



Zeitschrift für  
Nachrichten- und  
Hochfrequenztechnik  
HF-, VHF-, UHF-, SHF-Funk

B 21 956

# UKWberichte

46. Jahrgang

1. Quartal

Heft 1/2006

€ 6,-

Gunthard Kraus, DG 8 GB

...aus der Praxis: eine Schritt-für-Schritt-  
Einführung in den ANSOFT-Designer SV 2.2

The screenshot shows the ANSOFT Designer SV 2.2 interface with several windows and annotations. The main window displays a circuit diagram with components like 'Wire', 'Microstrip Steps', and 'Microstrip Transmission Lines, Option "Physical Length"'. A 'Bauteil-Ordner' (Component Order) window is open, showing a list of components. Annotations include:

- 'Wahl' (Selection) pointing to a button in a dialog box.
- 'Alles richtig' (Everything is correct) pointing to a 'OK' button.
- 'Erst den gewünschten Parameter auswählen' (First select the desired parameter) pointing to a list item.
- '...dar' (There) pointing to a list item.
- 'Erst auf "Filter" drücken' (First press "Filter") pointing to a 'Filter' button.
- 'Als Abschluß "Done" drücken' (Press "Done" as a conclusion) pointing to a 'Done' button.
- 'Karteikarte "Components"' (Component card "Components") pointing to a 'Components' window.
- 'Microstrip Transmission Lines, Option "Physical Length"' pointing to a specific component in the circuit.

... anhand eines Streifenleitungs-Bandpassfilters



Gunthard Kraus, DG 8 GB

## Das interessante Programm

Heute: **ANSOFT Designer SV 2.2**

**Der Filter Calculator des ANSOFT Designers SV (= Student Version) kam an dieser Stelle bereits in der Ausgabe 2004 zum Einsatz, was nur eine winzig kleine Kostprobe der Möglichkeiten zeigte. Die komplette Software bildet zwar eine kostenlose, aber im Leistungsumfang begrenzte Version des bekannten Profi-Mikrowellen-CAD-Programms für nicht-kommerzielle Zwecke.**

**Nachfolgend soll an einem anspruchsvollen Praxisprojekt sowohl der erforderliche Aufwand, als auch der Lohn der Mühe demonstriert werden.**

---

### 1.

#### Ein kurzer Steckbrief

---

*Charakterisierung:*

Linearer Schaltungssimulator mit dem Schwerpunkt auf Streifenleitungs-Schaltungen.

Zusätzlich sind ein Filterprogramm, ein Leitungscalculator (...erinnern Sie sich noch an

TRL85?....) und ab Version 2.2 auch ein einfacher EM-Simulator mit Nah- und Fernfeldoption integriert.

*Das ist Spitze:*

Gute Benutzerführung mit sehr aufwendiger Menüstruktur sowie hervorragender Online-Hilfe. Komplettes Handbuch der Vollversion kann aus der ANSOFT-Homepage heruntergeladen werden.

Keinerlei Begrenzung bei der Schaltungsgröße, der Schaltungsart oder dem belegten Arbeitsspeicher - also "Spiel ohne Grenzen"!

Der Filtercalculator ist sehr nützlich, arbeitet genau und damit erübrigt sich meist die Verwendung anderer kostenloser Filterprogramme wie fds, faisyn, filtry usw.

Der Leitungscalculator ist ein weiterentwickelter TRL85. Nun sind z.B. auch "Microstrip-Coplanar-Waveguides" freigegeben. Die Rechenergebnisse werden sofort in das Attributmenü der betroffenen Leitung in der Schaltung übertragen.

Nun stehen Hunderte von verschiedenen Bauteil-Modellen ohne Einschränkung und



Begrenzung zur Verfügung. Es gibt kein einziges bekanntes und übliches Streifenleitungs-Teil, das fehlt.

Sehr hohe Simulationsgenauigkeit.

Umfangreiche Sammlung an Ratschlägen, Application Notes, Fragen und Antworten (FAQ), Technischen Grundlagen etc. in einer kostenlos nutzbaren "Knowledge Base" der ANSOFT-Homepage. Zwar für die Vollversion, aber Vieles ist bei linearen Schaltungen ohne jede Einschränkung auch bei dieser kostenlosen Version direkt verwendbar oder machbar.

*Das tut weh:*

Die nichtlineare Simulation ist gesperrt, ebenso die automatische Tuning- und Optimierungsoption.

Professionelle Dateiausgabe für die Platinenfertigung (Stichwort: Gerber-Plot) ist abgeschaltet.

Der EM-Simulator hat zwar eine freigegebene Nah- und Fernfeldoption, wurde aber von der Zellenzahl her stark begrenzt und ist deshalb nur für kleine Strukturen einsetzbar.

*Betriebssystem:*

mindestens Windows 2000 oder XP

*Bugs oder grobe Rechenfehler:*

Der Autor hat einen Bug bei der Simulation von Streifenleitungs-Tiefpässen entdeckt. ANSOFT hat das auf Anfrage bestätigt und verspricht Abhilfe in der nächsten Version (Ein Trost: der Test mit einer lizenzierten Designer-Vollversion zeigte dieselben Bugs. Ist aber bei einer so komplexen Software wohl unvermeidbar und nicht tragisch, da man die Ergebnisse trotzdem verwenden kann).

*Verbesserungswünsche:*

"Ein Herzenswunsch an ANSOFT: erweitern Sie bitte die Möglichkeiten des EM-Simulators bis kurz vor die Leistungsgrenze von SonnetLite (in der kostenlosen Version mit 16 Megabyte Arbeitsspeicher). Wegen der dort fehlenden Nah- und Fernfeldoption für die Antennensimulation hätten Sie dann die Nase sehr weit vorn...".

*Download und Dateigröße:*

Über 100 Megabyte als gepackte Datei.

Application Notes, Technische Informationen, FAQs etc. aus der Knowledge Base müssen dagegen getrennt heruntergeladen und dann übersichtlich archiviert werden.

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

Deutsche Vertretung und Anlaufstelle: Deutsche ANSOFT-Vertretung in München (<http://www.ansoft.de>)

---

## 2.

### **Einige Vorbemerkungen**

---

Alles Herumreden hilft nichts: wer bisher nur mit PUFF gearbeitet hat, der bekommt beim ersten Designer-Start einen gehörigen Schreck, denn es empfängt ihn der typisch aufwendige Bildschirm eines Windows-Profi-Programmes mit etlichen Fenstern und vielen Buttons. Leider ist die "Startprozedur" bei einer Schaltung mit einem Kondensator und einer Spule nahezu gleich aufwendig wie bei einer komplizierten Mikrowellenschaltung. Sobald man aber den Eingabe-Mechanismus beherrscht, läuft es immer besser. Man hat schnell seine Ergebnisse und die vielen noblen Möglichkeiten sowie die Simulationspräzision schätzt man immer mehr.

---

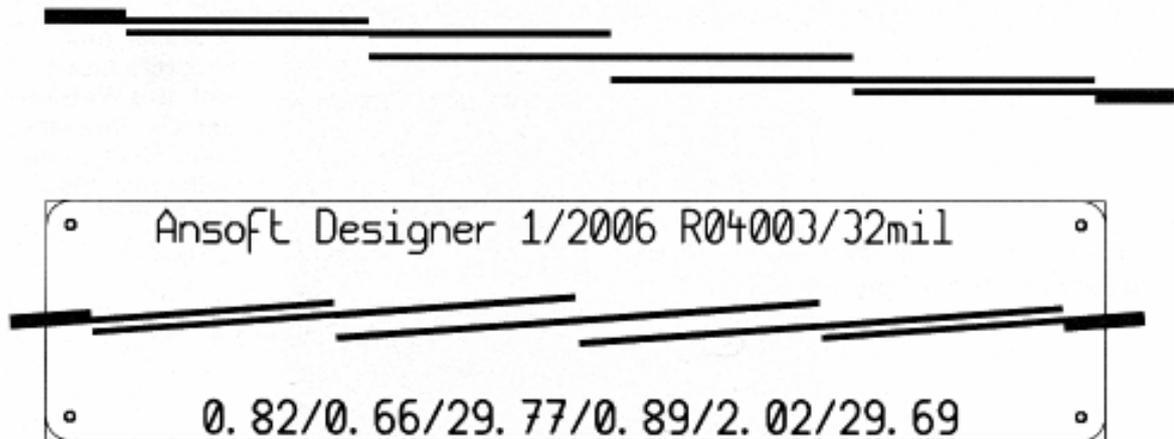
## 3.

### **Entwicklung eines 1575 MHz-Streifenleitungs-Bandpasses aus gekoppelten Leitungen ("edge-coupled-type")**

---

#### **3.1. Projekt-Vorstellung**

Diese Filterkonstruktion wird häufig verwendet, da sie als Streifenleitungs-Schaltung eine sehr hohe Nachbausicherheit bei gleichzeitig geringem Fertigungsaufwand bietet. Die mechanischen Abmessungen sin-



**Bild 1:** Layout des entworfenen „Edge-Coupled Microstrip Bandpass Filters“ für die GPS-Frequenz 1575 MHz. (Siehe auch die Hinweise im Text zur Layout-Entwurfsprozedur).

ken dabei mit steigender Dielektrizitätskonstante und Frequenz, dafür sind die Anforderungen an die Schaltungssimulation und die Fertigungsgenauigkeit sehr hoch. Das Ergebnis des vorliegenden Projekts in Form des Platinenlayouts zeigt **Bild 1**, wobei noch eine kleine Erläuterung nötig ist:

Bei der Designer-Studentenversion ist die direkte Übernahme der Entwürfe in ein Platinen-Layout-Programm gesperrt. Deshalb arbeitet der Autor mit der kostenlosen Testversion von "TARGET3001", die sich für diese Entwürfe gut eignet und vom Leistungsumfang her voll ausreicht. Also folgt hier der Trick zur leichteren Erstellung solcher "gekippten" Strukturen.

