



(11) **EP 4 080 992 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**26.10.2022 Patentblatt 2022/43**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**H05B 6/64 (2006.01) H05B 6/68 (2006.01)**  
**H05B 6/70 (2006.01) H05B 6/74 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **22167917.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**H05B 6/6473; H05B 6/686; H05B 6/70; H05B 6/745**

(22) Anmeldetag: **12.04.2022**

(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**

(71) Anmelder: **Topinox Sarl**  
**68270 Wittenheim (FR)**

(72) Erfinder:  
• **Die Erfinder haben auf ihr Recht verzichtet, als solche bekannt gemacht zu werden.**

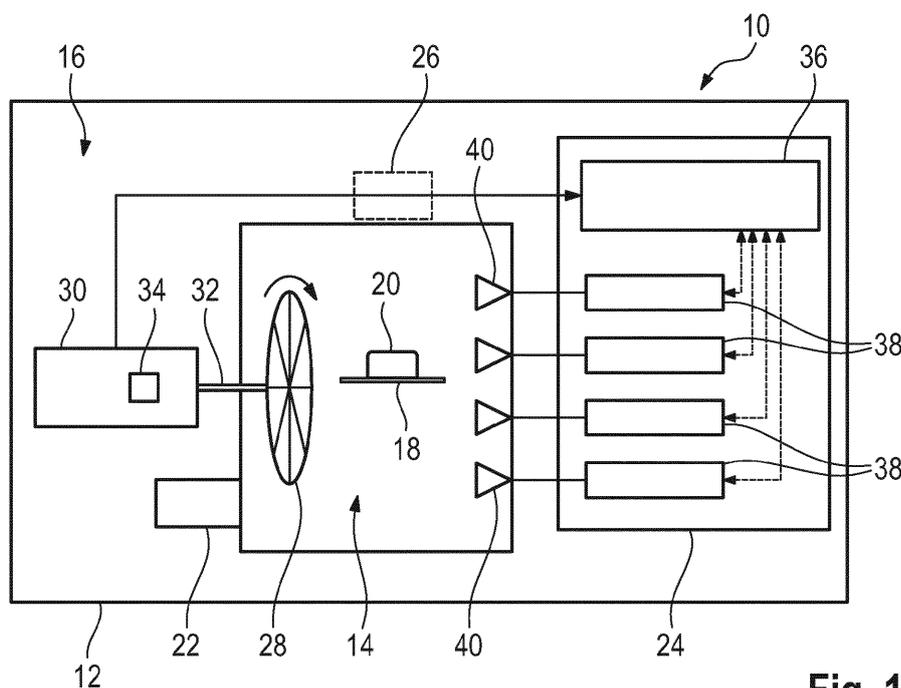
(74) Vertreter: **Prinz & Partner mbB**  
**Patent- und Rechtsanwälte**  
**Rundfunkplatz 2**  
**80335 München (DE)**

(30) Priorität: **23.04.2021 DE 102021110521**

(54) **VERFAHREN ZUM GAREN VON GARGUT IN EINEM KOMBINATIONSGARGERÄT SOWIE KOMBINATIONSGARGERÄT**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Garen von Gargut (20) in einem Kombinationsgargerät (10) mit einem Lüfterrad (28) und einer Halbleiter-Mikrowelleneinheit (24) zum Erzeugen von Mikrowellen. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:  
- Ermitteln einer Winkelstellung des Lüfterrads (28),  
- Auswählen eines Anregungsvektors für die Halbleiter-Mikrowelleneinheit (24) basierend auf der ermittelten

Winkelstellung aus einem Satz von unterschiedlichen Anregungsvektoren, wobei der Anregungsvektor zumindest Ansteuerungsparameter für die Phase der zu erzeugenden Mikrowellen umfasst, und  
- Betreiben der Halbleiter-Mikrowelleneinheit (24) mit dem ausgewählten Anregungsvektor.  
Zudem ist ein Kombinationsgargerät (10) beschrieben.



**Fig. 1**

**EP 4 080 992 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Garen von Gargut in einem Kombinationsgargerät mit einem Lüfterrad und einer Halbleiter-Mikrowelleneinheit zum Erzeugen von Mikrowellen. Ferner betrifft die Erfindung ein Kombinationsgargerät zum Garen von Gargut.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik sind Gargeräte bekannt, die neben konventionellen Energiequellen wie einer Heißluftvorrichtung und einer Dampferzeugungsvorrichtung zusätzlich noch eine Mikrowelleneinheit aufweisen, über die Energie in ein im Garraum des Gargeräts befindliches Gargut eingebracht werden kann, um das Gargut zu garen. Derartige Gargeräte werden auch als Kombinationsgargeräte bezeichnet, da diese Gargeräte mehrere unterschiedliche Energiequellen miteinander kombinieren. Die Kombinationsgargeräte werden typischerweise in Profiküchen eingesetzt, beispielsweise in Kantinen oder in der Gastronomie.

**[0003]** Die Kombinationsgargeräte werden in zwei Klassen eingeteilt, die sich durch die Art der Mikrowelleneinheit unterscheiden. In der ersten Klasse, die den traditionellen Weg darstellt, werden Magnetrons als Mikrowelleneinheiten eingesetzt. Anstelle der Magnetrons können aber auch sogenannte Halbleiter-Mikrowelleneinheiten verwendet werden, die auch als SSC-Hardware ("Solid State Cooking"-Hardware) bezeichnet werden. Insofern ersetzen die Halbleiterbauteile die traditionell verwendeten Magnetrons, um die Mikrowellen zu erzeugen.

**[0004]** Die Kombinationsgargeräte weisen unabhängig von ihrem jeweiligen Typ ein Lüfterrad auf, welches sich während des Betriebs des Gargeräts dreht, um das im Garraum vorliegende Garraumklima zu verwirbeln, sodass der gewünschte Energieeintrag durch Heißluft und/oder Dampf in das Gargut erfolgt. Das drehende Lüfterrad hat jedoch einen starken Einfluss auf das von der Mikrowelleneinheit erzeugte Mikrowellenfeld im Garraum, da dieses ebenfalls entsprechend verwirbelt wird. Das Lüfterrad fungiert nämlich als Modemischer.

