

3 Analyse

3.1 Untersuchungsgegenstand

Grundsätzlich sollen mit dem zu entwickelnden Messplatz alle elektrischen und elektronischen Geräte untersucht werden können, sofern sie eine bestimmte Größe nicht überschreiten (ca. 1m x 1m x 0,5m). Dabei soll eine Emissionsmessung der in den freien Raum abgegebenen elektromagnetischen Strahlung erfolgen.

Untersuchungsgegenstand sind für diesen Messplatz optische Transceiver, die bei Infineon Technologies entwickelt und produziert werden. Das sind Module, die elektrische Signale zur Übertragung via Glasfaser in optische Signale umwandeln und umgekehrt.



Abbildung 41: Optischer Transceiver zur Übertragung von Daten (155Mbd) über Singlemode-Glasfaser [Sie99]

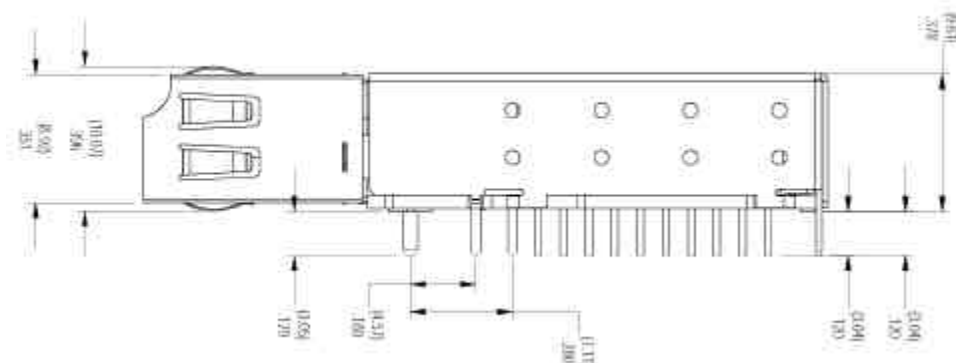


Abbildung 42: Zeichnung eines optischen Transceivers für Datenraten bis 2,5Gbd (Small form factor) [Sie99]

Die optischen Transceiver verfügen über eine interne Elektronik zur Signalerzeugung und -aufbereitung. Da viele dieser Produkte mit zunehmend höheren Datenraten arbeiten und zum Teil Laserkomponenten besitzen, kommt es zu einer unerwünschten Abstrahlung von elektromagnetischen Wellen, die untersucht werden muss.

3.2 Istanalyse

Ziel der Arbeit ist die Entwicklung und der Aufbau eines Messplatzes für die Aufnahme von charakteristischen Emissionsspektren von Modulen oder Geräten. Dafür sind Hard- und Softwarekomponenten erforderlich, die zum Teil selbst entwickelt werden müssen.

Nachfolgend werden die Komponenten beschrieben, die bereits vorhanden sind.

3.2.1 Die Absorberkammer

Um die im Kapitel 2 beschriebenen Freifeldbedingungen für eine normgerechte Messung zu schaffen, entschied man sich bei der Firma Infineon Technologies für die Aufstellung einer Absorberkammer.

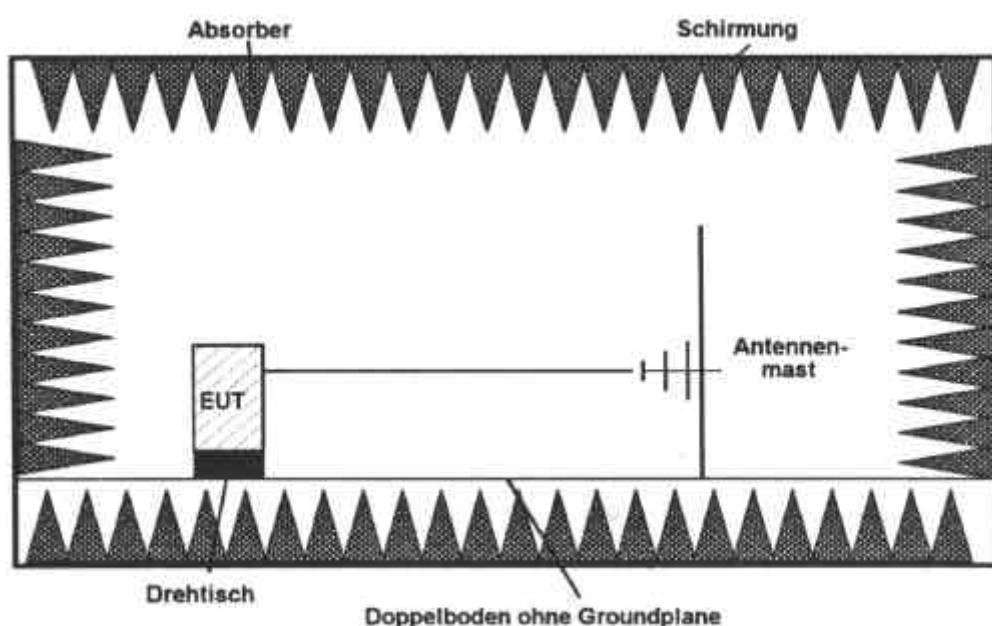


Abbildung 44: Schematische Darstellung einer Absorberkammer [Sut94]

Diese Kammer zeichnet sich durch zwei Merkmale aus. Durch die metallischen Außenwände ist eine hohe Schirmdämpfung garantiert (100dB). Dies schützt vor Verfälschung der Messergebnisse durch Einkoppelung fremder, äußerer Störquellen. Weiterhin befinden sich im Inneren der Kammer Pyramidenabsorber. Diese dienen zur Verhinderung von Reflexionen. Durch ihren speziellen Aufbau aus einem leitfähigen Material realisieren sie die stufenlose Anpassung von den in der Kammer vorhandenen Freifeldbedingungen auf den Kurzschluss der leitenden Kammerwand.

Die Kammer ist von Siemens Matsushita (neu: EPCOS AG) aufgestellt und anschließend messtechnisch überprüft worden. Dabei wurde die spezifizierte Schirmdämpfung und die Messgeländedämpfung ermittelt. Die aufgestellte Absorberkammer hat eine Größe von ca. 4m x 3,60m x 3m, und ist damit begehbar.

3.2.2 Der Drehtisch

Der Drehtisch dient der Positionierung von Messobjekten. Sie sollen in vorgegebener Geschwindigkeit um 360° gedreht werden können.