Die oberhalb der Platine angeordnete Leitungsstruktur wird zuerst mit dem Layout-CAD-Programm in dieser Form (also mit hübsch waagrecht verlaufenden Leitungen) ganz exakt gezeichnet. Anschließend kopiert man sie in die noch leere Platine hinein und dreht sie dabei soweit, dass die 50 Ohm-Streifenleitungs-Zuleitungen links und rechts genau durch die Platinenmitte verlaufen.

Doch nun zum Filter selbst.

Die Vorgaben für die Filterschaltung (Tschebyschef-Typ) sind:

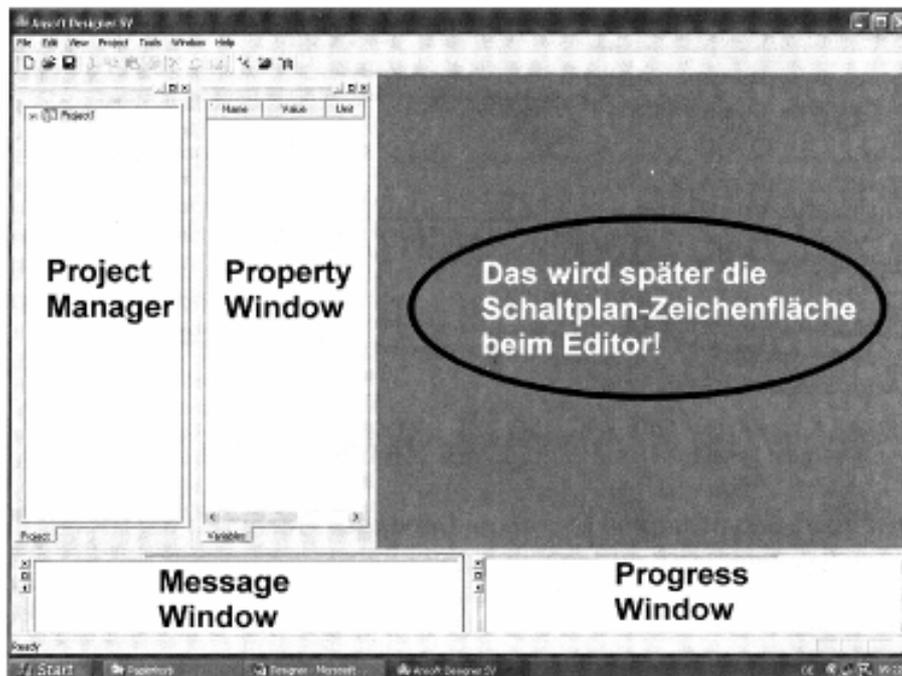
Ein- und Ausgangswiderst.:  $Z = 50 \text{ Ohm}$   
 S21-Ripple im Durchlassbereich: 0,1 dB  
 (ergibt  $S_{11} = -16,4 \text{ dB}$ )  
 Filtergrad: 3  
 Mittenfrequenz: 1575 MHz  
 (= GPS-Empfangsfrequenz)  
 Bandbreite: 50 MHz

Leiterplatte:

Werkstoff: Rogers R04003  
 Dicke: 32 mil (= 0,813 mm)  
 Dielektrizitätskonstante: 3,38  
 Kupferschicht (beidseitig) 35  $\mu\text{m}$   
 (= 1,35 mil = 1oz)  
 Oberflächenrauigkeit: 2  $\mu\text{m}$  (= 0,08 mil)  
 Deckelabstand: 14 mm

### 3.2. Entwurf mit dem Filter-Designer

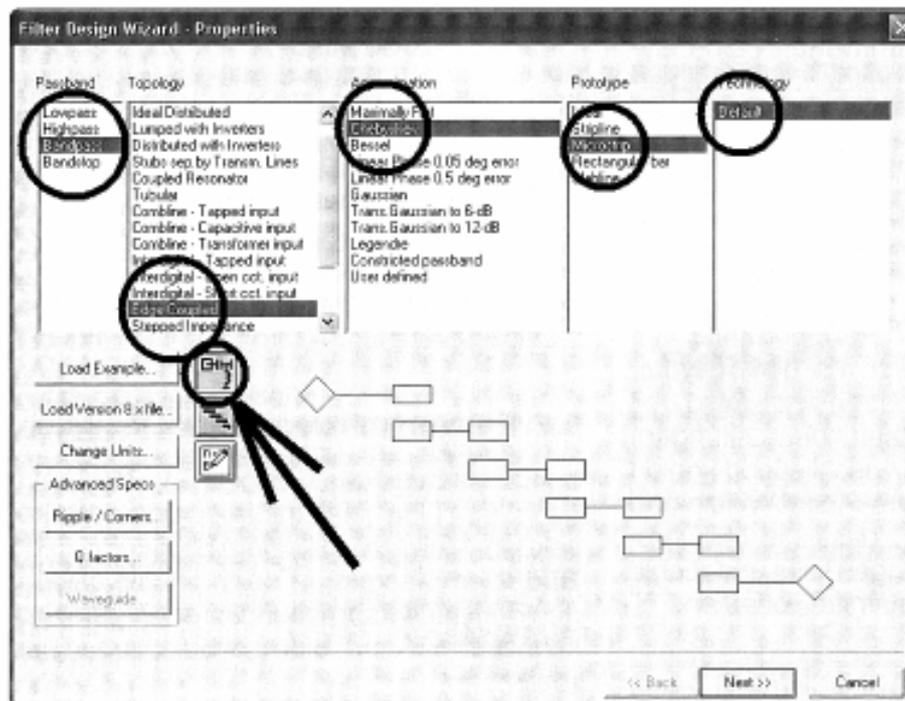
Zunächst muss das Designer SV-Programm nach dem Download installiert und gestartet werden. Man wird mit einem Bildschirm nach **Bild 2** empfangen, in dem die verschiedenen Fenster entsprechend ihrer Aufgabe gekennzeichnet sind; bitte genau ansehen und einprägen!



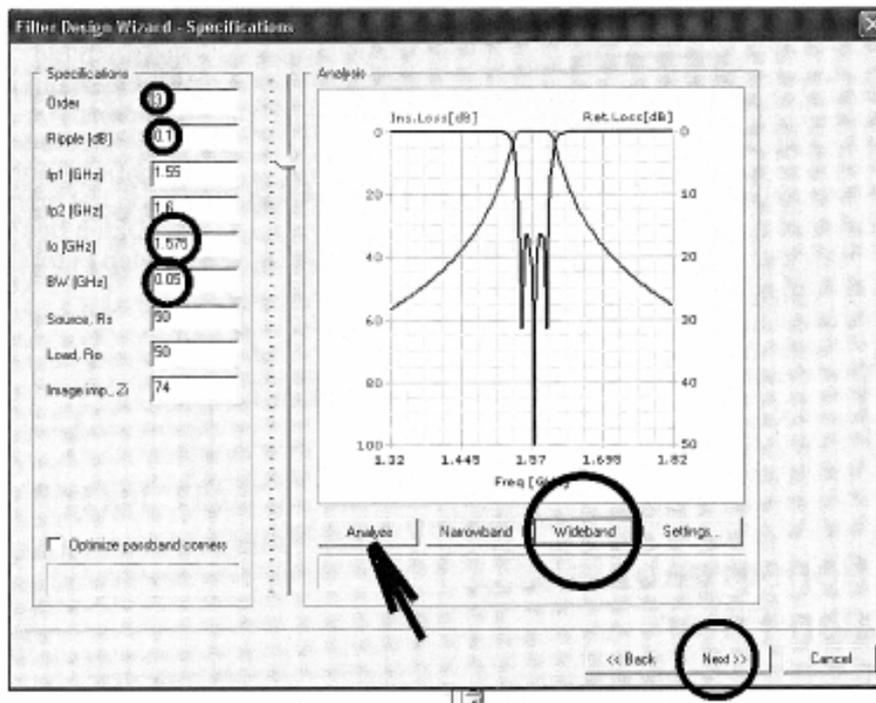
**Bild 2:**  
In diesen fünf Fenstern spielt sich das Wesentliche ab - ihre einzelne Bedeutung sollte man also gut kennen

Zuerst öffnet man das Pulldown-Menü "Project" in der oberen Menüleiste und klickt darin auf "Insert Filter Design". Im auftauchenden

den **Bild 3** werden nun sorgfältig nacheinander von links nach rechts folgende Zeilen aktiviert:



**Bild 3:**  
Bitte mit der Maus die im Text angegebene Auswahl beim Filtermenü treffen. Ist die Taste „mit der Spule und dem Kondensator“ gedrückt?