**[0005]** Während die Kombinationsgargeräte der ersten Klasse, die das Magnetron als Mikrowelleneinheit aufweisen, das sich drehende Lüfterrad positiv nutzen können, um ebenfalls einen gleichmäßigen Energieeintrag durch die Mikrowellen zu realisieren, hat das drehende Lüfterrad bei den Kombinationsgargeräten des zweiten Typs, also mit Halbleiter-Mikrowelleneinheit, einen störenden Einfluss. Dies liegt daran, dass die Halbleiter-Mikrowelleneinheit im Gegensatz zum Magnetron, welches sich immer im optimalen Arbeitspunkt befindet, nur verzögert auf das sich ändernde Mikrowellenfeld reagieren kann, da zunächst ein geeigneter Arbeitspunkt ermittelt werden muss.

**[0006]** Das im Garraum vorliegende Mikrowellenfeld ändert sich mit der Geschwindigkeit des Lüfterrads, wodurch entsprechend schnelle Änderungen auftreten, denen die Halbleiter-Mikrowelleneinheit nicht ohne weiteres folgen kann. Demnach kann diese nicht mehr im op-

timalen Arbeitspunkt arbeiten, was die Effizienz entsprechend reduziert. Ein großer Teil der eingespeisten Leistung wird daher direkt wieder aus dem Garraum reflektiert und von der Halbleiter-Mikrowelleneinheit absorbiert, was im schlimmsten Fall zu einer derart großen Reflexion führt, dass die Halbleiter-Mikrowelleneinheit aus Sicherheitsgründen abgeschaltet wird.

**[0007]** Aus diesem Grund ist es aus dem Stand der Technik bekannt, dass bei Kombinationsgargeräten, die eine Halbleiter-Mikrowelleneinheit aufweisen, das Lüfterrad abgeschirmt ist, um so den Einfluss des Lüfterrads auf das Mikrowellenfeld im Garraum zu minimieren. Das Mikrowellenfeld im Garraum ändert sich durch das drehende Lüfterrad nicht oder nur unwesentlich, da die Schirmung einen Einfluss des sich drehenden Lüfterrads abschirmt. Dennoch auftretende Veränderungen des Mikrowellenfelds gehen demnach nicht auf die Drehung des Lüfterrads zurück, sondern ausschließlich auf andere Gründe, beispielsweise die Ausdehnung des Innenkastens und/oder Veränderungen des Garguts aufgrund der zunehmenden Temperatur im Garraum. Dies sind jedoch im Vergleich zur Drehung des Lüfterrads langsame Prozesse, auf die die Halbleiter-Mikrowelleneinheit mit Algorithmen reagieren kann, da die Halbleiter-Mikrowelleneinheiten hierzu entsprechend ausgelegt sind, um den langsamen Änderungen zu folgen.

**[0008]** Aufgrund der Schirmung ist jedoch die Fertigung des Kombinationsgargeräts sowie dessen Wartung komplizierter, was mehr Aufwand erfordert. Beispielsweise muss die Schirmung mit einem Innenkasten des Gargeräts, der den Garraum begrenzt, elektrisch kontaktiert sein. Die Schirmung hat jedoch auch einen Einfluss auf den Betrieb des Gargeräts, insbesondere die Heißluftleistung des Gargeräts, da die Schirmung die Gleichmäßigkeit bzw. die Strömungsgeschwindigkeit beeinflusst.

**[0009]** Daher ist es die Aufgabe der Erfindung, einen verbesserten Betrieb des Kombinationsgargeräts sowie ein verbessertes Kombinationsgargerät bereitzustellen, wobei ein gleichzeitiger Betrieb der Halbleiter-Mikrowelleneinheit und des Lüfterrads ohne die zuvor genannten Nachteile möglich ist.

**[0010]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zum Garen von Gargut in einem Kombinationsgargerät mit einem Lüfterrad und einer Halbleiter-Mikrowelleneinheit zum Erzeugen von Mikrowellen. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

- Ermitteln einer Winkelstellung des Lüfterrads,
- Auswählen eines Anregungsvektors für die Halbleiter-Mikrowelleneinheit basierend auf der ermittelten Winkelstellung aus einem Satz von unterschiedlichen Anregungsvektoren, wobei der Anregungsvektor zumindest Ansteuerungsparameter für die Phase der zu erzeugenden Mikrowellen umfasst, und
- Betreiben der Halbleiter-Mikrowelleneinheit mit dem

ausgewählten Anregungsvektor.

**[0011]** Ferner wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch ein Kombinationsgargerät zum Garen von Gargut, mit einem Lüfterrad, einer Steuer- und Auswerteeinheit und einer Halbleiter-Mikrowelleneinheit. Die Steuer- und Auswerteeinheit ist eingerichtet, eine vorliegende Winkelstellung des Lüfterrads zu ermitteln. Die Halbleiter-Mikrowelleneinheit ist eingerichtet, in mehreren unterschiedlichen Operationsmodi betrieben zu werden. Die Steuer- und Auswerteeinheit ist ferner eingerichtet, die Halbleiter-Mikrowelleneinheit basierend auf der ermittelten Winkelstellung derart anzusteuern, dass sich die Halbleiter-Mikrowelleneinheit basierend auf der ermittelten Winkelstellung in einem ausgewählten Operationsmodus befindet.

**[0012]** Der Grundgedanke der Erfindung ist es, dass aufgrund der ermittelten Winkelstellung des Lüfterrads eine der Winkelstellung des Lüfterrads entsprechende Ansteuerung der Halbleiter-Mikrowelleneinheit erfolgt, sodass zum Beispiel ein auf die Winkelstellung des Lüfterrads angepasstes Mikrowellenfeld durch die Halbleiter-Mikrowelleneinheit erzeugt werden kann, wodurch die Halbleiter-Mikrowelleneinheit im optimalen Arbeitspunkt betrieben werden kann. Mit anderen Worten wird das sich drehende Lüfterrad während des Betriebs des Lüfterrads in zahlreiche einzelne Momentaufnahmen unterteilt, die mit der Winkelstellung des Lüfterrads zusammenhängen. Für jede dieser Einzelaufnahmen kann ein entsprechender Anregungsvektor für die Halbleiter-Mikrowelleneinheit bereitgestellt werden. Der entsprechende Anregungsvektor kann ausgewählt werden, um die Halbleiter-Mikrowelleneinheit der vorliegenden Einzelaufnahme des Lüfterrads anzusteuern, also der jeweiligen Winkelstellung des Lüfterrads.

