

## 6 Tests und Ergebnisse

### 6.1 Test der Hardware

#### 6.1.1 Erste Tests des Motorsteuerungsgerätes

Das Motorsteuerungsgerät wurde außerhalb der Absorberkammer in der Nähe des Motors aufgestellt.

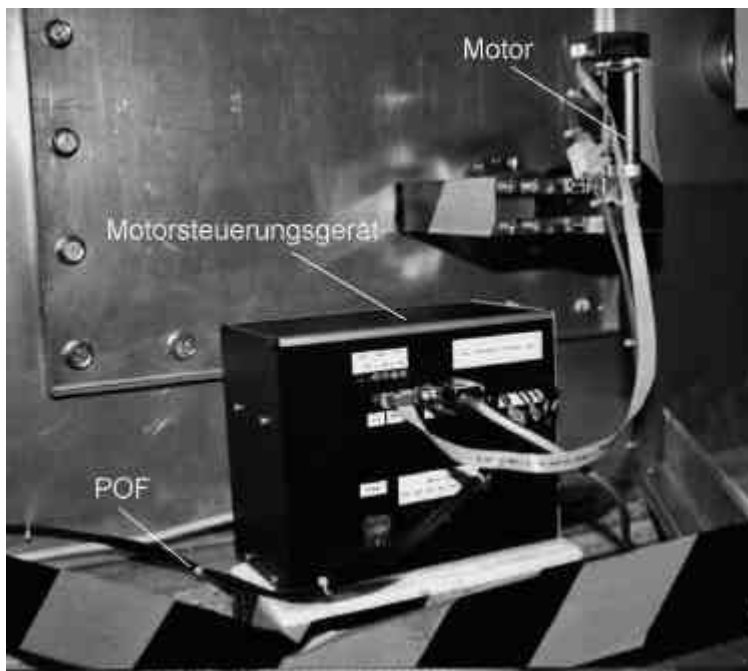


Abbildung 86: Einsatz des Motorsteuerungsgerätes im Praxisbetrieb

Bei der Inbetriebnahme gab es kleinere Probleme zu lösen, von denen nachfolgend einige näher erläutert sind.

#### Laufzeitprobleme

Das Motorsteuerungsgerät arbeitete bei den ersten Tests nicht zufriedenstellend. Sowohl bei der manuellen Steuerung, als auch bei der Steuerung via Computer, war kein Drehrichtungswechsel möglich. Obwohl der logische Schaltungsteil während der Entwicklungsphase erfolgreich simuliert worden war, zeigte er nun eine Fehlfunktion.

Eine Fehleranalyse brachte die Erkenntnis, dass die Brückentreiber die NMOS-Transistoren im entsprechenden Fall nicht durchschalteten. Grund hierfür war die Ansteuerung des separaten Anschlusses der Brückentreiber-IC's, mit dem das Ausgangssignal gesperrt werden kann.

Dieser Anschluss wird in der Schaltung dazu benutzt, ein gleichzeitiges Durchsteuern aller vier NMOS-Transistoren zu verhindern. Dieser sogenannte „Shut down“-Anschluss (SD) war während des Betriebes noch zu lange auf High, während schon ein Steuersignal am entsprechenden Brückentreiber-Anschluss (IN) anlag. Dies führte zum sofortigen Sperren des Ausgangs. Der Motor wurde nicht angesteuert.

**Abhilfe:**

Das Signal am SD-Anschluss muss immer eher geändert werden. Dies ist möglich, wenn das Signal am IN-Anschluss des Brückentreibers zeitlich verzögert wird.

Die Verzögerung um mindestens zwei Logik-Gatter-Laufzeiten musste realisiert werden. Dies ist mit zusätzlichen Logikbausteinen zu realisieren. Da die Leiterplatte bereits aufgebaut war, wurde die Verzögerung mittels Verzögerungsleitung (Delay-Line) gewählt. Dazu wurde eine Kupferleitung verwendet, um das Signal zeitlich zu verzögern.

**Berechnung:**

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit eines Signals in Kupfer beträgt rund  $v_{CU} = 200000 \text{ km/s}$ . Eine Laufzeitverzögerung von  $t = 20 \text{ ns}$  (zwei Gatterlaufzeiten) war zu realisieren. Es gilt:

$$s_{CU} = v_{CU} \cdot t \quad [\text{Gl.26}]$$

$$s_{CU} = 4,00 \text{ m}$$

Eine Leitung aus Kupferlackdraht mit der Länge  $s_{CU} = 4,00 \text{ m}$  wurde auf einen Kunststoffträger aufgewickelt. Um die Induktivität möglichst gering zu halten, wurde die Leitung bidirektional gewickelt.

**Ergebnis:**

Nach Einbau der Verzögerungsschaltung funktionierten die manuelle Steuerung und die Steuerung via Computer einwandfrei.

## 6.1.2 Test der manuellen Motorsteuerung

### Verwendung von elektrischen Leitern zur Motorsteuerung

Bevor die entwickelte manuelle Motorsteuerung fertiggestellt war, wurden bereits einige Messungen in der Absorberkammer durchgeführt. Zur Steuerung des Motors wurden elektrische Leitungen durch die Wabenkamine der Absorberkammer geführt.

Abbildung 87 zeigt ein aufgenommenes Emissionsspektrum. Dabei erfolgte die Messung mit allen Messgeräten innerhalb der Absorberkammer. Es wurde keine weitere Störquelle aufgebaut.