**Bild 4:**  
Die geforderten  
Filterdaten müs-  
sen sorgfältig  
eingetragen  
und kontrolliert  
werden

Bandpass  
Edge coupled  
Chebyshev  
Microstrip  
Default

Außerdem achtet man darauf, dass die "Taste mit der Spule und dem Kondensator" gedrückt ist. Dann klickt man auf "Next" und trägt beim nächsten Bildschirm im linken Feld die "Specifications" ein (**Bild 4**):

Filtergrad = Filter Order :3  
Welligkeit = Ripple [dB]: 0.1  
Mittelfrequenz = fo[GHz]: 1.575  
Bandbreite = Bw[GHz]: 0.05

Klickt man nun kurz auf den Button "Analyze", dann werden alle fehlende Werte (wie z. B. die untere und obere Grenzfrequenz) automatisch berechnet und in ihre Felder eingetragen (falls das nicht schon passierte). Bitte ausprobieren!

Die unteren drei Zeilen läßt man unverändert, denn Quell- und Lastwiderstand betragen

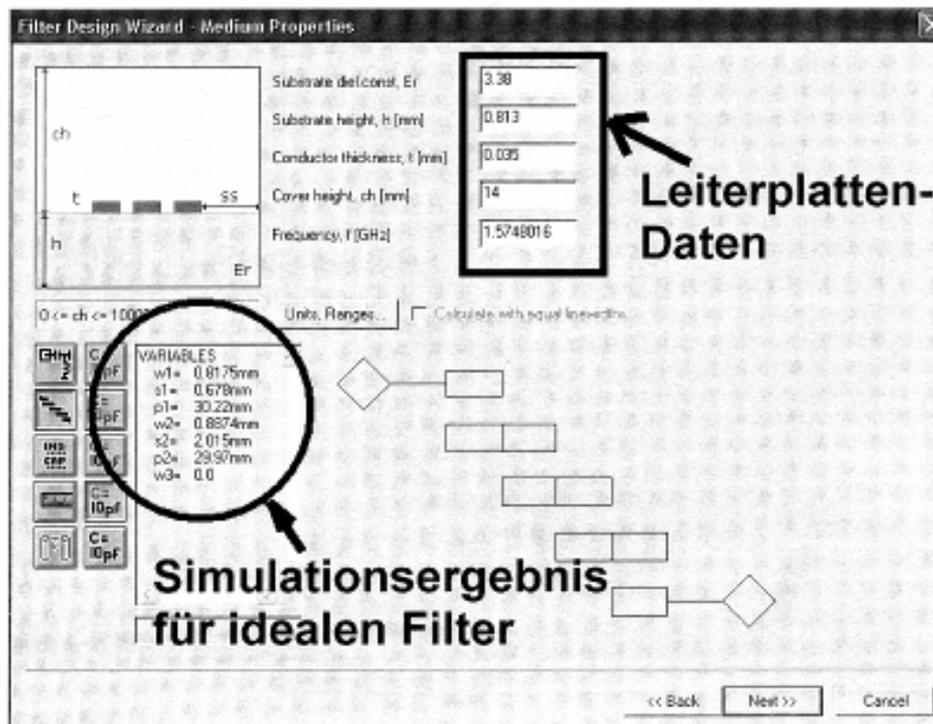
natürlich jeweils 50 Ohm und das ist bereits eingestellt. Aber die "Image Impedance Zi" hat es in sich, denn sie bestimmt entscheidend das Layout des Endproduktes:

Wählt man sie sehr klein (z.B. 10  $\Omega$ ), erhält man z.T. unförmige Leitungsgebilde mit mehr als 15 mm Breite.

Wählt man sie sehr hoch (z.B. mehr als 100  $\Omega$ ), werden sowohl die Leiterbreiten wie auch die Koppelspalte so winzig (= unter 0,01 mm), dass dies nicht mehr mit vertretbarem Aufwand realisierbar ist.

Nach Erfahrung des Autors bildet die Voreinstellung von 74 Ohm einen vernünftigen Kompromiss und auch eine gute Realisierungsbasis; also daran bitte nicht rühren.

In der rechten Bildhälfte sieht man die zu erwartenden Verläufe für S11 und S21. Sehr schön ist die Umschaltmöglichkeit zwischen "Narrowband" und "Wideband". Hier wählt man "Wideband", damit man später die aussagekräftigere Darstellung in einem größe-



**Bild 5:**  
Nur noch die  
Werkstoffdaten  
und den  
Deckelabstand  
eingeben - und  
schon hat man  
die Daten des  
idealen Filters!

ren Frequenzbereich erhält. Denn nach erfolgreichem Filter-Design wird der Entwurf komplett mit allen unerwünschten Effekten simuliert. (Wer mal einen Blick auf die vielen hier gebotenen Möglichkeiten werfen möchte, der klicke auf "Settings" und teste die Liste durch. Unglaublich...und nach jedem Drücken von OK erscheint sofort fix und fertig das Analyse-Ergebnis!).

Über "Next" kommt man zum nächsten Eingabeblatt (**Bild 5**). Die oberen Fenster sind für die Einträge des Platinenwerkstoffs, hier R04003-Werkstoff:

Substrate, diel. constant, $\epsilon_r$ :	3.38
Substrate height, h [mm]:	0.813
Conductor thickness, t [mm]:	0.035
Cover height, ch [mm]:	14

Der letzte Eintrag "Frequency, f [GHz]" wird entsprechend der gewählten Mittenfrequenz von 1575 MHz und der vom Programm verwendeten (nicht veränderbaren) Schrittweite z.B. automatisch auf "1.5748016" eingestellt.

#### Praxistipp:

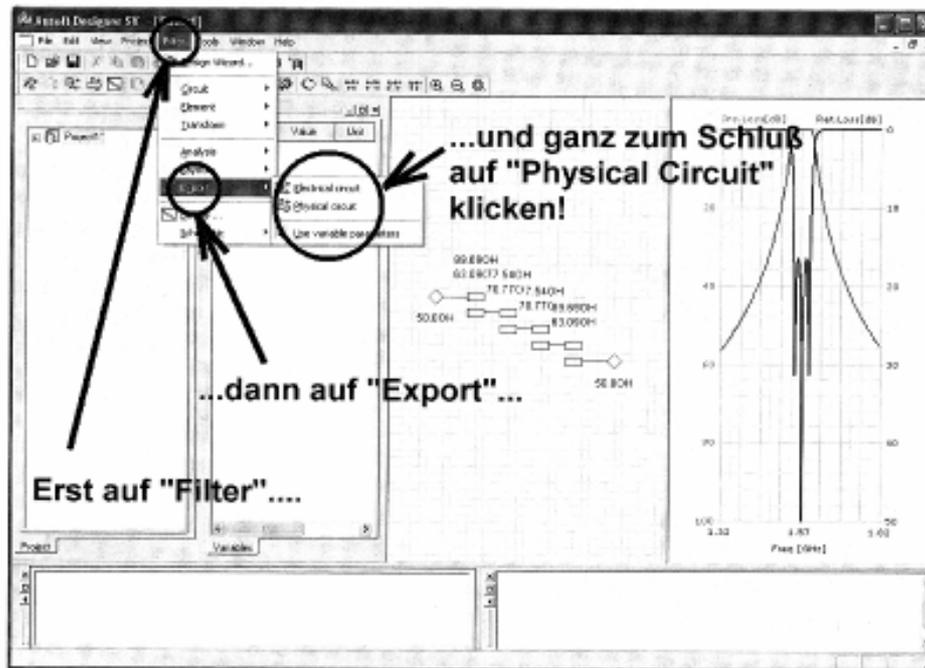
Bitte zum Abschluss nochmals mit der Maus in jedes einzelne Eingabefeld klicken und überprüfen, ob sich dabei in der Liste der simulierten Leitungsdaten noch irgend etwas verändert.

Jetzt kann man beruhigt einen Blick auf die vom Programm errechneten Leitungsdaten werfen. Zur Kontrolle hier das vorschriftmäßige Aussehen der Liste:

#### VARIABLES

w1=	0.8175mm
s1=	0.678mm
p1=	30.22mm
w2=	0.8874mm
s2=	2.015mm
p2=	29.97mm
w3=	0.0

Die Bedeutung der Bezeichnungen ist nicht schwer zu verstehen:



**Bild 6:**  
So kommt man vom idealen Filter zur praktischen Simulations-Schaltung

"w" = Leiterbreite der betreffenden gekoppelten Leitung,  
 "s" = Spaltbreite,  
 "p" = die physikalische Leitungslänge.