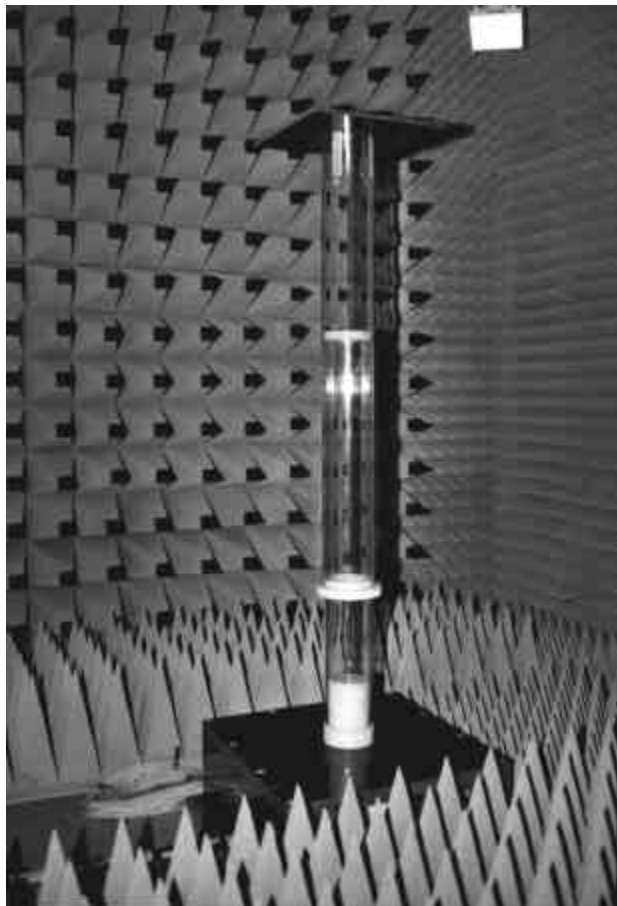


Abbildung 45: Foto des Drehtischs in der Absorberkammer

Der Drehtisch in dieser Absorberkammer ist eine Eigenentwicklung. Er besteht vollständig aus nichtleitendem Material. Das Dielektrikum des Materials ist nicht größer als 5,0. Dies ist besonders wichtig, um die Feldhomogenität am Ort der Messung nicht zu beeinflussen und um keine unerwünschten Reflexionen zu erzeugen.

Zahnräder, Schrauben und Lager des Drehtischs sind aus Kunststoff gefertigt. Der Mittelteil hat eine Teleskop-Funktion und besteht aus Acryl-Glas. Durch ein Verschieben lassen sich Messobjekte in unterschiedliche Höhen positionieren.

Der Antrieb des Drehtischs ist außerhalb der Kammer angeordnet. Die Durchführung von außen nach innen muss eine Schirmdämpfung von über 100dB in einem Frequenzbereich von 500MHz bis 40GHz garantieren. Die Durchführung ist mit einem speziellen Gleitlager aus Metall realisiert worden. Die konstruktive Ausführung des Lagers erfolgte ähnlich wie in Abbildung 32 dargestellt.

Außerhalb der Kammer befindet sich ein Gleichspannungs-Elektromotor. Er verfügt über einen Impulsgeber (Encoder), der bei Motorbewegung elektrische TTL-Signale abgibt.

Derzeit ist keine Steuerung des Drehtischs möglich, da entsprechende Steuereinheiten nicht verfügbar sind, bzw. noch nicht entwickelt wurden.

3.2.3 Die Messgeräte

Zur Aufnahme der Strahlungsspektren werden Spektrumanalysatoren oder Messempfänger benötigt.

Für Messungen der Störfeldstärke wurde ein Messsystem von Hewlett Packard erworben. Es gestattet die Aufnahme von elektromagnetischen Emissionsspektren von 1 bis 40GHz.

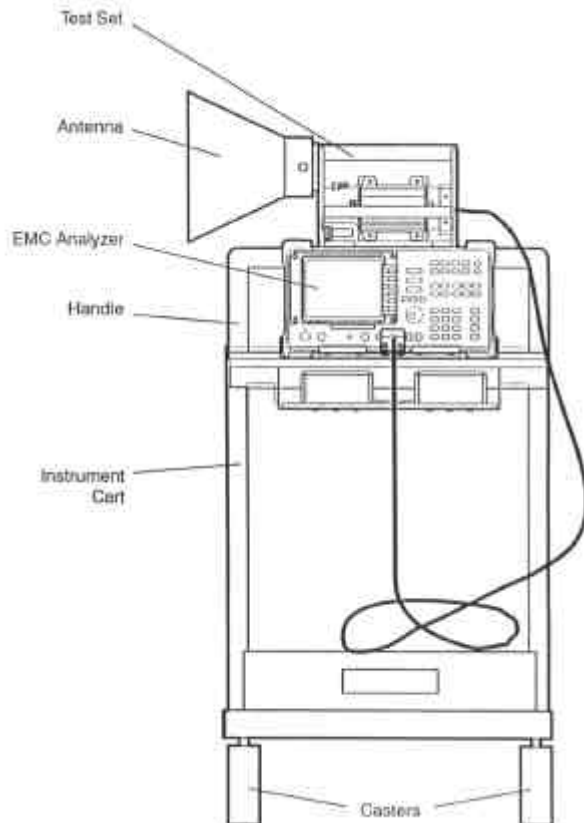


Abbildung 46: Messsystem HP84125C von Hewlett Packard [HP1/97]

Dieses Messsystem von Hewlett Packard (HP84125C) besteht aus folgenden Komponenten.

- Hornantennen (Antenna)
- Vorverstärker (angeordnet in einem Test Set mit Handgriff)
- Spektrumanalysator HP8564E (EMC Analyzer)
- Mikrowellenkabel
- Rollwagen (Instrument Cart)

Dieses System wird als Komplettbau verwendet. Es ist nicht zur Aufnahme von Emissionsspektren unterhalb von 1GHz geeignet.

Die Entfernung zwischen Antenne und Spektrumanalysator ist durch die maximale Länge des Mikrowellenkabels begrenzt. Im Grundzustand ist es nicht möglich, die Antenne im Inneren der Absorberkammer und den Spektrumanalysator außerhalb aufzustellen.

Es ist notwendig den Spektrumanalysator außerhalb der Absorberkammer aufzustellen, da dieser selbst eine zusätzliche Störquelle im Inneren der Kammer darstellt. Außerdem soll die Aufstellung außerhalb der Kammer einen Anschluss an einen Computer ermöglichen.

3.2.4 Warum wird eine Teilautomatisierung angestrebt?

Grundlegender Vorteil einer Automatisierung des Messablaufs ist die Zeiteinsparung während der Messungen. So können bestimmte Vorgaben durch ein PC-Programm getätigt werden. Durch die Automatisierung können Korrekturdaten entsprechend der Hardwarekonfiguration erzeugt und berücksichtigt werden.