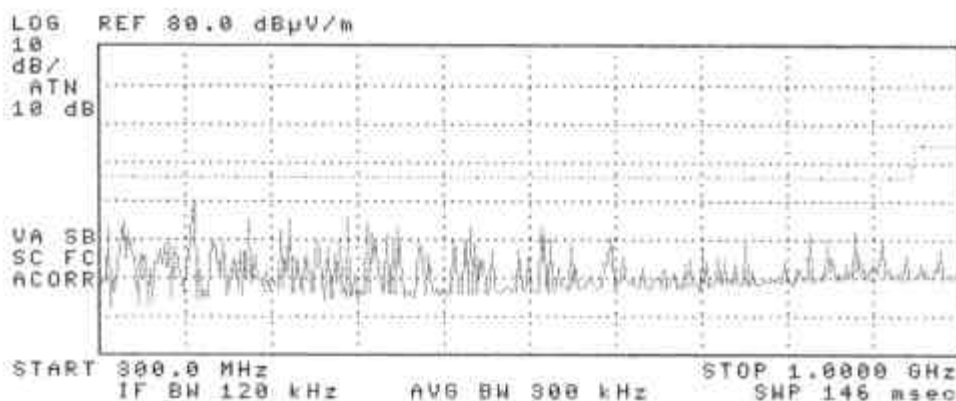


Abbildung 87: Emissionsspektrum bei Motorsteuerung mit Drahtdurchführung

Das Spektrum zeigt starke Störungen über einen Frequenzbereich von 0,3 bis 1GHz.

Mögliche Ursachen für die starken Störungen bei der Verwendung eines normalen elektrischen Leiters für die manuelle Motorsteuerung könnten sein:

- Einkoppelung von Motor-Störimpulsen
- Einkoppelung sonstiger Störstrahlung
- mögliche Beeinflussung der Feldhomogenität
- Beeinträchtigung der Schirmdämpfung der Absorberkammer

Das Spektrum zeigt, dass vermutlich Störungen des Motors als Störquelle in die elektrische Leitung eingekoppelt wurden. Diese wurden ungefiltert ins Kammerinnere geleitet. Der innen liegende Leitungsteil war zur Abstrahlung geeignet. Die Störungen konnten von der Antenne und dem Spektrumanalysator aufgenommen werden. Das Messergebnis war verfälscht. Es hätte nur der Rauschpegel gemessen werden dürfen.

### Verwendung von POF's zur Motorsteuerung

Der zweite Test erfolgte mit der entwickelten manuellen Drehtischsteuerung. Dabei wurden die zur Signalübertragung notwendigen Kunststoff-Lichtwellenleiter durch die Wabenkamine der Absorberkammer geführt.

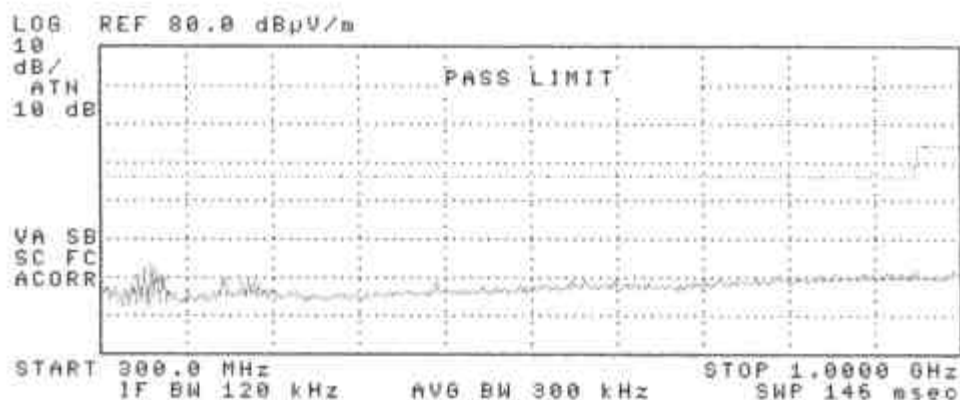


Abbildung 88: Emissionsspektrum bei Motorsteuerung mit POF-Durchführung

Die entwickelte manuelle Drehtischsteuerung mit Kunststoff-Lichtwellenleitern ist sehr gut geeignet, Steuerimpulse ohne die Minderung der Schirmdämpfung und ohne die Beeinflussung des elektrischen Feldes (Feldhomogenität) im Inneren der Kammer von Innen nach außen zu leiten. Die POF's sind nicht zur Verkoppelung von Störstrahlung geeignet.

Im Spektrum (Abbildung 88) sind neben dem Rauschen keine Störungen erkennbar. Auch der Motor hat keinen negativen Einfluss auf das Messergebnis. Dieses Ergebnis zeigt, wie wichtig der Verzicht auf jegliche ungefilterte Einkoppelung von elektrischen Leitungen in die Absorberkammer ist. Die Schirmwirkung der gesamten Absorberkammer könnte durch eine falsche oder ungünstige Leitungsführung aufgehoben werden.

## Test der Funktionen der manuellen Motorsteuerung

Die Funktionen der manuellen Steuerung wurden ausgiebig getestet. Durch einen Tastendruck erfolgt eine Rechts- bzw. Links-Bewegung des Drehtischs. Über die Stopp-Taste konnte die Drehbewegung angehalten werden.



Abbildung 89: Foto der manuellen Drehtischsteuerung

Als positiv hat sich die Verriegelung zwischen den beiden Drehrichtungen erwiesen. Es muss immer die Stopp-Taste betätigt werden, wenn die Richtung geändert werden soll. Das verhindert zu hohe Ströme zum Zeitpunkt der Richtungsumkehr.

### 6.1.3 Test der Ruhelage-Positionserfassung

Die optional aufgebaute Reflexlichtschranke zur Erfassung der Ruhelage-Position wurde unter dem Stirnrad des Drehtischs befestigt. Am Stirnrad wurde eine Reflexionsmarke befestigt.