**[0013]** Hierdurch kann das Gargut gleichmäßiger gegart bzw. erwärmt werden, da die Mikrowellen an die jeweilige Winkelstellung des Lüfterrads angepasst erzeugt werden. Gleichzeitig ist es nicht notwendig, dass das Lüfterrad abgeschirmt werden muss, wodurch sich der Energieeintrag mittels der zumindest einen konventionellen Energiequelle entsprechend verbessert, also mittels der Heißluft- und/oder Dampfvorrichtung. Dies wird möglich, da die Halbleiter-Mikrowelleneinheit winkelabhängig angesteuert wird, nämlich in Abhängigkeit der Winkelstellung des Lüfterrads. Die unterschiedlichen Anregungsvektoren, die zur Auswahl stehen, sind demnach winkelabhängig, da sie von der Winkelstellung des Lüfterrads abhängen. Die winkelabhängigen Anregungsvektoren sind dabei in einer Reihenfolge im Satz der Anregungsvektoren vorgegeben, da jeder Anregungsvektor einem Winkelsegment der Umdrehung des Lüfterrads zugeordnet ist, die zwangsläufig aufeinander folgen, da das Lüfterrad nicht sprunghaft die Winkelstellung verändern kann. Unter einem Winkelsegment ist ein Winkelbereich zu verstehen, beispielsweise einer Verdrehung des Lüfterrads um 10°, um 3° oder um 0,9°.

**[0014]** Grundsätzlich umfasst die Halbleiter-Mikrowel-

leneinheit ein Ansteuerungsmodul sowie wenigstens ein Leistungsmodul, insbesondere mehrere Leistungsmodulare. Auf dem Ansteuerungsmodul sind entsprechende Algorithmen hinterlegt, die je nach ausgewähltem Garprogramm bzw. durchzuführendem Garprozess gewählt werden, um einen Energieeintrag mittels Mikrowellen breitzustellen. Die auf dem Ansteuerungsmodul hinterlegten Algorithmen dienen dazu, eine grundsätzliche Einstellung der Halbleiter-Mikrowelleneinheit in Abhängigkeit des gewählten Garprogramms bzw. des Garprozesses vorzunehmen, wobei die Algorithmen auf sich langsam verändernde Bedingungen reagieren, die durch die Erwärmung des Garraums und/oder des Garguts bedingt sind. Das sich drehende Lüfterrad stellt dagegen eine schnelle Veränderung dar, die zudem periodisch erfolgt, welche nicht über die Algorithmen im Ansteuerungsmodul abgebildet werden können.

**[0015]** Das Ansteuerungsmodul steuert das zumindest ein Leistungsmodul an, wobei die entsprechende Ansteuerung winkelabhängig erfolgt, also in Abhängigkeit der erfassten Winkelstellung des Lüfterrads. Über die winkelabhängige Ansteuerung des zumindest einen Leistungsmoduls ist sichergestellt, dass die schnellen Veränderungen kompensiert werden können, die aufgrund des sich drehenden Lüfterrads auftreten.

**[0016]** Die Steuer- und Auswerteeinheit des Kombigargeräts lässt sich durch das Ansteuerungsmodul bereitstellen.

**[0017]** Die Anregungsvektoren können neben dem Ansteuerungsparameter für die Phase zusätzlich noch Ansteuerungsparameter für Amplitude, Pulsweite, Anregungshäufigkeit und/oder Frequenz der zu erzeugenden Mikrowellen umfassen. Demnach steuert das Ansteuerungsmodul in Abhängigkeit der erfassten Winkelstellung die Phase, die Amplitude, die Pulsweite, die Anregungshäufigkeit und/oder die Frequenz der Mikrowellen.

**[0018]** Grundsätzlich ist vorgesehen, dass ein Anregungsvektor aufgrund der ermittelten Winkelstellung des Lüfterrads einem definierten Zeitschlitz der Periodendauer des Lüfterrads bei dessen Drehung zugeordnet ist, wobei der Zeitschlitz einer Dauer entspricht, die das Lüfterrad benötigt, um das entsprechende Winkelsegment zurückzulegen. Insofern hängt der Zeitschlitz von der Periodendauer bzw. der Geschwindigkeit des Lüfterrads und der Anzahl der Segmente ab. Der Anregungsvektor wird für den Zeitschlitz der Periodendauer angewendet.

**[0019]** Die Erfindung nutzt für die Ansteuerung der Halbleiter-Mikrowelleneinheit aus, dass das Drehen des Lüfterrads ein zyklischer Prozess ist, sodass für die unterschiedlichen Winkelpositionen jeweils abgestimmte Anregungsvektoren verwendet werden können, die den optimalen Arbeitspunkt der Halbleiter-Mikrowelleneinheit bei der jeweiligen Winkelstellung des Lüfterrads gewährleisten.

**[0020]** Der optimale Arbeitspunkt hängt dabei vom gewünschten Zweck ab. Insofern kann der optimale Arbeitspunkt ein Arbeitspunkt sein, der hinsichtlich des En-

ergieeintrags optimal ist, also bei dem die Halbleiter-Mikrowelleneinheit den größten Energieeintrag hat. Auch kann der Arbeitspunkt bezüglich der Effizienz optimal sein, sodass dort die größte Effizienz an dem Arbeitspunkt gewährleistet ist. Die Effizienz ist dabei frequenzabhängig. Ebenso kann der optimale Arbeitspunkt bezüglich der Gleichmäßigkeit gewählt sein, sodass sogenannte "Sweetspots" vermieden werden. Hierfür können gezielt unterschiedliche Frequenzen angeregt werden, wodurch eben gerade ein "Sweetspot" vermieden wird.