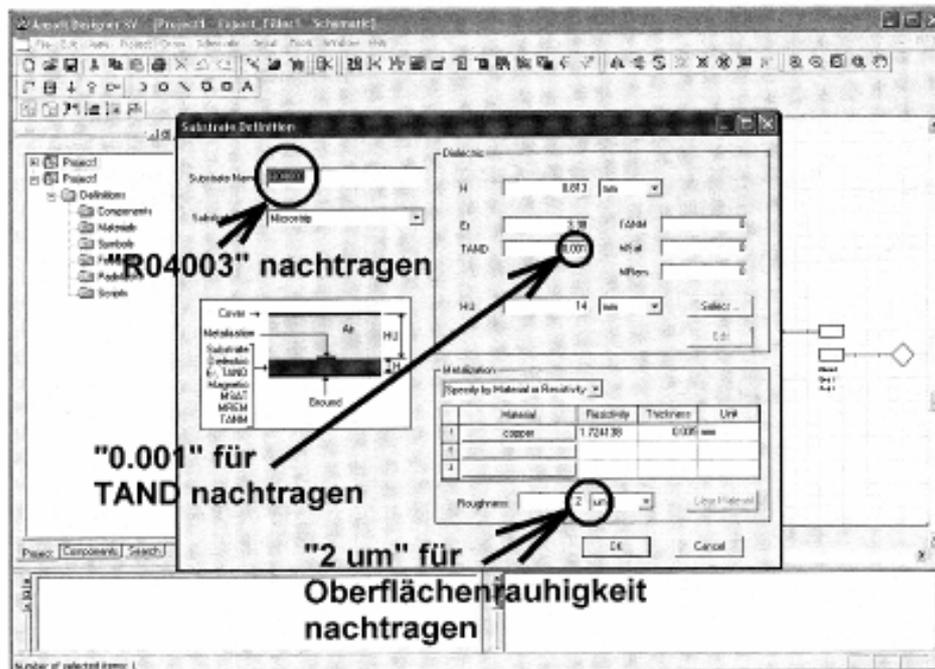
Bild der Filterstruktur samt eingetragenen Even- und Odd-Widerständen. Daneben werden die zugehörigen Verläufe von Transmission und Reflektion präsentiert.

Drückt man "Next" und dann auf "Fertigstellen", so erhält man auf dem Bildschirm das

Allerdings ist man noch nicht ganz fertig, denn es handelt sich um die ideale Lösung



**Bild 7:**  
Hier liegt zwar schon die korrekte Simulationsschaltung vor, um den Platinenwerkstoff muss man sich bei jedem Teil einzeln kümmern!



**Bild 8:** Die fehlenden Daten müssen zuerst im Platinenmenü nachgetragen und anschließend (siehe-Text) bei jedem einzelnen Bauteil aktiviert werden

und in der Praxis kommt da doch einiges dazu. Deshalb (siehe **Bild 6**) sollte man sich nun auf dem dort angegebenen Weg bis zu "Physical Circuit" durcharbeiten; als Lohn der Arbeit erhält man etwas ganz besonders Schönes (**Bild 7**):

Plötzlich hat man die komplette Filterschaltung mit allen nötigen praktischen Ergänzungen (Hier: Steps zwischen den Leitungen) vor sich, wie sie für die realistische Simulation erforderlich ist!

Von dieser Simulation ist man allerdings noch ein kleines Stück entfernt, denn vorher ist folgende Maßnahme nötig:

Man klickt NUR EINMAL auf das Symbol des ersten gekoppelten Leitungspaars und öffnet dadurch sein Attributmenü im "Property Window". Dort drückt man wieder NUR EINMAL auf die Taste "sub1" in der Zeile "Sub" (= Substrate).

Es erscheint das Menü für das Substrat ("Select Substrate"). Darin sucht man nach "Edit", klickt darauf und hat nun die komplette Eingabemaske für die Platine, den Lei-

tungstyp und die Kupferschicht vor sich. In **Bild 8** ist sehr schön zu sehen, wie alle Einträge lauten müssen. Zum großen Teil sind sie ja schon vom Filterentwurf her vorhanden, aber den Rest (z.B. Oberflächenrauigkeit = 2 µm oder Substratname "R04003" oder einen Verlustfaktor TAND = 0.001) muss man noch nachtragen. Bitte alles sehr genau prüfen und mit OK abschließen.

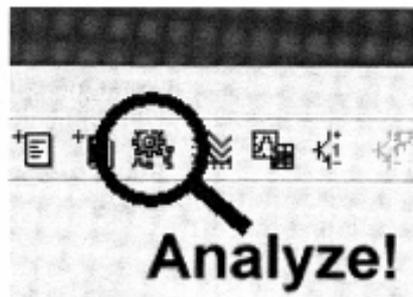
*Übrigens:*

Es gibt in der Designer-Bibliothek auch eine Substrat-Vorschlagsliste, die sogar den Werkstoff "R04003" enthält. Allerdings lautet dort der Eintrag für den Verlustfaktor: TAND = 0.0027. Dieser Wert gilt für 10 GHz, das Filter arbeitet jedoch bei 1,5 GHz. Deshalb sollte man wissen, dass sich TAND etwa mit der Wurzel aus dem Frequenzverhältnis ändert und wenn man das durchspielt, erhält man

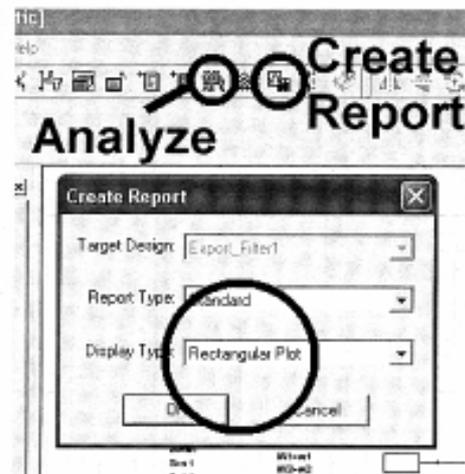
$$TAND(1500MHz) = 0.0027 \cdot \sqrt{\frac{15GHz}{10GHz}} = 0.001$$

*Alles klar?*

Allerdings bleibt es einem nicht erspart, nacheinander JEDES Bauteil der Schaltung



**Bild 9:** ...erst dann darf man sich auf die Suche nach dem (etwas unscheinbaren) „Button mit den Zahnrädern“ für den Start der Analyse machen!

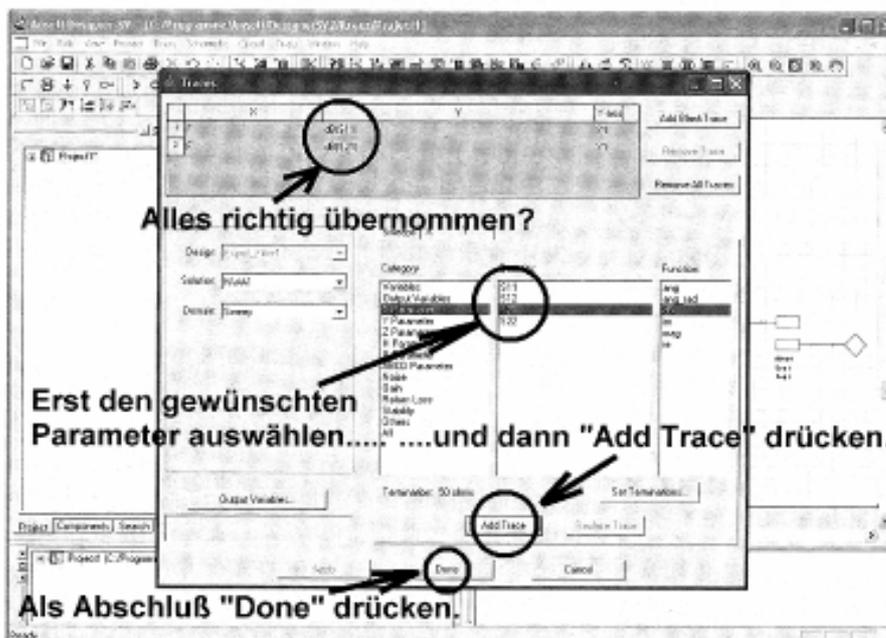


**Bild 10:** Ohne Fleiß kein Preis! Um irgendwelche Analyse-Ergebnisse zu sehen, muss erst dieses Menü abgearbeitet werden

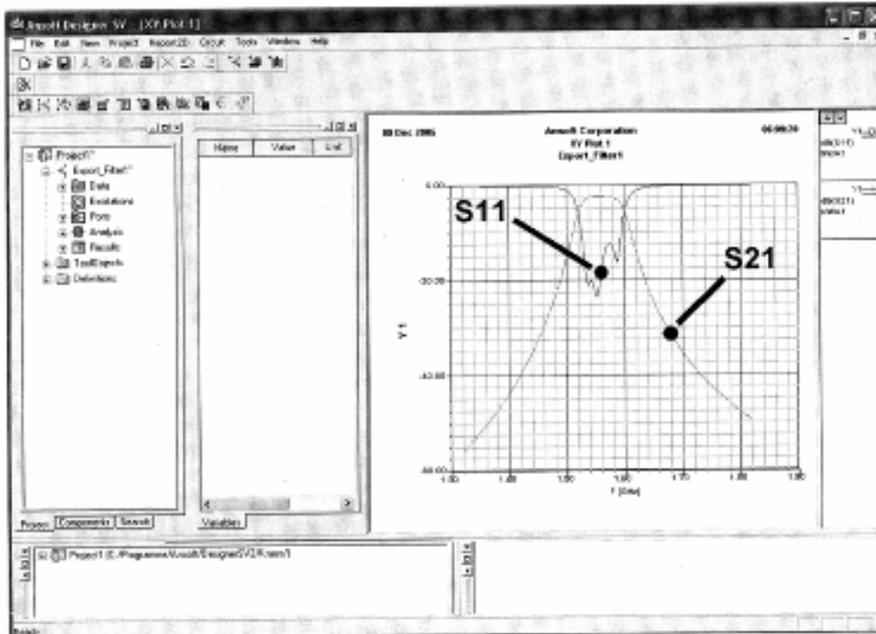
anzuklicken, jedes Mal diese Substrat-Taste in der Zeile "SUB" ein Mal zu betätigen (... sie sollte jetzt schon mit der Bezeichnung "R04003" versehen sein!) und mit OK diese Werkstoffauswahl zu übernehmen.

