



(11)

EP 3 996 206 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.05.2022 Patentblatt 2022/19

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H01Q 13/02 (2006.01) **H01P 5/12** (2006.01)
F41H 13/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21206935.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H01P 5/12; F41H 13/0068; H01Q 13/02

(22) Anmeldetag: **08.11.2021**

(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
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Stark, Robert**
91438 Bad Windsheim (DE)
• **Hertel, Martin**
91207 Lauf (DE)

(74) Vertreter: **Diehl Patentabteilung**
c/o Diehl Stiftung & Co. KG
Stephanstraße 49
90478 Nürnberg (DE)

(30) Priorität: **10.11.2020 DE 102020006892**

(71) Anmelder: **Diehl Defence GmbH & Co. KG**
88662 Überlingen (DE)

(54) HORNANTENNE UND DEREN UMKONSTRUKTION

(57) Eine Hornantenne (2) zur Abstrahlung eines elektromagnetischen HPEM-Mikrowellen-Pulses (4) entlang einer Zentralachse (6), enthält einen Mikrowellen-Generator (8) für den Puls (4), wobei der Generator (8) einen Wellenleiter (10) entlang der Zentralachse (6) mit einer Generatoröffnung (12) für den Puls (4) aufweist, und eine Hornstruktur (14) zur Formung des Pulses (4) mit einer Eingangsöffnung (16) und einer Abstrahlöffnung (18) für den Puls (4), wobei der Generator (8) mindestens eine HPEM-Quelle (20) für den Puls (4) enthält, wobei jede der HPEM-Quellen (20) mindestens zwei parallel zur Zentralachse (6) in einer Reihe angeordnete

Antennen (22a-d) für Pulsanteile (24a-d) enthält, wobei der Puls (4) als Summe der Pulsanteile (24a-d) gebildet ist.

Bei einem Verfahren zur Umkonstruktion einer Hornantenne (32) zu der in der Leistung erhöhten Hornantenne (2',2'') wird ausgehend von einer Antenne (22a) konstruktiv die Anzahl der Antennen (22a-d) zu einer jeweiligen HPEM-Quelle (20) hin erhöht und die restlichen Antennen (22c-d) in Reihe zur ersten Antenne (22a) angeordnet, die Länge (L1) des Wellenleiters (10) vergrößert, wobei die sonstigen Abmessungen der Hornantenne (32,2',2'') unverändert bleiben.

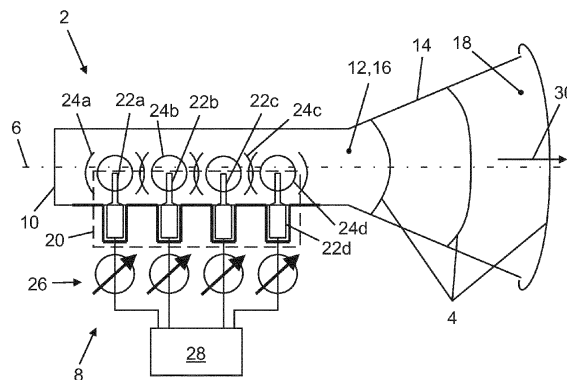


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Hornantenne und ein Verfahren zur Umkonstruktion einer bestehenden Hornantenne zu einer in der Leistung erhöhten Hornantenne.

[0002] Eine Hornantenne ist aus der Praxis bekannt: In einer derartigen Hornantenne bzw. Hornstruktur befindet sich ein Speisepunkt bzw. ein Antennen-Stab, -DS(damped sinusoidal)-Resonator oder -Feed. Dieser befindet sich in einem Waveguide (Wellenleiter), der dazu dient, die von dem Antennen-Stab abgestrahlte elektromagnetische Energie in Richtung der Hornantenne (des Horns) zu richten bzw. zu bündeln. Der Waveguide ist in der Regel ein metallischer Körper in der Struktur eines Quaders, der auf einer Seite eine Öffnung hat. Diese Öffnung ist direkt mit dem Horn verbunden und leitet die abgestrahlte elektromagnetische Energie in die Hornantenne bzw. Hornstruktur, die dann abhängig von deren Geometrie (Länge, Winkel, Apertur etc.) die elektromagnetische Energie in Richtung der Antennenapertur und damit z. B. eines Targets richtet und bündelt. Die Geometrie des Waveguides selbst richtet sich nach der Länge der Stabantenne bzw. der Feed-Antenne und der abgestrahlten Wellenlänge bzw. dem Wellenlängenbereich. Durch die Erhöhung der zugeführten Leistung über diesen Antennen-Feed (Leistungszuleitung zur Antenne) - im Rahmen einer Umkonstruktion einer bestehenden Hornantenne - wird dann auch die abgestrahlte Leistung des Waveguides und damit des Gesamtsystems erhöht. Die maximal zuführbare bzw. abgestrahlte Leistung und Wirkreichweite des Systems wird dann durch das physikalische Limit der Feed-Antenne, des Waveguides und der Hornantenne / -struktur / -geometrie bestimmt.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, Verbesserungen in Bezug auf Hornantennen vorzuschlagen.

[0004] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Hornantenne gemäß Patentanspruch 1. Bevorzugte oder vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sowie anderer Erfindungskategorien ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen, der nachfolgenden Beschreibung sowie den beigefügten Figuren.

[0005] Die Hornantenne dient zur Abstrahlung eines elektromagnetischen HPEM(High-Power-Electro-Magnetics)-Mikrowellen-Pulses entlang einer Zentralachse der Hornantenne. Die Hornantenne enthält einen Mikrowellen-Generator zur Erzeugung des Pulses. Der Generator enthält einen Wellenleiter. Der Wellenleiter weist eine Generatoröffnung zur Ausgabe des innerhalb des Wellenleiters erzeugten Pulses auf. Der Wellenleiter erstreckt sich entlang der Zentralachse.

