



(11) **EP 2 493 017 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**29.08.2012 Patentblatt 2012/35**

(51) Int Cl.:  
**H01Q 9/28<sup>(2006.01)</sup> H01Q 1/22<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **11156132.0**

(22) Anmeldetag: **28.02.2011**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**

(72) Erfinder: **Sulek, Ingo**  
**49078, Osnabrück (DE)**

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**  
**Patent- und Rechtsanwälte**  
**Partnerschaftsgesellschaft**  
**Bleichstraße 14**  
**40211 Düsseldorf (DE)**

(71) Anmelder: **Felix Schoeller Supply Chain Technologies GmbH & Co. KG**  
**49066 Osnabrück (DE)**

(54) **Verfahren zur Herstellung einer Antennenanordnung**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Antennenanordnung eines RFID Transponders gelöst, wobei das Verfahren umfasst: Bereitstellen einer Grundgeometrie der Antennenanordnung (1) mit zumindest einem anpassbaren geometrischen Antennenanordnungsparameter, wobei zumindest eine Leser-

eichweite des RFID Transponders von dem zumindest einen geometrischen Antennenanordnungsparameter abhängt. Bestimmen zumindest eines Materialparameters eines Hüllmaterials (24, 26), und Anpassen des zumindest einen geometrischen Antennenanordnungsparameter in Abhängigkeit des zumindest einen Materialparameters.

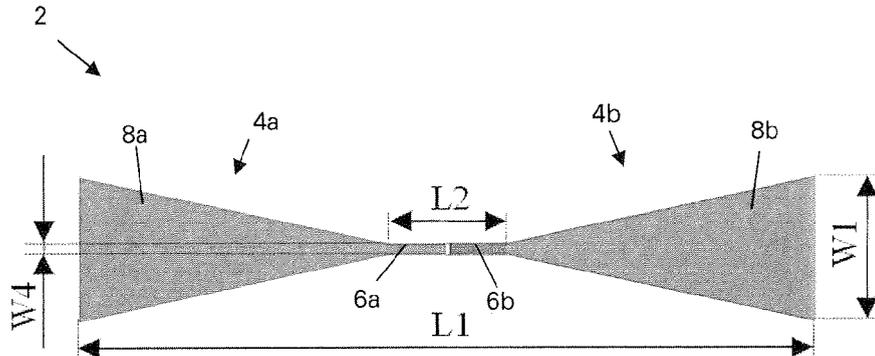


Fig. 1

**EP 2 493 017 A1**

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Antennenanordnung eines RFID Transponders. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein entsprechendes Computerprogramm und ein entsprechendes Computerprogrammprodukt.

**[0002]** In der heutigen Zeit können Gegenstände oder Personen mit einem so genannte Radio Frequency Identification (RFID) Transponder versehen werden, um die Gegenstände bzw. Personen zu identifizieren, zu überwachen oder dergleichen. Beispielsweise kann ein Objekt in einem Produktionsprozess mit einem RFID Transponder versehen werden, um den Weg des Objekts zu verfolgen. In dem RFID Transponder können beispielsweise Daten des Gegenstands bzw. der Person, wie Identifikationsdaten, Zugangsdaten, Passwörter oder Verlaufsdaten, gespeichert und insbesondere berührungslos ausgelesen werden.

**[0003]** Ein RFID Transponder weist zum Senden und Empfangen von Daten eine Antennenanordnung auf. Die Antennenanordnung kann zumindest eine Antenne und ein Anpassungsnetzwerk umfassen. Die Antenne und/oder das Anpassungsnetzwerk weisen hierfür eine bestimmte Geometrie auf, wobei unterschiedliche Antennenarten durch unterschiedliche Geometrien gekennzeichnet sind.

**[0004]** Ferner kann ein RFID Transponder eine mit der Antennenanordnung elektrisch verbindbare Schaltungsanordnung aufweisen. Die Schaltungsanordnung kann einen analogen Schaltkreis zum Empfangen und Senden (Transceiver) von Daten, einen digitalen Schaltkreis, wie einen Mikrocontroller, und eine Speichereinrichtung aufweisen.

**[0005]** Ein derartiger RFID Transponder kann in einem RFID Kommunikationssystem eingesetzt werden. Ein RFID Kommunikationssystem kann neben zumindest einem RFID Transponder zumindest eine Lese- und/oder Schreibeinrichtung umfassen. Die Lese- und/oder Schreibeinrichtung kann beispielsweise ein hochfrequentes elektromagnetisches Wechselfeld erzeugen. Gelangt der passive oder aktive RFID Transponder in dieses Feld, dann empfängt der RFID Transponder das Signal über die Antennenanordnung. Der RFID Transponder kann durch das empfangene elektromagnetische Wechselfeld aktiviert werden. Die in dem ausgesendeten Feld enthaltenen Informationen können decodiert werden. In Abhängigkeit der decodierten Informationen kann der RFID Transponder entsprechende Anweisung ausführen und beispielsweise Daten an die Lese- und/oder Schreibeinrichtung mittels der Antennenanordnung senden.

**[0006]** Ein Leistungskriterium eines RFID Transponders stellt hierbei die Lesereichweite dar. Die Lesereichweite hängt unter anderem von der Antennenanordnung und der eingesetzten Schaltungsanordnung ab. Ferner kann die Lesereichweite von der Nahumgebung des RFID Transponders abhängen. Um gute Lesereichweite zu erzielen, ist es gemäß dem Stand der Technik üblich, RFID Transponder an Außenbereiche der entsprechenden Gegenstände anzubringen, um eine Beeinflussung der Lesereichweite des RFID Transponders durch ein Hüllmaterial zu verhindern. So können beispielweise RFID Transponder erworben werden, die sich an einen Gegenstand ankleben lassen und eine hohe Lesereichweite aufweisen.

**[0007]** Problematisch bei den RFID Transponder des Stands der Technik ist jedoch, dass bei einer Anbringung an eine Außenseite eines Objekts die Gefahr einer mechanischen Zerstörung des RFID Transponders besteht. Der RFID Transponder liegt in der Regel ungeschützt an einer Außenseite an und kann daher leicht durch Stöße oder dergleichen beschädigt werden. Darüber hinaus tritt bei Verbrauchsmaterialien das Problem auf, dass eine Überwachung des Materials bis zum endgültigen Verbrauch oder bis zur Entsorgung nicht möglich ist, denn eine Anbringung an einer Außenseite, wie der Verpackung des Verbrauchsmaterials, führt dazu, dass schon vor dem kompletten Verbrauch des Verbrauchsmaterials der RFID Transponder nicht mehr am Objekt angebracht ist und somit eine Überwachung des Objekts nicht mehr möglich ist.

**[0008]** Aus der US 7 323 977 B2 sind ferner Transponder bekannt, die eine Anpassung des Betriebsfrequenzbands erlauben. Die US 7 323 977 B2 offenbart insbesondere einen Transponder mit einer Antennenanordnung und mit einem mit der Antennenanordnung verbindbaren integrierten Schaltkreis. Um das Betriebsfrequenzband des Transponders an unterschiedliche Vorgaben von geographischen Regionen anzupassen (z.B. USA, Europa, Japan), ist es möglich, den Transponder mit Hilfe von zusätzlichen parasitären Elementen abzustimmen, die in einem variablen Abstand zur Antenne angeordnet werden können.

**[0009]** Nachteilig hieran ist zum einen, dass eine Anpassung der Antenne lediglich zur Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben unterschiedlicher Regionen erfolgt. Eine Anpassung an unterschiedliche Hüllmaterialien erfolgt nicht, so dass die Lesereichweite bei einer Einbettung eines entsprechenden Transponders in ein Gewebe signifikant verringert ist. Darüber hinaus ist es zum anderen erforderlich, für eine Anpassung der Antenne zusätzliche Elemente vorzusehen. Neben dem zusätzlichen Raumbedarf für die zusätzlichen parasitären Elemente ist die Abstimmungsmöglichkeit bei einer derartigen Anordnung begrenzt, aufwendig und unflexibel.

**[0010]** Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung einer Antennenanordnung für einen RFID Transponder zur Verfügung zu stellen, welches in einfacher Weise eine Anpassung der Antennenanordnung an unterschiedliche Hüllmaterialien und die üblichen Schwankungen von deren Materialparameter erlaubt. Aufgabe der Erfindung ist es ferner, eine breitbandige Lesereichweite und eine Reduzierung der geometrischen Abmessungen des eingebetteten RFID Transponders zu erzielen.

5 [0011] Die zuvor hergeleitete und aufgezeigte Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung durch ein Verfahren zur Herstellung einer Antennenanordnung eines RFID Transponders gelöst, wobei das Verfahren umfasst: Bereitstellen einer Grundgeometrie der Antennenanordnung mit zumindest einem anpassbaren geometrischen Antennenanordnungsparameter, wobei zumindest eine Lesereichweite des RFID Transponders von dem zumindest einen geometrischen Antennenanordnungsparameter abhängt, Bestimmen zumindest eines Materialparameters eines Hüllmaterials, und Anpassen des zumindest einen geometrischen Antennenanordnungsparameter in Abhängigkeit des zumindest einen Materialparameters.

10 [0012] Im Gegensatz zum Stand der Technik werden für eine Abstimmung erfindungsgemäß keine zusätzliche Elemente angeordnet, um gesetzliche Vorgaben unterschiedlicher geographischer Regionen zu erfüllen, sondern es wird zumindest ein geometrischer Antennenanordnungsparameter angepasst, um die Lesereichweite in Abhängigkeit eines Materialparameters eines Hüllmaterials zu optimieren. Es kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass der zumindest eine geometrische Antennenanordnungsparameter in Abhängigkeit des zumindest einen Materialparameters derart angepasst wird, dass die Lesereichweite der Antennenanordnung optimiert, insbesondere erhöht wird.

