



*Gunt hard Kraus, DG 8 GB*

# Das interessante Programm

Heute: **MSTRIP40.zip**

## 1.

### Ein kurzer Steckbrief

#### *Einsatzgebiet:*

EM-Simulator nach der Momenten-Methode zur exakten Analyse von Mikrostreifenleitungsstrukturen (Hauptanwendungen: Berechnung von Patchantennen, Schlitzantennen, Kopplern usw.).

#### *Das ist Spitze:*

Bei der Simulation werden automatisch alle physikalischen Effekte erfasst und alle wichtigen Eigenschaften (z. B. bei Antennen der Gewinn, das 3D-Strahlungsdiagramm, je des beliebige 2D-Diagramm, die S-Parameter, die Kreuzpolarisation usw.) bestimmt. Durch einen raffinierten Trick lassen sich auch Schlitzstrahler und Strukturen mit Schlitzkopplung korrekt berechnen.

#### *Das tut weh:*

In der vorliegenden Demo-Version ist die Simulation auf „doppelseitig kaschierte Leiterplatten“ (= Strukturen mit einer Isolator-Ebene und 2 Metallebenen) begrenzt. Die Vollversion schafft Multilayer mit drei Isolator-

Ebenen, ist aber nicht mehr kostenlos erhältlich.

#### *Dateityp und Dateigröße:*

Gepacktes Programm mit einer Download-Größe von 2,6 MB. Das ergibt nach der Installation ein Windows-Programm mit etwa 8 MB.

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

#### *Bugs oder grobe Rechenfehler:*

Im Prinzip: „Nein“. Aber sobald irgendwo eine Eingabe vergessen oder falsch vorgenommen wurde, erfolgt darüber meist keine Meldung, sondern einfach ein Programmabsturz mit einer „Runtime-Error“-Meldung.

#### *Verbesserungswünsche:*

Ausdrucke erfolgen in z.T. sehr schlechter DOS-Qualität und stehen in krassem Gegensatz zu den wunderschönen, farbigen Darstellungen auf dem Windows-Bildschirm. (Tipp: man kann sich z.B. mit Paintshop Pro oder ähnlichen Grafikprogrammen helfen und direkt die Bildschirm-Anzeige auswerten).

### *Bedienerfreundlichkeit:*

Gut zu verstehen und einzuarbeiten. Setzt allerdings etliches Grundwissen um die Eigenschaften und Grenzen moderner EM-Simulatoren so wie viel Erfahrung mit solchen Projekten voraus, wenn die Ergebnisse stimmen sollen.

### *Hilfen:*

Online-Hilfe in Form des Englischen Manuals mit 40 Seiten, das auch getrennt ausgedruckt werden kann. Zusätzlich werden genügend Entwurfsbeispiele (Demo1 bis Demo21) mitgeliefert, die man vor Beginn eigener Entwürfe unbedingt alle ausdrucken, austesten und genau analysieren sollte. Außerdem stellt der Programmautor (Prof. Dr. Splitt von der Fachhochschule Kiel) in der angegebenen Homepage alle seine Fachaufsätze und Tagungsvorträge mit zugehörigen Themen zum Download bereit. Anspruchsvoll, aber sehr empfehlenswert!

### *Beschaffungsmöglichkeiten:*

Download von <http://intek.e-technik.fh-kiel.de/Splitt.htm> oder über die „Fundstelle In-ter-net-CDs“ der UKW-Berichte.

## 2

### **Eine kurze Übersicht**

Alle wesentlichen Eigenschaften bzw. Vorteile stehen gleich in den ersten Zeilen des Manuals. Zwar in Englisch, aber trotz dem sehr erfreulich. Das klingt so:

„.....das Programm dient zur Analyse und zum Entwurf von beliebigen Multilayer-Mikrostreifenleitungs-Stukturen oder Mikrostreifenleitungs-Antennen. Das erfolgt über die rigorose Lösung der erforderlichen Integralgleichungen nach der Galerkin-Methode (= Momenten-Methode) und es werden die korrekten Green's-Funktionen verwendet. Deshalb sind alle wesentlichen Effekte wie Strahlung oder Oberflächenwellen-Entstehung im Substrat sowie die dielektrischen Verluste bei der Simulation berücksichtigt....“

In schon bekannter Weise muss der Anwender zu nächst die zu untersuchende Struktur in lauter kleine, aber gleiche „Zellen“ (sie heißen hier „Segmente“ oder „Basisfunktionen“) unterteilen. Anschließend wird ein Port angegeschlossen und damit die Schaltung z. B. mit einer Impulsfunktion angeregt. Die exakte Stromdichte in jedem Element wird bestimmt und anschließend die gegenseitigen magnetischen und elektrischen Beeinflussungen der Zellen (hier beträgt die angenommene maximale „Reichweite“ der Beeinflussung 20 Zellen!) berechnet. Am Ende erfolgt die Zusammenfassung zur genauen Stromverteilung im System und daraus die Bestimmung der elektrischen Daten wie Strahlungseigenschaften, Eingangswiderstand usw.

Doch lassen wir mal die dabei eingesetzte Galerkin-Methode und Green's Funktionen beiseite. Sie sind aus dem modernen Schaltungsentwurf nicht mehr weg zu denken und werden heute von vielen Simulatoren und Autoren verwendet. Wichtigster Teil der Vorberkung und der Methode ist nämlich, dass man bei ihr z. B. automatisch sämtliche Strahlungseigenschaften und elektrischen Daten einer Antenne geliefert bekommt. Das ist bei dem bereits schon mehrfach erwähnten professionellen Programm „SONNET“ ebenso der Fall, aber dort wurde leider in der kostenlosen „Lite“-Version die sie „Fernfeld-Option“ gesperrt. Da mit wird langsam das Einsatzgebiet von MSTRIP40 klar:

Überall dort, wo alle Strahlungseigenschaften einer Antenne in ter es sieren oder wo bei „PUFF“ keine geeigneten Ersatzmodelle für Simulationen (Beispiel: Schlitzantennen oder Patchantennen mit Schlitzankopplung) zur Verfügung stehen oder wo man an die Begrenzungen der SONNET-Lite-Version stößt, greift man zu MSTRIP40. Nach meinen Erfahrungen sind aber da bei folgende Dinge unbedingt zu beachten:

a) Der Programmator empfiehlt Zellenmaße zwischen 5% und 20% der Wellenlänge. In der Praxis sollten es nicht viel mehr als 10% sein, denn darüber nehmen die Fehler zu. Die meisten mitgelieferten Demo-Beispiele