**[0021]** Die Halbleiter-Mikrowelleneinheit weist zudem unterschiedliche Operationsmodi auf, die in Abhängigkeit des Betriebsmodus des Kombinationsgargerätes ausgewählt werden können, wobei zusätzlich eine Auswahl basierend auf der ermittelten Winkelstellung des Lüfterrads erfolgt, sodass eine winkelabhängige Ansteuerung der Halbleiter-Mikrowelleneinheit erfolgt.

**[0022]** Die gesamte Drehung des Lüfterrads lässt sich in mehrere Winkelsegmente unterteilen, wobei jedem dieser Winkelsegmente ein entsprechender Operationsmodus der Halbleiter-Mikrowelleneinheit zugeordnet werden kann. Insofern ist es möglich, dass die Halbleiter-Mikrowelleneinheit während einer Drehung des Lüfterrads mehrere unterschiedliche Operationsmodi aufweist, um ein effizientes Garen des Garguts zu ermöglichen.

**[0023]** Ein Aspekt sieht vor, dass der Satz der unterschiedlichen Anregungsvektoren eine vollständige Umdrehung des Lüfterrads abdeckt, die in mehrere Winkelsegmente unterteilt wird. Dementsprechend ist eine Periodendauer des Lüfterrads, also die Zeit, die das Lüfterrad benötigt, um eine vollständige Drehung durchzuführen, in mehrere Zeitbereiche unterteilt, die auch als Zeitschlitze bezeichnet werden. Jedem dieser Zeitschlitze ist ein eindeutiger Anregungsvektor aus dem Satz der unterschiedlichen Anregungsvektoren zugeordnet. Insofern ist sichergestellt, dass für jedes Winkelsegment ein Anregungsvektor zur Verfügung steht, der dem Betrieb der Halbleiter-Mikrowelleneinheit im optimalen Arbeitspunkt gewährleistet.

**[0024]** Ein weiterer Aspekt sieht vor, dass der ausgewählte Anregungsvektor für ein definiertes Winkelsegment des sich drehenden Lüfterrads konstant ist, wobei das Winkelsegment kleiner als  $360^\circ$  ist, insbesondere kleiner also  $10^\circ$ , vorzugsweise kleiner als  $1^\circ$ . Eine vollständige Drehung des Lüfterrads wird in unterschiedliche Winkelsegmente unterteilt, die gleich groß oder unterschiedlich groß sein können. Jedem der verschiedenen Winkelsegmente ist dabei ein entsprechender Anregungsvektor zugeordnet, der über das entsprechende Winkelsegment konstant ist. Sofern das Winkelsegment also einen Bereich von  $10^\circ$  abdeckt, ist sichergestellt, dass der Anregungsvektor, der Halbleiter-Mikrowelleneinheit während der Dauer der Drehung des Lüfterrads, die für den Winkelbereich von  $10^\circ$  benötigt wird, konstant gehalten ist.

**[0025]** Die Winkelstellung des Lüfterrads kann mittels eines Drehgebers gemessen, basierend auf einer Dreh-

zahl des Lüfterrads und einem Bezugsimpuls berechnet oder aus Messungen von Streuparametern bei einer festen Frequenz über die Dauer einer Umdrehung des Lüfterrads abgeleitet werden. Insofern stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, um die jeweilige Winkelstellung des Lüfterrads zu ermitteln. Der Drehgeber, welcher auch als Winkelgeber bezeichnet werden kann, ist dabei in einem Antrieb des Lüfterrads integriert oder an einer Antriebswelle des Lüfterrads vorgesehen, die das Lüfterrad antreibt. Der Drehgeber kann ein Drehgebersignal bereitstellen, aus dem die Drehrichtung des Lüfterrads, der Umlauf einer vollen Umdrehung des Lüfterrads und/oder einzelne Winkelschritte direkt abgeleitet werden können. Das entsprechende Signal des Drehgebers, also das Drehgebersignal, wird beispielsweise von der Halbleiter-Mikrowelleneinheit verarbeitet, um den entsprechenden Operationsmodus auszuwählen, insbesondere den jeweiligen Anregungsvektor.

**[0026]** Es liegt somit eine Koppelung zwischen der Halbleiter-Mikrowelleneinheit und dem Drehgeber vor, der eine Echtzeit-Ansteuerung der Halbleiter-Mikrowelleneinheit gewährleistet.

**[0027]** Beispielsweise stellt das Drehgebersignal eine Vielzahl von Impulsen pro Umdrehung des Lüfterrads bereit, die in eine geringere Zahl von Pulsen zusammengefasst werden, wodurch die Auflösung entsprechend verringert wird. Hierdurch ergibt sich eine vereinfachte Ansteuerung der Halbleiter-Mikrowelleneinheit. Beispielsweise stellt das Trägersignal 4096 Impulse bereit, die in 400 Pulse pro Umdrehung des Lüfterrads umgesetzt werden, sodass eine volle Umdrehung des Lüfterrads in 400 Winkelsegmente unterteilt wird, denen entsprechend 400 unterschiedliche Anregungsvektoren zugeordnet sind. Mit anderen Worten umfasst der Satz von unterschiedlichen Anregungsvektoren demnach 400 unterschiedliche Anregungsvektoren, sodass ein Winkelsegment kleiner als  $1^\circ$  ist, nämlich  $0,9^\circ$ .

**[0028]** Alternativ kann die jeweilige Winkelstellung über die Drehzahl des Lüfterrads, die dem Kombinationsgargerät, insbesondere der Steuer- und Auswerteeinheit, bekannt ist, da das Kombinationsgargerät das Lüfterrad entsprechend ansteuert, sowie einem Bezugsimpuls berechnet werden.

**[0029]** Es kann eine absolute Winkelangabe ermittelt werden, wobei eine relative Winkelangabe für die Ansteuerung der Halbleiter-Mikrowelleneinheit ausreichend ist.