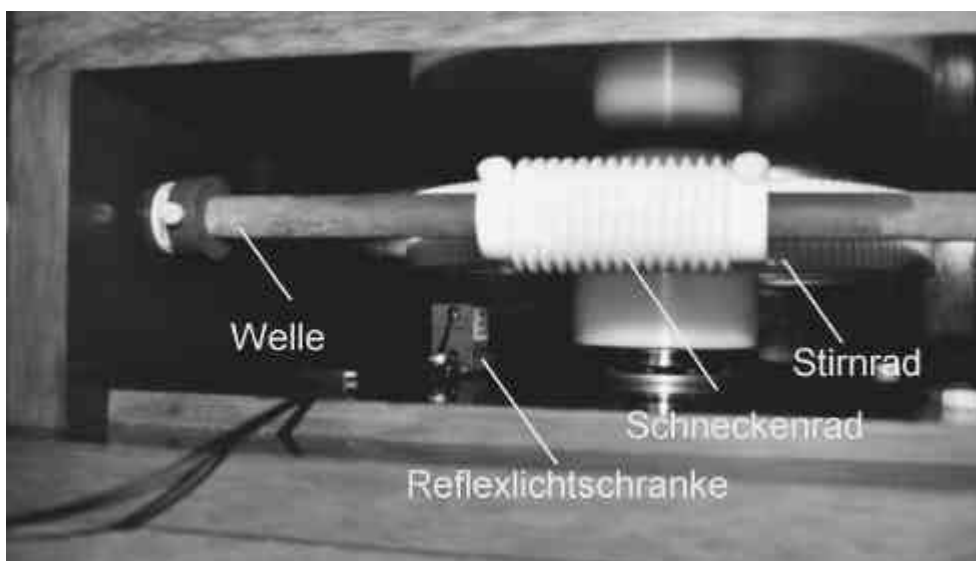


Abbildung 90: Installation der Reflexlichtschranke unter dem Drehtisch

Anschließend wurde am Motorsteuerungsgerät die Verstärkung der Signalauswertung mit einem Einstellregler so eingestellt, dass eine sichere Signalauswertung ermöglicht wurde.

Die Funktion konnte sofort überprüft werden. Die Drehbewegung des Drehtischs müsste bei manueller Steuerung nach Erreichen der Ruhelage sofort stoppen. Der erste Test dieser Funktion war erfolgreich. Auch die Ruhelage-Positionserfassung über die Software arbeitete fehlerfrei.

## **6.2 Test der Software**

### **6.2.1 Test der Ansteuerung der Spektrumanalysatoren**

Die Ansteuerung der Spektrumanalysatoren erfolgte über spezielle Module für die verschiedenen Funktionen. Dadurch war bereits während der Entwicklungsphase ein regelmäßiger Test der einzelnen Module möglich. Kleinere Fehler konnten sofort lokalisiert und beseitigt werden.

Nach erfolgreichen Einzeltests bleibt das Zusammenspiel der Gesamtsoftware abzuwarten.

### **6.2.2 Test der Ansteuerung des Drehtischs**

Die Tests der Ansteuerung des Drehtischs beschränkten sich vorerst auf das Anfahren bestimmter Positionen mit verschiedenen Vorgaben. Eine Drehbewegung erfolgte erst, als mehrere kleinere Fehler gefunden wurden:

- der Boardmode war falsch gesetzt (8 anstelle von 9)
- der Stecker des Motorsteuerungsgerätes war an der falschen Steckbuchse angeschlossen (Achse2 statt Achse1)
- der Motor On-Befehl (MN) darf nicht unmittelbar nach einem Move-Befehl (MA, MR) folgen
- die Geschwindigkeit darf nicht über 200000 counts/sec gesetzt werden
- Nach einem RESET-Befehl werden alle Voreinstellungen zurückgesetzt. Dadurch kann es nach einem RESET-Befehl dazu kommen, dass einige für den Betrieb notwendige Einstellungen fehlen. Diese müssen dann erst neu gesetzt werden, ansonsten kommt es nach einer kurzen Drehbewegung zum Stopp des Drehtischs.

Danach waren die Testergebnisse zufriedenstellend.

### 6.3 Tests des Gesamtsystems und Ergebnisse

Durchführung von praktischen Messungen war eine gute Möglichkeit, um das Zusammenspiel der entwickelten Hard- und Software mit allen übrigen Komponenten zu testen. Durch diese praxisnahen Tests konnten kleinere Fehler gefunden und beseitigt werden. Weiterhin konnten notwendige Anpassungen der Bedienoberfläche vorgenommen werden, da diese Tests zusammen mit den zukünftigen Anwendern durchgeführt wurden. Durch die Messungen konnte sowohl die Funktion des Messplatzes getestet, als auch die Erfüllung der Vorgaben des Pflichtenhefts überprüft werden.

Nachfolgend wird die Bedienung und Funktion der fertiggestellten Software anhand der einzelnen Teilprogramme und die bereits mit ihnen gewonnenen Ergebnisse erörtert.

Die Software bestimmt zum großen Teil den Ablauf der Messung. Wichtige Vorgaben für die Messung sind bereits eingestellt, weitere Eingaben können durch den Benutzer erfolgen, gegebenenfalls werden vom Programm Aufforderungen zur Veränderung des Testaufbaus ausgegeben.

Nach dem Start der Software erscheint das Hauptfenster, in dem der Frequenzbereich, die Art der Messwerteaufnahme (Teilprogrammvarianten) und die Grenzwerte ausgewählt werden können. Bei der Auswahl der Grenzwerte kann zwischen der amerikanischen Norm (FCC Part 15) und der europäischen Norm (EN55022) bzw. der japanischen Norm (VCCI) gewählt werden.