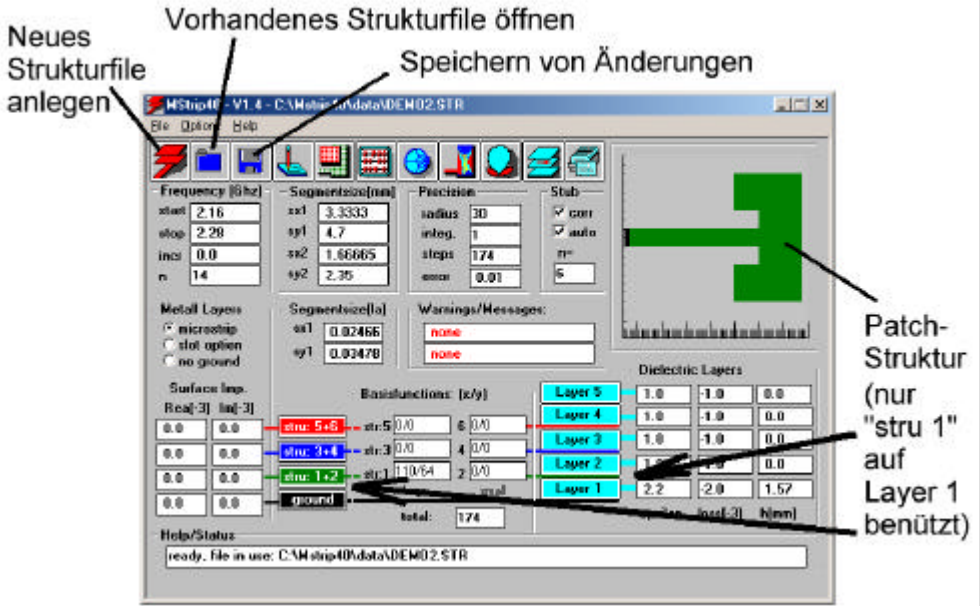


Bild 1: Start bild schirm von Mstrip40 für Bei spiel „DEMO2“.str“

wurden mit Zellenmaßen zwischen 2% und 4% simuliert und das ergibt eine deutliche beste Annäherung an die Wirklichkeit. Wenniger als 1% sollte man nicht wählen, denn die Berechnung dauert sehr lange und die Genauigkeit wird eher wie der schlechter - da warnt sogar das Programm davor. Außerdem sollte möglichst ein Rechner mit mehr als 300 MHz Taktfrequenz zum Einsatz kommen - die lange Wartezeit auf die Ergebnisse macht sonst ein fache keinen Spaß. Noch ein Erfahrungswert: das Seitenverhältnis der beiden Zellen muss grob zwischen 1:1 und 1:2 liegen, da mit der optimalen Genauigkeit der Simulation erhalten bleibt.

b) Bitte die Sweepweite bei der Simulation nicht zu groß wählen. Nach meinen Erfahrungen kann man den Ergebnissen vertrauen, wenn die Bandbreite unter 30% der Mittenfrequenz liegt. Das hängt damit zusammen,

dass die „Einkopplung des Erregersignals in die Struktur“ grundsätzlich eine Störstelle erzeugt, die hier durch einen autوماتisch zugeschalteten und auf die Mittenfrequenz abgestimmten Stub kompensiert wird. Nun, und das wissen wir alle: Anpassungen mit Stubs sind leider eine schmalbandige Angelegenheit...

c) Aus dem gleichen Grund (= Störung durch Einkopplung) soll man den Eingangsport nie direkt an eine Struktur anschließen, sondern grundsätzlich über eine et was längere Speiseleitung (z.B. mit  $Z = 50 \Omega$ ).

d) Es sind pro Layer höchstens zwei unterschiedliche Zellengrößen verwendbar. „Struktur 1“ simuliert bei spielsweise genau mit den eingetragenen Segmentabmessungen  $S_x$  und  $S_y$  auf Layer 1. Das gibt vor her sehr viel Kno bei mit dem Taschenrechner, bis man Wertefestgelegt hat, die gleichzeitig

für die Mikrostreifenleitungs-Struktur wie auch für die Zuleitung ohne größere Abweichungen passen. Und natürlich braucht man einen guten Stripline-Calculator (mein Tipp: TRL85 von ANSOFT), denn Mstrip40 kann nur analysieren und mit Vorgaben arbeiten, die vom Entwickler stammen. „Struktur 2“ arbeitet eben falls auf Layer 1, weist aber exakt die halben Abmessungen von Struktur 1 auf und muss eine eigene Zeichnung im Schaltungseditor erhalten. Dann wird es durch Eingabe eines Versatzes mit Struktur 1 zur Deckung gebracht. (Siehe die entsprechenden Demobeispiele).

### 3. Umgang mit dem Programm MSTRIP40.zip

#### 3.1. Installation

Nach dem Download (oder dem Kauf der „Fundstelle Internet-CDs“) hat man es mit gezippter Software zu tun. Also wird in gewohnter Weise in ein Verzeichnis auf der

Festplatte entpackt. Der Programmautor hat hier bei den Pfad

C:\Mstrip40

vorgesehen. Er wird automatisch angelegt, so bald man als Ziel nur „c:“ vor gibt. In diesem neuen Verzeichnis findet man natürlich alle nötigen „\*.exe-Dateien“ sowie zwei wichtige Ordner:

„mstrip40\data“ enthält alle mit gelieferten Simulationsbeispiele, während in „mstrip40\manual“ die Bedienungsanleitung und Online-Hilfe steckt

Bevor man das Programm startet, platziert man sich noch ein schönes Icon auf den Windows-Bildschirm (Sie wissen ja: ein Klick mit der rechten Maustaste auf eine leere Stelle des Bildschirms, dann „Verknüpfung neu“, „Durchsuchen“, „Mstrip40.exe“ wählen, Öffnen..... usw.). Allerdings darf man das Programm noch nicht starten, sondern muß vorher eine sehr wichtige Sache erledigen.

Die frisch ausgepackte „mstrip40.ini“-Datei muss sofort in das Verzeichnis C:\WINDOWS kopiert werden. Vorsichtshalber sollte man sie anschließend gleich mit einem Texteditor

```
[Mstrip40]
PathName=C:\Mstrip40\data\DEMO2.STR
FileName=DEMO2.STR
EditorName=notepad.exe
HtmlName=C:\Programme\Internet Explorer\EXPLORE.EXEC:mstrip40\manual\manual.htm
ProgramPath=C:\MSTRIP40\
```

```
[Ms_smith]
PathNameC3d=C:\Mstrip40\data\DEMO2.slv
FileNameC3d=C:\Mstrip40\data\DEMO2.slv
```

```
[Current3D]
PathNameC3d=C:\Mstrip40\data\DEMO2.slv
FileNameC3d=C:\Mstrip40\data\DEMO2.slv
```

```
[Pattern3D]
PathNameP3d=C:\Mstrip40\data\DEMO2.slv
FileNameP3d=C:\Mstrip40\data\DEMO2.slv
```

Table 1: Pro to koll der "Mstrip40.ini", die überprüft und eventuell angepasst werden sollte



öffnen und die Einstellungen kontrollieren bzw. korrigieren.

Wie in Tabelle 1 würden die richtigen und ausführlichen Pfad-Einstellungen für eine Speicherung auf Festplatte C:\im Verzeichnis „mstrip40“ und einem automatischen Start von Beispiel „DEMO2“ aus sehen. Den Pfad für den persönlichen HTML-Editor in der fünften Zeile muss man eventuell ändern. Bitte alles prüfen!