**[0030]** Alternativ lässt sich die Winkelstellung des Lüfterrads aus Messungen von Streuparametern (S-Parametern) ableiten, wobei dies eine Schätzung darstellt. Die zur Berechnung der Streuparameter verwendeten Wellen müssen hierbei bei einer fixen Frequenz über die Dauer einer gesamten Umdrehung des Lüfterrads gemessen und anschließend analysiert werden, also die vorwärtslaufenden Wellen (ausgesandten Wellen) und die rückwärtslaufenden Wellen (reflektierten Wellen). Im Zeitbereich sieht man in den Streuparametern eindeutige bzw. markante Stellen, die mit Winkelstellungen des Lüf-

terradrads einhergehen, sodass aus deren Periodizität die Drehgeschwindigkeit und der Winkel abgeleitet werden können. Mittels der erfassten Streuparameter können dann die für die jeweilige Winkelstellung besten Anregungsvektoren ausgewählt werden.

**[0031]** Ein weiterer Aspekt sieht vor, dass die Drehrichtung des Lüfterrads ermittelt wird, wobei die ermittelte Drehrichtung des Lüfterrads eine Reihenfolge der Anregungsvektoren des Satzes der unterschiedlichen Anregungsvektoren bestimmt. Insofern sind die Anregungsvektoren eines Satzes in einer definierten Reihenfolge vorgesehen, sodass die Anregungsvektoren des Satzes nacheinander abgearbeitet werden. Dies erfolgt basierend auf einem Taktsignal, welches von der ermittelten Winkelstellung des Lüfterrads abhängt. Sofern während des Betriebs des Lüfterrads eine Drehrichtungsänderung vorgenommen wird, beispielsweise in einem reversiblen Betrieb des Lüfterrads, ändert sich entsprechend auch die Reihenfolge der Anregungsvektoren. Mit der Drehrichtungsänderung des Lüfterrads ändert sich somit auch die Abarbeitungsrichtung des Satzes der Anregungsvektoren.

**[0032]** Mit anderen Worten sind die Anregungsvektoren fortlaufend indiziert, wobei bei einer Linksdrehung des Lüfterrads die Anregungsvektoren entsprechend steigender Indizes verwendet wird. Sollte eine Rechtsdrehung des Lüfterrads nach einer Drehrichtungsänderung vorliegen, so werden die Anregungsvektoren mit sinkenden Indizes verwendet.

**[0033]** Grundsätzlich kann das Drehgebersignal aus zwei Triggersignalen bestehen, mit denen die Drehrichtung des Lüfterrads entsprechend ermittelt werden kann. Je nachdem, ob das erste Triggersignal vor dem zweiten Triggersignal erfasst wird, lässt sich hierüber die entsprechende Drehrichtung des Lüfterrads ermitteln.

**[0034]** Der Drehgeber kann als ein Inkrementalgeber ausgebildet sein.

**[0035]** Gemäß einem weiteren Aspekt werden die Anregungsvektoren berechnet oder aufgrund einer Regelung aktualisiert. Insofern kann auf langsame Veränderungen, beispielsweise aufgrund der Aufwärmung eines Innenkastens des Kombinationsgargeräts bzw. des Erwärmens des Garguts reagiert werden, wodurch die vorgesehenen Anregungsvektoren neu berechnet bzw. mittels der Regelung (Regelalgorithmus) aktualisiert werden. Hierdurch ist sichergestellt, dass ein stabiler Betrieb der Halbleiter-Mikrowelleneinheit gegeben ist.

**[0036]** Ein weiterer Aspekt sieht vor, dass der Satz von unterschiedlichen Anregungsvektoren aus mehreren unterschiedlichen Sätzen von unterschiedlichen Anregungsvektoren ausgewählt wird. Die unterschiedlichen Sätze können sich dabei in lediglich einem Anregungsvektor voneinander unterscheiden, also einem unterschiedlich angesteuerten Winkelsegment während der Drehung des Lüfterrads. Grundsätzlich können die unterschiedlichen Anregungsvektoren für ein Winkelsegment, insbesondere die unterschiedlichen Sätze von Anregungsvektoren, vorgesehen sein, um eine erhöhte Di-

versität sicherzustellen, was zu einer gleichmäßigeren Erwärmung des Garguts führt. Hierbei kann zwischen den einzelnen Umdrehungen des Lüfterrads zwischen den Sätzen gewechselt werden, beispielsweise alternierend.

**[0037]** Ferner kann die Anzahl der Anregungsvektoren bei den unterschiedlichen Sätzen verschieden sein, sodass beispielsweise bei einem ersten Satz 400 Anregungsvektoren vorgesehen sind, wohingegen bei einem zweiten Satz lediglich 200 Anregungsvektoren vorgesehen sind.

**[0038]** Die unterschiedlichen Sätze können auch auf eine Beschleunigung bzw. ein Bremsen des Lüfterrads und die damit einhergehende Veränderung der Drehgeschwindigkeit des Lüfterrads reagieren. Beispielsweise wird beim Stillstand des Lüfterrads oder kurz vor dem Stillstand des Lüfterrads ein Satz mit weniger Anregungsvektoren verwendet. Typischerweise verändert sich jedoch die Länge der Zeitschlitzes beim Beschleunigen bzw. Abbremsen, sodass diese entsprechend gestaucht oder gestreckt werden. Die absolute Anzahl der Zeitschlitzes bleibt jedoch konstant.

**[0039]** Grundsätzlich sind die unterschiedlichen Sätze vorgesehen, um auf die langsamen Änderungen zu reagieren, die über die Algorithmen entsprechend berechnet bzw. bestimmt werden.

**[0040]** Das Auswählen des jeweiligen Satzes kann auch als Aktualisierung der Anregungsvektoren bzw. Update der Änderungsvektoren bezeichnet werden.

**[0041]** Ferner kann eine erneute Auswahl des entsprechenden Satzes aus den mehreren unterschiedlichen Sätzen aufgrund einer vorbestimmten Zeit, einer Änderung einer dielektrischen Eigenschaft in einem Garraum des Kombinationsgargeräts und/oder kontinuierlich erfolgen. Hiermit kann auf die langsamen Änderungen im Garraum reagiert werden, sodass die winkelabhängigen Anregungsvektoren, insbesondere die entsprechenden Sätze, aktualisiert werden. Die entsprechende Aktualisierung der Anregungsvektoren kann mittels drei unterschiedlicher Mechanismen erfolgen.