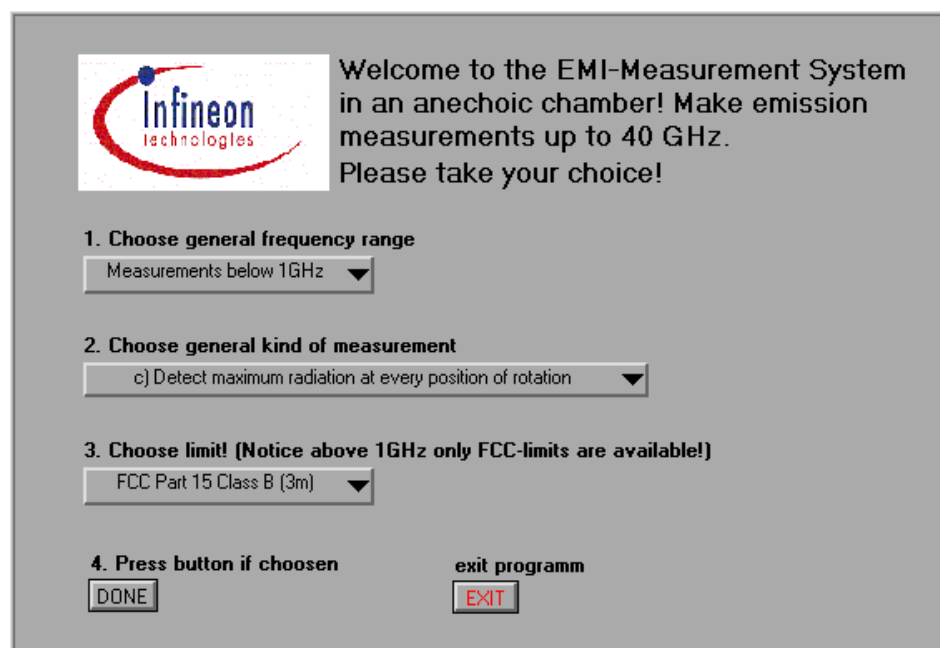


Abbildung 91: Bildschirm nach Programmstart mit generellen Auswahlmöglichkeiten

Je nach getroffener Auswahl gelangt man zu den einzelnen Teilprogrammen.

### 6.3.1 Messung der maximalen Abstrahlung über eine vollständige Drehung (360°) des Prüfobjektes

Abbildung 92 zeigt die Benutzeroberfläche des Teilprogramms zur Messung der maximalen Abstrahlung über eine vollständige Umdrehung im Frequenzbereich unterhalb von 1GHz (EMI\_1A). Die linke Spalte ("ANALYZER SETTINGS") zeigt die Einstellungen des Spektrumanalysators. Sie können vom Benutzer gegebenenfalls verändert werden. In der Spalte "MEASUREMENT SETTINGS") können weitere Einstellungen für den Messablauf vorgenommen werden. Durch die Betätigung eines stilisierten Schaltkopfes in der Spalte "ACTIONS" werden die im Abschnitt 4.2.3 beschriebenen Aktionen oder Abläufe gestartet.