Limits und Grenzwerte können automatisch geladen werden. Es kann ein Messprotokoll ausgegeben werden, das die wichtigsten Daten des Messaufbaus und wichtige Messergebnisse enthält. Damit gestaltet sich die gesamte Bedienung des Messplatzes einfacher. Die Einweisungszeit kann verkürzt werden.

Nicht zuletzt ist auch die Kalibrierung des Messplatzes, bzw. einzelner Komponenten einfacher, da hierfür gesonderte Programm-Routinen genutzt werden könnten. Ferner bietet die Steuerung mit einem PC die Möglichkeit der Messdatenarchivierung.

3.3 Lösungsansätze

3.3.1 Hardware-Lösungsansätze

Um einen Überblick über den zu entwickelnden Messplatz zu gewinnen, ist nachfolgend ein möglicher, schematischer Aufbau dargestellt.

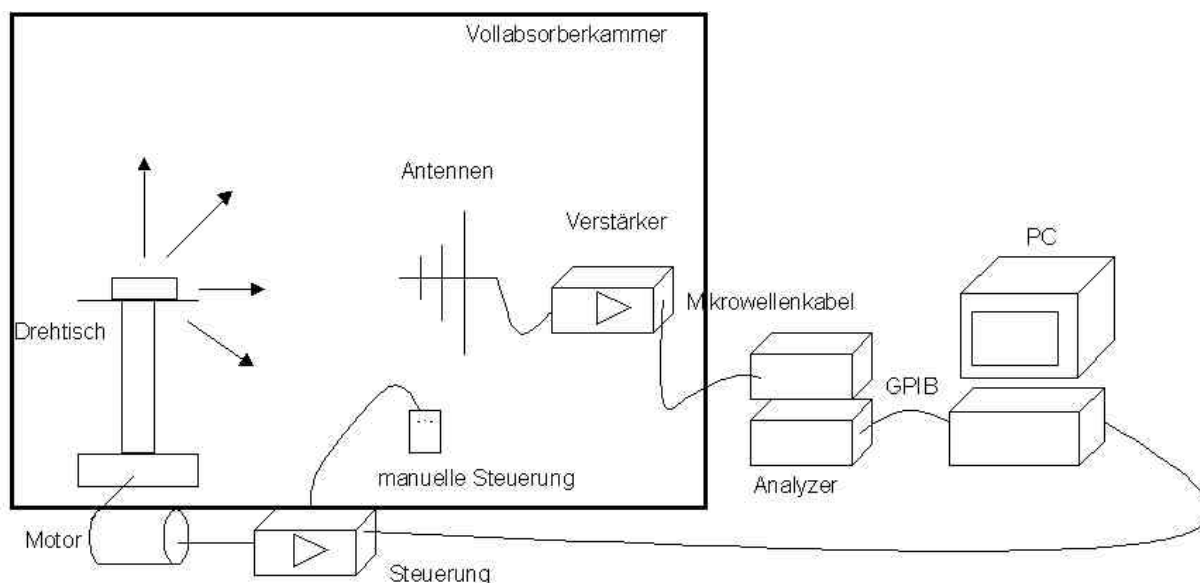


Abbildung 47: Schematischer Aufbau des Messplatzes zur Aufnahme von Emissionsspektren

Spektrumanalysatoren (Analyzer)

Spektrumanalysatoren können für EMV-Messungen eingesetzt werden, wenn sie bestimmte Anforderungen erfüllen. Die Normen schreiben die Verwendung des Quasi Peak Detektors, sowie bestimmte Auflösebandbreiten vor, wie z.B. 9kHz oder 120kHz (unterhalb 1GHz gemäß CISPR Pub.22) bzw. 1MHz (oberhalb 1GHz gemäß FCC). Der Vorteil eines Spektrumanalysators gegenüber einem Messem Empfänger liegt vor allem in seiner Vielseitigkeit. Problematische Störfrequenzen können im Detail analysiert werden. [Esd99]

Spektrumanalysator für Frequenzen oberhalb 1GHz

Das bereits erworbene Messsystem HP84125C von Hewlett Packard deckt den Frequenzbereich von 1GHz bis 40GHz ab. Dieses Messsystem beinhaltet den Spektrumanalysator HP8564E.



Abbildung 48: Ansicht des Spektrumanalysators HP8564E als Teil des Messsystems HP84125C

Die Verwendung dieses Messsystems hat mehrere Vorteile. Neben dem enorm hohen Frequenzbereich ist eine Kalibrierung des Messsystems schon erfolgt und notwendige Korrekturdaten sind bereits integriert. Die Einzelkomponenten mit ihren frequenzabhängigen Einflüssen müssen bei der Messung nicht mehr berücksichtigt werden.

Inwieweit die Nutzung dieses Systems für den automatisierten Messplatz modifiziert werden muss, bleibt noch zu untersuchen.

Spektrumanalysator für Frequenzen unterhalb 1GHz

Der oben beschriebene Spektrumanalysator HP8564E ist prinzipiell auch für Frequenzen unterhalb von 1GHz geeignet. Allerdings ist in diesem Analysator eine spezielle Software integriert, welche die Korrekturdaten des gesamten Messaufbaus für verschiedene Hardwarekonfigurationen implementiert und für die Messung zur Verfügung stellt.

Es ist nicht möglich diese Software um Korrekturdaten für Messungen unterhalb von 1GHz zu erweitern, da einerseits das verwendete Programm nicht editierbar ist. Andererseits bietet der Spektrumanalysator keine zusätzlichen Register um neue Korrekturdaten zu speichern.

Es stehen im Spektrumanalysator keine weiteren Ressourcen für die Implementierung notwendiger Korrekturfaktoren für die Messung von Frequenzen unterhalb von 1GHz zur Verfügung.

Unter diesen Umständen ist die Beschaffung eines zusätzlichen Spektrumanalysators für Frequenzen unterhalb von 1GHz sinnvoll.

Lösungsansätze Drehtischsteuerung

Der Drehtisch soll sowohl von einem Computer (PC) automatisch, als auch per Hand (manuell) vom Inneren der Absorberkammer aus gesteuert werden können. Die Feldhomogenität und die Schirmdämpfung der Absorberkammer dürfen nicht beeinflusst werden.

Optional gilt es die Ruhelage (Home-Position) des Drehtisches zu erfassen und auszuwerten, so dass dieses Signal von der PC-Steuerung und der manuellen Steuerung weiterverarbeitet werden kann.

Die folgende Grafik gibt einen Überblick über die zu realisierenden Hardware-Teilaufgaben.