### 3.2. Demonstration der Eigenschaften und der Bedienung an Beispiel DEMO2

Jetzt startet man das Programm und solltet von Bild 1 begrüßt werden. Lei der gibt der Schwarzweiß-Druck der Zeitschrift nicht die Farbenpracht wieder, die einen da empfängt. In Bild 1 wurde gleich markiert, wie man nicht nur ein neues Projekt starten oder eine Änderung speichern kann. Mit dem mittleren Button kann man nämlich direkt die verschiedenen Beispiele laden, denn nach einem Klick taucht eine lange Liste von „Struktur-Files“ mit der Endung \*.str“ auf. In bekannter Weise trifft man die Auswahl und klickt entsprechend, worauf automatisch geladen und gleichzeitig das vorher verwendete Beispiel überschrieben wird.

Bitte mal nacheinander verschiedene Beispiele aufrufen und ihre Struktur bewundern, aber am Ende wieder zu „DEMO2.str“ zurückkehren!

Begegnen wird mit der Betrachtung des Gebildes von DEMO2, das vom Programm analysiert werden soll. Es handelt sich um eine Patchantenne für 2,2 GHz, bei der die Speiseleitung direkt bis zum optimalen Anpassungspunkt geführt und so die Leitungsstruktur der Antenne gleichzeitig zur Transformation benutzt wird. Man kennt diese Methode aus [1]. Entschieden der Unterschied zum damaligen Entwurf ist der Ausschnitt im Patch zum direkten Anschluss der Mikrostreifenleitung an diesen Punkt und das ist natürlich ein Simulationsproblem, bei dem

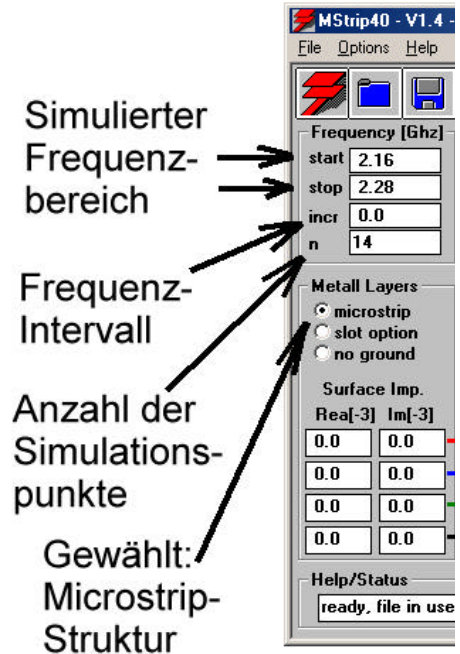


Bild 2: Bedienfeld für die Sweep-Einstellung

PUFF ohne geeignete Ersatzmodelle vollkommen hilflos ist.

Wenn nun Bild 1 genauer unter sucht, bringt die Details der Struktur schnell her aus: zum Einsatz kommt ein Leiterplattenmaterial mit einer Dielektrizitätskonstante von 2,2, einem Verlustfaktor von 0,002 und einer Dicke von 1,57 mm. Die Platinenunterseite ist vollständig mit einer Maschenfläche versehen und es werden nur große „Basisfunktionen“ (= Elemente oder Segmente oder Zellen) eingesetzt.

In Bild 2 sieht man die Einstellungen des gesweepen Frequenzbereichs. Der Anwender kann nicht nur die Start- und Stoppfrequenz vorgeben, sondern auch die Anzahl der Simulationspunkte. Automatisch wird

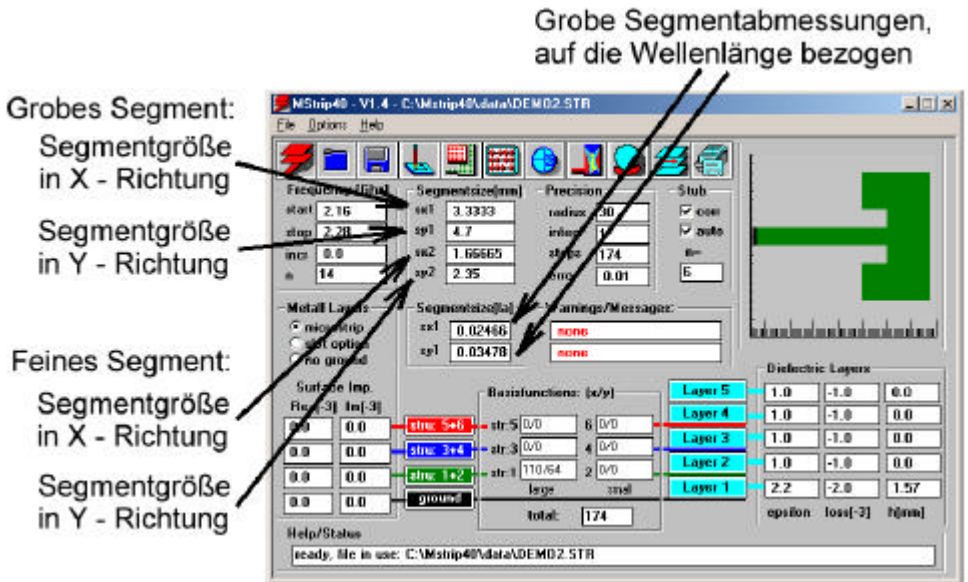


Bild 3: Bildschirm-Informationen über die gewählten Segmente

dann der Frequenzabstand zwischen zwei Punkten als „Intervall“ eingeblendet (sofern die Stufung nicht zu fein gewählt ist, denn dann wird nur „0,0“ angezeigt). Außer dem ist die Auswahlmöglichkeit zwischen den Besonderheiten der zu untersuchen den Struktur (Micro strip / Slot / No ground) gut zu erkennen.

**Bild 3** zeigt die Eingabefelder für die Segmentgrößen, wobei nochmals an folgende Details erinnert wird:

a) die Kantelängen  $S_x$  und  $S_y$  dürfen nicht länger als 20% der Wellenlänge sein, sonst ergeben sich beträchtliche Fehler. Abmessungen unter 5% der Wellenlänge erhöhen die Genauigkeit, lassen aber die Rechenzeit ansteigen und sollten deshalb mit Bedacht verwendet werden (z. B. beim Einsatz von Rechner mit mehr als 1 GHz Taktfrequenz).

Optimal sind Abmessungen mit ca. 2 bis 3% der Wellenlänge.

b) Zur besseren Kontrolle werden deshalb die Werte von  $S_{x1}$  und  $S_{y1}$  (= der „groben“ Zellen) zusätzlich auf die Wellenlänge bezogen und getrennt in zwei Fenstern angezeigt.

c) Die Abmessungen  $S_{x2}$  und  $S_{y2}$  der „feinen“ Segmente betragen immer exakt 50% von  $S_{x1}$  und  $S_{y1}$ . Dieses Verhältnis lässt sich nicht ändern.