15 [0013] In einem ersten Schritt kann eine Grundgeometrie, also eine geometrische Standardform oder Grundform, einer Antennenanordnung bereitgestellt werden. Diese Grundgeometrie kann eindimensional als "Faden", zweidimensional als "Fläche" oder dreidimensional als "Körper" auftreten. Die Grundgeometrie der Antennenanordnung wird durch geometrische Antennenanordnungsparameter, wie die Form, Länge, Höhe, Breite, Dicke oder Abstand zweier Abschnitte, bestimmt. Zumindest einer dieser geometrischen Antennenanordnungsparameter kann anpassbar, also variabel bzw. einstellbar sein. Mit anderen Worten kann zumindest ein Antennenanordnungsparameter bei der Herstellung der Antennenanordnung zur Abstimmung der Antennenanordnung geändert werden. Es versteht sich, dass der zumindest eine anpassbare Antennenanordnungsparameter im Spezialfall bei einer Anpassung auch unverändert bleiben kann.

20 [0014] Gemäß der Erfindung wird die Antennenanordnung hinsichtlich eines Hüllmaterials optimiert, mit dem zumindest die Antennenanordnung, insbesondere der gesamte RFID Transponder umgeben bzw. von dem die Antennenanordnung umschlossen wird. Bei dem Hüllmaterial kann es sich beispielsweise um das zu überwachende Objekt selber handeln.

25 So kann die Antennenanordnung, insbesondere der gesamte RFID Transponder, in einem Hüllmaterial eingebettet sein. Bevorzugt kann es sich bei dem Hüllmaterial um ein nicht metallisches Festkörpermateriale, wie Faserstoffe, Pressstoffe, Gummiwerkstoffe, organische Isolierstoffe, Vergussmassen, Füllmassen oder tierisches Gewebe, oder um eine Flüssigkeit, jedoch nicht um gasförmige Stoffe, wie Luft, handeln. Durch eine Einbettung in ein Hüllmaterial kann zum einen die Gefahr einer mechanischen Zerstörung reduziert werden. Wird der RFID Transponder in ein Verbrauchsmaterial eingebettet, so kann ferner eine Überwachung des Verbrauchsmaterials bis zur Entsorgung ermöglicht werden.

30 [0015] Es ist erkannt worden, dass die Hüllmaterialien die Lesereichweite von gebräuchlichen Antennenanordnungen bzw. herkömmlichen RFID Transponder reduzieren. Ferner ist erkannt worden, dass eine Lesereichweite durch eine Änderung der geometrischen Struktur, insbesondere zumindest eines geometrischen Parameters der Antennenanordnung, optimiert, also erhöht werden kann. Hierfür wird insbesondere der zumindest eine geometrische Antennenanordnungsparameter in Abhängigkeit von zumindest einem ermittelten Materialparameter des Hüllmaterials angepasst. Beispielsweise kann ein Längenparameter erhöht werden, gekürzt werden oder im Spezialfall (wenn bereits ein optimaler Antennenanordnungsparameterwert für das Hüllmaterial vorliegt) gleich bleiben. In ähnlicher Weise können gemäß anderen erfindungsgemäßen Varianten andere Antennenanordnungsparameter angepasst werden.

35 [0016] Bei dem Materialparameter kann es sich insbesondere um einen Parameter handeln, der die Ausbreitungsgeschwindigkeit von elektromagnetischen Wellen beeinflusst.

40 [0017] Es versteht sich, dass gemäß anderen Varianten der Erfindung auch zwei oder mehr Antennenanordnungsparameter anpassbar sein können und/oder zwei oder mehr Materialparameter berücksichtigt werden können.

[0018] Erfindungsgemäß wird in einfacher Weise eine Antennenanordnung für ein Hüllmaterial individuell zumindest hinsichtlich der Lesereichweite angepasst.

45 [0019] Gemäß einer ersten Ausführungsform des Verfahrens der Erfindung kann die Grundgeometrie der Antennenanordnung eine Antenne umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann die Grundgeometrie der Antennenanordnung ein Anpassungsnetzwerk umfassen. Insbesondere kann eine Grundgeometrie ein mit der Antenne elektrisch verbundenes Anpassungsnetzwerk umfassen.

50 [0020] Der zumindest eine geometrisch anpassbare Antennenanordnungsparameter kann ein geometrischer Parameter der Antenne oder ein geometrischer Parameter des Anpassungsnetzwerks sein. Dies erhöht die Anzahl an möglichen anpassbaren Antennenanordnungsparametern, aus denen geeignete ausgewählt werden können. Es versteht sich, dass die Antennenanordnung auch mehr als eine Antenne umfassen kann.

55 [0021] Grundsätzlich können beliebige Grundgeometrien von Antennen und/oder Anpassungsnetzwerken bereitgestellt werden. Gemäß einer Ausführungsform kann die Antenne eine Dipolantenne, insbesondere eine Bowtie-Antenne, sein. Dipolantennen eignen sich aufgrund ihres einfachen Aufbaus und Betriebsweise in besonders vorteilhafter Weise als Antennen für RFID Transponder. Grundsätzlich ist die Verwendung einer Vielzahl von unterschiedlichen Dipolantennen, wie einer planaren log.-periodischen Antenne, einer Vivaldi Antenne, einer Spiralantenne oder einer differentiellen elliptischen Antenne für eine (breitbandige) Antenne möglich. Für den Einsatz als breitbandige Antenne eines RFID

Transponders ist eine Bowtie-Antenne besonders geeignet. Eine Bowtie-Antenne ist skalierbar und kann in unterschiedlichen Frequenzbereichen betrieben werden. Darüber hinaus weist sie im Vergleich zu anderen Dipolantenne eine vergleichsweise einfache Geometrie auf, die besonders einfach angepasst werden kann.

**[0022]** Ferner kann das Anpassungsnetzwerk ein T-Anpassungsnetzwerk sein. Bei einem T-Anpassungsnetzwerk kann es sich insbesondere um ein angepasstes T-Anpassungsnetzwerk handeln. Ein angepasstes T-Anpassungsnetzwerk kann einen Kopplungsabschnitt zur elektrischen Kopplung mit einer Antenne und zwei Schenkel bzw. zwei Verbindungsleiter zum elektrischen Verbinden mit einer Schaltungsanordnung aufweisen. Zwischen den Schenkeln und dem Kopplungsabschnitt kann beispielsweise ein Verbindungsabschnitt vorgesehen sein. Hierbei kann das T-Anpassungsnetzwerk achsensymmetrisch gebildet sein. Ein T-Anpassungsnetzwerk zeichnet sich neben der symmetrischen Ausbildung durch einen einfachen geometrischen Aufbau aus. Dieser Aufbau bringt den Vorteil mit sich, dass eine Anpassung geometrischer Parameter in einfacher Weise möglich ist.

**[0023]** Wie bereits beschrieben wurde, wird gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Materialparameter eines Hüllmaterials bestimmt, welcher z.B. die Ausbreitung der abgestrahlten elektromagnetischen Welle beeinflussen kann. Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann der zumindest eine Materialparameter des Hüllmaterials eine relative Permittivität des Hüllmaterials oder eine relative Permeabilität des Hüllmaterials oder eine Materialstärke des Hüllmaterials sein. Diese Materialparameter hängen (unmittelbar) mit der Lesereichweite einer Antennenanordnung und dessen geometrischen Maßen zusammen. Diese Materialparameter sind daher besonders geeignet, bei einer Anpassung der Geometrie der Antennenanordnung berücksichtigt zu werden, um die Lesereichweite der Antennenanordnung bzw. des RFID Transponders zu optimieren. Es versteht sich, dass auch zwei oder sämtliche Materialparameter bestimmt werden können.

**[0024]** Die Bestimmung des zumindest einen Materialparameters kann auf verschiedene Weise durchgeführt werden. So können entsprechende Werte bereits aus Tabellen des Stands der Technik bekannt sein. Bei diesen Angaben handelt es sich jedoch in der Regel um ungenaue Angaben, die unabhängig von der exakten Ausgestaltung des Hüllmaterials bestimmt wurden. Für eine präzisere Bestimmung kann gemäß einer Ausführungsform der Erfindung der zumindest eine Materialparameter des Hüllmaterials messtechnisch bestimmt werden. Alternativ oder zusätzlich kann der Materialparameter rechnerisch bestimmt werden. Neben einer reinen messtechnischen Bestimmung ist auch möglich, die Materialparameter teilweise zu messen und die fehlenden Materialparameter durch eine Simulationsrechnung zu ermitteln.

**[0025]** Ferner kann das Anpassen des zumindest einen geometrischen Antennenanordnungsparameters in Abhängigkeit eines Transmissionskoeffizienten der Antennenanordnung durchgeführt werden. Der Transmissionskoeffizient stellt insbesondere das Verhältnis zwischen der Intensität der elektromagnetischen Wellen vor der Schaltungsanordnung, wie einem RFID Chip (Ende des Anpassungsnetzwerks), und dem Inneren der Schaltungsanordnung dar. Es sei angemerkt, dass die an einem Übergang zwischen Luft und Hüllmaterial auftretenden Reflexionen bei geringen Permittivitätswerten im Allgemeinen vernachlässigt werden können. Der Transmissionskoeffizient ist somit ein Maß für "durchgelassene" Intensität und nimmt Werte zwischen 0 und 1 an. Die Lesereichweite einer Antenne hängt von dem Transmissionskoeffizienten (unmittelbar) ab. Der Transmissionskoeffizient sollte bevorzugt maximiert werden. Die Abhängigkeit des Transmissionskoeffizienten von dem Hüllmaterial kann beispielsweise durch einen Materialparameter, wie der relativen Permittivität des Hüllmaterials oder der relativen Permeabilität des Hüllmaterials oder der Materialstärke des Hüllmaterials verändert werden. Eine Anpassung der Geometrie der Antennenanordnung in Abhängigkeit des Transmissionskoeffizienten der Antennenanordnung führt zu einer besonders guten Anpassung zwischen der Antenne und dem RFID-Chip und somit einer Erhöhung der Lesereichweite.