[0006] Die Hornantenne enthält eine Hornstruktur. Diese dient zur Formung des im Wellenleiter erzeugten und über die Generatoröffnung an die Hornstruktur übergebenen Pulses. Die Hornstruktur weist eine Eingangsöffnung auf. Die Eingangsöffnung ist mit der Generatoröffnung - insbesondere direkt - verbunden und dient zur Einstrahlung bzw. Aufnahme des Pulses. Die

Hornstruktur weist eine Abstrahlöffnung auf, die zur Abstrahlung des geformten Pulses dient.

[0007] Der Generator enthält mindestens eine HPEM-Quelle zur Erzeugung des Pulses. An der Erzeugung eines jeweiligen Pulses können eine oder mehrere der Quellen beteiligt sein. Jede der HPEM-Quellen enthält mindestens zwei Antennen. Die Antennen jeder der Quellen sind parallel zur Zentralachse in einer Reihe bzw. seriell, insbesondere entlang einer Geraden angeordnet. Jede Quelle bildet hier eine eigene Reihe. Jede der Antennen dient zur jeweiligen Erzeugung bzw. Aussendung eines Pulsanteils. Jeweils gleichzeitig erzeugte bzw. ausgesendete Pulsanteile überlagern sich zum Puls, so dass der Puls zu einem bestimmten Zeitpunkt als Summe der jeweiligen gleichzeitig vorherrschenden Pulsanteile zu diesem Zeitpunkt gebildet ist.

[0008] "Gleichzeitig" ist als einfache Formulierung dafür zu verstehen, dass eine tatsächliche Überlagerung stattfinden kann; Phasenunterschiede, Laufzeiten, Hohlleitereffekte usw. sind hierbei eingeschlossen.

[0009] Gemäß der Erfindung ergibt sich die Verwendung von seriellen Antenne- / Resonator-Anordnungen / Gruppierungen in einem Waveguide (Wellenleiter). Es ergibt sich eine Steigerung der Leistung und der Wirkreichweite des Gesamtsystems (Hornantenne) unter Beibehaltung der Hornantennengeometrie / -struktur. Z. B. erfordert die Verwendung von vier Feedantennen (Antennen) gegenüber einer einzelnen Feedantenne nur eine geringe Anpassung der Waveguide-Länge um ca. 30 cm. Die Horngeometrie bleibt dabei unverändert. Durch die Verwendung von z. B. vier Feedantennen kann die vierfache Leistung in den Wellenleiter bzw. die Hornstruktur eingekoppelt werden. Dadurch lässt sich die abgestrahlte Feldstärke und damit die erzielbare Reichweite nahezu verdoppeln (idealer Fall).

[0010] In einer bevorzugten Ausführungsform ist mindestens eine der Antennen ein Antennen-Stab und/oder ein -DS-Resonator und/oder ein Feed und/oder ein Dipol und/oder eine Gruppe. Derartige Antennen sind für die Erfindung besonders geeignet.

[0011] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Wellenleiter ein metallischer Körper. Ein derartiger Wellenleiter ist für die Erfindung besonders geeignet.

[0012] In einer bevorzugten Ausführungsform weist der Wellenleiter eine Quaderform auf. Der Wellenleiter ist vorzugsweise einseitig geöffnet, insbesondere ausschließlich an dieser einen Seite geöffnet. Derartige Wellenleiter sind für die Erfindung besonders effektiv.

[0013] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Hornstruktur und/oder der Wellenleiter - bezüglich der Zentralachse - einen eckigen Querschnitt auf. Derartige Formen sind für die Erfindung besonders günstig.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform sind mindestens zwei der Antennen gemeinsam in einer Ebene angeordnet. So lassen sich gleichzeitig ausgesendete Pulsanteile der Antennen besonders wirkungsvoll zu einem Summenpuls kombinieren.

[0015] In einer bevorzugten Ausführungsform weisen

für mindestens eine der HPEM-Quellen benachbarte Antennen dieser HPEM-Quelle gleiche Abstände zueinander auf. Eine geeignete Ansteuerung der einzelnen Antennen zur Erreichung einer wirkungsvollen Addition der Pulsanteile zu einem (Summen-)Puls ist somit besonders einfach möglich.

[0016] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält die Hornantenne eine Steuereinheit. Diese ist - zum Beispiel durch Festverdrahtung oder Programmierung - dazu eingerichtet, eine einzelne der Antennen anzusteuern, um den Puls zu erzeugen. Die Steuereinheit ist weiter dazu eingerichtet, alternativ hierzu mindestens zwei der Antennen hinsichtlich der Aktivierung und der Phasenlage ihres jeweiligen Pulsanteils so anzusteuern, dass sich die Pulsanteile dieser Antennen zum Puls derart überlagern, dass dessen Abstrahlrichtung parallel zur Zentralachse zur Generatoröffnung hin gerichtet ist. Die Antennen können hierbei einer oder mehreren HPEM-Quellen zugehören. Insbesondere werden dabei alle Antennen gemeinsam angesteuert, um den Puls aus allen Pulsanteilen zu erzeugen. So kann ein besonders leistungsfähiger Puls durch die Hornantenne erzeugt werden. Die genaue Ansteuerung der Antennen hinsichtlich Wellenform, Pulsdauer, Phasenlage usw. wird insbesondere durch Messung, Simulation, empirisch usw. ermittelt bzw. festgelegt und hängt insbesondere fallweise von den jeweiligen Gegebenheiten des Wellenleiters, der Antennen, insbesondere der geometrischen Verhältnisse aller beteiligten Komponenten, ab.

[0017] In einer bevorzugten Variante dieser Ausführungsform ist die Steuereinheit dazu eingerichtet, die Antennen bzw. -Feeds einzeln oder zeitlich synchron oder mit Zeitversatz gegenüber einzelnen oder mehreren anderen Antennen anzusteuern. Die Ansteuerung erfolgt insbesondere bis zu deren jeweiliger Maximalleistung. Durch die entsprechende Ansteuerung können dem Puls bestimmte gewünschte Eigenschaften verliehen werden. Auch hier wird die genaue Ansteuerung etc. wie oben ermittelt.

