungsenden nimmt uns TRL85 leider nicht ab - daran muß man selbst denken und z. B. anhand des bekannten Diagramms im „PUFF-Handbuch“ die erforderlichen Verkürzungen bestimmen!

#### 2.4. Anwendungsbeispiel: Koaxialleitung

Hier sollen nicht die Daten eines Koaxialkabels nachgerechnet, sondern folgendes Problem gelöst werden:

Der Innenleiter einer SMA-Flanschbuchse mit einem Durchmesser von 1,27 mm wird durch eine Aluminium-Gehäusewand auf die Leiterplatte geführt. Diese Gehäusewand ist 3 mm dick und die Durchgangsbohrung soll so gewählt werden, dass der Wellenwiderstand auch innerhalb der Wand  $50 \Omega$  beträgt.

Welcher Bohrerdurchmesser muss gewählt werden?

Die Lösung wird in **Bild 6** gezeigt.

Man ruft „TRL85“ auf, wählt das Menü „Koaxialkabel“ und trägt einen Wellenwiderstand von 50 ( $\Omega$ ), eine angenommene elektrische Länge von 90 (Grad), eine Arbeitsfrequenz von 1.6 (GHz) und die Daten für Luft ( $\epsilon_r = 1$ ,  $TAND = 0$ ) ein. Das Programm benötigt dann noch den Außendurchmesser und berechnet dazu den Innendurchmesser. Hier kann man mit einem beliebigen Wert als Außendurchmesser beginnen. Anschließend drückt man den Knopf „Synthesis“.

Diesen Außendurchmesser verändert man solange und simuliert erneut, bis der Innendurchmesser den Vorgabewert von 1,27 mm erreicht. Dafür ist eine Bohrung mit einem Durchmesser von 2,9 mm in der Gehäusewand notwendig.

---

### 3. Zusammenfassung und Bewertung

---

Der Stripline-Calculator „TRL85“ ist eine hervorragende Ergänzung zur Simulation mit „PUFF“ und unverzichtbar, sobald das Gehäuse mit einbezogen werden soll.

Ansonsten liefern „PUFF“ und „TRL85“ praktisch identische Ergebnisse. Die leichte Bedienbarkeit macht Spaß und die direkte Modellierung aller Daten (Wellenwiderstand, Aufspaltung der Verlustanteile usw.) bei der vorgegebenen Designfrequenz samt der WINDOWS-Oberfläche stellen „PUFF“ leider nicht nur bei diesem Punkt etwas in den Schatten.

Deshalb:  
Freuen Sie sich schon auf weitere Vorstellungen interessanter Software an dieser Stelle.