**[0026]** Bevorzugt kann gemäß einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform zumindest eine Ausgangsimpedanz einer mit der Antennenanordnung elektrisch verbindbaren Schaltungsanordnung ermittelt werden. Beispielsweise kann die frequenzabhängige und intensitätsabhängige Ausgangsimpedanz gemessen werden. So kann mittels eines Netzwerkanalysators, bei Berücksichtigung des Protokolls der Luftschnittstelle, die Ausgangsimpedanz bestimmt werden. Alternativ kann der Wert der Ausgangsimpedanz auch aus einer Tabelle oder einem Datenblatt der Schaltungsanordnung ausgelesen werden. Bei der Schaltungsanordnung kann es sich um einen integrierten Schaltkreis handeln, wie einem RFID Chip.

**[0027]** Darüber hinaus kann der zumindest eine geometrische Antennenanordnungsparameter gemäß einer weiteren Ausführungsform derart angepasst werden, dass eine komplexe Impedanz der Antennenanordnung zumindest in einem vorgebbaren Frequenzbereich im Wesentlichen mit der konjugiert komplexen Ausgangsimpedanz der Schaltungsanordnung übereinstimmt. Der Transmissionskoeffizient der Antennenanordnung hängt von der Impedanz der Antennenanordnung, insbesondere der Antennenimpedanz, und der Impedanz der Schaltungsanordnung ab. Eine Übereinstimmung der komplexen Impedanz der Antennenanordnung mit der konjugiert komplexen Ausgangsimpedanz der Schaltungsanordnung führt in einfacher Weise zu einer Maximierung des Transmissionskoeffizienten. Dies erhöht wiederum die Lesereichweite der Antennenanordnung bzw. des RFID Transponders.

**[0028]** Grundsätzlich kann der zumindest eine geometrische Antennenanordnungsparameter zur Einstellung einer Vielzahl an Antennenparametern genutzt werden. Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung kann der zumindest

eine Antennenanordnungsparameter zur Einstellung einer Resonanzfrequenz der Antennenanordnung, die sich aufgrund eines Hüllmaterials ändern kann, angepasst werden. Die Resonanzfrequenz kann in Abhängigkeit des Hüllmaterials durch den zumindest einen geometrischen Antennenanordnungsparameter optimiert werden.

**[0029]** Alternativ oder zusätzlich kann der zumindest eine Antennenanordnungsparameter zur Einstellung eines Imaginärteils der komplexen Impedanz der Antennenanordnung angepasst werden. Auch der Imaginärteil kann durch das Hüllmaterial beeinflusst werden. Beispielsweise kann der Antennenanordnungsparameter derart geändert werden, dass der Imaginärteil der komplexen Impedanz der Antennenanordnung mit dem Imaginärteil der Ausgangsimpedanz der Schaltungsanordnung mit umgekehrten Vorzeichen übereinstimmt.

**[0030]** Darüber hinaus kann alternativ oder zusätzlich der zumindest eine Antennenanordnungsparameter zur Einstellung eines Realteils der komplexen Impedanz der Antennenanordnung angepasst werden. Auch der Realteil kann durch das Hüllmaterial beeinflusst werden. Insbesondere kann mittels des Antennenanordnungsparameters der Realteil der komplexen Impedanz der Antennenanordnung derart eingestellt werden, dass dieser mit dem Realteil der Ausgangsimpedanz der Schaltungsanordnung übereinstimmt.

**[0031]** Ferner kann alternativ oder zusätzlich der zumindest eine Antennenanordnungsparameter zur Einstellung einer Amplitude des Realteils der komplexen Impedanz der Antennenanordnung angepasst werden. Dies ermöglicht insbesondere eine Feinjustierung des Realteils.

**[0032]** Es ist erkannt worden, dass insbesondere bei einem angepassten und modifizierten T-Anpassungsnetzwerk, welches einen Kopplungsabschnitt und ein Verbindungsabschnitt umfasst, mittels einer Veränderung des Abstands zwischen einem Mittelpunkt des Kopplungsabschnitts des Anpassungsnetzwerks und einem Mittelpunkt des Verbindungsabschnitts des Anpassungsnetzwerks der Realteil angepasst werden kann. Es sei angemerkt, dass dieser Antennenanordnungsparameter nur bei einem modifizierten T-Anpassungsnetzwerk existiert, welches einen Kopplungsabschnitt und einen Verbindungsabschnitt umfasst. Bei herkömmlichen angepassten Anpassungsnetzwerken existiert dieser Parameter nicht. Insbesondere ändert sich durch eine Änderung von diesem Antennenanordnungsparameter (nur) der Realteil, während der Imaginärteil insbesondere über einen weiten Frequenzbereich nahezu unverändert bleibt.

**[0033]** Des Weiteren kann alternativ oder zusätzlich der zumindest eine Antennenanordnungsparameter zur Einstellung einer Reaktanz der komplexen Impedanz der Antennenanordnung angepasst werden.

**[0034]** Es können wesentliche Antennenparameter der Antennenanordnung durch eine entsprechende Anpassung eines oder mehrerer geometrischer Antennenanordnungsparameter an Materialparameter des Hüllmaterial in einfacher Weise eingestellt und optimiert werden.

**[0035]** Darüber hinaus kann grundsätzlich eine Vielzahl an geometrischen Antennenanordnungsparametern anpassbar gebildet werden. Für eine Optimierung der Lesereichweite einer Bowtie-Antenne kann gemäß einer Ausführungsform in vorteilhafter Weise der zumindest eine Antennenanordnungsparameter eine Länge der Bowtie-Antenne sein. Beispielsweise kann in einem ersten Abstimmungsschritt diese Länge angepasst werden. Durch eine Änderung der Länge der Bowtie-Antenne kann beispielsweise die Resonanzfrequenz der Antennenanordnung hinsichtlich des Hüllmaterials angepasst werden.

**[0036]** Alternativ oder zusätzlich kann ferner gemäß einer weiteren Ausführungsform ein Abstand zwischen einem äußersten Punkt eines Schenkels des Anpassungsnetzwerks und einer Symmetrieachse der Antennenanordnung angepasst werden.

**[0037]** Beispielsweise kann dieser geometrische Antennenanordnungsparameter (nach dem ersten Schritt) in einem zweiten Schritt in Abhängigkeit des zumindest einen Materialparameters angepasst werden. Beispielsweise kann durch eine geometrische Änderung des Abstands zwischen dem äußersten Punkt eines Schenkels des Anpassungsnetzwerks und der Symmetrieachse der Antennenanordnung ein Imaginärteil der komplexen Impedanz der Antennenanordnung angepasst werden.

**[0038]** Darüber hinaus kann gemäß einer weiteren Ausführungsform alternativ oder zusätzlich vorgesehen sein, dass der Antennenanordnungsparameter eine Länge eines Verbindungsabschnitts des Anpassungsnetzwerks ist. Vorzugsweise kann dieser Parameter (nach dem zweiten Schritt) in einem dritten Schritt angepasst werden. So kann durch eine Änderung der Länge des Verbindungsabschnitts beispielsweise eine (grobe) Anpassung des Realteils der Impedanz der Antennenanordnung erfolgen.

**[0039]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann ein Antennenanordnungsparameter ein Abstand zwischen einem Mittelpunkt eines Kopplungsabschnitts des Anpassungsnetzwerks und einem Mittelpunkt des Verbindungsabschnitts des Anpassungsnetzwerks sein. Die beiden Mittelpunkte können aufgrund der achsensymmetrischen Ausgestaltung der Antennenanordnung auf der Symmetrieachse der Antennenanordnung liegen. Vorzugsweise kann dieser Antennenanordnungsparameter (nach dem dritten Schritt) in einem vierten Schritt angepasst werden. Beispielsweise kann durch eine Änderung des Abstands zwischen dem Mittelpunkt des Kopplungsabschnitts des Anpassungsnetzwerks und dem Mittelpunkt des Verbindungsabschnitts des Anpassungsnetzwerks der Realteil der Antennenimpedanz in seiner Amplitude eingestellt werden. Diese Eigenschaft des Anpassungsnetzwerks ermöglicht die nahezu unabhängige Beeinflussung des Realteils der Antennenimpedanz, ohne die Reaktanz der Antenne (stark) zu beeinflussen. Insbesondere ist eine Feinabstimmung des Realteils der Antennenimpedanz möglich.

**[0040]** Der Antennenanordnungsparameter kann gemäß einer weiteren Ausführungsform ein Durchmesser eines Schenkels des Anpassungsnetzwerks sein. In einem fünften Schritt (nach dem vierten Schritt) kann beispielsweise durch eine Änderung des Durchmessers der Schenkel, also der Breite der Anschlussleitungen der Schaltungsanordnung, die Reaktanz der Antenne bei geringer Beeinflussung des Realteils der Antennenimpedanz verändert werden.

**[0041]** Bevorzugt können gemäß einer Ausführungsform die zuvor genannten Antennenanordnungsparameter in serieller Abfolge verändert werden. Hierdurch kann eine besonders gute Anpassung der Antennenanordnung an ein Hüllmaterial erzielt werden. Es versteht sich, dass gemäß anderen Varianten der Erfindung weitere oder andere Antennenanordnungsparameter angepasst werden können und die einzelnen Schritte auch in einer anderen Reihenfolge durchgeführt werden können.