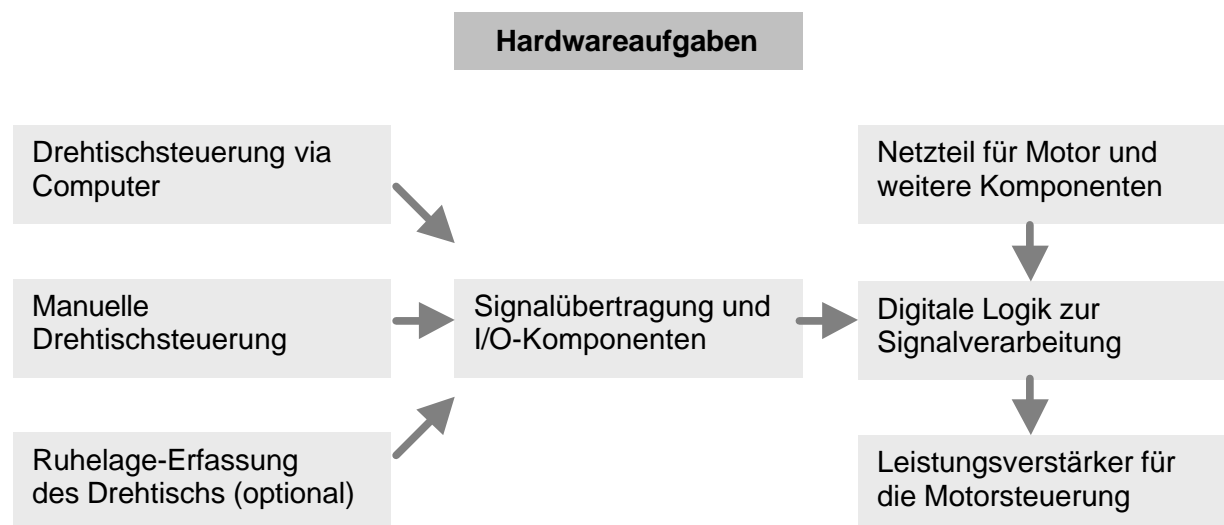


Abbildung 49: Veranschaulichung der zu realisierenden Teilaufgaben der Hardware für die Drehtischsteuerung

Es ist zu prüfen, ob die hier beschriebenen Teilaufgaben mit einer käuflichen Hardware zu realisieren sind.

Einige Hardware-Lösungsansätze werden nachfolgend aufgeführt.

Drehtischsteuerung via Computer

Für den Messablauf ist es wichtig, dass der Drehtisch von der Software eines Computers gesteuert werden kann. Es müssen bestimmte Positionen angefahren werden können und die Position des Drehtischs soll der Software zur Verfügung stehen. Dazu muss der Motor über ein geeignetes Verbindungsmitglied an einen Computer angeschlossen werden.

Zur Steuerung eines Elektromotors mit einem Personalcomputer gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Anschluss an die parallele, die serielle oder die USB-Schnittstelle über eine spezielle Motorsteuerung mit einem externen Leistungsverstärker
- Verwendung einer PC-Einsteckkarte mit einem externen Leistungsverstärker
- Ansteuerung des Motors via GPIB mit einer speziellen Motorsteuerung und einem externen Leistungsverstärker

Manuelle Drehtischsteuerung

Um den Motor des Drehtischs vom Inneren der Kammer aus steuern zu können (zum Beispiel für Sonderuntersuchungen), ist die Entwicklung eines Handgerätes notwendig. Die Ausführung dieses Gerätes hängt stark von dem verwendeten Konzept der Signalübertragung und der Art der Motorsteuerung ab.

Ruhelage-Positionserfassung des Drehtischs (optional)

Da der Drehtisch über einen Elektromotor bewegt wird, lässt sich durch Impulse vom am Motor angeordneten Incrementalgeber (Encoder) indirekt auf die Position des Drehtischs schließen. Trotzdem soll es eine optionale Möglichkeit geben, die Ruhelage des Drehtisches zu erfassen und die aktuell angezeigte Position darauf abzugleichen.

Für die manuelle Drehtischsteuerung wäre es sinnvoll, den Motor nach einer vollen Umdrehung, bei Erreichen der Ruhelage zu stoppen. Diese Positionserfassung sollte berührungslos erfolgen. Elektrische Leitungen dürfen dafür nicht verwendet werden, um die Feldhomogenität nicht zu beeinflussen.

Signalübertragung und I/O-Komponenten

Der Antrieb des Drehtischs befindet sich außerhalb der Absorberkammer. Soll der Drehtisch von innen aus gesteuert werden, müssen Steuerimpulse für den Motor nach außen geführt werden. Außerdem müssen die Signale der optionalen Ruhelage-Positionserfassung vom Inneren der Absorberkammer nach außen geführt werden.

Bei Verwendung eines normalen elektrischen Leiters für die manuelle Drehtischsteuerung und einer isolierten Durchführung durch die Absorberkammerwand, sind Probleme zu erwarten. Es können die motoreigenen Störimpulse, die an den Kohlebürsten entstehen, nach innen geleitet werden. Störstrahlung kann von außen in die Zuleitung einkoppeln und ebenfalls ins Innere der Kammer gelangen. Damit wäre die Schirmdämpfung der Absorberkammer zum Teil aufgehoben.

Daraus resultieren folgende Anforderungen für die Ausführung der Signalübertragung vom Inneren der Absorberkammer nach außen:

- keine Beeinflussung der Schirmwirkung der Absorberkammer
- Vermeidung der leitungsgebundenen Störeinkoppelung
- keine Beeinflussung der Feldhomogenität innerhalb der Kammer
- gute Störsicherheit

Lösungsansätze:

1. Möglichkeit: Verwendung von elektrischen Leitungen und Durchführung mit speziellen Filtern.

Das ist zum Teil sehr aufwendig und mit hohen Kosten verbunden. Des Weiteren ist eine Beeinflussung der Feldhomogenität durch die Verlegung von elektrischen Leitungen im Inneren der Kammer nicht ausgeschlossen.

2. Möglichkeit: Verwendung von Lichtwellenleitern (Plastic Optical Fibers, POF).

Die Dielektrizitätszahl solcher Kunststoff-Lichtwellenleiter ist klein genug, um eine elektromagnetische Verkoppelung zu verhindern und das Feld nicht zu beeinflussen.

POF's werden auf Grund der zahlreichen Vorteile heutzutage besonders in der Automobilbranche und der Automatisierungstechnik eingesetzt, um Signale störsicher zu übertragen. Für eine Datenübertragung über längere Strecken sind sie auf Grund ihrer relativ hohen Dämpfung von 0.3dB/m nicht geeignet. Hier wird auf Multimode- oder Singlemode-Fasern und größere Wellenlängen zurückgegriffen. [Sie99]

POF's sollen auch hier für die Signalübertragung verwendet werden, da dies mit den geringsten Störungen bzw. Beeinflussungen verbunden ist.