Bitte dabei kein Bauteil in der Schaltung übersehen - auch die Steps zwischen den Leitungen nicht! Wem das passiert, erhält als Quittung einen Simulationsabbruch wegen fehlendem Substrat bei diesem Bauteil!

*Jetzt folgt die eigentliche Analyse:*  
Sobald man (siehe **Bild 9**) den Button "Analyze" betätigt, wird einem sofort gesagt, ob man nichts übersehen hat. Dann läuft die Simulation problemlos durch und kann dabei im "Message"- bzw. "Progress-Window" ver-



**Bild 11:** Bei diesem Angebot fällt die Auswahl schwer - aber hier reichen S11 und S21



**Bild 12:**  
Schön wär's ja,  
wenn alles gleich  
klappen würde;  
aber die leidigen  
Steps trüben den  
Erfolg

folgt werden. Allerdings gibt es anschließend noch keine Ergebnisse, weil das Programm erst wissen will, was man sehen möchte. Zu diesem Zweck drückt man (siehe **Bild 10**) "Create Report" und bekommt daraufhin eine Eingabemaske angeboten. Diese sollte man sich gut merken, denn im unteren Fenster "Display Type" steht bereits als Grundeinstellung "Rectangular Plot". Dort muss man hinein, wenn man einmal eine Ausgabe im Smithchart wünscht!

Man belässt es diesmal beim "Rectangular Plot" und bestätigt mit OK. Da hat man wieder die Qual der Wahl, denn nun zeigt das Programm so richtig, was es kann (**Bild 11**): aus mehr als einem Dutzend Variablen kann man aussuchen, was dargestellt werden soll. Man wählt unter den S-Parametern die Reflexion "S11" aus und sorgt mit "Add Trace" für die Übernahme in die Task-Liste. Anschließend wiederholt man dies mit S21. Ein Druck auf "Done" bringt schließlich **Bild 12** mit den gesuchten Verläufen auf den Bildschirm. Beim genauen Hinsehen erkennt man gleich den Schaden, den die Steps in der Schaltung anrichten, denn dadurch ist

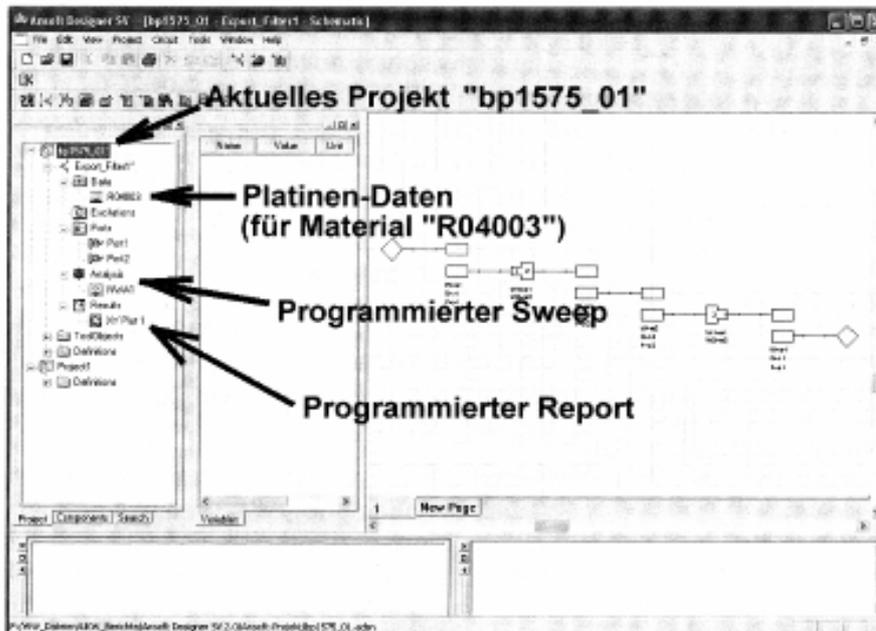
man leider deutlich vom Idealverlauf abgekommen. Am Verlauf von S11 ist das am deutlichsten zu sehen, daher soll im nächsten Kapitel die Optimierung folgen.

### 3.3. Ergänzung der praktischen Schaltung und Optimierung des Entwurfs

Das vorliegende Filter soll in ein Aluminium-Gehäuse eingebaut werden. Folglich braucht man links und rechts je eine 50  $\Omega$ -Streifenleitung als Zuleitung. Leider erhält man beim Anschließen dieser Zuleitungen an die Filterstruktur jeweils einen zusätzlichen Step - es gibt also Arbeit.

#### 1. Schritt:

Man speichert das Projekt unter einem "vernünftigen" Namen an einem Ort, an dem man es gleich wieder findet. Aus eigener Erfahrung ist das am besten in einem neuen Ordner innerhalb des "Designer SV", den man z.B. mit "Eigene Arbeiten" beschriftet. Darin wird ein weiterer neuer Ordner "Bandpass 1575 MHz" angelegt und in diesem das Projekt z.B. mit der Bezeichnung "BPF



**Bild 13:**  
Zuerst sollte man alle Details im Menü des Projektes sichtbar machen!

1575\_01" gespeichert. Nicht versäumen sollte man anschließend, sich links im "Projekt Manager" die komplette Menüstruktur entsprechend **Bild 13** durch passende Mausklicks auf die Ordnerbezeichnungen sichtbar zu machen. Sehr schön sind dort alle wichtigen Dinge zu erkennen, und einige davon braucht man später bei der Arbeit.

**2. Schritt:**

Man klickt doppelt auf das Schaltzeichen von Port 1 im Schaltbild, markiert ihn dadurch und stellt ihn dann (von Interconnect) auf Microwave Port um (**Bild 14**). Dadurch ändert sich sein Aussehen, aber auch seine Lage in der Schaltung. Mit <CTRL> + <R> dreht man ihn so zurecht, wie es **Bild 15** zeigt. Dasselbe wird bei Port 2 praktiziert.

Nun löscht man noch die Verbindungsleitungen von beiden Ports zu den ersten gekoppelten Leitungspaaren durch Anklicken und anschließenden Druck auf die Taste <Entfernen>. So schafft man Platz für die Zuleitungen und die Steps.

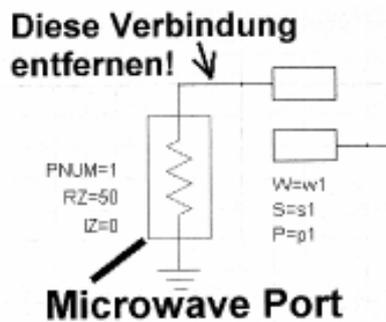
**3. Schritt:**

Jetzt ist im "Projekt Manager" ein Wechsel auf die mittlere Karteikarte "Components" er-

forderlich. Darin sucht man erst nach "Microstrip", dann nach "Transmission Lines" und schließlich kann man das Bauteil



**Bild 14:** Zuerst werden die Ports von „Interconnect“ (das bedeutet einfach „Messpunkt“) auf echte Microwave Ports umgestellt



**Bild 15: Bitte alles zurechtdrehen und dann die Verbindung zwischen Port und Schaltung lösen, um die 50 Ohm-Zuleitungen samt ihren Steps einbauen zu können**

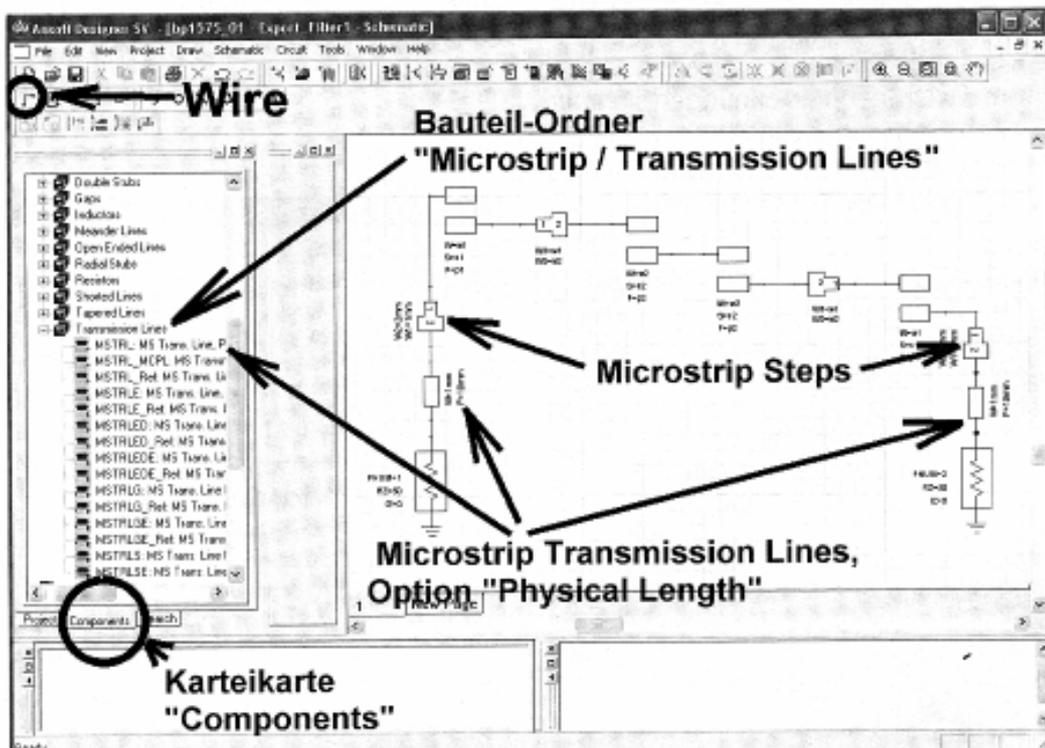
MSTRL: MS Trans. Line, Physical Length  
mit "Drag and Drop" (= durch Rollen der Maus bei gedrückter linker Taste) bis in den