**[0042]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann eine Antennenanordnung mit zumindest einem angepassten Antennenanordnungsparameter erzeugt werden. Beispielsweise können die geometrischen Daten der angepassten Antennenanordnung von einer Datenverarbeitungsanlage (unmittelbar) an eine Einrichtung zur Herstellung von Antennenanordnungen weitergeleitet werden. Diese kann entsprechend den erhaltenen geometrischen Daten eine Antennenanordnung beispielsweise durch Bedrucken eines Substrats herstellen. Es kann eine Antennenanordnung erzeugt werden, die für den Einsatz in einem bestimmten Hüllmaterial besonders geeignet ist.

**[0043]** Die Aufgabe wird gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung gelöst durch ein Computerprogramm mit Instruktionen ausführbar auf einem Prozessor derart, dass eine Antennenanordnung mittels des zuvor beschriebenen hergestellt wird.

**[0044]** Ferner wird die Aufgabe gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung gelöst durch ein Computerprogrammprodukt umfassend ein Computerprogramm mit Instruktionen ausführbar auf einem Prozessor derart, dass eine Antennenanordnung mittels des zuvor beschriebenen Verfahrens hergestellt wird.

**[0045]** Es gibt nun eine Vielzahl von Möglichkeiten, das erfindungsgemäße Verfahren, das erfindungsgemäße Computerprogramm und das erfindungsgemäße

**[0046]** Computerprogrammprodukt auszugestalten und weiterzubilden. Hierzu sei einerseits verwiesen auf die dem Hauptanspruch nachgeordneten Patentansprüche, andererseits auf die Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer Grundgeometrie einer Antenne gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer Grundgeometrie eines Anpassungsnetzwerks gemäß der vorliegenden Erfindung für die Grundgeometrie einer Antenne gemäß Figur 1;

Fig. 3 eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer Grundgeometrie einer Antennenanordnung mit der Grundgeometrie einer Antenne gemäß Figur 1 und der Grundgeometrie eines Anpassungsnetzwerks gemäß Figur 2;

Figur 4 ein Flussdiagramm eines ersten Ausführungsbeispiels eines Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung;

Figur 5 eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer Antennenanordnung angebracht an einer Papphülse; und

Figur 6 ein Flussdiagramm eines zweiten Ausführungsbeispiels eines Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung.

**[0047]** Nachfolgend wird das Verfahren gemäß der Erfindung an einem Beispiel einer Bowtie-Antenne mit einem geeigneten Anpassungsnetzwerk erläutert, welche für den Einsatz in einem Hüllmaterial optimiert werden soll. Es versteht sich, dass das Verfahren gemäß der Erfindung in entsprechender Weise bei anderen Antennenarten und anderen Anpassungsnetzwerken angewendet werden kann. Insbesondere kann durch eine gezielte Einbettung eines RFID Transponders in ein Hüllmaterial eine geometrisch verkleinerte, breitbandige und resonante Antennenstruktur realisiert werden.

**[0048]** Figur 1 zeigt eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer Antennengrundgeometrie gemäß der vorliegenden Erfindung. Bei dem abgebildeten

**[0049]** Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine Bowtie-AntennenGrundgeometrie 2. Eine Bowtie-Antenne 2 ist eine Dipolantenne 2 mit zwei leitfähigen geteilten Polabschnitten 4a und 4b. Die Polabschnitte 4a und 4b können insbesondere (achsen)symmetrisch zueinander gebildet sein. Eine Bowtie-Antenne 2 weist den Vorteil auf, dass aufgrund der relativ einfach gehaltenen und robusten Geometrie hohe Fertigungstoleranzen zu gelassen werden können. Hierdurch kann die Produktionsrate beispielsweise aufgrund eines schnelleren Druckvorgangs gesteigert werden.

**[0050]** Ein Polabschnitt 4a, 4b der dargestellten Bowtie-Antenne 2 umfasst einen ersten Abschnitt 6a, 6b. Der erste Abschnitt 6a, 6b kann eine im Wesentlichen rechteckförmige Form mit einer Breite  $W_4$  aufweisen. An diesen ersten

Abschnitt 6a, 6b kann sich ein zweiter Abschnitt 8a, 8b anschließen. Der zweite Abschnitt 8a, 8b kann im Wesentlichen durch ein gleichschenkliges Trapez gebildet werden. Hierbei kann die kürzere Seite der beiden parallelen Seiten des gleichschenkligen Trapezes eine Länge  $W_4$  entsprechend der Breite  $W_4$  des ersten Abschnitts 6a, 6b aufweisen.

**[0051]** Die dargestellte Antennengrundgeometrie kann eine Länge  $L_1$  aufweisen. Hierbei ist unter der Länge  $L_1$  die Strecke von einem äußeren Ende eines zweiten Abschnitts 8a zum gegenüberliegenden äußeren Ende des anderen zweiten Abschnitts 8b zu verstehen. Ferner ist die Strecke zwischen einem äußeren Ende eines ersten Abschnitts 6a zum gegenüberliegenden äußeren Ende des anderen ersten Abschnitts 6b mit  $L_2$  bezeichnet.

**[0052]** In Figur 2 ist ein Ausführungsbeispiel einer Grundgeometrie eines Anpassungsnetzwerks 10 dargestellt, welche für die Bowtie-Antenne 2 gemäß Figur 1 geeignet ist. Bei dem abgebildeten Anpassungsnetzwerk 10 handelt es sich um ein angepasstes und modifiziertes T-Anpassungsnetzwerk. Wie nachfolgend noch näher erläutert wird, zeichnet sich ein solches modifiziertes T-Anpassungsnetzwerk insbesondere durch den Antennenanordnungsparameter  $M_2$  aus.

**[0053]** Zunächst kann der Figur 2 entnommen werden, dass das Anpassungsnetzwerk 10 achsensymmetrisch um eine Symmetrieachse 22 gebildet ist.

**[0054]** Das Anpassungsnetzwerk 10 umfasst einen Kopplungsabschnitt 12. Dieser Kopplungsabschnitt 12 dient zur elektrischen Kopplung des Anpassungsnetzwerks 10 mit der Antenne 2. Insbesondere kann der Kopplungsabschnitt 12 an den ersten Abschnitten 6a, 6b der Bowtie-Antenne 2 angebracht werden. Der Kopplungsabschnitt 12 kann rechteckförmig sein und zu den ersten Abschnitten 6a, 6b der Antenne 2 korrespondieren. Hierbei kann die Breite  $W_4$  des Kopplungsabschnitts 12 im Wesentlichen der Breite  $W_4$  der ersten Abschnitte 6a, 6b der geteilten Polabschnitte 4a und 4b entsprechen.

**[0055]** An den Kopplungsabschnitt 12 kann ein Verbindungsabschnitt 14 angeordnet sein. Von dem Verbindungsabschnitt 14 aus können sich zwei Schenkel 16a und 16b bzw. Verbindungsleitungen 16a und 16b erstrecken. Der Verbindungsabschnitt 14 kann als Übergangsbereich zwischen den Schenkeln 16a, 16b und dem Kopplungsbereich 12 fungieren. Der Verbindungsabschnitt 14 weist eine Länge  $M_1$  auf. Hierbei ist die Länge  $M_1$  der Abstand zwischen den Anfängen der beiden Verbindungsleitungen 16a, 16b. Ferner ist der Mittelpunkt des Verbindungsabschnitts 14, welcher auf der Symmetrieachse 22 liegt, von dem Mittelpunkt des Kopplungsabschnitts 12, welcher ebenfalls auf der Symmetrieachse 22 liegt, mit einem Abstand  $M_2$  beabstandet.

**[0056]** Die Schenkel 16a, 16b sind im Wesentlichen achsensymmetrisch zueinander. Ein Schenkel 16a, 16b kann in einen ersten mit dem Verbindungsabschnitt 14 verbundenen Abschnitt 18a, 18b und einen zweiten Abschnitt 20a, 20b unterteilt werden. Der Schenkel 16a, 16b weist im Wesentlichen über seine gesamte Länge einen im Wesentlichen gleichbleibenden Durchmesser  $MD$  auf. Der erste Abschnitt 18a, 18b erstreckt sich leicht bogenförmig zur Längsrichtung der Symmetrieachse 22 um eine Strecke  $M_3$ .

**[0057]** An diesen ersten Abschnitt 18a, 18b schließt sich ein zweiter Abschnitt 20a, 20b an. Nach einer im Wesentlichen  $90^\circ$  Biegung innerhalb einer Strecke  $M_5$  erstreckt sich der zweite Abschnitt 20a, 20b in Richtung der Symmetrieachse 22. Mit anderen Worten weisen die Enden der Schenkel 16a, 16b jeweils in Richtung der Symmetrieachse 22 und liegen sich gegenüber.

**[0058]** Der Abstand des äußersten Punkts eines Schenkels 16a, 16b (vorliegend wird von der Mittellinie eines Schenkels ausgegangen) zur Symmetrieachse 22 ist mit  $M_4$  bezeichnet. Die Enden der Schenkel 16a, 16b sind mit einer Entfernung von  $MD_{ICY}$  von einander beabstandet. Zwischen diesen Enden kann eine Schaltungsanordnung (nicht dargestellt), wie ein integrierter Schaltkreis, angeordnet werden. Die Schaltungsanordnung kann elektrisch mit den Enden der Schenkel 16a, 16b verbunden werden. Dann kann über die Antennenanordnung in gewünschter Weise ein elektromagnetisches Feld abgestrahlt werden.

**[0059]** Figur 3 zeigt eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer Grundgeometrie einer Antennenanordnung 1 mit der Grundgeometrie einer Antenne gemäß Figur 1 und der Grundgeometrie eines Anpassungsnetzwerks gemäß Figur 2.