In **Bild 4** sind links im Kreis die Einstellungen für die Simulationsgenauigkeit markiert. Sie haben folgende Bedeutung:

a) Der „Precision Radius“ bestimmt (in Form der Segment-Anzahl) die Reichweite der gegenseitigen Beeinflussung und Verkopplung bei einer Zelle. Das Handbuch liefert dazu die Information, dass ausreichend ge-

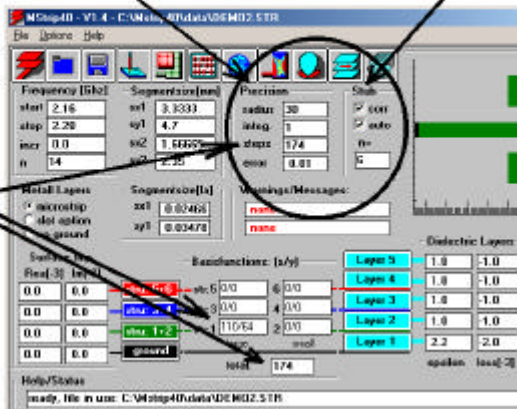


Einstellung der Simulationsgenauigkeit

Impedanzfehler-Korrektur über Stub

**Bild 4:** Informationen über die Simulationsgenauigkeit sowie die Stub-Kompensation

Steps = Anzahl der zu berechnenden Basisfunktionen (= Summe aus X- und Y-Richtung)



naue Ergebnisse zu erwarten sind, wenn dieser Radius Zweidrittel der zu untersuchenen Struktur einschließt.

b) Der „Integration Precision“-Faktor steht normalerweise auf 1 und legt die numerische Rechengenauigkeit bei der Lösung der Reaktionen in te grafest. Nur bei extrem kleinen oder extrem großen Basisfunktionen oder bei sehr dicken Layern kann er (wie der mal auf Kosten der Rechenzeit) bis auf 5 er höht werden.

c) „Steps“ sind die Anzahl der zu bearbeiten den Basisfunktionen, wobei damit jeweils alle vorkommenden Einzelsegmentkanten in X-Richtung (hier: 110) und die Anzahl der Segmentkanten in Y-Richtung (hier: 64) gemeint sind.

d) „Error“ gibt den zulässigen Restfehler bei der Berechnung eines solchen Integrals an (Default: 1%). Wird er unterschritten, geht das Programm zur nächsten Basisfunktion über.

Rechts im Kreis gibt es noch die Stub-Option, mit der die von der Einkopplung des Er-

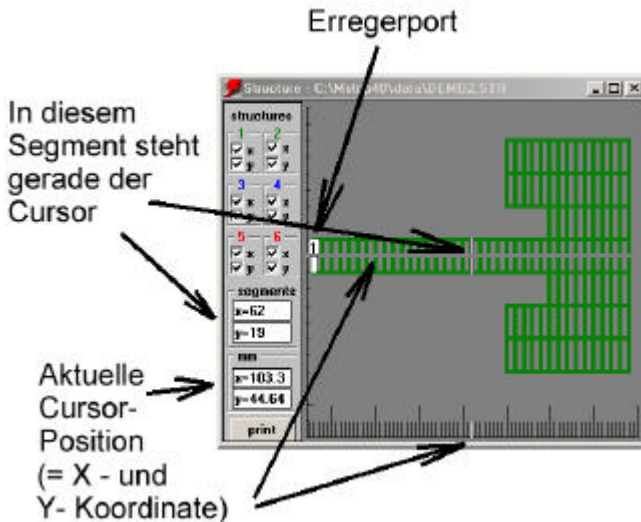
regersignals verursachten Eingangsimpedanz-Fehler kompensiert werden. Sobald hierbei „automatic“ aktiviert wird, korrigiert das Programm mit einem (unsichtbar) zu geschalteten Open Stub selbstständig dieses Problem. Bitte aber an die Schmalbandigkeit

Hier klicken, dann sieht man alle Details der Struktur!

Struktur-Übersicht



**Bild 5:** Die se Struktur soll in Bei spiel DEMO2 untersucht werden



**Bild 6:**  
So kann man mit dem Cursor alle Details der Struktur näher unter die Lupe nehmen. Die genaueren Maße ergeben sich als Differenzen der zugehörigen Cursor-Positionen

einer solchen Kompensation und an die Warnungen im Manual (Seite 11) denken:

„Keine zu großen Frequenzbereiche wählen!

Genügend Abstand zwischen dem Einkoppelport und der Struktur (über eine passende Zuleitung) schaffen!“

Erst jetzt kann man sich näher mit dem Beispiel DEMO2 befassen.

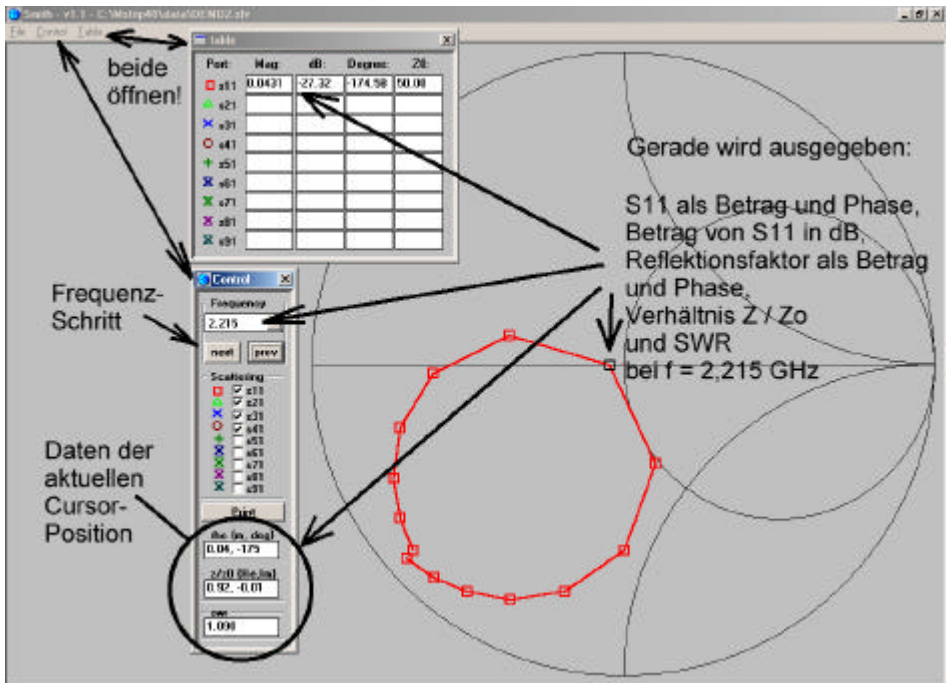
Die in der rechten Bildhälfte sichtbare Antennenstruktur dient nur zur groben Information, denn die genauen Maße und eine exakte Übersicht über die verwendeten Zellen liefert erst ein Klick auf den gekennzeichneten Button (**Bild 5**). Da öffnet sich ein Fenster, das man sich formatfüllend zoomen und anschließend darin mit dem Cursor die genaue Struktur abfahren kann. Dabei wird die aktuelle Cursorposition eingeblendet (**Bild 6**). Wenn nun ganz genau beobachtet, der wird etwas Nettes entdecken: das Programm zerlegt automatisch noch mal jede verwendete Zelle in vier gleich Teile, um die Genauigkeit der Simulation zu erhöhen - beim Verfahren

des Cursors ist das deutlich zu sehen. Noch ein letzter Hinweis: das kleine weiße Feld mit der Zahl „1“ kennzeichnet den „Port 1“, über den die Struktur mit dem Eingangssignal ange regt wird.