**[0042]** Sofern die Aktualisierung nach einer bestimmten Zeit, beispielsweise 30 Sekunden, erfolgt, ergibt sich eine starre Aktualisierung der Anregungsvektoren, die an ein ablaufendes Garprogramm gekoppelt sein kann. Hierbei kann jedoch nicht auf Veränderungen reagiert werden, die außerhalb dessen liegen, was zu Beginn angenommen wurde. Um auf eine solche Veränderung reagieren zu können, kann daher eine Änderung der dielektrischen Eigenschaft im Garraum des Kombinationsgargeräts berücksichtigt werden, sodass ein entsprechendes Monitoring erfolgt. Beispielsweise wird hierzu auch auf eine Änderung der Streuparameter abgestellt, wobei eine Änderung der Anregungsvektoren dann benötigt wird, sofern die Änderung einen Schwellenwert überschreitet.

**[0043]** Auch wenn die reflektierte Leistung in einem Zeitschlitz deutlich über dem erwarteten Wert liegt, insbesondere einen Schwellenwert überschreitet, kann für die-

sen Zeitschlitz eine Aktualisierung angefragt werden. Beispielsweise werden die eingebrachte und reflektierte Leistung wird bei jeder Anwendung des Anregungsvektors, d.h. bei jeder Umdrehung, gemessen und an die Steuer- und Auswerteeinheit übermittelt.

**[0044]** Wie vorstehend erläutert, kann die Aktualisierung auch nur auf einzelne Winkelsegmente beschränkt sein, also auf einzelne Anregungsvektoren. Ebenso kann eine kontinuierliche Aktualisierung erfolgen, wobei die entsprechenden Winkelsegmente des Lüfterrads kontinuierlich neu vermessen werden, also in einem Messoperationsmodus der Halbleiter-Mikrowelleneinheit. Es kann zudem vorgesehen sein, dass lediglich ein Winkelsegment neu vermessen wird, um die von der Halbleiter-Mikrowelleneinheit eingebrachte Energie nicht zu stark zu reduzieren. Insbesondere wird eine geringe Anzahl an Winkelsegmenten neu vermessen.

**[0045]** Ein Aspekt sieht vor, dass die mehreren unterschiedlichen Operationsmodi der Halbleiter-Mikrowelleneinheit einen Leerlaufoperationsmodus, einen Messoperationsmodus sowie einen Heizoperationsmodus umfassen.

**[0046]** Im Heizoperationsmodus wird die Halbleiter-Mikrowelleneinheit derart betrieben, dass mittels der Anregungsvektoren ein Mikrowellenfeld zum Erwärmen des Garguts erzeugt wird.

**[0047]** Im Messoperationsmodus werden über die Halbleiter-Mikrowelleneinheit dagegen Mikrowellen in den Garraum eingespeist, um beispielsweise eine Streuparameter-Messung durchzuführen. Die Streuparameter-Messung kann verwendet werden, um die Anregungsvektoren zu berechnen, die für den Heizoperationsmodus verwendet werden sollen. Ebenso kann im Messoperationsmodus festgestellt werden, ob eine Veränderung der dielektrischen Eigenschaften des Garraums erfolgt ist, beispielsweise aufgrund einer Veränderung der Eigenschaften des Garguts bzw. einer Neubeschickung des Garraums.

**[0048]** Auch kann eine Veränderung der dielektrischen Eigenschaften des Garraums aufgrund einer Veränderung des Resonanzverhaltens eines Sensors festgestellt werden, beispielsweise aufgrund einer Veränderung des Resonanzverhaltens eines Temperatursensors, insbesondere eines Kerntemperaturfühlers.

**[0049]** Im Leerlaufoperationsmodus wird die Halbleiter-Mikrowelleneinheit nicht angesteuert, sodass keine Energie von der Halbleiter-Mikrowelleneinheit in den Garraum eingespeist wird. Ebenso werden im Leerlaufoperationsmodus keine Mikrowellen in den Garraum eingespeist, die zum Abtasten bzw. Sensieren dienen.

**[0050]** Wie vorstehend erläutert, kann die Halbleiter-Mikrowelleneinheit die unterschiedlichen Operationsmodi während einer Umdrehung des Lüfterrads aufweisen, sodass beispielsweise in einem ersten Zeitschlitz bzw. einem ersten Winkelsegment die Halbleiter-Mikrowelleneinheit in einem Messoperationsmodus betrieben wird, wobei die Halbleiter-Mikrowelleneinheit in einem anschließenden Zeitschlitz bzw. anschließenden Winkel-

segment in einem Heizoperationsmodus betrieben wird. Dies kann insbesondere von der gewünschten Leistung der Halbleiter-Mikrowelleneinheit abhängen. Beispielsweise werden bei einer Leistungsanforderung von 75% entsprechend 75% der zur Verfügung stehenden Winkelsegmente für das Erwärmen des Garguts (Heizoperationsmodus) verwendet, wohingegen die verbleibenden 25% der zur Verfügung stehenden Winkelsegmente für den Messoperationsmodus verwendet werden. Die entsprechende Zuordnung der Operationsmodi an die zu Verfügung stehenden Winkelsegmente erfolgt dabei dynamisch, insbesondere in Abhängigkeit der Leistungsanforderung.

**[0051]** Insofern kann die Steuer- und Auswerteeinheit eingerichtet sein, die Operationsmodi der Halbleiter-Mikrowelleneinheit innerhalb einer vollständigen Umdrehung des Lüfterrads zu variieren und/oder die Operationsmodi für dasselbe Winkelsegment zweier aufeinander folgender Umdrehungen des Lüfterrads zu variieren. Hierdurch ist eine entsprechend effiziente Leistungsregelung der Halbleiter-Mikrowelleneinheit implementiert, da die Allokation der Winkelsegmente entsprechend der gewünschten Leistung erfolgt. Zum Beispiel kann ein bestimmtes Winkelsegment in einer bestimmten Anzahl der vorhandenen Sätze der Anregungsvektoren aktiv sein, wohingegen das bestimmte Winkelsegment für andere Sätze nicht aktiv ist.