[0018] In einer bevorzugten Variante dieser Ausführungsform ist die Steuereinheit dazu eingerichtet, einzelne Antennen in einem Burst-Modus mit zeitlichen Abständen zueinander anzusteuern. So können insbesondere wirkungsvolle Burst-Pulse durch die Hornantenne erzeugt werden. Insbesondere werden hierbei entsprechend "große" zeitliche Abstände gewählt, um tatsächlich einzelne Bursts zu erzeugen.

[0019] In einer bevorzugten Variante dieser Ausführungsform ist die Steuereinheit dazu eingerichtet, die Ansteuerung mindestens zweier der Antennen derart auszuführen, dass sich die Wellenfronten der Pulsanteile in Richtung der Zentralachse zur Abstrahlöffnung hin konstruktiv in der bzw. zur Wellenfront des Pulses überlagern. Mit anderen Worten erfolgt eine "seriell phasenrichtige" Ansteuerung der einzelnen Antennen, um einen Puls mit einer Wellenfront maximal möglicher Energie zu erzeugen. Auch hier wird die genaue Ansteuerung etc. wie oben ermittelt.

[0020] Die Aufgabe der Erfindung wird auch gelöst durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 11. Dieses dient zur Umkonstruktion, also zur Veränderung bzw. Anpassung einer bestehenden Konstruktion einer (bestehenden bzw. bereits konstruierten) nicht erfindungsgemäßen Hornantenne zu einer (geänderten, neuen) in der Leistung erhöhten erfindungsgemäßen Hornantenne.

[0021] Bei dem Verfahren wird ausgegangen von mindestens einer jeweiligen ersten Antenne, die in einer bestehenden nicht erfindungsgemäßen Hornantenne vorhanden ist. Insbesondere ist nur diese einzige Antenne dort vorhanden.

[0022] Zu einer jeweiligen ersten Antenne wird konstruktiv die Anzahl der Antennen zu einer jeweiligen HPEM-Quelle hin erhöht, also z. B. von einer auf zwei, drei oder vier Antennen. Die restlichen zur ersten hinzukommenden Antennen der HPEM-Quelle werden dann in Reihe zur ersten Antenne angeordnet. Die Länge des Wellenleiters wird vergrößert, wobei die sonstigen Abmessungen der Hornantenne unverändert bleiben.

[0023] Insbesondere wird zu jeder ersten Antenne eine jeweilige eigene HPEM-Quelle bzw. Antennengruppe geschaffen. Alternativ oder zusätzlich werden insbesondere mehrere erste Antennen in einer HPEM-Quelle zusammengefasst und durch mindestens eine weitere Antenne ergänzt.

[0024] So lässt sich durch einfaches Hinzufügen weiterer Antennen und eine Verlängerung des Wellenleiters eine bestehende Hornantenne besonders einfach zu einer leistungsfähigeren Hornantenne umkonstruieren.

[0025] Das Verfahren und zumindest ein Teil dessen Ausführungsformen sowie die jeweiligen Vorteile wurden sinngemäß bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Hornantenne erläutert.

[0026] Die Erfindung beruht auf folgenden Erkenntnissen, Beobachtungen bzw. Überlegungen und weist noch die nachfolgenden Ausführungsformen auf. Die Ausführungsformen werden dabei teils vereinfachend auch "die Erfindung" genannt. Die Ausführungsformen können hierbei auch Teile oder Kombinationen der oben genannten Ausführungsformen enthalten oder diesen entsprechen und/oder gegebenenfalls auch bisher nicht erwähnte Ausführungsformen einschließen.

[0027] Die Erfindung beruht auf der Idee, eine Steigerung der Leistung und Erhöhung der Reichweite von HPEM Hornantennen möglichst unter Beibehaltung der Antennengröße, Hornstruktur und Horngröße zu ermöglichen. Eine weitere Idee ist auch eine Erhöhung der Leistungsdichte und Integrationsdichte von HPEM Hornantennen.

[0028] Die Erfindung beruht dabei auf folgenden Überlegungen: Eine Steigerung der Leistung und Reichweite einer Hornantenne kann dadurch erreicht werden, dass die Hornstruktur und die Apertur des Horns entsprechend vergrößert werden. Dies führt zu einer besseren Fokussierung der abgestrahlten Energie auf der zentralen Achse des Systems. In vielen Fällen, insbesondere bei HPEM Anwendungen, ist es jedoch wünschenswert, die

Größe des Antennensystems bzw. der Hornantenne nicht weiter zu erhöhen, sondern eher kleiner zu halten. Eine Steigerung der Leistung und der Reichweite der Hornantenne bei vorgegebener Horngeometrie bzw. Abmessungen, kann dann z. B. über die Steigerung der zugeführten Leistung in das Horn realisiert werden.

[0029] Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass sich - wie oben beschrieben - in einer aus der Praxis bekannten Hornantenne nur ein einziger Speisepunkt bzw. Antennen-Stab usw. befindet und zur Leistungssteigerung die zugeführte Leistung erhöht werden kann.

[0030] Die Erfindung beruht auf der Überlegung, dass eine weitere Steigerung der Wirk-Reichweite und Leistung von HPEM-Systemen durch Kopplung des HPEM Array-Prinzips mit einer HPEM-Hornantenne, durch Integration mehrerer HPEM DS Resonatoren (HPEM DS Array) oder anderen Antennenstrukturen (Stabantenne, Dipol-Antenne) in eine oder mehrere HPEM Horn-Antennen-Struktur/-en, ermöglicht wird. Durch parallelen, synchronen gleichzeitigen Betrieb und Ansteuerung der einzelnen DS-Resonatoren, Antennenstäbe oder -dipole und Superposition der synchron abgestrahlten Wellenfronten kann die Leistung und Wirk-Reichweite des Systems deutlich gesteigert werden.