Ganz wichtig:

Diese Darstellung dient nur zur ge nau en Infor mation des Be nut zers und lässt sich nicht ver än dern. Alle De tails so wie die Art und Wei se der Struktur- oder Dateneingabe sieht man erst, sobald man auf den „Button mit dem Bleistift“ drückt (= er be fin det sich direkt links neben dem eben ver wen de ten Knöpf chen). In **Bild 7** er kennt man, dass al les er staun li cher wei se nur mit ei nem sim plen AS-CII-File er le digt wird. Das geht also mit je dem belie bigen Text ver ar be itungs pro gram m! Gut zu se hen sind dar in die von der Bild schirm ein ga be über nom me nen Wer te für den un ter such ten Fre quenz be reich, die Pla ti nen da ten, die Seg ment ab messun gen und die für die ses Pro jekt ge wähl te Struk tur 1 (= gro ße Seg men te auf Layer 1). Be son ders amü sant ist natü rlich die ge wähl te Ein ga be form für die





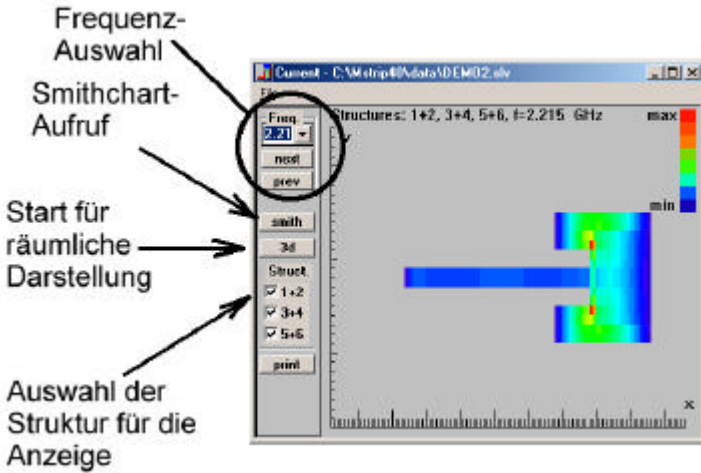
**Bild 9:** Die ser An blick bie tet sich nach dem Auf ruf der Smith chart-Darstellung so wie dem Öff-  
 nender Zu satz me nüs „Control“ und „Table“

Mi cro strip-Struktur, die in ein Feld von Punk-  
 ten eingebettet wird (= diese bilden so zu sa-  
 gen die Leiterplatte mit der unteren durch-  
 gehenden Massefläche, also dem „ground“  
 und sind bis ins Unendliche zu den ken). Je-  
 dereingetragene „Gartenzaun“ stellt folglich  
 ein Segment dar und die „1“ am Anfang der  
 Zuleitung ist natürlich Port 1 zur Anregung  
 der Struktur.

Ein Tipp:

Wer anschließend selbst experimentieren  
 will, sollte sich das Leben leicht machen und  
 das Demo beispiel unter einem anderen Na-  
 men abspeichern. Dann öffnet er dieses  
 Strukturfile, „spielt“ dar in her um und ändert  
 die eingetragenen Werte oder die „Zeich-  
 nung“. So spart er sich das mühsame An-  
 legen eines neuen Files und das Eintippen aller  
 erforderlichen Größen - das wäre sehr zeit-  
 raubend!

Wirft man nun einen Blick auf **Bild 8**, findet  
 man dort die Funktionen aller übrigen But-  
 tons erläutert. Wer viel Zeit hat, kann die kom-  
 plette Berechnung mit dem nächsten Button  
 in der Reihe (Kennzeichen: eine kleine Re-  
 chenaschine) neu starten - bei einem äl-  
 teren Rechner bietet das Gelegenheit zu einer  
 ausgiebigen Kaffeepause. Interessant wird  
 natürlich die Smith chart-Ausgabe der Er-  
 gebnisse (**Bild 9**). Sobald man die Dar-  
 stellung für maßfühlend gezoomt hat, muss man  
 gleich die beiden Pull-down-Menüs „Control“  
 und „Table“ öffnen. „Table“ zeigt die si-  
 mulierten S-Parameter in Tabellenform für die  
 gerade



**Bild 10:**  
So wird die Stromverteilung in der Antennenstruktur bei einer bestimmten Frequenz dargestellt

eingestellte Frequenz an, während in „Control“ weiterentzückliche Informationen geliefert werden. Mit den Tasten „next“ bzw. „previous“ lässt sich z.B. die Frequenz verändern, wobei im Smith chart der gerade aktive Messpunkt in schwarzer Farbe hervorgehoben ist. Allerdings ist zu der durch einen Kreis markierten Cursoranzeige (Reflektionsfaktor mit Betrag und Phase, SWR und  $Z / Z_0$  nach Real- und Imaginärteil getrennt) noch etwas zu sagen:

Die innerhalb des Kreises angezeigten Daten gelten nur dann für die gerade gewählte Frequenz, wenn der Cursor die Control-Menüfläche nicht verlassen hat. Sobald man auch nur ein mal über den Rand hinaus ins Smith chart rollt, werden automatisch die zur aktuellen Cursorposition auf dem Bildschirm gehörenden Werte (bezogen auf den Mittelpunkt des Smith-Diagramms!) angezeigt. Ganz schön gewöhnungsbedürftig, weil nämlich ein Zurückrollen auf „Control“ dann nichts mehr hilft. Man muss tatsächlich erst wie der „prev“ oder „next“ klicken, um die Anzeige auf einen Tabellenwert zurückzuschalten!

Nun klickt man ein mal auf den Button für die Stromverteilung. **Bild 10** kann leider nicht die schönen Farben auf dem Schirm zeigen, aber das grundsätzliche Darstellungsprinzip samt weiterer Optionen ist gut zu erkennen. Man kann nämlich nicht nur die Smith chart-Darstellung zur besseren Auswahl des gewünschten Frequenzpunktes auf den Schirm holen, sondern dazu sogar eine 3D-Darstellung aufrufen (**Bild 11**). Zuerst wählt man natürlich die zu betrachtende Struktur aus (hier: Struktur 1 + 2, das sind große und kleine Segmente auf Layer 1), wählt zwischen schwarz weißer oder farbiger Darstellung und dreht schließlich das berechnete Gebilde über die vier Pfeiltasten. (Wer genau hinschaut, sieht so fort die bei den enormen Spitzen in dieser Darstellung der Stromdichte. Sobald halt der Strom vom Zuleitungsanschluss in Richtung der strahlenden Patchkante „um die Ecken des Ausschnittes herumfließen muss“, passiert eben so etwas. Schön, dass man das auf diese Weise mal zu sehen bekommt!)