Schaltplan hinüberziehen und dort absetzen (die dazwischen auftauchend Frage "Merge Layers?" wird durch Drücken des Buttons bestätigt). Das wird nochmals wiederholt und anschließend geht es in das Menü "Microstrip / General Components". Da gibt es nämlich den

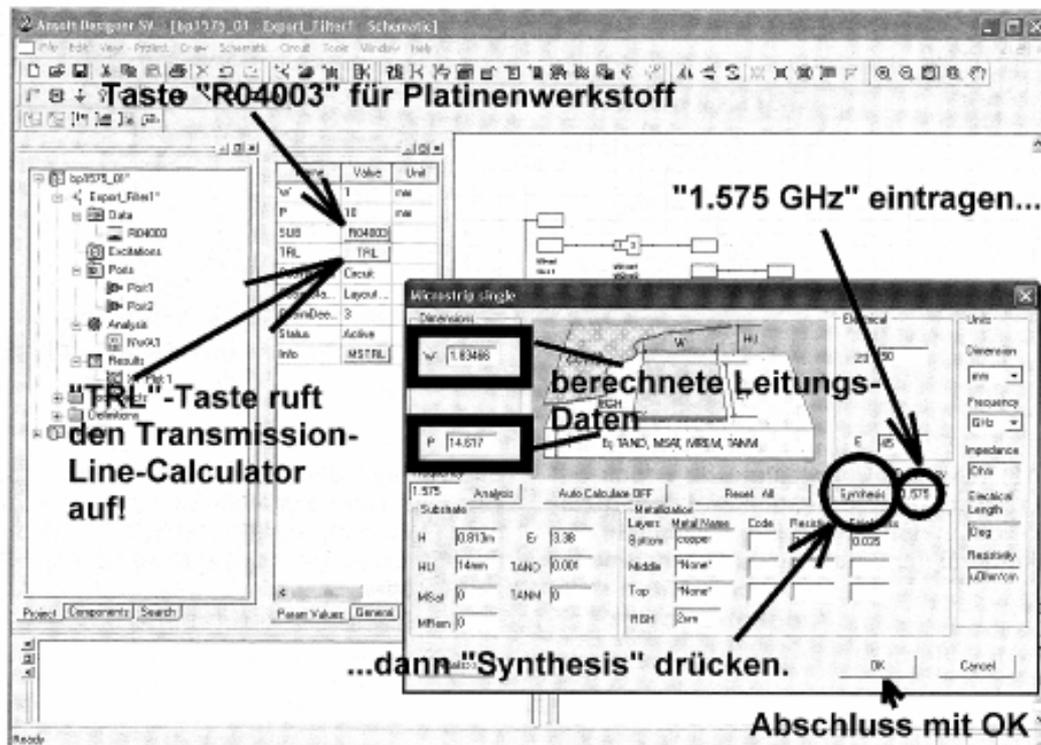
"MSSTEP: MS Step"

und diesen braucht man ebenfalls zweimal. Die neuen Bauteile werden passend zurechtgerückt und angeschlossen; dazu hat man zwei Möglichkeiten:

- 1) Man packt das betroffene Bauteil mit der Maus und verschiebt es soweit, bis sein Anschluss genau über dem Anschluss des Nachbarbauteils liegt. Lässt man dann die linke Maustaste los, schnappt sofort die Verbindung ein und sie bleibt auch beim Verschieben der Bauteile erhalten.



**Bild 16: Der Umgang mit den riesigen Bauteilbibliotheken will gelernt und geübt sein! Bitte nach dem Einbau von Zuleitung und Step mit „Wire“ wieder neu verdrahten (siehe Text)**



**Bild 17:** Mit dem bekannten Leitungscalculator TRL 85 lassen sich die Daten der Zuleitung blitzschnell ermitteln und automatisch in die Schaltung übertragen

2) Möchte man das betroffene Bauteil nicht verschieben, weil die Schaltung so übersichtlicher ist, klickt man auf den Button "Wire" (siehe **Bild 16**). In gewohnter Weise kann man dann einen Bauteilanschluss anklicken, einen Draht bis zum nächsten Bauteil abrollen und dort erneut am Anschluss klicken. So wird eine dauerhafte Verbindung hergestellt. Mit <Escape> wird man den "Wire" wieder los.

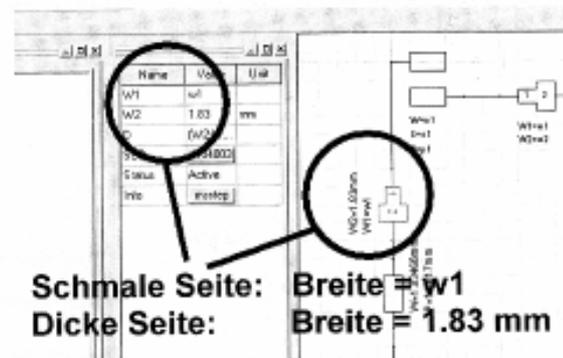
#### 4. Schritt:

Klickt man einmal auf das Symbol der neuen, linken 50  $\Omega$ -Streifenleitung bei Port 1, wird dadurch ihr Property-Menü geöffnet. Ein Druck auf den "R04003-Button" (in der vierten Zeile) für das Substrat kann nicht schaden, um mit "Edit" die Seite mit den Einstellungen für die Platine zu öffnen. Dort wird nochmals alles kontrolliert und mit OK wieder zum Property-Fenster zurückgekehrt.

Anschließend drückt man auf die "TRL-Taste" (= fünfte Zeile im Property Menü) und trifft dadurch auf den bekannten Transmission-Line-Calculator TRL85. Nach einer kurzen Kontrolle der dort eingetragenen Platinendaten wird genau nach **Bild 17** erst die Betriebsfrequenz auf 1.575 GHz umgestellt und zusätzlich kontrolliert, ob schon ein Wellenwiderstand von 50  $\Omega$  eingestellt ist. Die elektrische Länge läßt man auf "45 Grad" stehen und löst schließlich mit "Synthesis" die Berechnung der Leitungsabmessungen aus. Der Rest ist sehr bequem, denn durch "OK" wandern diese Ergebnisse (Breite  $W = 1,83466$  mm / Länge  $P = 14,617$  mm) sowohl in das Schaltzeichen wie auch in das Property-Menü (**Bild 18**). Diese Prozedur wiederholt man auf der rechten Seite mit der Leitung bei Port 2.



**Bild 18:** Eine Kontrolle zeigt: ein Druck auf „OK“ reichte, um die gesuchten Leitungsdaten sowohl in den Schaltplan, als auch in das Attributmenü der Zuleitung zu übernehmen



**Schmale Seite: Breite = w1**  
**Dicke Seite: Breite = 1.83 mm**

**Bild 19:** Auch die Steps wollen korrekt bedient sein. Auf einer Seite gilt die Breite der Zuleitung (1,83 mm), auf der anderen Seite dagegen die Breite „w1“ des äußeren gekoppelten Leitungspaares

#### 5. Schritt:

Jetzt sind die beiden Steps an der Reihe. Wieder klickt man zuerst auf das Symbol des linken Steps, der Rest ist recht einfach: im Property-Menü (**Bild 19**) trägt man in der Zeile für W1 den Wert "w1" ein, denn das ist die Leiterbreite des ersten gekoppelten Leitungspaares. Bei der nächsten Zeile muss für W2 die Breite der 50  $\Omega$ -Zuleitung mit 1,83 mm eingegeben werden - und mit den vielen Nachkommastellen sollte man sich nicht quälen, denn so genau kann kein Mensch eine Streifenleitung ätzen. Bitte nun dieselbe Prozedur für den Step auf der rechten Seite wiederholen.

#### 6. Schritt:

Diesen Schritt kennt man schon aus dem vorigen Kapitel, denn über den Zahnrad-Button "Analyze" läßt man zuerst die Schaltung analysieren und programmiert anschließend die Report-Ausgabe von S11 bzw. S22 (**Bild 20**). Die Abweichungen vom Ideal haben sich natürlich durch die beiden neuen Steps noch mehr vergrößert; das soll nun alles durch eine anschließende Optimierung von Hand beseitigt werden.