**[0060]** Es ist erkannt worden, dass die Lesereichweite einer derartigen Antennenanordnung 1 von einem (nicht leitfähigen) Hüllmaterial, mit welchem die Antennenanordnung umgeben sein kann, abhängt. Ein RFID Transponder kann z.B. von einem Feststoffmaterial oder einem flüssigen Material vollständig umgeben sein, wobei dieses Hüllmaterial das Nahfeld der Antennenanordnung beeinflusst und insbesondere die

**[0061]** Lesereichweite reduziert. Es versteht sich, dass zwischen dem Hüllmaterial und dem RFID Transponder zumindest teilweise ein Luftspalt vorhanden sein kann. Beispielsweise kann es sich bei dem Hüllmaterial um Faserstoffe, Pressstoffe, Gummiwerkstoffe, organische Isolierstoffe, Vergussmassen, Füllmassen oder tierisches Gewebe, handeln. Es versteht sich, dass ein RFID Transponder von verschiedenen Materialarten umgeben sein kann. Beispielsweise kann die eine Seite des RFID Transponders von einem ersten Hüllmaterial abgedeckt und die zweite Seite des RFID Transponders von einem anderen Hüllmaterial abgedeckt sein.

**[0062]** Figur 4 offenbart ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung zur Herstellung einer Antennenanordnung, die hinsichtlich des Hüllmaterials zur Optimierung der Lesereichweite geometrisch angepasst ist. Dieses Verfahren kann beispielsweise mittels einer geeigneten Datenverarbeitungsanlage, die entsprechende Mittel zur Ausführung der einzelnen Verfahrensschritte aufweist, durchgeführt werden.

**[0063]** In einem ersten Schritt 401 wird eine Grundgeometrie einer Antennenanordnung 1 mit zumindest einem einstellbaren bzw. anpassbaren geometrischen Antennenanordnungsparameter bereitgestellt. Beispielsweise kann eine Grundgeometrie einer Bowtie-Antenne 2 mit einem geeigneten Anpassungsnetzwerk 10 entsprechend den Figuren 1 bis 3 bereitgestellt werden. Es versteht sich, dass auch andere Grundgeometrien von Antennenanordnungen für RFID Transponder bereitgestellt werden können. Die Bowtie-Antenne 2 ist insbesondere für einen Ultra-High-Frequency (UHF) RFID Transponder geeignet (860 MHz bis 960 MHz).

**[0064]** Wie bereits beschrieben wurde, weist die Grundgeometrie zumindest einen einstellbaren, also anpassbaren, geometrischen Antennenanordnungsparameter auf. Grundsätzlich kann jeder der in den Figuren 1 bis 2 dargestellten geometrischen Parameter herangezogen werden. Dieser zumindest eine einstellbare geometrische Antennenanordnungsparameter sollte dazu geeignet sein, zumindest die Lesereichweite zu beeinflussen, insbesondere zu optimieren.

**[0065]** In einem nächsten Schritt 402 wird zumindest ein Materialparameter eines Hüllmaterials, welches den RFID Transponder umgeben wird, bestimmt. Beispielsweise können eine relative Permittivität und/oder eine relative Permeabilität und/oder eine Materialstärke, mit der das Hüllmaterial den RFID Transponder umgeben wird, bestimmt werden. Grundsätzlich lassen sich die Materialparameter rechnerisch oder messtechnisch oder aus einer zuvor gespeicherten Tabelle, die die entsprechenden Werte aufweist, ermitteln.

**[0066]** Bevorzugt kann zumindest die relative komplexe Permittivität bestimmt werden. Die relative komplexe Permittivität, die auch komplexe, frequenzabhängige Dielektrizitätszahl genannt wird, ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$\underline{\varepsilon} = \varepsilon'_r - j\varepsilon''_r = \varepsilon'_r - j\varepsilon'_r \cdot \tan \delta , \quad (1)$$

wobei  $\varepsilon'_r$  der Realteil der relativen Permittivität,  $\varepsilon''_r$  der Imaginärteil der relativen Permittivität und  $\tan \delta$  der dielektrische Verlustfaktor ist. Die relative komplexe Permittivität von Hüllmaterialien kann beispielsweise durch so genannte Resonanzmethoden messtechnisch ermittelt werden.

**[0067]** Zusätzlich kann in dem Schritt 402 optional eine (komplexe) Ausgangsimpedanz einer mit der Antennenanordnung 1 elektrisch verbindbaren Schaltungsanordnung, beispielsweise ein RFID Chip, bestimmt werden. Diese Ausgangsimpedanz kann beispielsweise aus einer zuvor ermittelten Tabelle oder messtechnisch ermittelt werden.

**[0068]** In einem nächsten Schritt 403 wird dann der zumindest eine anpassbare Antennenanordnungsparameter in Abhängigkeit des zumindest einen Materialparameters angepasst. In Abhängigkeit des zumindest einen Materialparameters kann der anpassbare Antennenanordnungsparameter auf einen Wert eingestellt werden, der hinsichtlich der Lesereichweite optimal ist. Bevorzugt können zwei oder mehr Materialparameter, die einen Einfluss auf die Lesereichweite des RFID Transponders haben, berücksichtigt werden. Ferner können vorzugsweise zwei oder mehr Antennenanordnungsparameter in entsprechender Weise angepasst werden.

**[0069]** Optional kann in dem letzten Schritt 404 eine entsprechende Antennenanordnung hergestellt werden. Beispielsweise kann ein Substrat mit einer entsprechenden Antennenanordnung aus einem leitfähigen Material, wie einem Metall, z.B. Kupfer, bedruckt werden. Ferner kann die Schaltungsanordnung, wie ein RFID Chip, elektrisch mit der Antennenanordnung verbunden werden. Der hergestellte RFID Transponder kann dann an/in dem Objekt in bekannter Weise angeordnet, insbesondere eingebettet werden. Eine automatische Herstellung einer auf ein Hüllmaterial individuelle abgestimmte Antennenanordnung kann erzielt werden.

**[0070]** Nachfolgend wird eine mögliche Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand eines speziellen Ausführungsbeispiels dargestellt. Insbesondere wird ein UHF RFID Transponder betrachtet, der in eine Papphülle für Dekorpapier eingebettet werden soll.

**[0071]** Figur 5 zeigt ein entsprechendes Ausführungsbeispiel. Die Antennenanordnung 1 bzw. der RFID Transponder kann auf oder in der Papphülle 24 angeordnet werden. Die Papphülle 24 kann dazu vorgesehen sein, dass Papier 26, wie Dekorpapier, auf ihr aufgewickelt werden kann. Wie zu erkennen ist, ist im vorliegenden Fall der RFID Transponder mit der Antennenanordnung 1 vollständig von dem Hüllmaterial, vorliegend der Papphülle 24 und dem Dekorpapier 26, umgeben.

**[0072]** Nachfolgend wird anhand der Figur 6 ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zur Herstellung einer Antennenanordnung 1, die für den Einsatz in einer Papphülle 24 mit Dekorpapier 26 angepasst ist, näher erläutert.

**[0073]** Zunächst wird in einem ersten Schritt 601 eine Grundgeometrie einer Antennenanordnung 1 bereitgestellt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine Bowtie-Antennenstruktur 2 mit einem angepassten und modifizierten T-Anpassungsnetzwerk 10 gemäß den Figuren 1 bis 3.

**[0074]** In einem nächsten Schritt 602 kann zumindest ein Materialparameter des Hüllmaterials ermittelt werden. Vorzugsweise kann die relative Permittivität der Papphülle 24 und die relative Permittivität des Dekorpapiers 26 ermittelt werden. Beispielsweise ergibt sich eine relative Permittivität von  $\varepsilon'_{r\_papp} = 2,43$  und ein Verlustfaktor  $\tan \delta_{papp} = 0,13$  für die Papphülle und eine relative Permittivität von  $\varepsilon'_{r\_dek}$  von ungefähr 2,0 bis 4,0 und ein Verlustfaktor  $\tan \delta_{dek}$  von ungefähr 0,08 bis 0,25 für das Dekorpapier. Die exakten Werte dieser Parameter für Dekorpapier hängen insbesondere

von der genauen Zusammensetzung des Dekorpapiers und weiteren Faktoren, wie der im Dekorpapier vorhandenen Feuchtigkeit ab. Es versteht sich, dass es sich vorliegend nur um beispielhafte Näherungswerte handelt. Darüber hinaus kann die jeweilige Materialstärke berücksichtigt werden.

**[0075]** Ferner können in einem weiteren Schritt 603 optional nicht geometrische Antennenanordnungsparameter, wie das Antennenmaterial, z.B. Kupfer oder Aluminium, und die Dicke der Antenne, z.B. 20  $\mu\text{m}$  (Berücksichtigung des Skin-Effekts), bestimmt werden.

**[0076]** Im nächsten Schritt 604 kann zunächst die Ausgangsimpedanz, insbesondere die konjugiert komplexe Ausgangsimpedanz, der Schaltungsanordnung bestimmt werden. Beispielsweise kann die Ausgangsimpedanz messtechnisch ermittelt oder Tabellen entnommen werden.

**[0077]** Es ist erkannt worden, dass eine Optimierung der Lesereichweite der Antennenanordnung 1 insbesondere bei Anpassung von fünf einstellbaren geometrischen Antennenanordnungsparametern erzielt werden kann. Es versteht sich, dass gemäß anderen Varianten auch mehr oder weniger geometrische Antennenanordnungsparameter herangezogen und angepasst werden können.

**[0078]** Insbesondere können die folgenden Antennenanordnungsparameter bei der Grundgeometrie der Antennenanordnung anpassbar sein: Die Länge L1 der Bowtie-Antenne, der Abstand M4 zwischen dem äußersten Punkt eines Schenkels 16a, 16b und der Symmetrieachse 22, die Längen M1 des Verbindungsabschnitts 14, der Abstand M2 auf der Symmetrieachse 22 zwischen dem Mittelpunkt des Kopplungsabschnitts 12 und dem Mittelpunkt des Verbindungsabschnitts 14 und der Durchmesser MD eines Schenkels 16a, 16b.