Über die nächste Taste kommt man zu den Richtdiagrammen. Nach dem Öffnen des Menüs holt man so fort „Infos and Controls“

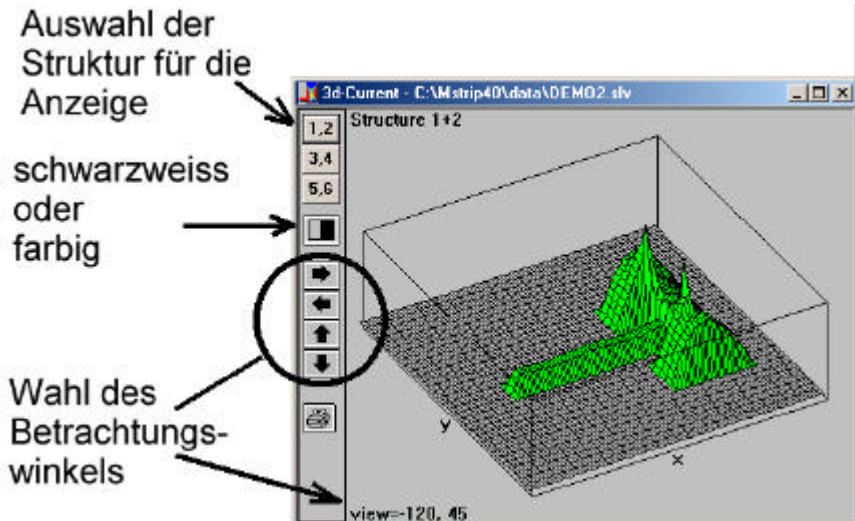


Bild 11: Optisch sehr schön ist natürlich eine 3D-Darstellung der Stromdichte, die man in alle Richtungen drehen kann

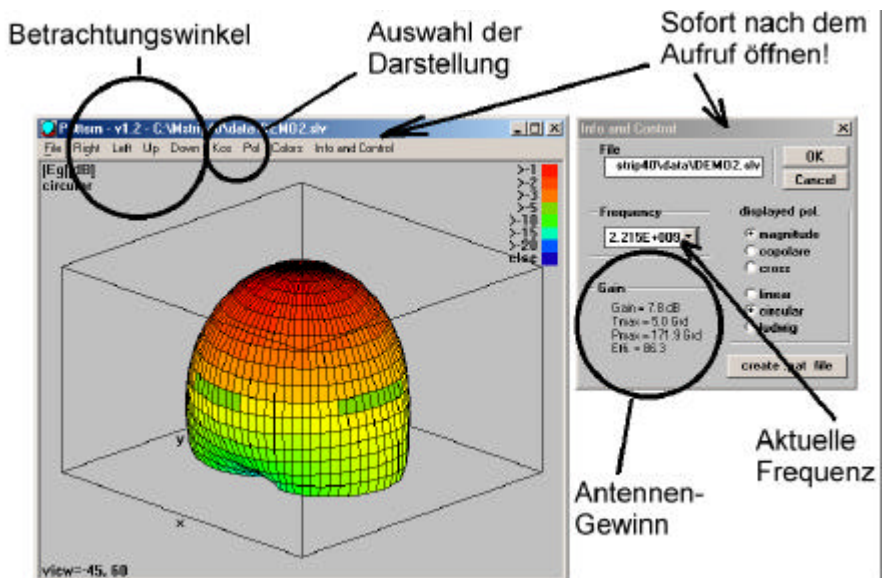
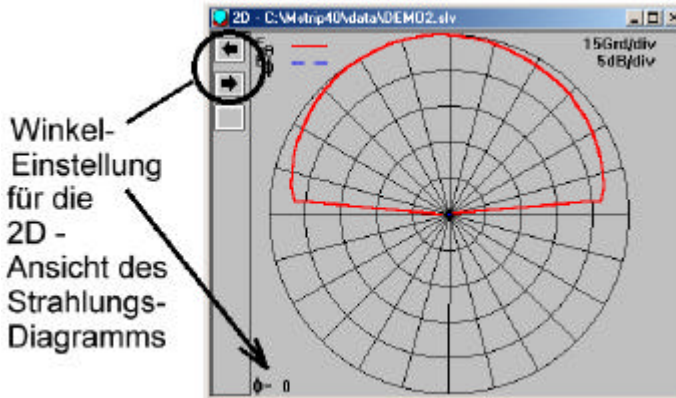


Bild 12: Alles steht zur Verfügung: eine Tabelle mit Gewinnangaben sowie 3D-Diagramme aller möglichen Antennenparameter



**Bild 13:**  
Für exakte Analysen bei einer Entwicklungsarbeit sind natürlich 2D-Diagramme besser geeignet

auf den Schirm und entdeckt darin die Voraussage des Antennengewinns (Bild 12) sowie die Details des gerade dargestellten 3D-Strahlungsdiagramms. Es lässt sich wieder über die schon bekannten vier Pfeiltasten - also über die Änderung des Betrachtungswinkels - drehen. Aber auch die verschiedenen Simulationmöglichkeiten (bis hin zur Kreuz-Polarisation) sollte man mal durchspielen. Ehrlich gesagt: bei einzelnen Vorschlägen des Menüs muss man erst im Manual oder in passender Literatur nachblättern, um den tieferen Sinn zu begreifen.

Übrigens:

Wer sein geliebtes 2D-Richtdiagramm vermisst, der klicke unter „Kos“ die Option „2D-Pattern“ an. Bild 13 wird ihm dann wohl große Freude machen, denn auch hier lässt sich wieder der Betrachtungswinkel über Pfeiltasten variieren.

### 3.3. Eigenes Beispiel: Bestimmung der Daten einer Patch-Antenne für METEOSAT

Als Anregung zu eigener Arbeit soll hier die Musterantenne aus dem Artikel in den UKW-Berichten [1] mit Mstrip40 simuliert und

kontrolliert werden, wie weit man von der (damals gemessenen) Wirklichkeit entfernt ist. Die Werkstoffdaten lauteten:

Plattenmaterial:	Rogers R04003
Dielektrizitätskonstante:	3,38
Plattendicke:	1,52 mm
Verlustfaktor $\tan\delta$ :	0,001 bei 1600 MHz

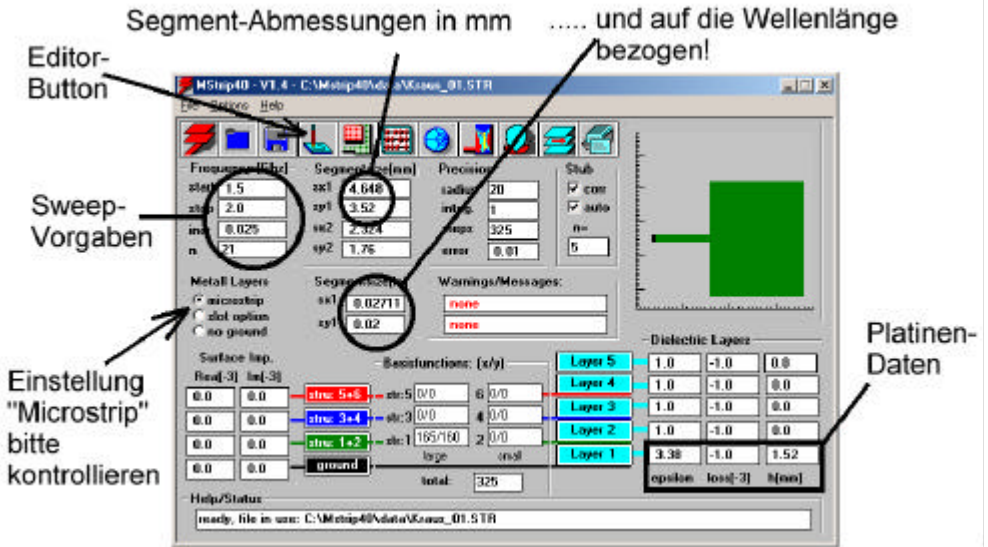
Der realisierte und untersuchte Patch hatte eine Breite von 58,67 mm und eine Länge von 46,48 mm, wobei die selbige Länge die Resonanzfrequenz von 1691 MHz ergab (Siehe die Simulation in Bild 31 auf Seite 224 im Teil 2 des erwähnten Artikels). Für die Zuleitung mit  $Z = 50 \Omega$  benötigt man eine Mikrostreifenleitung mit einer Breite von 3,52 mm.