Zur Kontrolle folgen noch die auf zwei Nachkommastellen gerundeten mechanischen Abmessungen, von denen aus man die Optimierung starten will:

Leiterbreite w1 = 0,82 mm  
Spaltbreite s1 = 0,68 mm  
Leiterlänge p1 = 30,22 mm

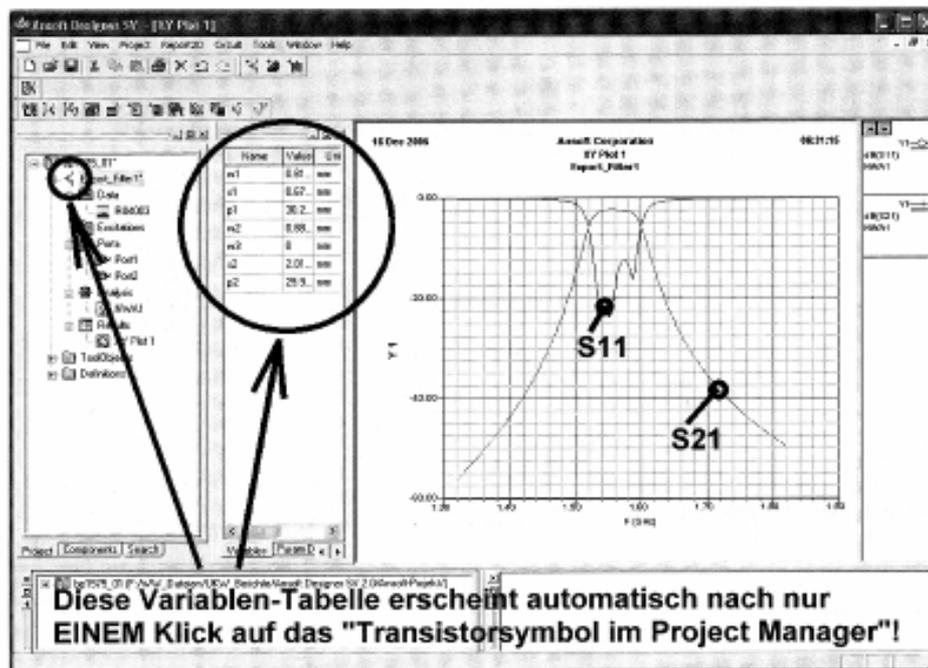
Leiterbreite w2 = 0,89 mm  
Spaltbreite s2 = 2,02 mm  
Leiterlänge p2 = 29,97 mm

#### 7. Schritt:

Man sollte bei dieser Optimierung nicht blind im Nebel herumstochern, sondern strikt nach folgendem System vorgehen:

1) Erstes oberstes Ziel ist die möglichst gute Annäherung des S11-Verlaufs an die Idealvorgabe (bei vorliegendem Filter ist das ein Maximalwert von -16,4 dB im Durchlassbereich, wobei beide Höcker gleich hoch sein müssen).

Dabei darf man sich von irgendwelchen Abweichungen der Mittenfrequenz überhaupt nicht stören lassen. Also verändert man zuerst nur die Leitungslängen bei den gekoppelten Pärchen solange, bis beide Höcker



**Bild 20:** Durch die neuen Steps wurden die Filtereigenschaften nochmals verschlechtert; aber auch das läßt sich beheben!

**Diese Variablen-Tabelle erscheint automatisch nach nur EINEM Klick auf das "Transistorsymbol im Project Manager"!**

gleich hoch sind. Erst dann tastet man sich mit behutsamen Veränderungen der Spaltbreiten näher an das Ideal von -16,4 dB bei den beiden Maxima von S11 heran.

Normalerweise reicht das aus; sollte das nicht der Fall sein, werden zum Abschluß die Leiterbreiten noch etwas verändert.

2) Erst jetzt kümmert man sich um den Absolutwert der Mittenfrequenz, deren Wert durch die zusätzlich in die Simulation eingefügten Störstellen immer zu tiefen Frequenzen hin verschoben ist. Man nimmt einfach den Taschenrechner und verkürzt zum Abschluß alle Leitungslängen um das Verhältnis von simulierter Mittenfrequenz zu gewünschter Mittenfrequenz. Eine abschließende Kontrolle wird zeigen, dass dann nur noch minimale Nacharbeit erforderlich ist.

Wie das bei vorliegender Schaltung funktioniert soll hier betrachtet werden. Dazu muss unbedingt immer zuerst der Plot von S11 und S22 auf dem Bildschirm zu sehen sein (Falls das noch nicht der Fall ist, holt man sich dieses Simulationsergebnis durch einen Dop-

pelklick auf "XY Plot 1" unter "Results" im Project Manager). Den Kurvenverlauf zoomt man etwas auf, um Details besser ablesen und erkennen zu können. Dazu klickt man mit der rechten Maustaste auf das Diagramm, wählt "Zoom in" und legt (durch Rollen mit der Maus) genau den gewünschten Bildausschnitt fest. Wenn das nicht so recht hingehauen hat, kann man die Teilung von X- oder Y-Achse auch von Hand verändern. Ein Doppelklick auf einen Wert in der Skalenteilung z. B. bei der Y-Achse öffnet ein Menü "Y Axis Properties (Y1)", in dem man die Karteikarte "Scaling" entdeckt. Wer diese aufruft, weiß gleich Bescheid: man kann darin "Autoscaling" abschalten und dafür unter "Manual Scaling" nicht nur den Bereich, sondern auch die Grob- und Feinteilung der Achse ändern. Bitte mal nachsehen, ein wenig herumspielen und dasselbe, falls nötig, für die X-Achse wiederholen.

Aber jetzt (siehe **Bild 21**):

1) wird auf das Transistorsymbol im "Project Manager" geklickt, um die Liste mit den verwendeten Variablen sichtbar zu machen.