[0031] Die parallele Integration (nebeneinander bzw. quer zur Zentralachse) von mehreren ($n \geq 2$) Resonatoren nach dem Array-Prinzip hat aber den Nachteil, dass der Waveguide am Interface (Speisepunkt) zur Hornantenne deutlich in seiner Geometrie verändert und vergrößert werden muss. Insbesondere wird der Waveguide mit zunehmender Zahl an parallel integrierten Resonatoren deutlich breiter. Die Vergrößerung der Waveguide-Geometrie bedingt dann aber wiederum eine erforderliche Anpassung der einzelnen Winkel der Hornstruktur (z. B. bei gegebener Apertur). D. h. in diesem Falle muss die Horngeometrie bzw. die Hornantenne jeweils vollständig neu designed und an die Abmessungen des Waveguides angepasst werden, was kosten- und zeitaufwendig ist.

[0032] Die Erfindung beruht auch auf der Idee zu einem Verfahren, das die Steigerung der Wirk-Reichweite und Leistung von HPEM-Systemen durch "seriellen", phasenbezogenen Betrieb mehrerer Antennen/Antennenstäbe, Monopole, Dipole, DS Resonatoren ermöglicht. Durch den gezielten seriellen, zeitlich abgestimmten Betrieb und Ansteuerung der einzelnen der DS-Resonatoren, Antennenstäbe oder -Dipole erfolgt die Superposition der elektromagnetischen Felder vorwiegend entlang der in Reihe angeordneten DS-Resonatoren, Antennenstäbe oder -Dipole in einer Linie.

[0033] Gemäß der Erfindung werden das Grundprinzip der HPEM DS Richtantenne mit dem Grundprinzip einer Hornantenne mit Waveguide kombiniert. Es werden mehrere ($n \geq 2$) DS-Resonatoren, Antennenstäbe, Dipole oder Feed-Antennen in einer Reihe seriell (also parallel zur Zentralachse) in den Waveguide integriert. Die Öffnung bzw. die Schnittstelle zwischen Waveguide und Hornstruktur kann dabei unverändert bleiben und ist un-

abhängig davon ob ein, zwei, oder mehr ("N") DS-Resonatoren, Antennenstäbe, Dipole oder Feed-Antennen in den Waveguide integriert werden. Im Wesentlichen muss nur die Länge des Waveguides an die Anzahl und die Wellenlänge, respektive den Abstand der Feed-Antennen zueinander und gegenüber dem Waveguide angepasst werden. Die Antennen-Feeds können bis zu deren Maximalleistung sowohl einzeln, zeitlich synchron oder mit einem gewissen Zeitversatz gegenüber einem einzelnen oder mehreren anderen Feedantennen angesteuert und betrieben werden. Prinzipiell ist auch ein "Burst-Modus" möglich, bei dem die einzelnen Antennen mit größeren zeitlichen Abständen zueinander angesteuert werden. Besonders vorteilhaft erfolgt die Ansteuerung der seriellen Feed-Antennen im Waveguide derart, dass sich die abgestrahlten Wellenfronten der einzelnen Feedantennen in Richtung der seriell angeordneten Feed-Antennen und vor allem in Richtung der Schnittstelle zur Hornstruktur / -Öffnung / -Apertur / -Interface, abhängig von dem jeweiligen Abstand der einzelnen Antennenfeeds voneinander, konstruktiv in der Wellenfront überlagern. Dadurch kann z. B. bei Verwendung von vier Feedantennen, die mit der jeweiligen Maximalleistung betrieben werden, die Gesamtleistung des Systems deutlich erhöht und eine Steigerung der Wirkreichweite gegenüber der Verwendung einer einzelnen Feedantenne um bis zu dem Faktor zwei (ideal angenommen) erreicht werden.

[0034] Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung ist dabei, dass eine vorgegebene oder vorhandene (insbesondere nicht erfindungsgemäße) Hornstruktur mit vorgegebener Geometrie, Öffnungswinkeln und Schnittstelle zum Waveguide, die für einen bestimmten Frequenzgang ausgelegt ist, unverändert bleiben kann oder nur marginaler Anpassungen bedarf, solange der abgestrahlte Frequenzbereich nicht geändert werden soll. Es muss in erster Linie nur der Waveguide neu designed, bzw. die Länge des Waveguides an die Anzahl und Anordnung (Abstände) der Feedantennen angepasst werden.

[0035] Gemäß der Erfindung erfolgt ein serieller phasenrichtiger (entsprechend den Feedantennen-Abständen phasenversetzter) Betrieb mehrerer DS-Resonatoren, Antennenstäbe, Dipole, Feed-Antennen in einem Waveguide bzw. in einer Hornantenne. Es ergibt sich eine deutliche Steigerung der Maximalleistung und der Wirkreichweite des HPEM DS-Gesamtsystems unter Beibehaltung der HornAntennengeometrie. Es ergibt sich eine Steigerung der Integrationsfähigkeit bei gleichzeitiger Leistungssteigerung.

[0036] Gemäß der Erfindung ergibt sich also eine HPEM DS Multi-Feed Hornantenne. Gemäß der Erfindung ergibt sich ein Verfahren und System zur Verstärkung, Fokussierung, Ausrichtung von HPEM Strahlen /-Impulsen durch seriellen-phasenbezogenen Betrieb mehrerer HPEM DS-Resonatoren / Antennen / -Stäbe / -Gruppen / -Feeds in einem Waveguide / Hornantenne. Es ergibt sich eine platzsparende Integration und Leistungssteigerung eines HPEM Hornantennen-Systems

unter möglicher Beibehaltung der wesentlichen Horngröße / -geometrie.