**[0079]** Die zuvor genannten geometrischen Antennenanordnungsparameter können im nächsten Schritt 605 angepasst werden, um eine möglichst optimale Lesereichweite eines in einer Papphülse 24 mit Dekorpapier 26 eingebetteten RFID Transponders zu erzielen. Dieser Schritt 605 kann sich insbesondere in mehrere (serielle) Teilschritte 606 bis 609 unterteilen.

**[0080]** Bevor auf die einzelnen Teilschritte 606 bis 609 näher eingegangen wird, sollen zunächst einige Ausführungen zur Lesereichweite einer Dipolantenne gemacht werden. Die Lesereichweite einer Antenne ergibt sich durch folgende Formel:

$$r_{read} = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot p \cdot \tau}{P_{r\_min}}}, \quad (2)$$

wobei  $\lambda$  die Wellenlänge der elektromagnetischen Welle ist,  $P_t$  die von einer Schreib/Leseeinrichtung übertragene Leistung,  $G_t$  der Antennengewinn der Leseantenne,  $G_r$  der Antennengewinn der Antenne des RFID Transponders,  $P_{r\_min}$  die minimale Energie der Schaltungsanordnung,  $\tau$  der Transmissionskoeffizient und  $p$  die Polarisationsverluste.

**[0081]** Die Lesereichweite hängt insbesondere von dem frequenzabhängigen Transmissionskoeffizienten  $\tau$  der Energie ab, der die Effizienz der Leistungsanpassung zwischen der Schaltungsanordnung und der Antennenanordnung beschreibt. Der Transmissionskoeffizient  $\tau$  ergibt sich aus folgender Gleichung

$$\tau = \frac{P_C}{P_{C\_max}} = \frac{4 \cdot R_A \cdot R_C}{|Z_A + Z_C|^2}, \quad (3)$$

wobei  $Z_A = R_A + jX_A$  die Antennenanordnungsimpedanz,  $Z_C = R_C + jX_C$  die Ausgangsimpedanz der Schaltungsanordnung,  $P_C$  die Versorgungsleistung,  $P_{C\_max}$  die maximale Versorgungsleistung ist,  $R$  der Realteil der Impedanz  $Z$  und  $X$  der Imaginärteil der Impedanz  $Z$  ist.

**[0082]** Der Transmissionskoeffizient  $\tau$  ist maximal, wenn das Verhältnis der Impedanzen  $Z_A$  und  $Z_C$  konjugiert komplex zueinander ist. Hierbei hängt jedoch die Impedanz  $Z_A$  von dem Hüllmaterial ab, welches die Antennenanordnung umgibt.

**[0083]** Um eine optimal auf das Hüllmaterial angepasste Antennenanordnung zu erzielen, können beispielsweise die Teilschritte 606 bis 609 durchgeführt werden. In einem ersten Teilschritt 606 kann die Antennenanordnung 1 mit Hilfe des Antennenanordnungsparameters L1 auf die Wellenlänge der weltweiten RFID Frequenzen im Hüllmaterial, also dem Umgebungsmaterial angepasst werden (vgl. Fig. 7).

**[0084]** Figur 7 zeigt den Realteil 28 der Antennenanordnungsimpedanz und den Imaginärteil 30 der Antennenanordnungsimpedanz. Ferner sind die Verläufe für verschiedene Werte von L1 in Abhängigkeit des Hüllmaterials beispielhaft dargestellt. Hierfür kann die nahe Umgebung des RFID Transponders im Bereich des reaktiven- und abstrahlenden Nahfeldes der Antenne integriert werden. Mit Hilfe des Parameters L1 kann die Resonanz der Impedanz der Transponderantenne auf den gewünschten Frequenzbereich eingestellt werden.

**[0085]** Beispielsweise kann das Maximum des Realteils der Antennenimpedanz auf circa 910 MHz eingestellt werden.

[0086] Dann kann im (nachfolgenden) zweiten Schritt 607 der Imaginärteil der Antennenimpedanz über den  
 [0087] Antennenanordnungsparameter M4 auf den Betrag des Imaginärteils der Ausgangsimpedanz der Schaltungs-  
 anordnung eingestellt werden (vgl. Fig. 8). In Figur 8 sind der Realteil 28 der Antennenanordnungsimpedanz und der  
 Imaginärteil 30 der Antennenanordnungsimpedanz dargestellt. Ferner sind die Verläufe für verschiedene Werte von M4  
 in Abhängigkeit des Hüllmaterials beispielhaft dargestellt. Durch die Veränderung der Länge der seriellen Induktivitäten  
 des Anpassungsnetzwerkes (Parameter M4) kann der Imaginärteil der Antenne in einfacher Weise an die Impedanz  
 der Schaltungsanordnung angepasst werden. Hierbei kann auch der Realteil der Impedanz beeinflusst werden.

[0088] Ferner kann eine grobe Einstellung des Realteils der Antennenimpedanz durch den Parameter M1 erfolgen  
 (vgl. Fig. 9). Dies kann in einem zusätzlichen Schritt oder gleichzeitig mit der Einstellung des Parameters M4 erfolgen.  
 Figur 9 zeigt den Realteil 28 der Antennenanordnungsimpedanz und den Imaginärteil 30 der Antennenanordnungsimpedanz.  
 Ferner sind die Verläufe für verschiedene Werte von M1 in Abhängigkeit des Hüllmaterials beispielhaft dargestellt.

[0089] Anschließend kann eine Feinabstimmung des Realteils der Antennenimpedanz erfolgen (Schritt 608). Bei-  
 spielsweise kann dies mittels des Antennenanordnungsparameter M2 erfolgen. Bei dieser Abstimmung ist es vorteilhaft,  
 dass das Maximum des Realteils auf ca. 135 % des Realteils der Schaltungsanordnung eingestellt wird (vgl. Fig. 10).  
 Figur 10 stellt den Realteil 28 der Antennenanordnungsimpedanz und den Imaginärteil 30 der Antennenanordnungsimpedanz dar.  
 Ferner sind die Verläufe für verschiedene Werte von M2 in Abhängigkeit des Hüllmaterials beispielhaft dargestellt.

[0090] In einem vierten Schritt 609 kann mit dem Antennenanordnungsparameter MD die Antennenreaktanz bei ca.  
 910 MHz auf den Betrag der Reaktanz der Schaltungsanordnung eingestellt werden (vgl. Fig. 11). Figur 11 stellt den  
 Realteil 28 der Antennenanordnungsimpedanz und den Imaginärteil 30 der Antennenanordnungsimpedanz dar. Ferner  
 sind die Verläufe für verschiedene Werte von MD in Abhängigkeit des Hüllmaterials beispielhaft dargestellt.

[0091] Es versteht sich, dass gemäß weiteren Varianten der vorliegenden Erfindung die zuvor beschriebenen Teil-  
 schritte 606 bis 609 auch in einer anderen Reihenfolge abgearbeitet werden können oder auch einzelne Teilschritte  
 entfallen können. Jedoch haben Tests gezeigt, dass besonders gute Resultate bei der zuvor beschriebenen Reihenfolge  
 der Schritte 606 bis 609 erzielt werden können.

[0092] Beispielsweise können für eine Optimierung der Lesereichweite folgende Antennenanordnungsparameter in  
 Millimetern ergeben.

L1	L2	W1	W4	M1	M2	M3	M4	M5	M10	MDICY	MD
78	20	25	3	14	2,6	6,8	9	1	5,4	5	2

[0093] In dem letzten Schritt 610 können die zuvor bestimmten Werte beispielsweise von der Datenverarbeitungsan-  
 lage an eine Maschine zur Herstellung von Antennenanordnungen übergeben werden. Diese kann dann entsprechend  
 den geometrischen Daten eine Antennenanordnung herstellen. Grundsätzlich sind verschiedene Herstellverfahren be-  
 kannt. So kann die Antennenanordnung auf ein nicht leitfähiges Substrat aufgedruckt werden.

[0094] Es sei noch angemerkt, dass die Lesereichweite eines RFID Transponders neben dem Transmissionskoeffi-  
 zienten auch von der Richtcharakteristik des Antennengewinns und der Frequenz abhängt. Der Antennengewinn einer  
 UHF-RFID-Transponderantenne kann ebenfalls durch das Umgebungsmaterial beeinflusst werden. Der Antennenge-  
 winn konzentriert sich in die Richtung, in der sich mehr Material mit einer entsprechenden Permittivität befindet. Zur  
 Ermittlung der möglichen Lesereichweite kann auch dieser Einfluss berücksichtigt werden, wie Gleichung 2 entnommen  
 werden kann.

[0095] Der insbesondere in der Figur 5 vorgestellte RFID Transponder, wurde in der Realität in einem Absorberraum  
 vermessen und damit die Simulationsergebnissen validiert. Außerdem bestätigten Versuche in der Praxis die hohe  
 Leistungsfähigkeit des eingebetteten RFID Transponders.