Leistungsverstärkung für die Motoransteuerung

Da der Motor eine Leistungsaufnahme von 150W hat, ist eine Leistungsverstärkung der Motorsteuerungssignale in jedem Fall erforderlich.

Lösungsansätze:

- Umsetzung über eine Relais-Steuerung
- Leistungsverstärkung durch eine MOSFET-Transistor-Schaltung
- Leistungsverstärkung durch eine Bipolar-Transistor-Schaltung

Die einfachste Variante wäre die Steuerung über ein Relais oder ein Schütz, allerdings ginge in diesem Falle die Möglichkeit der Geschwindigkeitsregelung verloren.

3.3.2 Software-Lösungsansätze

Wahl der Software-Entwicklungsumgebung

Da im gesamten Laborbereich der Firma Infineon Technologies bereits die Software-Entwicklungsumgebung LabVIEW von National Instruments erfolgreich eingesetzt wird, soll auch die Realisierung der vorliegenden Software-Aufgaben mit LabVIEW erfolgen.

Überblick über LabVIEW

LabVIEW ist eine in der Programmentwicklung eingesetzte Anwendung, die ähnlich wie Visual C++ oder Testpoint eine moderne Umgebung zur Entwicklung von leistungsfähigen Programmen schafft. Ein großer Unterschied zu den genannten Programmiersprachen ist, dass LabVIEW keinen Texteditor zur Erzeugung von Codezeilen, sondern eine graphische Programmiersprache G verwendet.

Ähnlich wie C oder BASIC ist auch LabVIEW ein Programmiersystem für allgemeine Zwecke, das umfangreiche Bibliotheken mit Funktionen für alle Programmieraufgaben umfasst. LabVIEW verfügt über Bibliotheken für die Datenerfassung, für GPIB und die serielle Instrumentensteuerung sowie für die Analyse, Darstellung und Speicherung von Daten.

Darüber hinaus bietet LabVIEW auch konventionelle Werkzeuge für die Programmentwicklung. Zur Erleichterung der Fehlerfindung in selbst entwickelten Programmen gibt es zahlreiche Funktionen.

LabVIEW-Programme werden als virtuelle Instrumente (VI) bezeichnet, da sie im Erscheinungsbild und in der Funktionsweise tatsächliche Instrumente simulieren können. [Ni1/98] Auf diese Weise ist es möglich, das Konzept des objektorientierten, modularen Programmierens zu verfolgen und Teilaufgaben in VI's (Modulen), zu realisieren.

Damit ist durch LabVIEW die Möglichkeit der Steuerung der Hardware durch eine selbst zu realisierende Software gegeben.

3.4 Sollkonzept

3.4.1 Allgemeines Hardware-Konzept des Messplatzes

Grundsätzlich werden für den angestrebten Messplatz folgende Hardware-Komponenten benötigt (Siehe auch Abbildung 47):

- Absorberkammer
- Spektrumanalysatoren
- Antennen
- Vorverstärker
- Mikrowellenkabel
- Computer mit Drucker zur Protokollausgabe
- Drehtisch mit Motor
- Drehtischsteuerung (Hardware-Eigenentwicklung)

3.4.2 Die Hardware-Konzept im Einzelnen

Spektrumanalysatoren

Um den gesamten Frequenzbereich von ca. 250MHz bis 40GHz abzudecken, werden zwei Spektrumanalysatoren benötigt.

Ein Spektrumanalysator (HP8564E) für Frequenzen von 1GHz bis 40GHz steht bereits zur Verfügung, da er Teil des HP84125C-Messsystems ist.

Ein weiterer Spektrumanalysator muss noch erworben werden. Dabei ist es wichtig, dass dieser Analysator die Möglichkeit bietet, Korrekturdaten für Antennen, Kabel und Verstärker zu berücksichtigen, um ein bereits bewertetes Messergebnis in der genormten Maßeinheit $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ zu erhalten.

Die Anschaffung eines weiteren Gerätes vom gleichen Hersteller (Hewlett Packard) ist sinnvoll, um die Ansteuerung und Bedienung der Spektrumanalysatoren zu vereinfachen.

In Frage kommt das Gerät HP8591EM. Dieser Spektrumanalysator gestattet die Aufnahme von Emissionsspektren von 9kHz bis 1,9GHz. Es ist ein spezielles Gerät, das für die EMV-Messung vorbereitet ist. Es werden Speicherkarten mitgeliefert, die wichtige Grenzwerte und Einstellungen für die Messung enthalten.



Abbildung 50: Spektrumanalysator HP8591EM

Antennen

Der Frequenzbereich von 250MHz bis 40GHz kann nicht mit einer einzigen Antenne abgedeckt werden.

Für Frequenzen unterhalb 1GHz wird vorzugsweise eine logarithmisch periodische Antenne verwendet.

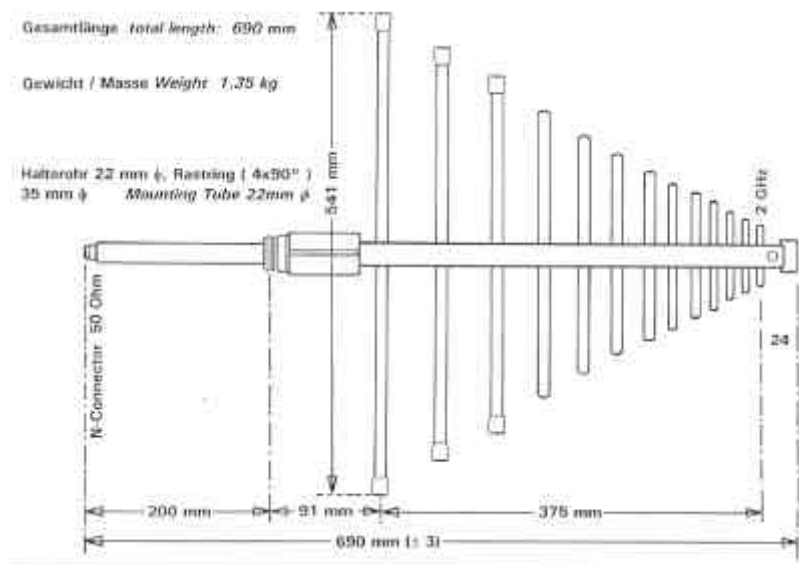


Abbildung 51: Logarithmisch periodische Antenne UHALP9108-A1 [Sch99]

Diese sehr breitbandige Antenne von Schwarzbeck Mess-Elektronik ist für einen Frequenzbereich von 250MHz bis 2GHz geeignet. Sie hat im Frequenzbereich einen nahezu konstanten Isotropgewinn.