[0037] Die Erfindung eignet sich unter anderem zur Verwendung für HPEM Systeme stationär oder auf einem Trailer für verschiedene Anwendungen (z. B. für Counter-UAS (unmanned aerial system) als Fahrzeugschutz, C-UAS Feldlagerschutz etc.). Sie eignet sich auch für HPEM Systeme mobil für Land-Anwendung integriert auf einem Fahrzeug zum Eigenschutz im Rahmen NNbS (Nah- und Nächstbereichsschutz) und MGCS (Main Ground Combat System) für verschiedene Anwendungen (z. B. Counter-UAS, C-IED (counter- improvised explosive devices), Konvoi-Schutz etc.). Sie eignet sich auch für HPEM Systeme mobil für Luft- und See-Anwendung integriert auf einem Flugzeug, Drohne oder Schiff zum Eigenschutz im Rahmen NNbS für verschiedene Anwendungen (z. B. Counter-UAS, C-IED, Stoppen von Booten etc.).

[0038] Weitere Merkmale, Wirkungen und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung sowie der beigefügten Figuren. Dabei zeigen:

Figur 1 eine erfindungsgemäße Hornantenne,

Figur 2 die Umkonstruktion einer bestehenden zu erfindungsgemäßen Hornantennen,

Figur 3 die geometrischen Verhältnisse und deren Variationsmöglichkeiten an einer erfindungsgemäßen Hornantenne,

Figur 4 eine erfindungsgemäße Hornantenne mit a) einer, b) zwei und c) vier HPEM-Quellen.

[0039] Figur 1 zeigt eine Hornantenne 2 im Betrieb, nämlich bei der Abstrahlung eines elektromagnetischen HPEM-Mikrowellen-Pulses 4. Dargestellt sind von diesem in Figur 1 Superpositionen von Wellenfronten. Die Hornantenne 2 weist eine Zentralachse 6 auf, entlang der der Puls 4 abgestrahlt wird. Die Hornantenne 2 enthält einen Mikrowellen-Generator 8 zur Erzeugung des Pulses 4. Der Generator 8 enthält einen Wellenleiter 10. Der Wellenleiter 10 weist eine Generatoröffnung 12 zur Ausgabe des Pulses 4 auf. Der Wellenleiter 10 ist hier ein metallischer Körper in Quaderform mit rechteckigem Querschnitt bezüglich der Zentralachse 6 (siehe Figur 4) und erstreckt sich entlang der Zentralachse 6.

[0040] Die Hornantenne 2 enthält außerdem eine Hornstruktur 14, die zur Formung des Pulses 4 dient. Die Hornstruktur 14 weist eine Eingangsöffnung 16, die mit der Generatoröffnung 12 zusammenfällt, und eine Ausgangsöffnung 18 auf, die zur Abstrahlung des geformten Pulses 4 dient.

[0041] Der Generator 8 enthält im Beispiel eine einzige HPEM-Quelle 20 (in der Figur durch Strichelungen umrandet) zur Erzeugung des Pulses 4. Die HPEM-Quelle 20 enthält vier parallel zur Zentralachse 6 in einer Reihe

angeordnete Antennen 22a-d, hier DS-Resonatoren. Jede der Antennen 22a-d dient zur jeweiligen Aussendung eines Pulsanteils 24a-d. Der Puls 4 zu einem bestimmten Zeitpunkt ist als Summe der zu diesem Zeitpunkt erzeugten Pulsanteile 24a-d gebildet.

[0042] Die Antennen 22a-d werden in nicht näher erläuteter Weise aus Pulsquellen 26 des Generators 8 gespeist, welche durch eine Steuereinheit 28 des Generators 8 angesteuert sind. Alle vier Antennen 22a-d sind in einer gemeinsamen Ebene angeordnet.

[0043] Im Beispiel steuert die Steuereinheit 28 alle vier Antennen 22a-d hinsichtlich der Aktivierung und der Phasenlage ihres jeweiligen Pulsanteils 24a-d so an, dass sich die Pulsanteile 24a-d dieser Antennen 22a-d zum Puls 4 derart überlagern, dass dessen Abstrahlrichtung 30 parallel zur Zentralachse 6 zur Generatoröffnung 12 hin bzw. durch diese hindurch und aus dieser heraus gerichtet ist. Hierzu werden die Antennen 22a-d mit einem geeigneten Zeitversatz gegeneinander "phasenrichtig" bzw. phasenbezogen angesteuert. Die Ansteuerung erfolgt außerdem derart, dass sich die Wellenfronten der Pulsanteile 24a-d in Richtung der Zentralachse 6 zur Abstrahlöffnung 18 hin konstruktiv in der Wellenfront des Pulses 4 überlagern.

[0044] Figur 2 zeigt ein Verfahren zur Umkonstruktion bzw. Neukonstruktion einer bestehenden, nicht erfindungsgemäßen Hornantenne 32 zu erfindungsgemäßen Hornantennen 2' bzw. 2'' hin. Die ursprüngliche Hornantenne 32 weist nur eine einzige Antenne 22a auf. Ansonsten verfügt die Hornantenne 32 über einen Generator 8 mit angeschlossener Hornstruktur 14.

[0045] Zur Umkonstruktion wird nun im Fall der Hornantenne 2' die Zahl der Antennen 22 auf zwei (22a,b) und im Fall der Hornantenne 2'' auf vier (22a-d) erhöht. Die eine bzw. drei zusätzlichen Antennen werden in Reihe zur ersten Antenne 22a angeordnet, die Länge des Wellenleiters 10 vergrößert, jedoch die sonstigen Abmessungen der Hornantenne 32 unverändert beibehalten. Die gestrichelte Linie in Figur 2 deutet an, dass auch beliebige andere Antennenzahlen größer eins realisiert werden können.