## Patentansprüche

### 1. Verfahren zur Herstellung einer Antennenanordnung (1) eines RFID Transponders umfassend:

- Bereitstellen einer Grundgeometrie der Antennenanordnung (1) mit zumindest einem anpassbaren geome-  
 trischen Antennenanordnungsparameter, wobei zumindest eine Lesereichweite des RFID Transponders von  
 dem zumindest einen geometrischen Antennenanordnungsparameter abhängt,
- Bestimmen zumindest eines Materialparameters eines Hüllmaterials (24, 26) und
- Anpassen des zumindest einen geometrischen Antennenanordnungsparameter in Abhängigkeit des zumindest

einen Materialparameters.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Grundgeometrie der Antennenanordnung (1) eine Antenne (2) umfasst und/oder die Grundgeometrie der Antennenanordnung (1) ein Anpassungsnetzwerk (10) umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Antenne (2) eine Dipolantenne, insbesondere eine Bowtie-Antenne, ist, und/oder das Anpassungsnetzwerk (10) ein T-Anpassungsnetzwerk ist.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der zumindest eine Materialparameter des Hüllmaterials (24, 26) eine relative Permittivität des Hüllmaterials (24, 26) oder eine relative Permeabilität des Hüllmaterials (24, 26) oder eine Materialstärke des Hüllmaterials (24, 26) ist.
5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Bestimmen des zumindest einen Materialparameters des Hüllmaterials (24, 26) messtechnisch und/oder rechnerisch erfolgt.
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Anpassen des zumindest einen geometrischen Antennenanordnungsparameters in Abhängigkeit eines Transmissionskoeffizienten der Antennenanordnung (1) durchgeführt wird.
7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, ferner umfassend Ermitteln einer Ausgangsimpedanz einer mit der Antennenanordnung (1) elektrisch verbindbaren Schaltungsanordnung.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der zumindest eine geometrische Antennenanordnungsparameter derart angepasst wird, dass eine komplexe Impedanz der Antennenanordnung (1) zumindest in einem vorgebbaren Frequenzbereich im Wesentlichen mit der konjugiert komplexen Ausgangsimpedanz der Schaltungsanordnung übereinstimmt.
9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der zumindest eine Antennenanordnungsparameter zur Einstellung einer Resonanzfrequenz der Antennenanordnung (1) angepasst wird, und/oder wobei der zumindest eine Antennenanordnungsparameter zur Einstellung eines Imaginärteils der komplexen Impedanz der Antennenanordnung (1) angepasst wird, und/oder wobei der zumindest eine Antennenanordnungsparameter zur Einstellung eines Realteils der komplexen Impedanz der Antennenanordnung (1) angepasst wird, und/oder wobei der zumindest eine Antennenanordnungsparameter zur Einstellung einer Amplitude des Realteils der komplexen Impedanz der Antennenanordnung (1) angepasst wird, und/oder wobei der zumindest eine Antennenanordnungsparameter zur Einstellung einer Reaktanz der komplexen Impedanz der Antennenanordnung (1) angepasst wird.
10. Verfahren nach einem der vorherigen Patentansprüche, wobei der zumindest eine Antennenanordnungsparameter eine Länge (L1) der Bowtie-Antenne ist, oder wobei der zumindest eine Antennenanordnungsparameter ein Abstand (M4) zwischen einem äußersten Punkt eines Schenkels (16a, 16b) des Anpassungsnetzwerks (10) und einer Symmetrieachse der Antennenanordnung (1) ist, oder wobei der zumindest eine Antennenanordnungsparameter eine Länge (M1) eines Verbindungsabschnitts (14) des Anpassungsnetzwerks (10) ist, oder wobei der zumindest eine Antennenanordnungsparameter ein Abstand (M2) zwischen einem Mittelpunkt eines Kopplungsabschnitts (12) des Anpassungsnetzwerks (10) und einem Mittelpunkt des Verbindungsabschnitts (14) des Anpassungsnetzwerks (10) ist, oder wobei der zumindest eine Antennenanordnungsparameter ein Durchmesser (MD) eines Schenkels (16a, 16b) des Anpassungsnetzwerks (10) ist.
11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, ferner umfassend Erzeugen der Antennenanordnung (1) mit zumindest einem angepassten Antennenanordnungsparameter.
12. Computerprogramm mit Instruktionen ausführbar auf einem Prozessor derart, dass eine Antennenanordnung mittels des Verfahrens nach einem der Patentansprüche 1 bis 11 hergestellt wird.
13. Computerprogrammprodukt umfassend ein Computerprogramm mit Instruktionen ausführbar auf einem Prozessor derart, dass eine Antennenanordnung mittels des Verfahrens nach einem der Patentansprüche 1 bis 11 hergestellt wird.