Für den Bereich oberhalb von 1GHz erfolgt die Messung mit Hornantennen, die im Testset des Messsystems HP84125C enthalten sind.

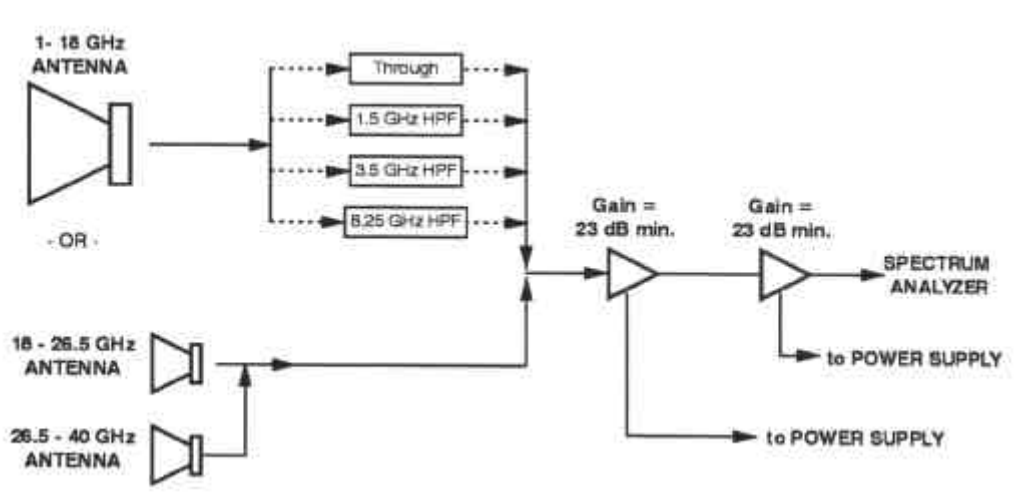


Abbildung 52: Verwendung von Hornantennen für die verschiedenen Frequenzbereiche [HP1/97]

Vorverstärker

Um die an den Antennen erzeugte Spannung für die Messung zu verstärken, sind Vorverstärker erforderlich. Solche Verstärker haben die Aufgabe, die Antennenmesswerte über die Rauschleistung des Spektrumanalysators anzuheben. Für den Frequenzbereich unterhalb von 1GHz kann ein konventioneller Hochfrequenzverstärker verwendet werden.

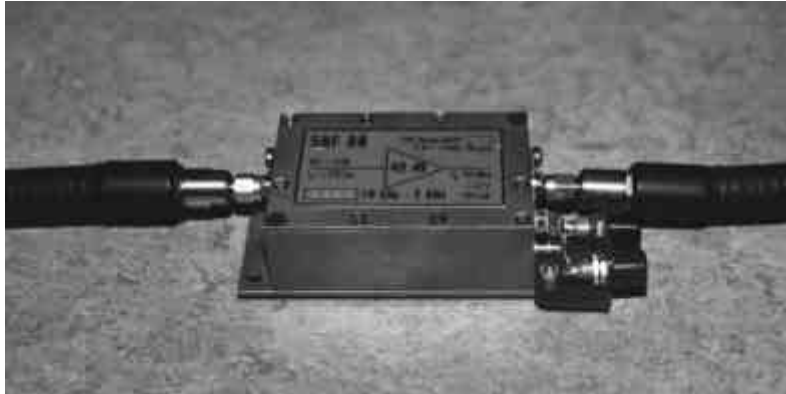


Abbildung 53: 40dB-HF-Verstärker SFH88

Der Verstärker SFH88 von SFH design Berlin garantiert eine Verstärkung von 40dB über einen Frequenzbereich von 10kHz bis 2GHz. Der genaue Frequenzgang muss noch messtechnisch erfasst, und als Korrekturfaktoren in den entsprechenden Spektrumanalysator übertragen werden.

Für den Frequenzbereich oberhalb von 1GHz sind Vorverstärker im Testset des Messsystems HP84125C untergebracht.

Mikrowellenkabel

Um die Antennen über Vorverstärker mit den Spektrumanalysatoren zu verbinden, werden dämpfungsarme Mikrowellenkabel benötigt. Für den Testaufbau für Messungen unterhalb 1GHz werden dafür drei Kabel benötigt:

- 1 Mikrowellenkabel für die Verbindung Antenne - Absorberkammer-Durchführung
- 1 Mikrowellenkabel für die Verbindung Absorberkammer-Durchführung - Vorverstärker
- 1 Mikrowellenkabel für die Verbindung Vorverstärker - Spektrumanalysator

Für den Testaufbau für Messungen oberhalb von 1GHz wird das erworbene Messsystem verwendet. Für eine Aufstellung des Spektrumanalysators außerhalb der Absorberkammer wird ein zusätzliches Mikrowellenkabel benötigt.

Der detaillierte Testaufbau und die Kalibrierung dieser zusätzlichen Kabel werden im Kapitel 4.3 erläutert.

Computer mit Drucker zur Protokollausgabe

Der Computer soll den gesamten Messablauf über eine zu entwickelnde Software steuern. Folgende Anforderungen werden an diesen Personalcomputer gestellt:

- x86-kompatibles System
- mindestens 32MB Arbeitsspeicher, mindestens 1GB Festplattenspeicher
- Betriebssystem Windows NT
- eingebaute GPIB-Einsteckkarte

Da der Computer ausschließlich für die Steuerung des Messplatzes benutzt werden soll, bestehen keine weiteren Anforderungen.

Testaufbau in Abhängigkeit vom Frequenzbereich

Der gesamte Frequenzbereich von 250MHz bis 40GHz kann nicht mit einem Testaufbau realisiert werden. Für Emissionsmessungen sind unterschiedliche Antennen, Kabel, Verstärker und Spektrumanalysatoren zu verwenden. Nachfolgend werden die einzelnen Testaufbauten aufgeführt.

250MHz...1GHz

- logarithmisch periodische Antenne (UHALP 9108-A1)
- Vorverstärker 40dB (SFH88)
- Spektrumanalysator: HP8591EM

1GHz...18GHz

- breitbandige Hornantenne (EMCO 3115)
- optionale Hochpassfilter (1,5GHz, 3,5GHz, 8,1GHz)
- 2 Vorverstärker (HP83051A)
- Spektrumanalysator: HP8564E als HP84125C - System

18GHz...26,5GHz

- Hornantenne (EMCO 3160-09)
- 2 Vorverstärker (HP83051A)
- Spektrumanalysator: HP8564E als HP84125C - System

26,5GHz...40GHz

- Hornantenne (EMCO 3160-10)
- 2 Vorverstärker (HP83051A)
- Spektrumanalysator: HP8564E als HP84125C - System

Drehtischsteuerung

Drehtischsteuerung via Computer

Zur Realisierung der Motorsteuerung via PC wird der Erwerb einer handelsüblichen Motorsteuerungs-Einsteckkarte bevorzugt.