[0046] Figur 3 zeigt symbolisch Variationsmöglichkeiten der Hornstruktur 14 und/oder des Wellenleiters 10 bei einer erfindungsgemäßen Hornantenne 2, die empirisch bzw. gemäß Simulationen oder Versuchen vorgenommen werden können, um die Abstrahlung von Pulsen 4 zu optimieren. Ohne hierauf detailliert einzugehen, können unter anderem eine Anzahl N (hier vier) der Antennen 22, ein Öffnungswinkel α und/oder eine Länge L2 der Hornstruktur 14, ein (auch abschnittsweiser) Öffnungswinkel β und/oder eine Länge L1 des Wellenleiters 10, Abstände d zwischen den Antennen 22 sowie Wandabstände D1, D2 der Antennen 22 von Wänden des Wellenleiters 10 variiert werden. Im vorliegenden Beispiel sind die Abstände d zwischen jeweils zwei benachbarten Antennen 22 gleich gewählt.

[0047] Figur 4b illustriert weitere Variationsmöglichkeiten in Form der Höhe H und Breite B des "Horns" bzw.

der Abstrahlöffnung 18 sowie der Höhe h und Breite b des Wellenleiters 10 bzw. der Generatoröffnung 12 und Eingangsöffnung 16. Figur 4 zeigt dabei insgesamt Frontansichten verschiedener Hornantennen 2 (in Richtung von Pfeil IV in Fig. 3). Figur 4a zeigt hierbei die Situation der Figuren 1-3, nämlich mit einer einzigen HPEM-Quelle 20. Figur 4b zeigt in einer Variante zwei übereinander angeordnete Quellen 20 zu je vier Antennen, Figur 4c eine Variante mit vier (je zwei nebeneinander und je zwei übereinander) Quellen 20 zu je vier Antennen 20.

Bezugszeichenliste

[0048]

2	Hornantenne
4	HPEM-Mikrowellen-Puls
6	Zentralachse
8	Mikrowellen-Generator
10	Wellenleiter
12	Generatoröffnung
14	Hornstruktur
16	Eingangsöffnung
18	Abstrahlöffnung
20	HPEM-Quelle
22a-d	Antenne
24a-d	Pulsanteil
26	Pulsquellen
28	Steuereinheit
30	Abstrahlrichtung
32	Hornantenne (nicht erfindungsgemäß)
α, β	Öffnungswinkel
H	Höhe (Horn)
B	Breite (Horn)
h	Höhe (Wellenleiter)
b	Breite (Wellenleiter)
L1	Länge (Wellenleiter)
L2	Länge (Hornstruktur)
d	Abstand (Antennen)
D1,2	Wandabstand

Patentansprüche

1. Hornantenne (2) zur Abstrahlung eines elektromagnetischen HPEM-Mikrowellen-Pulses (4) entlang einer Zentralachse (6),
 - mit einem Mikrowellen-Generator (8) zur Erzeugung des Pulses (4), wobei der Generator (8) einen Wellenleiter (10) mit einer Generatoröffnung (12) zur Ausgabe des Pulses (4) aufweist, wobei sich der Wellenleiter (10) entlang der Zentralachse (6) erstreckt, und
 - mit einer Hornstruktur (14) zur Formung des Pulses (4), die eine mit der Generatoröffnung (12) verbundene Eingangsöffnung (16) zur Ein-

strahlung des Pulses (4) und eine Abstrahlöffnung (18) zur Abstrahlung des geformten Pulses (4) aufweist,

- wobei der Generator (8) mindestens eine HPEM-Quelle (20) zur Erzeugung des Pulses (4) enthält,
- wobei jede der HPEM-Quellen (20) mindestens zwei parallel zur Zentralachse (6) in einer Reihe angeordnete Antennen (22a-d) zur jeweiligen Aussendung eines Pulsanteils (24a-d) enthält,
- wobei der Puls (4) als Summe der Pulsanteile (24a-d) gebildet ist.

2. Hornantenne (2) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine der Antennen (22a-d) ein Antennen-Stab und/oder ein - DS-Resonator und/oder ein Feed und/oder ein Dipol und/oder eine Gruppe ist.
3. Hornantenne (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wellenleiter (10) ein metallischer Körper ist.
4. Hornantenne (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wellenleiter (10) ein Körper aus einem elektrisch leitfähigen Material ist.
5. Hornantenne (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wellenleiter (10) eine Quaderform aufweist.
6. Hornantenne (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hornstruktur (14) und/oder der Wellenleiter (10) bezüglich der Zentralachse (6) einen eckigen Querschnitt aufweist.
7. Hornantenne (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei der Antennen (22a-d) gemeinsam in einer Ebene angeordnet sind.
8. Hornantenne (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für mindestens eine der HPEM-Quellen (20) benachbarte Antennen (22a-d) dieser HPEM-Quelle (20) gleiche Abstände (d) zueinander aufweisen.

9. Hornantenne (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass für mindestens eine der HPEM-Quellen (20) benachbarte Antennen (22a-d) dieser HPEM-Quelle (20) ungleiche Abstände (d) aufweisen. 5
10. Hornantenne (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, 10
dass diese eine Steuereinheit (28) enthält, die dazu eingerichtet ist,
- eine einzelne der Antennen (22a-d) anzusteuern, um den Puls (4) zu erzeugen, oder 15
 - mindestens zwei der Antennen (22a-d) hinsichtlich der Aktivierung und der Phasenlage ihres jeweiligen Pulsanteils (24a-d) so anzusteuern, dass sich die Pulsanteile (24a-d) dieser Antennen (22a-d) zum Puls (4) derart überlagern, dass dessen Abstrahlrichtung (30) parallel zur Zentralachse (6) zur Generatoröffnung (12) hin gerichtet ist. 20
11. Hornantenne (2) nach Anspruch 10, 25
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinheit (28) dazu eingerichtet ist, die Antennen (22a-d) einzeln oder zeitlich synchron oder mit Zeitversatz gegenüber einzelnen oder mehreren anderen Antennen (22a-d) anzusteuern. 30
12. Hornantenne (2) nach einem der Ansprüche 10 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinheit (28) dazu eingerichtet ist, einzelne Antennen (22a-d) in einem Burst-Modus mit zeitlichen Abständen zueinander anzusteuern. 35
13. Hornantenne (2) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, 40
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinheit (28) dazu eingerichtet ist, die Ansteuerung mindestens zweier der Antennen (22a-d) derart auszuführen, dass sich die Wellenfronten der Pulsanteile (24a-d) in Richtung der Zentralachse (6) zur Abstrahlöffnung (18) hin konstruktiv in der Wellenfront des Pulses (4) überlagern. 45
14. Verfahren zur Umkonstruktion einer Hornantenne (32) zu einer in der Leistung erhöhten Hornantenne (2',2'') gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13 hin, bei dem: 50
- ausgehend von mindestens einer jeweiligen ersten Antenne (22a): 55
 - konstruktiv die Anzahl der Antennen (22a-d) zu einer jeweiligen HPEM-Quelle (20) hin erhöht und die restlichen Antennen (22c-d) der HPEM-