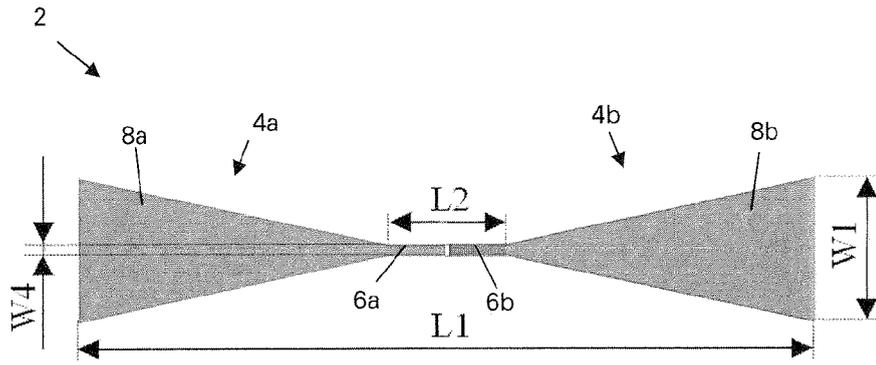


Fig. 1

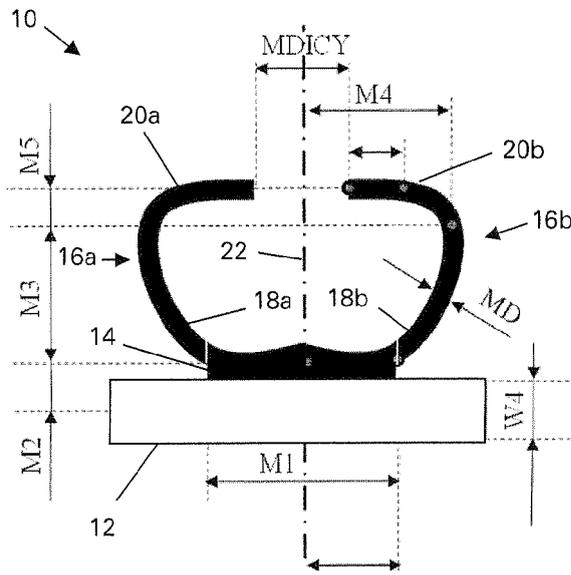


Fig. 2

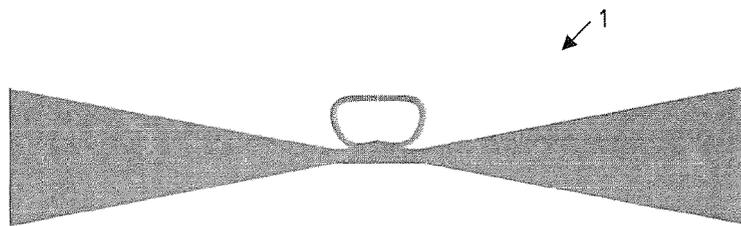


Fig. 3

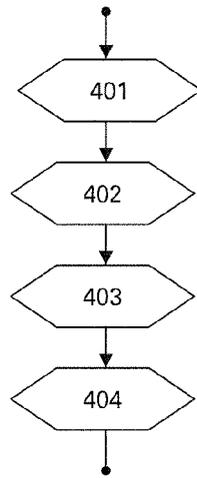


Fig. 4

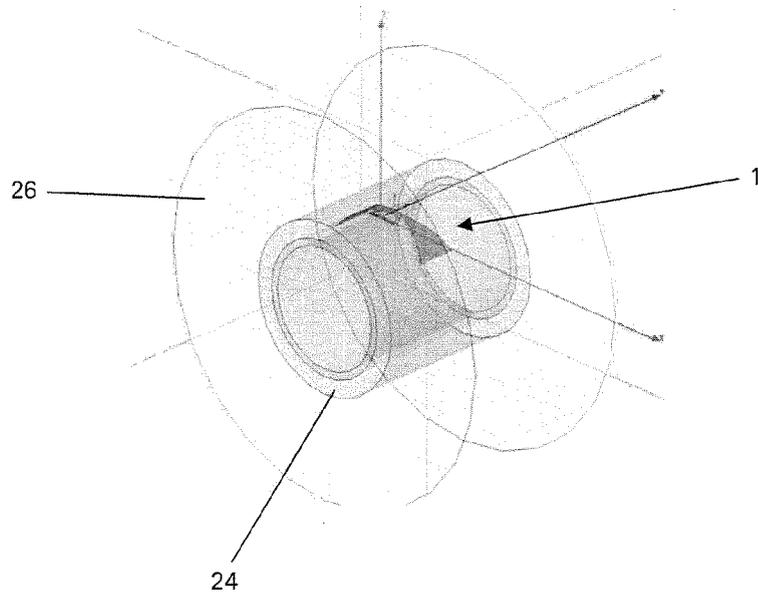


Fig. 5

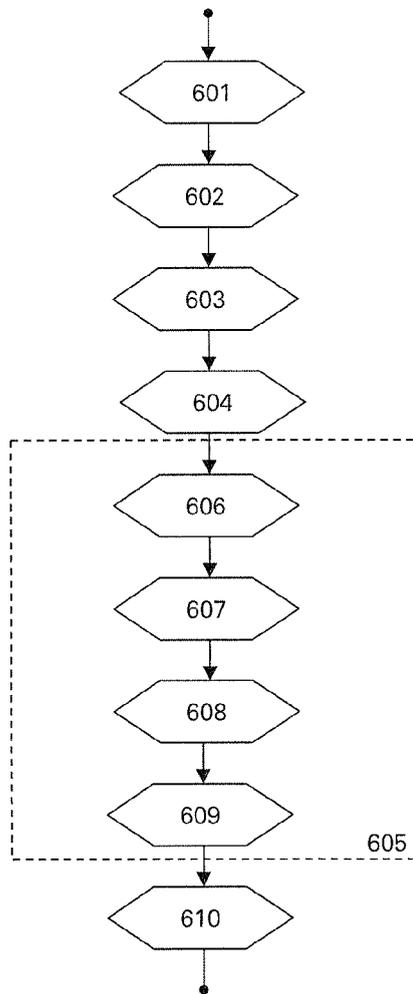


Fig. 6

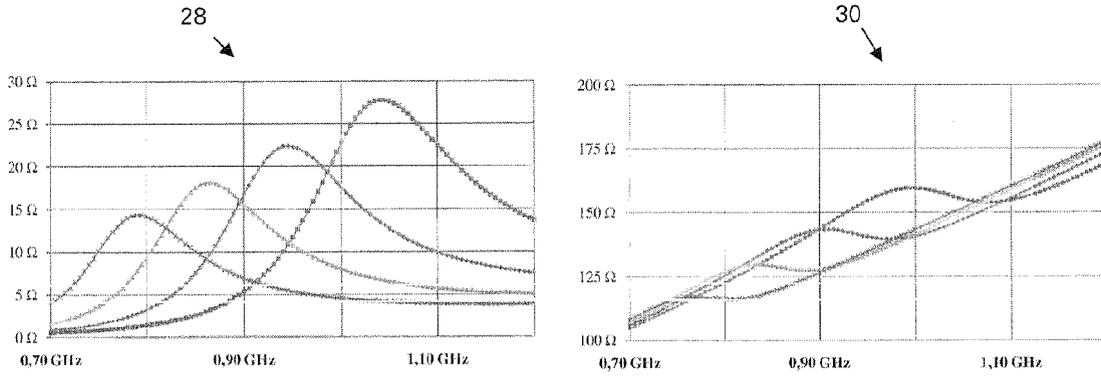


Fig. 7

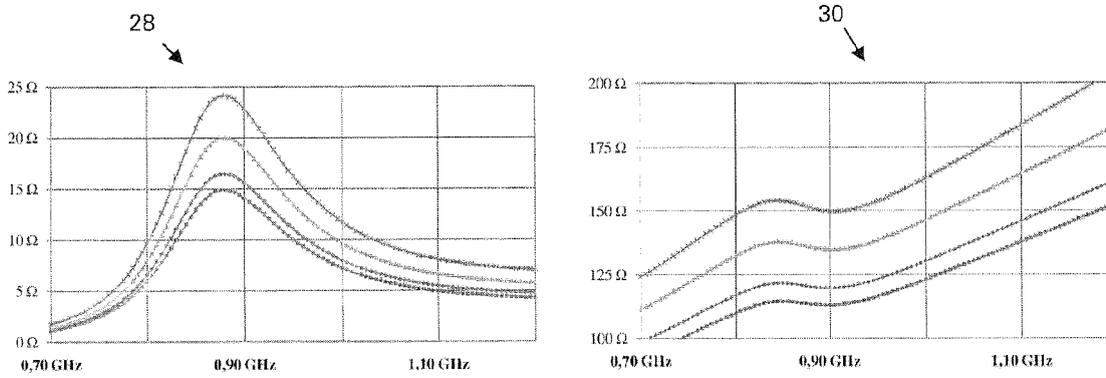


Fig. 8

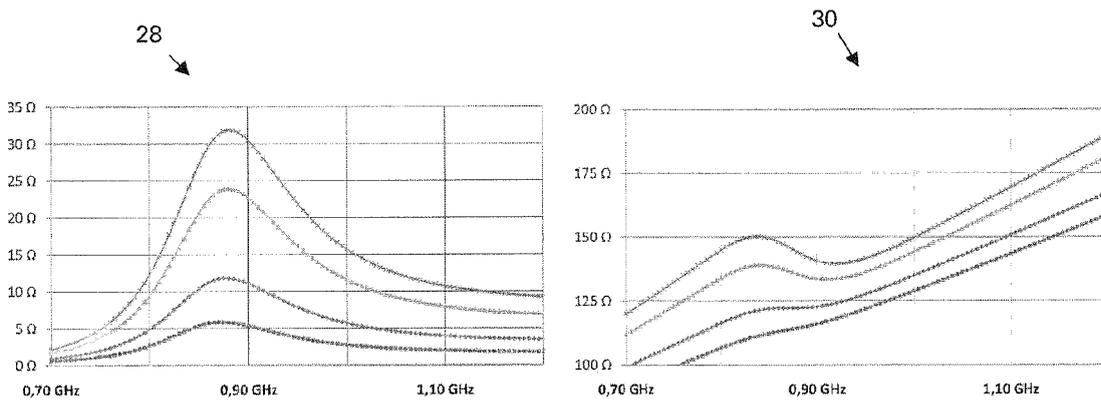


Fig. 9

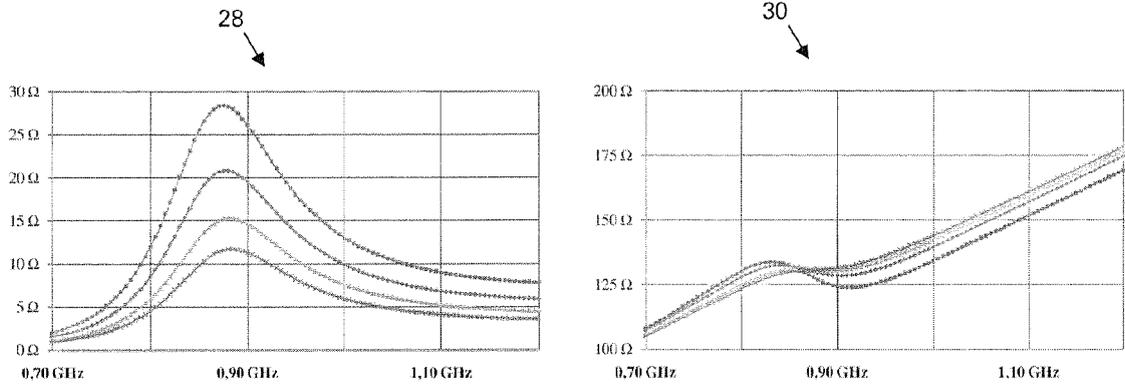


Fig. 10

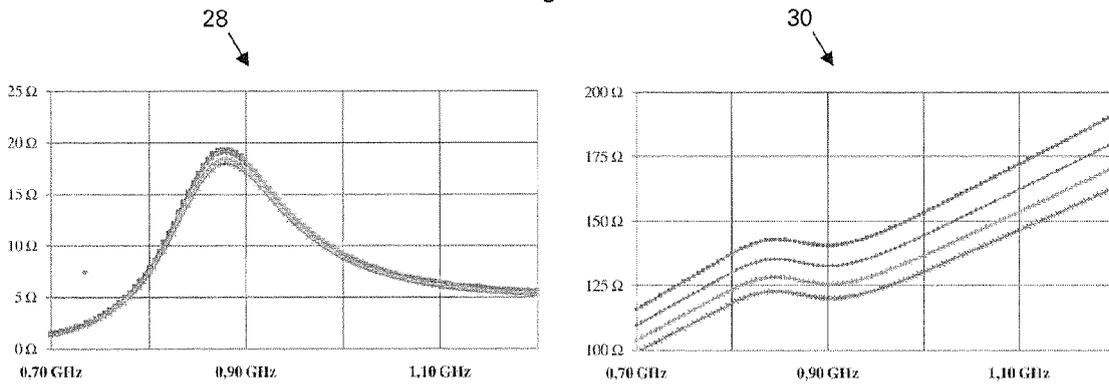


Fig. 11



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 11 15 6132

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2006/096623 A2 (SENSORMATIC ELECTRONICS CORP [US]; SHAFER GARY MARK [US]; COPELAND RIC) 14. September 2006 (2006-09-14)	1,2,4,5,9,11-13	INV. H01Q9/28 H01Q1/22
Y	* Zusammenfassung; Abbildungen 1-5 * * Absatz [0005] - Absatz [0010] * * Absatz [0017] - Absatz [0034] *	3,6-8,10	
Y	US 7 551 141 B1 (HADLEY MARK A [US] ET AL) 23. Juni 2009 (2009-06-23) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-31 * * Spalte 2, Zeile 43 - Spalte 33, Absatz 67 *	3,6-8,10	
A	US 2004/177492 A1 (ECKSTEIN ERIC [US] ET AL) 16. September 2004 (2004-09-16) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-8 * * Absatz [0007] - Absatz [0047] *	1-13	
A	EP 1 821 244 A1 (NRC INTERNAT INC [US]) 22. August 2007 (2007-08-22) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-5 * * Absatz [0001] - Absatz [0038] *	1-13	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01Q
1	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 8. August 2011	Prüfer Hüschelrath, Jens
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 11 15 6132

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

08-08-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2006096623	A2	14-09-2006	AU 2006220679	A1 14-09-2006
			CA 2600458	A1 14-09-2006
			EP 1872310	A2 02-01-2008
			US 2008284605	A1 20-11-2008
-----				
US 7551141	B1	23-06-2009	KEINE	
-----				
US 2004177492	A1	16-09-2004	AR 043264	A1 20-07-2005
			AT 419602	T 15-01-2009
			AT 389221	T 15-03-2008
			AT 452394	T 15-01-2010
			AU 2004222610	A1 30-09-2004
			CA 2519104	A1 30-09-2004
			CA 2672690	A1 30-09-2004
			CN 1788294	A 14-06-2006
			DE 602004012464	T2 12-03-2009
			EP 1602089	A2 07-12-2005
			EP 1798697	A1 20-06-2007
			EP 1933285	A2 18-06-2008
			ES 2320887	T3 29-05-2009
			ES 2303334	T3 01-08-2008
			JP 4199801	B2 24-12-2008
			JP 2006521632	A 21-09-2006
KR 20060008867	A 27-01-2006			
MX PA05009780	A 05-12-2005			
US 2005077076	A1 14-04-2005			
US 2005081374	A1 21-04-2005			
WO 2004084119	A2 30-09-2004			
-----				
EP 1821244	A1	22-08-2007	JP 2007221772	A 30-08-2007
			US 2007188327	A1 16-08-2007
-----				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 7323977 B2 [0008]