Diese Lösung hat entscheidende Vorteile. Es ist ein einfacher Zugriff auf Motorfunktionen über LabVIEW möglich. Durch die Motorkarte kann die Decodierung und Auswertung der Encoderimpulse des Motors zur genauen Drehtisch-Positionierung erfolgen. Dies ist ein besonderer Vorteil, wenn man berücksichtigt, dass der Motor pro Umdrehung 500 Impulse liefert, die ausgewertet werden müssen. Bei einer Motordrehzahl von 4500U/min sind das 2,25 Mio Impulse pro Minute.

Zur Ansteuerung eines Elektromotors kann ein externer Verstärker an die Motorkarte angeschlossen werden.

Manuelle Drehtischsteuerung

Die manuelle Drehtischsteuerung muss in der Lage sein, Impulse über die gewählte Art der Signalübertragungsstrecke vom Kammerinneren nach außen zu senden. Mit diesen Impulsen soll der Drehtisch gesteuert werden.

Eine solche Steuerung ist auf dem Markt in dieser speziellen Form nicht erhältlich. Deshalb wird für die manuelle Motorsteuerung eine Hardware-Eigenentwicklung vorgeschlagen. Bei

der Wahl einer Übertragungsart mit Kunststoff-Lichtwellenleitern (POF) gibt es verschiedene Möglichkeiten für die elektronische Funktion einer solchen Steuerung.

Generell sollen durch Tastenbetätigungen Lichtimpulse erzeugt werden. Diese Impulse sollen über Kunststoff-Lichtwellenleiter an eine elektronische Schaltung außerhalb der Absorberkammer geleitet werden. Es ist eine Ausführung als Handgerät mit Tasten für die Funktionen „Rechtslauf“, „Linkslauf“ und „Stopp“ vorgesehen.

Prinzipiell besteht die Möglichkeit einer Codierung und Decodierung der Signale. In diesem Fall wird nur ein POF-Sender und nur ein Lichtwellenleiter sowie eine Elektronik für die Codierung und Decodierung (Mikrocontroller) der Signale benötigt. Bei Tastenbetätigung würde in der manuellen Steuerung eine Codierung und ein anschließendes Senden einer Signalsequenz durch einen POF-Sender erfolgen. Diese Sequenz müsste von der Elektronik außerhalb der Kammer ausgewertet werden. Der hierfür notwendige hohe Schaltungsaufwand wurde den Nutzen jedoch nicht rechtfertigen.

Die Entscheidung fiel auf eine Ausführung mit je einem POF-Sender für die Funktionen „Rechtslauf“, „Linkslauf“ und „Stopp“. Bei dieser Variante werden drei Lichtwellenleiter für die Durchführung nach außen benötigt. Bei Tastendruck wird ein kurzer Lichtimpuls über den entsprechenden Lichtwellenleiter geschickt. Der dafür notwendige geringe Schaltungsaufwand garantiert eine hohe Zuverlässigkeit.

Weitere Anforderungen an die manuelle Drehtischsteuerung sind:

- Spannungsversorgung über Akku
- geringe Stromaufnahme (maximal 100mA)
- hohe Zuverlässigkeit
- maximale Gehäuseabmessungen ca. 100mm x 100mm x 50mm
- Möglichkeit der Steuerung des Drehtischs über Tastendruck
 - 1 Taste = Motorrechtslauf
 - 1 Taste = Motorlinkslauf
 - 1 Taste = Stopp des Drehtischs

Ruhelage-Positionserfassung des Drehtischs

Um die Ruhelage (Home-Position) des Drehtischs berührungslos zu erfassen und gleichzeitig die Feldhomogenität innerhalb der Absorberkammer nicht zu beeinträchtigen, wird die Idee der Konstruktion einer passiven Reflexlichtschranke verfolgt.

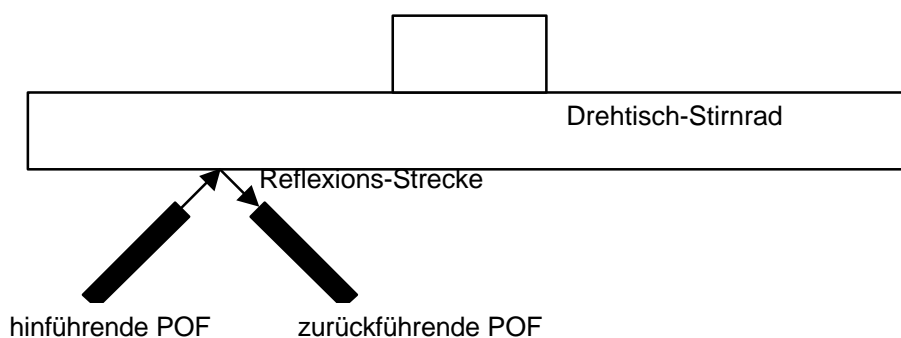


Abbildung 54: Funktionsprinzip einer passiven Reflex-Lichtschranke

Über eine am Drehtisch befestigte Reflexionsmarke wird die Ruhelage erfasst. Dabei wird über POF's Licht der Wellenlänge 660nm in die Kammer geführt und zur Reflexionsstrecke geleitet. Mit einer weiteren POF wird detektiert, ob eine Reflexion erfolgt.

Signalübertragung und I/O-Komponenten

Die Signalübertragung soll über Kunststoff-Lichtwellenleiter (POF) erfolgen. Dafür wird ein handelsüblicher Fasertyp verwendet. (OKE 1000-B)

Dieser Fasertyp hat folgende Eigenschaften:

- Kerndurchmesser: 1mm
- Manteldurchmesser: 2,2mm
- Wellenlängenbereich: 660nm
- Dämpfung: 0.3dB/m

Durchführung durch die Absorberkammer

Die Kunststoff-Lichtwellenleiter können ohne Beeinflussung der Feldhomogenität durch die in der Absorberkammer montierten Wabenkamine geführt werden. Solche Kamine sind zur Belüftung der Kammer an den Seiten der Kammer angeordnet.