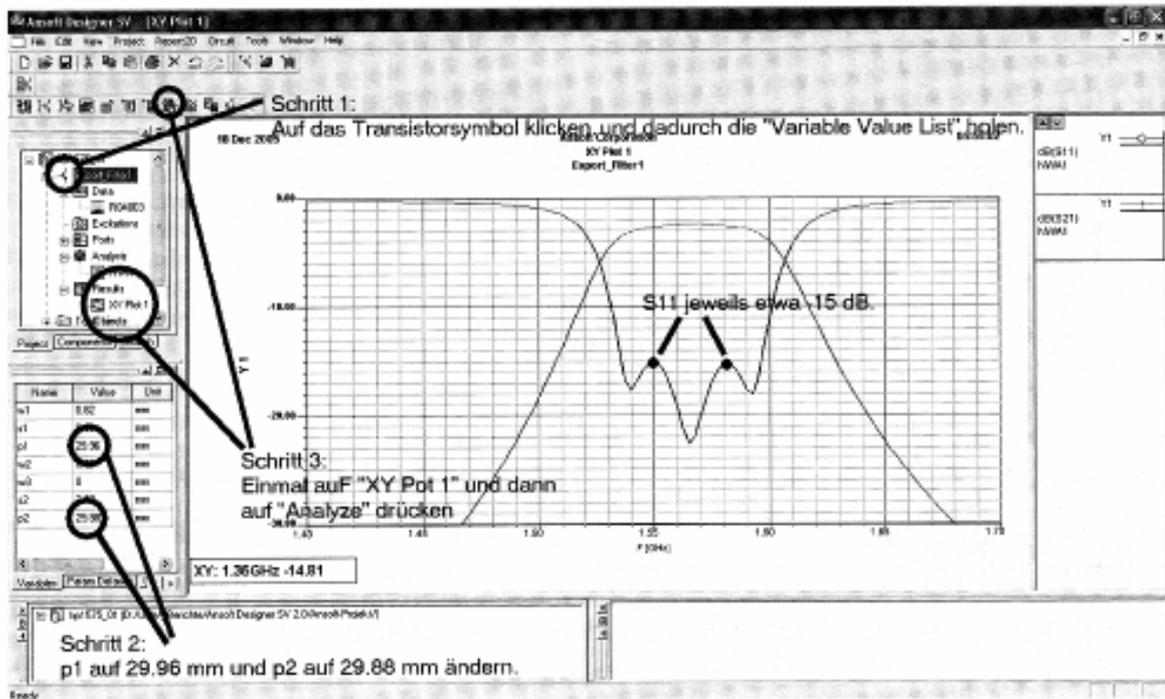


Bild 21: Auf diesem Weg kann man die beiden S11-Höcker auf dieselbe Höhe bringen

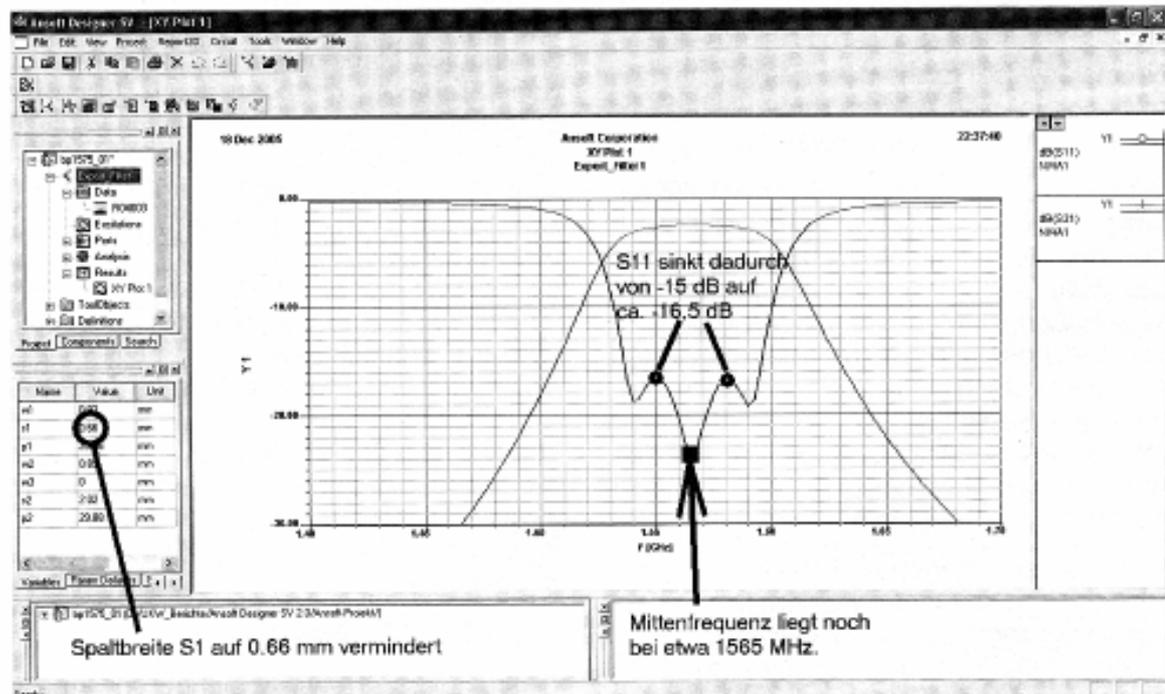
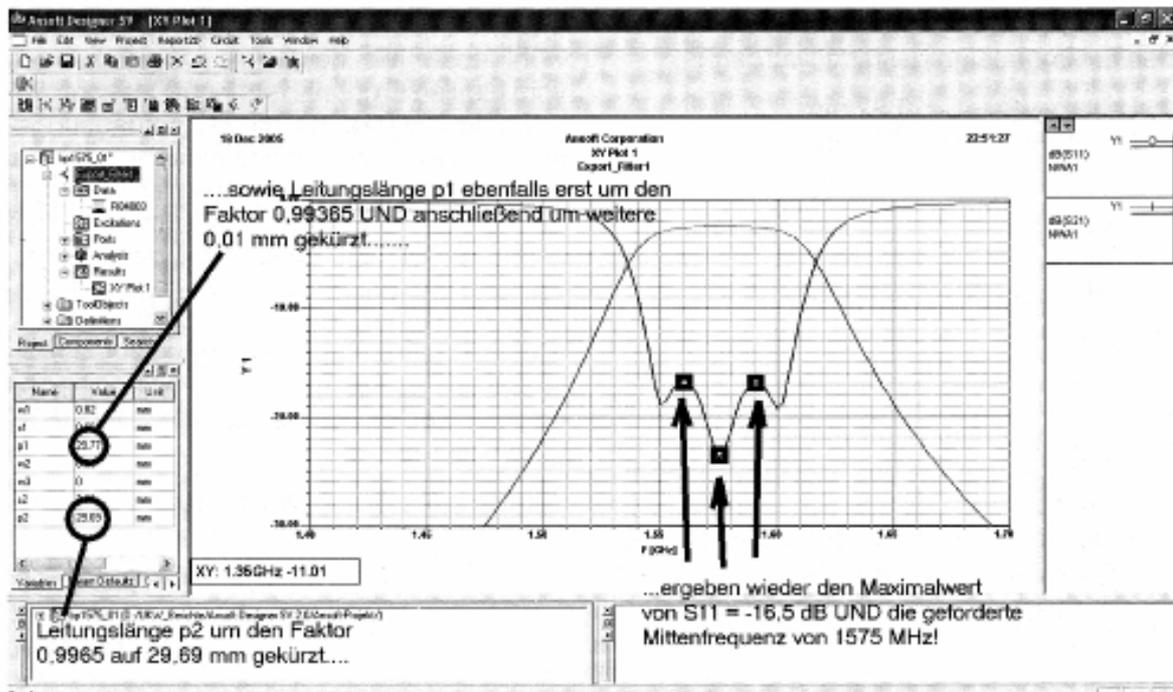


Bild 22: Mit der nächsten Korrektur stimmt sogar der S11-Maximalwert bei beiden Höckern



**Bild 23: ... nach der noch notwendigen Verschiebung der Mittenfrequenz und einer letzten Feinkorrektur ist das Ziel erreicht!**

2) In dieser Liste ändert man die Länge p1 auf 29,96 mm sowie die Länge p2 auf 29,88 mm.

3) Dann klickt man einmal auf "XY Plot 1", um die geänderten Werte korrekt zu übernehmen. Hinterher wird über den "Analyse"-Button eine neue Simulation gestartet.

Die neuen Simulationsergebnisse tauchen ohne weiteres Zutun sofort auf dem Bildschirm auf und man kann den Erfolg dieser Maßnahme sofort kontrollieren. Die beiden Maxima von S11 sind nun etwa gleich hoch, aber ihr Wert (ca. -15 dB) ist noch zu schlecht. Deshalb wiederholt man die Prozedur:

- 1) Man klickt auf das Transistorsymbol.
- 2) In der Variablen-Liste den Wert der ersten Spaltbreite von s1 = 0,68 mm auf s1 = 0,66 mm verändern.
- 3) Klickt man einmal auf "XY Plot 1" und dann auf den "Analyse-Button", nun sieht man

(Bild 22), dass jetzt der Kurvenverlauf genau so aussieht, wie man sich das wünscht. Lediglich die Mittenfrequenz liegt bei 1565 MHz, statt bei 1575 MHz.

Folglich greift man zum Taschenrechner, verkürzt beide Leitungslängen um den Faktor

$$\frac{1565\text{MHz}}{1575\text{MHz}} = 0,99365$$

und wiederholt die Simulation nach obigem Schema.

Als Ergebnis erhält man die gewünschte korrekte Mittenfrequenz von 1575 MHz, aber wieder zwei etwas ungleich hohe S11-Höcker. Das darf einen aber nicht erschrecken, denn das kennt man ja schon und über eine minimale Korrektur bei der Länge p1 um 0,01 mm ist das Problem beseitigt (Bild 23).

Fertig!



Damit kann der Platinenentwurf mit folgenden Leitungsdaten gestartet werden:

Leiterbreite w1 = 0,82 mm  
Spaltbreite s1 = 0,66 mm  
Leiterlänge p1 = 29,77mm

Leiterbreite w2 = 0,89 mm  
Spaltbreite s2 = 2,02 mm  
Leiterlänge p2 = 29,69 mm

*Übrigens:*

Haben Sie gemerkt, wie kritisch sich Änderungen von nur 0,01 mm hier auswirken? Das sind nicht nur sehr hohe Ansprüche an uns als Layouter und an den Platinenhersteller, sondern man wird bereits schonend auf ein unangenehmes Erlebnis vorbereitet: trotz aller Mühen und Simulationsanstrengungen

muss man bei der ersten gefertigten Platine wohl noch mit deutlichen Abweichungen vom idealen Ergebnis rechnen. Der komplette Fertigungsprozess mit Belichtungsungenauigkeiten, Leiterbahn-Unterätzungen und Streuung der Werkstoffdaten spielt eben eine sehr große Rolle. Diese zusätzlichen Fehler können erst in einem weiteren Optimierungsvorgang und nach Analyse der Networkanalyzer-Messergebnisse korrigiert werden. (Deshalb stimmt auch hier die alte Entwickler-Weisheit: erst die dritte Platinenversion kann für die Fertigung einer Kleinserie freigegeben werden....)

Wird fortgesetzt.

ANZEIGE

#### KREUZKLEMMEN AUS EDELSTAHL, ROSTFREI

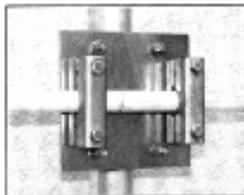
Einsetzbar als Boom- oder Mastschelle für KW-Beams oder lange Antennen, als Kreuzklemme für Ausleger am Standrohr oder als Kreuzverbinder für H-Konstruktionen.



##### CP 2/60, V2A-Kreuzklemme NIRO

Solide Kreuzungsplatte / Boomklemme; V2A  
4 x U-Bügel M8 und 2 x Gegenschelle; V2A,  
Ø 58 - 61 mm auf Ø 30 - 52 mm  
150 x 150 x 150 (mm)      Gewicht 1,6 kg

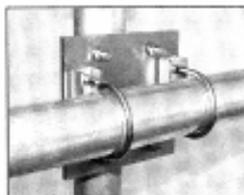
Art.Nr. 02311



##### CP 3/50, V2A-Kreuzklemme NIRO

Solide Kreuzungsplatte / Boomklemme; V2A  
2 x U-Bügel M8 und 2 x Gegenschelle; V2A  
Ø 20 - 35 mm auf Ø 30 - 52 mm  
150 x 150 x 140 (mm)      Gewicht 1,9 kg

Art.Nr. 02318



##### CP 1/63, V2A-Kreuzklemme NIRO

Massive Kreuzungsplatte / Boomklemme; V2A  
4 x U-Bügel M8 lang u. 4 x Gegenschelle; V2A,  
Ø 45 - 63 mm auf Ø 45 - 63 mm  
150 x 150 x 170 (mm)      Gewicht 1,9 kg

Art.Nr. 02062

 **UKW**Berichte  
Telecommunications

Fachversand für Funkzubehör  
Jahnstr. 7, D-91083 Baiersdorf  
Tel. 09133-77980, Fax 09133-779833  
Email: info@ukwberichte.com  
www.ukw-berichte.de