Quelle (20) in Reihe zur ersten Antenne (22a) angeordnet werden, und
- die Länge (L1) des Wellenleiters (10) vergrößert wird,
- wobei die sonstigen Abmessungen der Hornantenne (32,2',2'') unverändert bleiben.

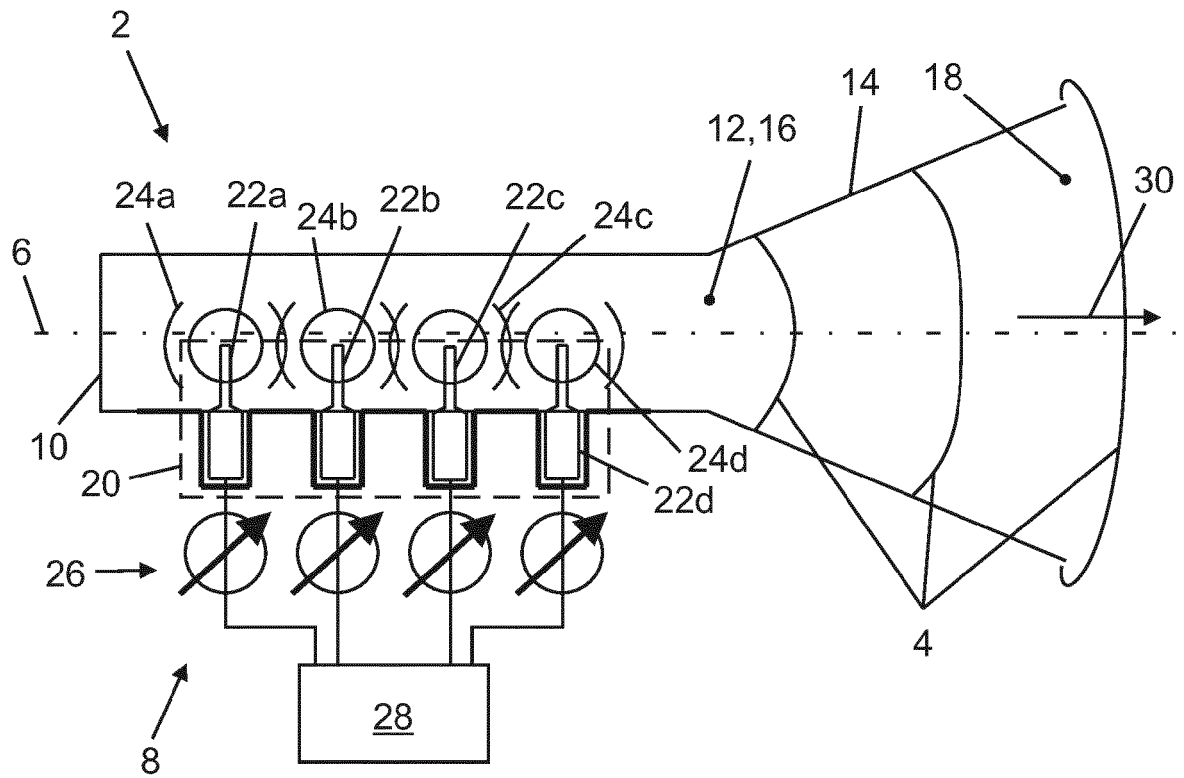


Fig. 1

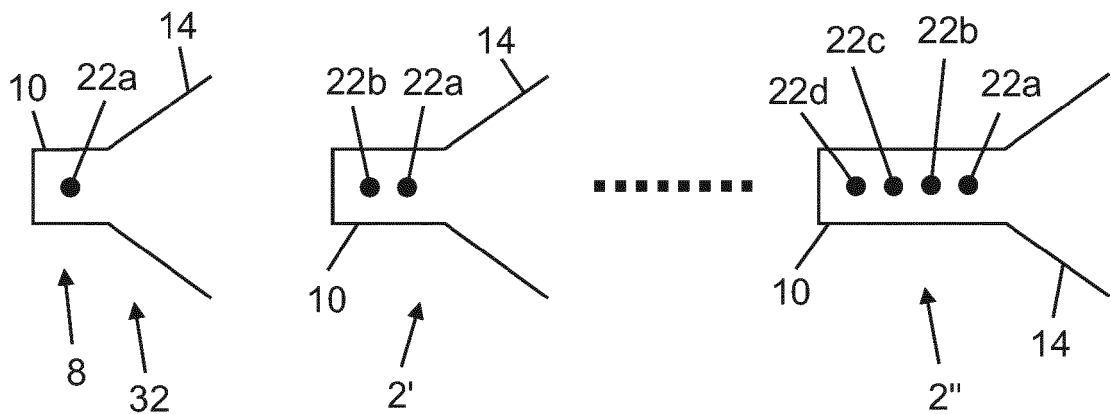


Fig. 2

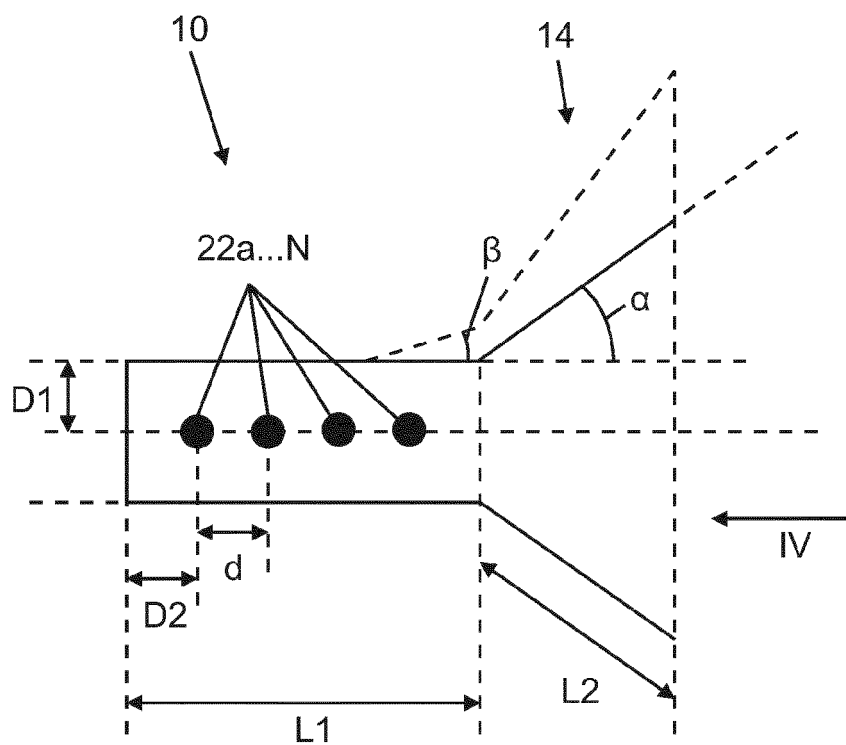


Fig. 3

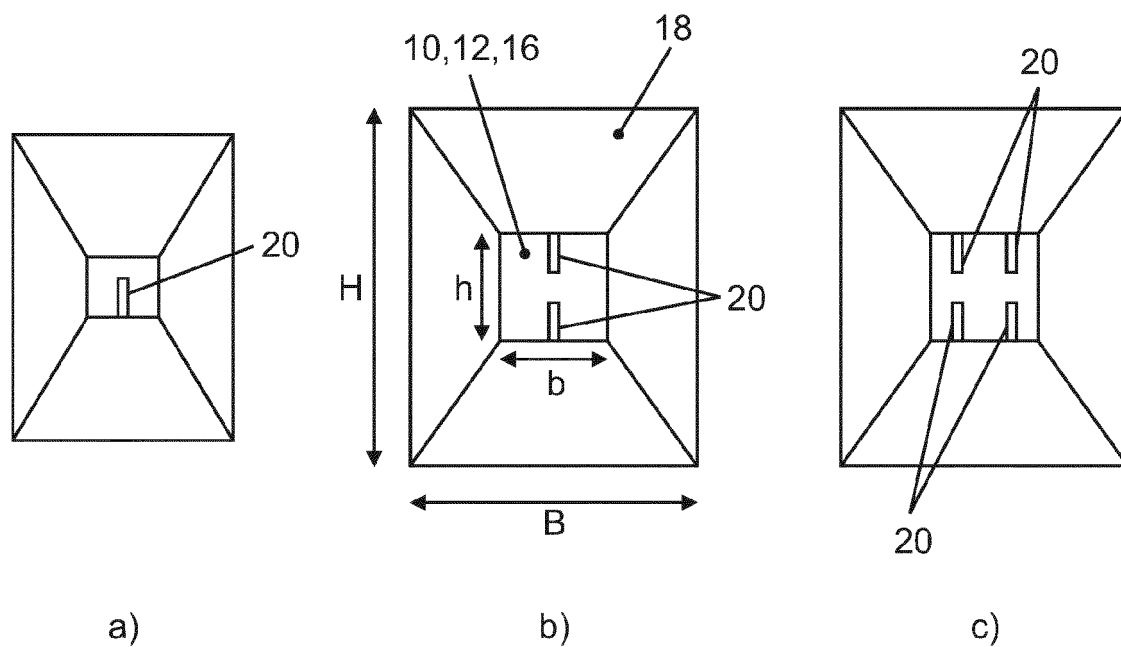


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 20 6935

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 5 319 322 A (O'LOUGHLIN JAMES P [US]) 7. Juni 1994 (1994-06-07)	1-7, 10-14	INV. H01Q13/02
Y	* Spalte 2, Zeile 3 - Spalte 7, Zeile 9; Abbildung 1 * * Spalte 8, Zeile 15 - Spalte 8, Zeile 42; Abbildung 4 * * Appendix A; Spalte 10; Abbildung 7 *	8,9	H01P5/12 F41H13/00
Y	----- CN 102 569 971 A (UNIV SICHUAN) 11. Juli 2012 (2012-07-11) * Seite 3, Absatz 8; Ansprüche 7-9 * * Seite 4, Absatz 21 - Seite 5, Absatz 24; Abbildungen 1-3 *	8,9	
A	----- DE 10 2018 004568 A1 (DIEHL DEFENCE GMBH & CO KG [DE]) 12. Dezember 2019 (2019-12-12) * Seite 6, Absatz 39 - Seite 7, Absatz 54; Abbildungen 1-4 *	1,14	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01Q H01P F42D F41H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 25. März 2022	Prüfer Blech, Marcel
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
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		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	

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

EP 21 20 6935

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

25-03-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	US 5319322 A	07-06-1994	KEINE	

15	CN 102569971 A	11-07-2012	KEINE	

	DE 102018004568 A1	12-12-2019	AU 2019203736 A1	02-01-2020
			DE 102018004568 A1	12-12-2019
			EP 3579408 A1	11-12-2019
20			US 2019376769 A1	12-12-2019

25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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