Konzept Motorsteuerungsgerät

Für die Ansteuerung des Drehtisch-Motors, inklusive der Bereitstellung der Betriebsspannung ist es sinnvoll, mehrere Hardware-Komponenten in einem Gesamtgerät unterzubringen. Dieses Gerät beinhaltet dann folgende Komponenten:

- Netzteil für den Motor und weitere Komponenten
- Digitale Logik zur Signalverarbeitung
- Leistungsverstärker für die Motorsteuerung
- I/O-Komponenten (POF-Sender und -Empfänger)

Auch dieses Gerät soll auf Grund der komplexen Eigenschaften und speziellen Anforderungen durch eine Hardware-Eigenentwicklung realisiert werden.

3.4.3 Allgemeines Software-Konzept

Ziel ist die Erstellung einer Software für die Steuerung des gesamten Messablaufs zur Aufnahme von Emissionsspektren bis 40 GHz in einer EMV-Absorberkammer. Spektren sollen unter Vorgabe bestimmter Parameter und Randbedingungen vom automatisierten System aufgenommen werden können.

Die Software soll dabei folgendes realisieren:

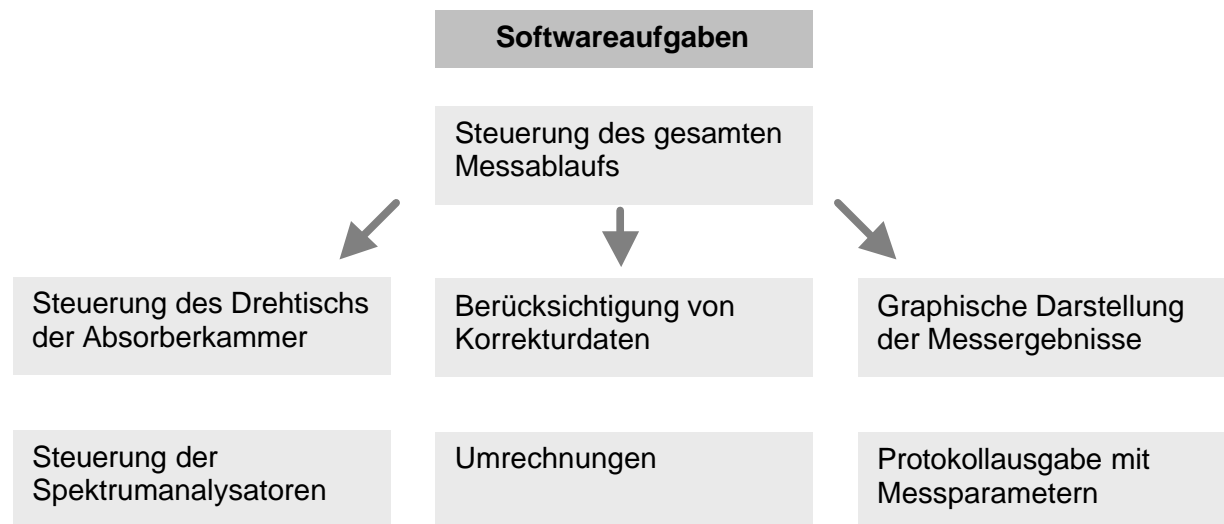


Abbildung 55: Übersicht über die zu realisierenden Softwareaufgaben

3.4.4 Software-Konzept im Einzelnen

Da mit der zu entwickelnden Software verschiedene Varianten des Messablaufs realisiert werden sollen, ist eine Unterteilung in mehrere Teilprogramme notwendig. Die Unterteilung erfolgt gemäß des Pflichtenheftes nach eigenen Vorgaben:

- a) Messung der maximalen Abstrahlung über eine vollständige Drehung (360°) des Prüfobjektes
- b) Messung der Abstrahlung in vier definierten Richtungen des Prüfobjektes (0°, 90°, 180°, 270°)
- c) Messung der Abstrahlung in Abhängigkeit vom Drehwinkel des Prüfobjektes (Zuordnung des jeweiligen Maximalwertes zum Drehwinkel)

Nachfolgend werden die einzelnen Teilprogramme näher erläutert.

- a) *Messung der maximalen Abstrahlung über eine vollständige Drehung (360°) des Prüfobjektes*

Es ist notwendig für Emissionsmessungen von Prüfobjekten, das Maximum der Abstrahlung zu erfassen. Nur wenn dieses Maximum die Prüfgrenze nicht überschreitet, gilt der Test als bestanden. Um das Maximum zu erfassen, muss die Emission des Prüfobjektes in allen Ausrichtungen gemessen werden.

Dazu ist eine Drehung des Prüfobjektes um 360° bei gleichzeitiger Messung der Emission und Registrierung des jeweiligen Maximalwertes notwendig.

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

Um das spezifische Abstrahlverhalten von Prüfobjekten zu untersuchen, ist eine Aufnahme von Emissionsspektren in vier definierten Positionen des Prüfobjektes sinnvoll. Dabei wird vorzugsweise einmal die frontale Abstrahlung (0° bzw. 360°), die Abstrahlung von einer Seite (90°), die Abstrahlung von der Rückseite (180°) und die Abstrahlung von der anderen Seite (270°) erfasst.

Bei den Prüfobjekten von Infineon Technologies handelt es sich um optische Transceiver, deren Sende- und Empfangseinheit teilweise räumlich voneinander getrennt sind. Durch die Messungen können wertvolle Erkenntnisse über die Hauptstörquellen innerhalb des Prüfobjektes gewonnen werden.

Zur Realisierung dieses Messablaufs muss die entsprechende Position vom Drehtisch angefahren werden, und das Emissionsspektrum aufgenommen werden. Um alle Störsignale zu erfassen, muss bei der Emissionsspektrenaufnahme der Frequenzbereich mehrmals durchlaufen werden (mehrere Sweeps).

c) Messung der Abstrahlung in Abhängigkeit vom Drehwinkel des Prüfobjektes (Zuordnung des jeweiligen Maximalwertes zum Drehwinkel)

Um herauszufinden, an welcher Position des Drehtisches und damit des Prüfobjektes, die größte Emission von Störstrahlung erfolgt, ist es sinnvoll, Emissionsspektren in jeder Position aufzunehmen und den Maximalwert dem jeweiligen Drehwinkel zuzuordnen. Als Ergebnis erhält man ein Diagramm, das ähnlich wie ein Antennendiagramm Aussagen über die Richtcharakteristik des Prüfobjektes als Störstrahler enthält.

Zur Realisierung dieses Messablaufs müssen während einer Umdrehung kontinuierlich Emissionsspektren aufgenommen werden und die ermittelten Maximalwerte der Störfeldstärke dem Drehwinkel zugeordnet werden.

Weitere detaillierte Angaben zu den einzelnen Funktionen, die durch die Software realisiert werden sollen, befinden sich im Pflichtenheft für die Software im **Anhang A**.