**[0052]** Ein weiterer Aspekt sieht vor, dass die Halbleiter-Mikrowelleneinheit ein Ansteuerungsmodul sowie mehrere Leistungsmodule umfasst, die jeweils mit dem Ansteuerungsmodul in Kommunikationsverbindung stehen. Jedem Leistungsmodul ist ein Satz von unterschiedlichen Anregungsvektoren zugeordnet. Das Ansteuerungsmodul ist eingerichtet, den Leistungsmodulen eine gemeinsame Frequenzreferenz vorzugeben und die Leistungsmodule mittels eines von der erfassten Winkelstellung abhängigen Taktsignals anzusteuern, um einen Anregungsvektor aus dem Satz der unterschiedlichen Anregungsvektoren auszuwählen.

**[0053]** Dies betrifft den Heizoperationsmodus der Halbleiter-Mikrowelleneinheit, bei dem das Ansteuerungsmodul der Halbleiter-Mikrowelleneinheit die Leistungsmodule ansteuert, um die ausgewählten Anregungsvektoren zur Erzeugung der Mikrowellen vorzusehen. Die erfasste Winkelstellung des Lüfterrads wird dabei ausgenutzt, um das Taktsignal zu erzeugen, mittels dem das Ansteuerungsmodul die einzelnen Leistungsmodule ansteuert. Insofern ergibt sich eine taktweise Weiterschaltung der Anregungsvektoren des Satzes der unterschiedlichen Anregungsvektoren beim jeweiligen Leistungsmodul. Mit anderen Worten wird die Reihenfolge der Anregungsvektoren taktweise abgearbeitet, nämlich in der Reaktion auf das Taktsignal. Das Taktsignal hängt dabei von der Geschwindigkeit des Lüfterrads ab, sodass das Taktsignal angepasst bzw. skaliert wird, wenn das Lüfterrad schneller oder langsamer dreht.

**[0054]** Die Leistungsmodule können jeweils wenigstens einen Sensor aufweisen, der eingerichtet ist, vor-

wärtslaufende und/oder rückwärtslaufende Wellen zu erfassen. Hierzu kann ein entsprechender Richtkoppler vorgesehen sein, um die vorwärtslaufenden Wellen und die rückwärtslaufenden Wellen auszukoppeln. Hierbei lassen sich entsprechende Streuparameter erfassen, insbesondere winkelabhängig, d.h. abhängig von der Winkelstellung des Lüfterrads.

**[0055]** Grundsätzlich kann jedes Leistungsmodul innerhalb eines jeden Winkelsegments ein Mikrowellensignal aussenden, wobei die weiteren Leistungsmodulare der Halbleiter-Mikrowelleneinheit das entsprechend reflektierte Signal empfangen. Die Frequenzen, bei denen das sendende Leistungsmodul sendet, ist über das Ansteuerungsmodul eingestellt bzw. vorgegeben, sodass die eingestellte Frequenz für das gesamte Winkelsegment gilt. Das anschließende Winkelsegment, bei dem ebenfalls eine entsprechende Streuparameter-Messung erfolgen kann, kann dabei schon eine andere Frequenz aufweisen.

**[0056]** Auch ist es möglich, dass mehrere Frequenzen nacheinander in einem Winkelsegment vermessen werden. Dies ist insbesondere bei kleinen Drehzahlen des Lüfterrads möglich.

**[0057]** Während des jeweiligen Winkelsegments wird die vorwärtslaufende Welle des sendenden Leistungsmoduls gemessen sowie die rückwärtslaufende Welle an allen weiteren Leistungsmodulen gemessen. Hierüber lassen sich die Streuparameter entsprechend berechnen, nämlich aus dem Verhältnis von rücklaufenden zu vorlaufenden Wellen. Die erhaltenen Daten, die die Streuparameter beschreiben, können an das Ansteuerungsmodul weitergeleitet werden, was basierend auf den Streuparametern die vorhandenen Anregungsvektoren berechnet bzw. aktualisiert. Ebenso kann eine im Garraum vorhandene dielektrische Last bzw. deren Veränderung entsprechend sensiert werden, sodass ein virtueller Sensor geschaffen ist.

**[0058]** Sofern ein Winkelsegment für mehrere unterschiedliche Frequenzen gemessen werden soll, muss dieses Winkelsegment in aufeinanderfolgenden bzw. mehreren Umdrehungen des Lüfterrads durchgeführt werden. Sofern beispielsweise 100 verschiedene Frequenzpunkte für dasselbe Winkelsegment gemessen werden sollen, sind hierfür 100 Umdrehungen des Lüfterrads notwendig, um die entsprechenden Daten zu erhalten.

**[0059]** Alternativ kann vorgesehen sein, dass eine Interpolation bzw. Extrapolation der erhaltenen Messdaten entlang der Frequenzachse oder entlang der Zeitachse durchgeführt wird, wodurch die benötigte Messzeit reduziert werden kann, um die gewünschte Auflösung hinsichtlich der Frequenz zu erhalten. Beispielsweise wird nur bei jedem zweiten Zeitschlitz eine Frequenz gemessen, wobei dazwischen interpoliert wird.

**[0060]** Wie bereits erläutert ist es bei langsamen Drehzahlen oder dem Stillstand des Lüfterrads auch möglich, mehrere Frequenzen in einem Winkelsegment bzw. hintereinander zu vermessen.

**[0061]** Vom Ansteuerungsmodul der Halbleiter-Mikrowelleneinheit werden die jeweiligen Algorithmen asynchron zum Taktsignal ausgeführt. Sofern ein Heizoperationsmodus oder ein Messoperationsmodus ausgeführt werden soll, z.B. aufgrund eines Rezepts oder der Ansteuerung durch die Steuer- und Auswerteeinheit des Kombinationsgargeräts, werden entsprechende Ansteuerungsbefehle für ausgewählte Winkelsegmente an die Leistungsmodulare gesendet und eine entsprechende Frequenzreferenz bereitgestellt, die die für das Winkelsegment entsprechende Frequenz einstellt. Wenn das entsprechende Winkelsegment nächstmalig auftritt, also beispielsweise bei der nächsten Umdrehung des Lüfterrads, wird der entsprechende Ansteuerungsbefehl ausgeführt, beispielsweise der entsprechende Anregungsvektor im Heizoperationsmodus.