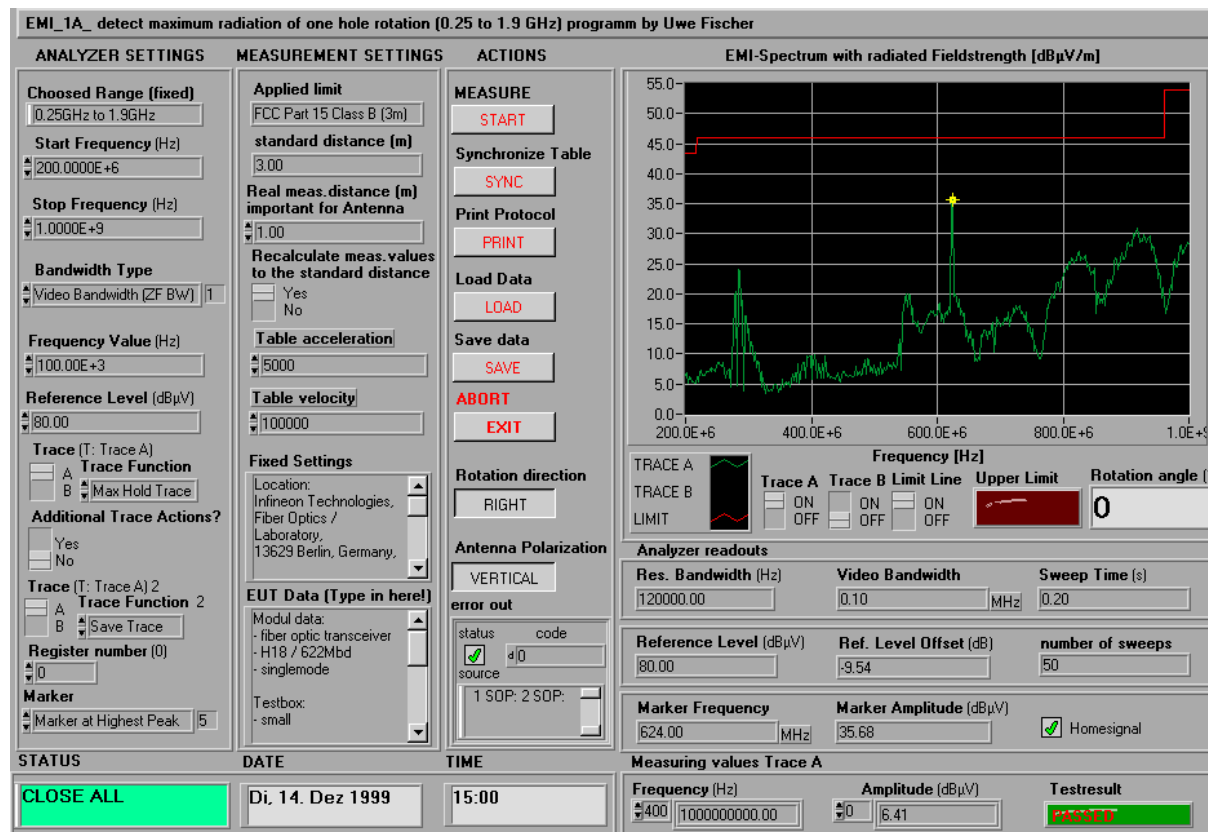


Abbildung 92: Benutzeroberfläche des Teilprogramms zur Messung der maximalen Abstrahlung über eine vollständige Umdrehung

Das aufgenommene Emissionsspektrum und weitere Messwerte sind auf der rechten Seite zu sehen. Ein farbig hervorgehobenes Statusfenster ist links unten angeordnet und informiert über den aktuellen Zustand und über ausgeführte Aktionen.

Auf den ersten Blick erscheint diese Oberfläche etwas unübersichtlich, da sie sehr viele Informationen enthält. Dies hat jedoch den Vorteil der uneingeschränkten Transparenz. Alle wichtigen Daten der Messung befinden sich im Blickfeld. Es bestünde die Möglichkeit, einzelne Informationen hinter Fenstern zu verbergen. Nach den bisherigen Vorgaben war dies nicht erwünscht. Diese Option bleibt aber vorhanden.

Das Programm gestattet neben dem Synchronisieren des Drehtisches auf die Ruhelage-Position, des Ladens und des Abspeicherns von Messwerten auch die Protokollausgabe.



**Test report - radiated emission**  
 Test site: fully anechoic chamber  
 Version: detect max. radiation during  
 one hole rotation of EUT (1A)

Di, 14. Dez 1999  
 15:00

**fixed settings**

**Location:**  
 Infineon Technologies,  
 Fiber Optics / Laboratory,  
 13629 Berlin, Germany.

**Fully anechoic chamber:**  
 Type: B83117-S40×121,  
 EPCOS AG

**EUT-Turntable:**  
 Type: non conductive,  
 DC-Motor outside the  
 chamber

**Antenna: (log. per.)**  
 Type: UHALP 9108A,  
 Schwarzbeck

**Cables (calibrated):**  
 1 x N to N, 5m,  
 Type: AK9515-F,  
 Schwarzbeck,  
 1 x N to SMA, 0.3m,  
 Type: 3399/001,  
 Rosenberger,  
 1 x SMA to N, 1.7m,  
 Type: 3399/001,  
 Rosenberger,

**Amplifier:**  
 Type: SFH88, 40dB,  
 SFH Design,

**Spectrum Analyzer:**  
 Type: HP8591EM  
 Hewlett Packard

**Automatisation:**  
 IBM-Compatible PC,  
 Windows NT,  
 LabVIEW 5.1

**EUT data**

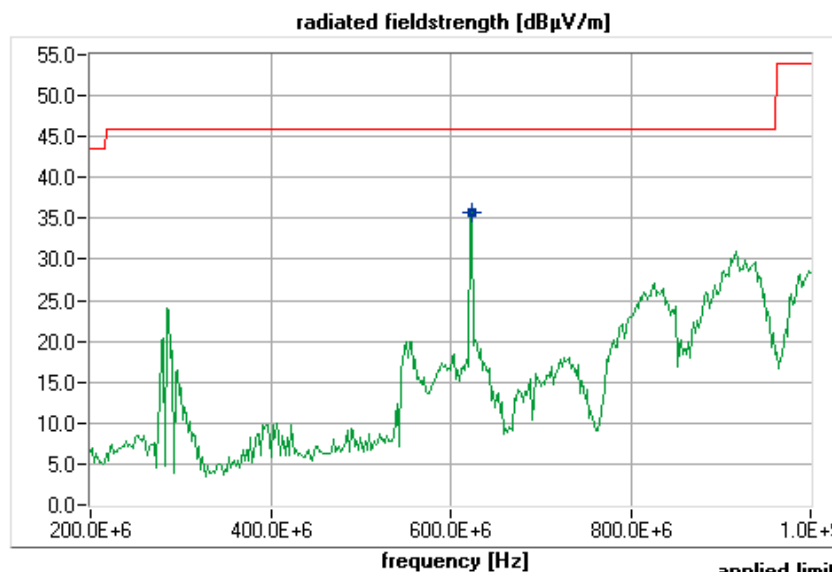
**Modul data:**  
 - fiber optic transceiver  
 - / 622Mbd  
 - singlemode

**Testbox:**  
 - small

**Modifications:**  
 - none

**Bitgenerator:**  
 - 2<sup>23</sup>-Pattern

**Notes:**  
 - Testmessungen  
 - Diplomarbeit  
 - Uwe Fischer



TRACE A **recalculate meas. values to the standard distance**  
 TRACE B Yes  
 LIMIT No