1. Schritt:

Man öffnet das Beispiel „DEMO1.str“ und speichert es mit „SAVE AS“ mit einem neuen, persönlichen Namen ab.

2. Schritt:

Man trägt die Plattendaten korrekt ein, teilt den Frequenzbereich von 1,5 bis 2 GHz in 21 Intervalle und nimmt für die Segmentabmessung Sy genau die Breite der  $50 \Omega$ -Zuleitung (also 3,52 mm). Die Strahlerlänge von 46,48 mm teilt man in 10 gleiche Teile und erhält damit einen Wert von  $S_x = 4,648$  mm.



**Bild 14:** Die se Angaben sind beim ei genen Ent wurf zu erst sorg fäl tig ein zu tra gen (sie he Text)

Ganz wichtig: unbedingt hinterher sofort durch ei nen „Druck auf die Ta ste mit der Dis- kette“ alles speichern.

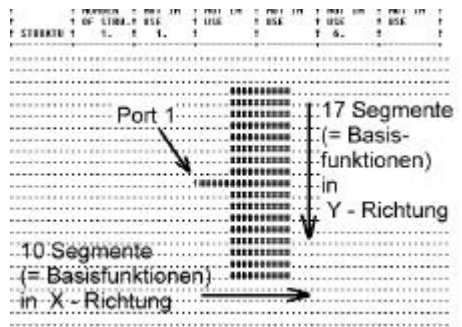
**Bild 14** zeigt den Bild schirm mit die sen Ein- tra gungen, wobei sowohl die Schritt wei te bei den Fre- quenz schrit ten wie auch die auf die Wellenlänge bezogenen Werte von Sx und Sy automatisch eingetragen werden. Man sieht auch, dass die am An fang die ses Ar- tikels auf ge stellt en For der un gen (Ab mes- sun gen zwi schen 2% und 4% der Wel len län ge so wie ein grö ße res Sei ten ver hältnis als 1:2) kor rekt er füllt sind.

### 3. Schritt

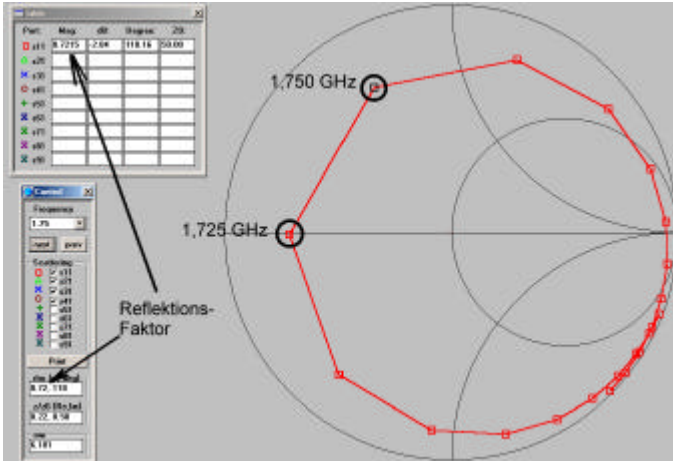
Nun öffnet man den Schaltungseditor mit dem angegebenen Button und sieht in der oberen Hälfte alle Simulationsvorgaben.

Die An ten ne fin det man in der un te ren Hälfte des Blat tes - dort muß man mit der Ta sta tur die vorhandene Struktur ändern. In waag- rechter Richtung trägt man 10 „Gartenzäu-

ne“ (Taste Doppelkreuz) in jeder Zeile ein (denn  $10 \times 4,648 \text{ mm} = 46,48 \text{ mm}$ ), wäh rend



**Bild 15:** Und so muß schließ lich das dazu er- stellt e Edi tor fi le aus se hen. Bit te ge nau die An zahl der Zei len und Spal ten (= Ba sis funk- tio nen in X- bzw. Y-Richtung) nach prü fen und den Er re ger port nicht ver ges sen!



**Bild 16:**  
So sieht das erste Simulationsergebnis aus. Die Eigenresonanz der Antenne liegt zwischen 1725 und 1750 MHz

es in senkrechter Richtung eine Ungenauigkeit gibt: bei  $S_y = 3,52$  mm wären für eine Patchbreite von 58,67 mm nämlich 16,66 Segmente nötig. Also nimmt man eben 17 und füllt folglich 17 Zeilen mit der Gartenzaun-Sammlung. Zum Schluss bitte die Zuleitung (in Zeile 9) und die „1“ für den Erregerport nicht vergessen. **Bild 15** zeigt, wie das Ergebnis aussehen muss.

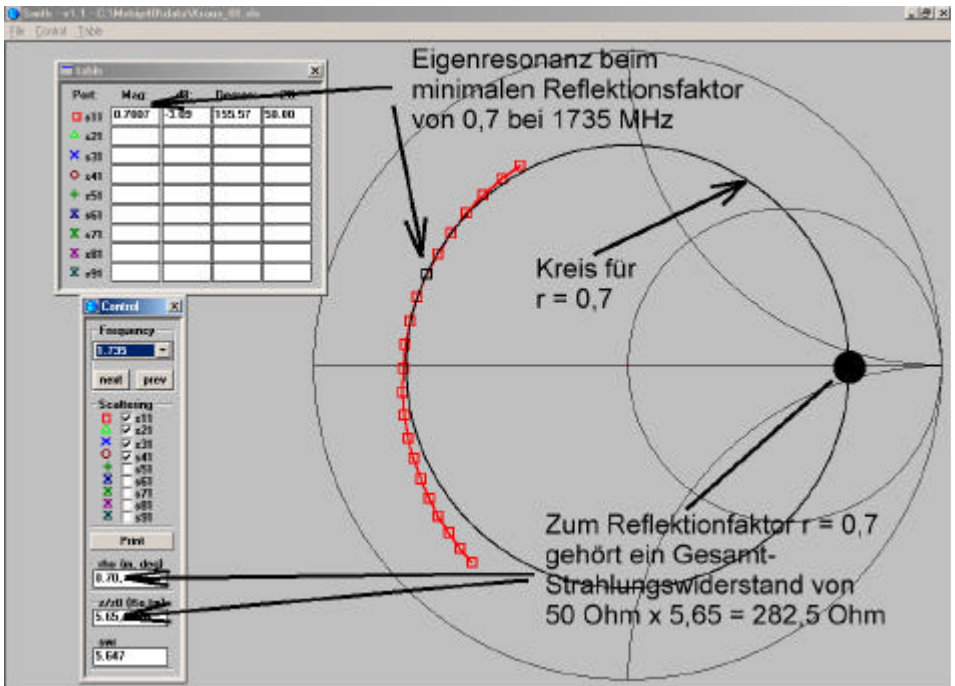
4. Schritt:

Erst wird wie der sorgfältig gespeichert und dann der Editor geschlossen. Ein Druck auf die „Taste mit der Rechenmaschine“ startet die Simulation und nach entsprechender Zwangs-Kaffeepause holt man sich die Smith chart-Darstellung der S-Parameter auf den Schirm. Nach dem schon bekannten zusätzlichen Aufruf von „Control“ und „Table“ sollte eine Darstellung ähnlich **Bild 16** erscheinen. Sehr schön ist die für eine Patchantennentypische „Schleife der Eingangsflexion“ zu erkennen und man muss nur noch nach dem Minimum von  $|S_{11}|$  suchen, um die Eigenresonanz zu finden. Sie liegt laut Simulation irgendwo zwischen 1,725 und 1,75 GHz und da ist leider die gewählte Teilung zu grob. Folglich startet man eine erneute Simulation mit einem eingeeigten Fre-

quenzbereich von 1,700 bis 1,750 GHz. Bitte wieder das Speichern der neuen Eingaben vor dem Simulationsstart nicht vergessen - ein zusätzliches Öffnen des Editor-Files und eine Prüfung, ob darin alles korrekt übernommen wurde, ist nach meiner Erfahrung durchaus angebracht. Manchmal entwickelt nämlich das Programm ein ungeahntes Eigenleben und verweigert einfach solche Kommandos, meldet das aber nicht auf dem Bildschirm. Bisweilen wird allerdings die Meldung eingeblendet, dass bei Problemen oder Abstürzen die bei den Files „\*.rea“ und „\*.slv“ mit dem Explorer aus dem Beispielerverzeichnis herausgelöscht werden sollen, da mit alles wieder korrekt funktioniert.

5. Schritt:

In **Bild 17** ist nicht nur das Ergebnis der ser Schmalband-Simulation, sondern auch gleich die nächste erforderliche Aktion zu sehen: man ruft nacheinander die einzelnen Frequenzen auf und sucht nach dem kleinsten Wert von  $|S_{11}|$ . Die sen findet man bei der Frequenz  $f = 1735$  MHz und er hält dort einen Minimalwert von  $r = 0,7$ . Dies kann man gleich nützen: man rollt nur mit dem Cursor genau auf der waagrechten Achse des Smith charts von seinem Mittelpunkt aus



**Bild 17:** Bestimmung der genaueren Resonanzfrequenz zu 1735 MHz. Gleichzeitig gibt sich ein wirksamer Strahlungswiderstand am Zu leitungsanschluss von 282,5 Ohm (siehe Text)

nach rechts bis zur Anzeige „rho = 0,07“. Dann wird automatisch im Controlfeld auch das Verhältnis des Realteils zum Systemwiderstand zu 5,65 angezeigt. Folglich weist die Patchantenne am Speisepunkt einen reellen Eingangswiderstand von  $50 \text{ } \Omega \times 5,65 = 282,5 \text{ } \Omega$  auf, denn man hat mit dieser Aktion einfach die  $50 \text{ } \Omega$ -Speiseleitung bis zur strahlenden Patchkante „zurückgedreht“. Wer sich noch mal im schon angeprochenen Patch-Antennen-Artikel (UKW-Berichte 4/2000, Seite 222, Bild 28) das Bildschirmfoto des Netzwerkanalyzers mit seinen knapp 10 % Reflektionsfaktor im Resonanzpunkt ansieht und es was recht net, kommt auf ein interessantes Ergebnis: der tatsächliche Strahlungswiderstand im Speisepunkt der

Antenne ist dort nämlich um ca. 20 % höher als angenommen. Bei einem für die Simulation gewählten Startwert von  $200 \text{ } \Omega$  wären das in Wirklichkeit  $1,2 \times 200 \text{ } \Omega = 240 \text{ } \Omega$  - folglich liegt man mit der Mstrip40-Simulation von etwa  $280 \text{ } \Omega$  nicht so unendlich weit davon weg. Also ist das Gesamtergebnis ganz brauchbar, auch wenn Mstrip40 zusätzlich eine Eigenresonanzfrequenz von 1735 MHz statt 1691 MHz an gibt (das sind knappe 3 % zu viel).

Eines ist noch interessant: wiederholt man die Simulation mit kürzerer oder längerer Zuleitung oder mit kleineren oder größeren Zellenabmessungen, so bewegt man sich beim Ergebnis trotz dem immer bei einer Re-



sonanzfrequenz zwischen 1720 bis 1750 MHz und einem Eingangswiderstand zwischen 250 und 300  $\Omega$ .

#### 6. Schritt:

Was wäre die se Mühe ohne den An ten nen - gewinn, denn die korrekte Berechnung der Strahlungseigenschaften ist ja eine der wichtigsten Eigenschaften von Mstrip40. Wer also die „Pattern-Taste“ im Hauptmenü drückt, dann darin „Info and Control“ öffnet und eine Frequenz von 1735 MHz ein stellt, er hält die Information „Gain = 6,6 dB“.

Nach Belieben kann man dann noch die angebotenen 2D- und 3D-Richtdiagramme analysieren oder sich die Stromverteilung auf dem Patch genau bei Resonanz zeigen lassen.

### 3.4. Zusammenfassung

Mstrip40 liefert nur bei genauer Beachtung der besprochenen Vorgehensweise wirklich gute Analysen der verschiedensten Microstrip- und Antennenstrukturen. Unabdingbar sind da bei solide Kenntnisse der Materie — nicht nur was die zu simulieren den Objekte, ihr prinzipiellen Verhalten sowie die zu erwartenden Ergebnisse angeht, sondern ebenso um die Eigenheiten und Grenzen der EM-Simulatoren. Sonst wird das Simula-

tionsergebnis leicht zur Lotterie! Unverzichtbar ist vor Beginn jeglicher eigenen Arbeit eine sehr ausführliche Analyse sämtlicher Beispielprogramme und des Manuals, denn nur so kommt man hinter die Geheimnisse der Simulation von normalen und abartigen Patchantennen, von Schlitzantennen, von Arrays oder von irgendwelchen aper tur gekoppelten Gebilden usw. Oder wer ahnte vorher, dass man z. B. mit der Option „no ground“ das prinzipielle Verhalten von Mikrowellen-Dipolantennen in freier Luft simulieren kann? Alles in allem bedeutet das sehr viel Vorarbeit, die aber mit einem wesentlich tieferen Verständnis der Zusammenhänge und mit brauchbaren Vorwürfen für ein Praxisprojekt belohnt wird.

---

## 4.

### Literatur:

---

- [1] Gunt hard Kraus: „Mo der ner Ent wurf von Pat chan ten nen, Teil 1 und Teil 2“.  
UKW-Berichte 3/2000 und 4/2000
- [2] Mstrip40-Manual
- [3] SON NET-LITE-Manual
- [4] APLAC-Manual