**applied limit**  
 FCC Part 15 Class B (3m)

**testresult**  
 TEST PASSED  
 Device complies with the applied limits!

**standard distance (m)**  
 3.00

**real meas. distance (m) important for antenna**  
 1.00

**rotation from 0 to ... (deg)**  
 360

**antenna polarization**  
 horizontal

**start frequency (Hz)**  
 200.0000E+6

**stop frequency (Hz)**  
 1.0000E+9

**trace function**  
 Max Hold Trace 1

**Res. bandwidth (Hz)**  
 120000.00

**video bandwidth**  
 0.10 MHz

**sweep time (s)**  
 0.20

**reference level (dBµV)**  
 80.00

**max. Value at frequency**  
 624.00 MHz

**marker amplitude (dBµV)**  
 35.68

frequency (Hz)	amplitude (dBµV)
200000000.00	6.41
202000000.00	6.84
204000000.00	5.24
206000000.00	6.25
208000000.00	5.93
210000000.00	5.27
212000000.00	5.28
214000000.00	5.05
216000000.00	5.26
218000000.00	6.30
220000000.00	5.47
222000000.00	7.04
224000000.00	7.32
226000000.00	6.37
228000000.00	6.52
230000000.00	6.41
232000000.00	7.02
234000000.00	7.00
236000000.00	7.05
238000000.00	7.24
240000000.00	7.78
242000000.00	7.14
244000000.00	7.45
246000000.00	7.23
248000000.00	7.03

© by Uwe Fischer 1999

Abbildung 93: Protokollausdruck einer Messung der maximalen Abstrahlung

Das Messprotokoll dieser Programmvariante enthält das Emissionsspektrum mit der maximalen Abstrahlung. Das dargestellte Protokoll enthält alle wichtigen Daten des Messaufbaus und die Einstellungen der Messgeräte. In einer separaten Spalte befinden sich Angaben zum Prüfobjekt.

Das Protokoll zeigt den Vorteil der Umrechnung auf andere Messentfernungen. Die Grenzwerte sind nach FCC Class B - Norm für eine Entfernung von 3m festgelegt (Class B gilt für 10m). Die tatsächliche Messentfernung beträgt aber nur 1m. Die Messwerte sind deshalb auf die Entfernung von 3m umgerechnet worden.

Die Untersuchung eines Serienmoduls bestätigte die einwandfreie Funktion des Messplatzes und der Software.

Das ausgegebene Protokoll dieser Programmvariante (a) gestattet eine absolute Aussage, ob die vorgeschriebenen, vom Programm berücksichtigten Grenzwerte vom Prüfobjekt eingehalten wurden. Eine Aussage, in welcher Ausrichtung die maximale Abstrahlung erfolgte, ist mit diesem Teilprogramm nicht möglich.

### **6.3.2 Messung der Abstrahlung in vier definierten Richtungen des Prüfobjektes (0°, 90°, 180°, 270°)**

Mit diesem Teilprogramm ist es möglich das charakteristische Abstrahlverhalten in mehreren Positionen anhand von aufgenommenen Emissionsspektren zu erfassen. Auf einem Protokoll werden vier Emissionsspektren der vom Drehtisch angefahrenen Positionen 0°, 90°, 180° und 270° ausgegeben.

Welche Position dabei zuerst vom automatisierten System angefahren wird, hängt von der Drehrichtung ab. Es ist sehr wichtig, dass die Drehrichtung nach einer vollen Drehtischrotation geändert wird, um ein Aufwickeln der an das Messobjekt angeschlossenen Lichtwellenleiter zu verhindern. Die automatische Drehrichtungsumkehr wird ebenfalls vom Programm realisiert.

Das Protokoll dieser Programmvariante (b) gestattet Aussagen über die Abstrahlung des Prüfobjektes in den vier typischen Positionen. Dies ist für eine Charakterisierung der untersuchten optischen Transceiver sehr nützlich.



**Test report - radiated emission**  
 Test site: fully anechoic chamber  
 Version: detect max. radiation in  
 four positions of EUT (1B)

Di, 14. Dez 1999  
 15:04

**fixed settings**

**Location:**  
 Infineon Technologies,  
 Fiber Optics / Laboratory,  
 13629 Berlin, Germany.

**Fully anechoic chamber:**  
 Type: B83117-S40x121,  
 EPCOS AG

**EUT-Turntable:**  
 Type: non conductive,  
 DC-Motor out of the  
 chamber

**Antenna: (log. per.)**  
 Type: UHALP 9108A,  
 Schwarzbeck

**Cables (calibrated):**  
 1 x N to N, 5m,  
 Type: AK9515-F,  
 Schwarzbeck,  
 1x N to SMA, 0.3m,  
 Type: 3399/001,  
 Rosenberger,  
 1 x SMA to N, 1.7m,  
 Type: 3399/001,  
 Rosenberger,

**Amplifier:**  
 Type: SFH88, 40dB,  
 SFH Design,

**Spectrum Analyzer:**  
 Type: HP9591EM  
 Hewlett Packard

**Automatisation:**  
 IBM-Compatible PC,  
 Windows NT,  
 LabVIEW 5.1

**EUT data**

**Modul data:**  
 - fiber optic transceiver  
 - / 622Mbd  
 - singlemode

**Testbox:**  
 - small

**Modifications:**  
 - none

**Bitgenerator:**  
 - 2^23-Pattern

**Notes:**  
 - Testmessungen  
 - Diplomarbeit  
 - Uwe Fischer

**Applied limit**

FCC Part 15 Class B (3m)

**testresult**

TEST PASSED  
 Device complies with the  
 applied limits!

**recalculate meas. values  
 to the standard distance**

Yes  
 No

**standard distance (m)**

3.00

**real meas. distance (m)  
 important for antenna**

1.00

**rotation from 0 to ... (deg)**

360

**antenna polarization**

horizontal

**start frequency (Hz)**

200.0000E+6

**stop frequency (Hz)**

1.0000E+9

**trace function**

Max Hold Trace

**res. bandwidth (Hz)**

120000.00

**video bandwidth**

0.10 MHz

**sweep time (s)**

0.20

**reference level (dBµV)**

80.00

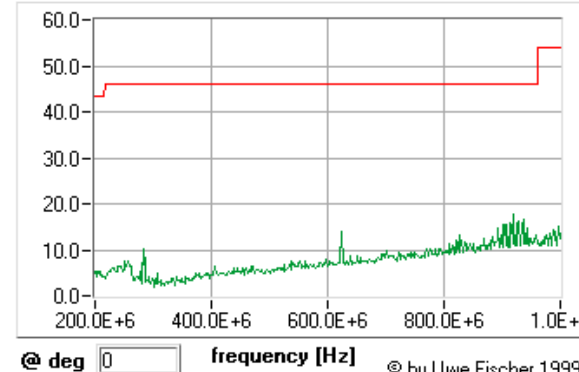
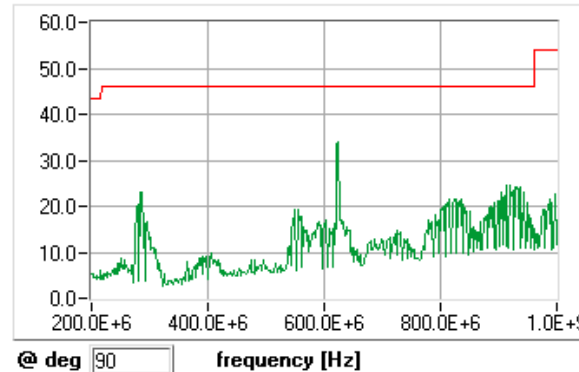
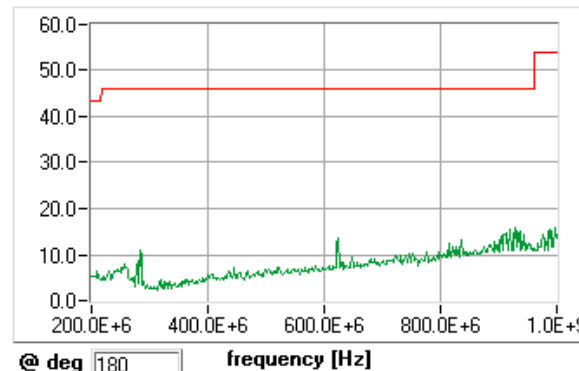
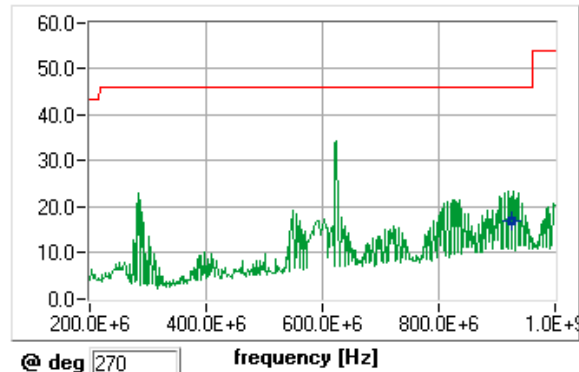
**max. value at frequency**

926.00 MHz

**marker amplitude (dBµV)**

17.13

**radiated fieldstrength [dBµV/m]**



© by Uwe Fischer 1999

Abbildung 94: Protokoll einer Messung der Abstrahlung in vier definierten Ausrichtungen

### 6.3.3 Messung der Abstrahlung in Abhängigkeit vom Drehwinkel des Prüfobjektes

Um die Abstrahlcharakteristik der Prüfobjekte erfassen zu können, ist mit einer weiteren Teilprogrammvariante die Zuordnung des Maximalwertes der Störstrahlungsemission zum Drehwinkel möglich. Dies geschieht während einer vollständigen Umdrehung des Prüfobjektes automatisch.

Erste Messergebnisse dieser Programmvariante waren nicht nur erfolgreich, sie brachten auch sehr wertvolle Erkenntnisse über die untersuchten optischen Transceiver. Erstmals war es möglich, das spezifische Abstrahlverhalten genau zu charakterisieren.

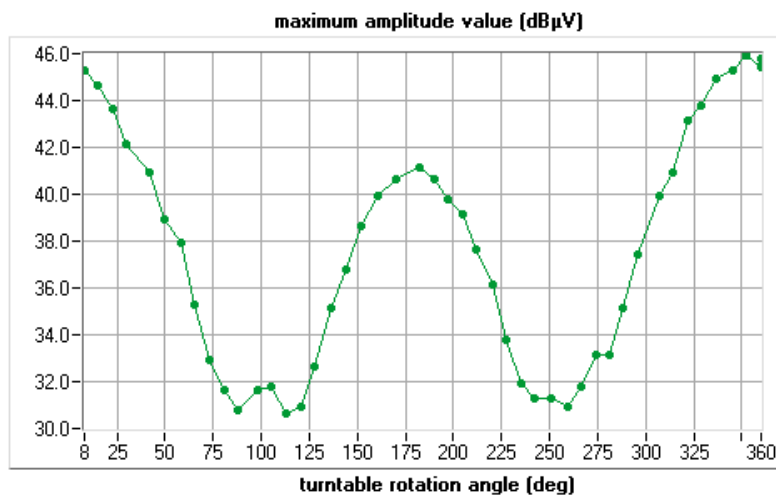


Abbildung 95: Darstellung der Abstrahlung in Abhängigkeit vom Drehwinkel bei vertikaler Antennenpolarisation (Auszug aus einem Test Protokoll)

Das von dieser Programmvariante ausgegebene Protokoll enthält eine grafische Darstellung der Störfeldstärke über den Drehwinkel. Dies bietet eine ähnliche Veranschaulichung wie ein Antennendiagramm.

Erste Ergebnisse zeigten, dass das Maximum der Abstrahlung nicht immer in frontaler Richtung erfolgt. Es bilden sich lokale Maxima in Abhängigkeit von der Polarisationsrichtung der Antenne aus.

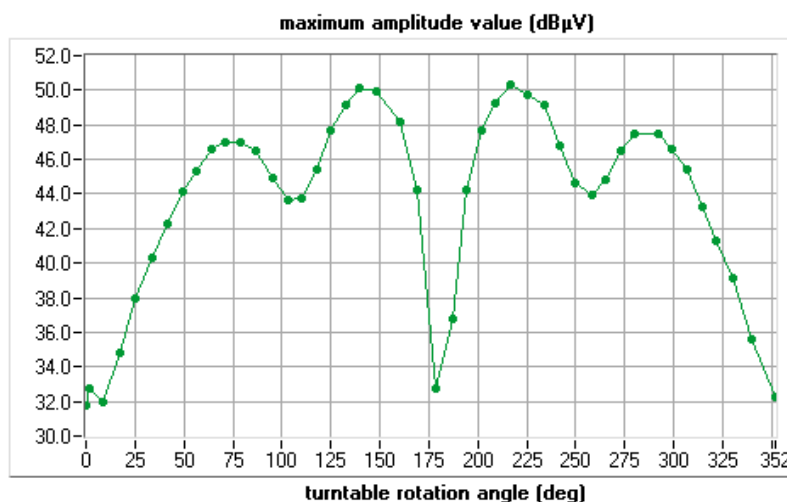


Abbildung 96: Darstellung der Abstrahlung in Abhängigkeit vom Drehwinkel bei horizontaler Antennenpolarisation (Auszug aus einem Test Protokoll)

Die Diagramme veranschaulichen die Abstrahlcharakteristik in beiden Polarisationsrichtungen. Bemerkenswert ist, dass die frontale Abstrahlung (Winkel =  $0^\circ$ ) bei horizontaler Antennenpolarisation ein Minimum erreicht. Dies resultiert vermutlich aus einer destruktiven Interferenzerscheinung, bei der sich die Abstrahlung zu Null kompensiert. Das Maximum der Abstrahlung wird bei einem Winkel von etwa  $220^\circ$  erreicht.

Weitere Untersuchungen bestätigten die Annahme, dass die metallische Testbox, in der die zu untersuchenden Transceiver angeordnet werden, einen großen Einfluss auf das Abstrahlverhalten hat. Diese Testbox soll ein kundenspezifisches Gerät (zum Beispiel einen Switch) simulieren. In ihr ist ein Akkumulator zur Stromversorgung des Prüfobjekts angeordnet.

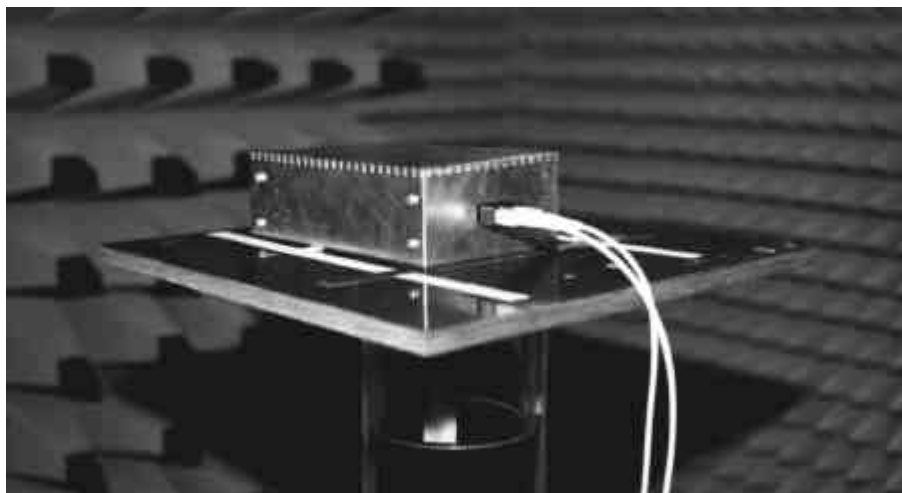


Abbildung 97: Testbox mit zu untersuchendem Transceiver und Glasfaser-Anschlüssen

Die Ergebnisse zeigen, wie wichtig die konstruktive Ausführung des Geräte-Gehäuses, in welches die Transceiver eingebaut werden, für das Abstrahlverhalten der Transceiver ist.

Durch die verursachten Interferenzerscheinungen sind nicht nur lokale Auslöschungen, sondern durchaus auch Überhöhungen der Abstrahlung möglich. Es ist wichtig, den Einfluss des Gehäuses nicht zu vernachlässigen.

Mit dieser Programmvariante (c) sind erstmals völlig neue Untersuchungen des Abstrahlverhaltens möglich geworden. Prüfobjekte als Störstrahler können wie Antennen untersucht und charakterisiert werden.

#### 6.3.4 Überprüfung des Messplatzes durch Vergleichsmessung

Durch eine Überlappung des Frequenzbereiches der Testaufbauten (unterhalb und oberhalb von 1GHz) war eine Überprüfung des Messplatzes im Bereich von 1GHz bis 1,8GHz durch Vergleichsmessungen möglich.

Die ausführlich im **Anhang D** beschriebenen Messungen zeigten eine maximale Abweichung von nur **0,93dB** zwischen beiden Testaufbauten. Damit konnte die Richtigkeit der implementierten Korrekturfaktoren und die richtige Funktion aller Messaufbaubestandteile bestätigt werden.