**[0062]** Die Halbleiter-Mikrowelleneinheit kann modular aufgebaut sein, sodass die Anzahl der Leistungsmodulare variabel verändert werden kann. Insbesondere lassen sich nachträglich weitere Leistungsmodulare in die Halbleiter-Mikrowelleneinheit integrieren, die mit dem Ansteuerungsmodul gekoppelt werden und von diesem angesteuert werden.

**[0063]** Das Leistungsmodul kann wenigstens einen Leistungsverstärker, einen Zirkulator und/oder einen Richtkoppler umfassen. Über den Richtkoppler kann das Leistungsmodul mit einem Auswerteteil des Ansteuerungsmoduls, insbesondere der Steuer- und Auswerteeinheit gekoppelt sein, sodass die entsprechend ausgekoppelten Wellen zur Verfügung gestellt werden.

**[0064]** Grundsätzlich kann eine reflektierte Leistung während des Heizbetriebs überwacht werden. Insofern kann erfasst werden, ob die reflektierte Leistung über einen erwarteten Wert bzw. über einen Grenzwert in dem Winkelsegment steigt. Sollte dies der Fall sein, so wird eine neue Messung der Streuparameter getriggert, wodurch eine Aktualisierung des Anregungsvektors erfolgt.

**[0065]** Nachdem die Winkelstellung des Lüfterrads ermittelt worden ist, kann der Streuparameter in der Winkelstellung gemessen werden, um daraus den Anregungsvektor zu berechnen. Alternativ kann zunächst ein vordefinierter Anregungsvektor verwendet werden.

**[0066]** Weitere Vorteile und Eigenschaften der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen, auf die Bezug genommen wird. In den Zeichnungen zeigen:

- Figur 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Kombinationsgargeräts,
- Figur 2 eine Darstellung, die eine Segmentierung einer Periodendauer des Lüfterrads beispielhaft darstellt,
- Figur 3 eine schematische Darstellung einer Halbleiter-Mikrowelleneinheit, die beim erfindungsgemäßen Kombinationsgargerät verwendet wird,

- Figur 4 ein Leistungsmodul der Halbleiter-Mikrowelleneinheit gemäß Figur 3,
- Figur 5 eine Übersicht der von einem Anregungsvektor umfassten Ansteuerungsparameter,
- Figur 6 eine Übersicht, die den Messoperationsmodus der Halbleiter-Mikrowelleneinheit verdeutlicht,
- Figur 7 eine Übersicht, die den Heizoperationsmodus der Halbleiter-Mikrowelleneinheit verdeutlicht,
- Figur 8 eine Darstellung eines Drehgebers, der beim erfindungsgemäßen Kombinationsgargerät verwendet werden kann, um die Winkelstellung der Lüfterrads zu ermitteln, und
- Figur 9 eine Übersicht, die eine weitere Möglichkeit zur Ermittlung der Winkelstellung des Lüfterrads zeigt.

**[0067]** In Figur 1 ist ein Kombinationsgargerät 10 gezeigt, das ein Gehäuse 12 aufweist, welches einen Garraum 14 sowie einen Technikraum 16 umgibt. In dem Garraum 14 ist ein Garguträger 18 vorgesehen, auf dem ein zu garendes Gargut 20 angeordnet ist.

**[0068]** Das Gargut 20 wird mittels zumindest einer konventionellen Energiequelle 22 gegart, die beispielsweise eine Heizvorrichtung und/oder eine Dampfvorrichtung sein kann. Die konventionelle Energiequelle 22 ist dabei dem Garraum 14 zugeordnet, wobei über die konventionelle Energiequelle 22 ein Garraumklima im Garraum 14 erzeugt wird, mittels dem das Gargut 20 gegart wird.

**[0069]** Neben der konventionellen Energiequelle 22 weist das Kombinationsgargerät 10 zudem eine Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 auf, mittels der das Gargut 20 zusätzlich mittels Mikrowellen gegart wird. Insofern werden Mikrowellen in den Garraum 14 eingespeist, um entsprechende Energie an das Gargut 20 abzugeben.

**[0070]** In der gezeigten Ausführungsform weist das Kombinationsgargerät 10 zudem eine Steuer- und Auswerteeinheit 26 auf, die vorliegend separat zur Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 ausgebildet ist. Insofern handelt es sich bei der Steuer- und Auswerteeinheit 26 um eine separate Steuer- und Auswerteeinheit, beispielsweise eine übergeordnete Steuer- und Auswerteeinheit des Kombinationsgargeräts 10, die sämtliche Komponenten des Kombinationsgargeräts 10 ansteuert.

**[0071]** Alternativ kann die Steuer- und Auswerteeinheit 26 auch in die Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 integriert sein, wie nachfolgend noch erläutert wird.

**[0072]** Darüber hinaus geht aus Figur 1 hervor, dass das Kombinationsgargerät 10 ein Lüfterrad 28 aufweist, welches dem Garraum 14 zugeordnet ist. Das Lüfterrad 28 wird mittels eines Antriebs 30 und einer Antriebswelle 32 drehend angetrieben. Hierdurch ist sichergestellt, dass das von der konventionellen Energiequelle 22 bereitgestellte Garraumklima innerhalb des Garraums 14

verwirbelt wird, um eine gleichmäßige Erwärmung des Garguts 20 mittels Heißluft und/oder Dampf sicherzustellen.

**[0073]** Dem Lüfterrad 28 ist ein Drehgeber 34 zugeordnet, der beispielsweise im Antrieb 30 integriert ist. Mithilfe des Drehgebers 34 kann die Winkelstellung des Lüfterrads 28 während des Betriebs des Lüfterrads 28 erfasst werden, also während der Antrieb 30 das Lüfterrad 28 antreibt. Bei dem Drehgeber kann es sich um einen Inkrementalgeber handeln.

**[0074]** Beispielsweise ist der Drehgeber 34 als ein optischer Encoder ausgebildet, wie dies in Figur 8 gezeigt ist. Der Drehgeber 34 kann ein entsprechendes Drehgebersignal an die Steuer- und Auswerteeinheit 26 übermitteln, ausgehend von dem die Steuer- und Auswerteeinheit 26 die Winkelstellung des Lüfterrads 28 ermittelt. Alternativ wird das Drehgebersignal an die Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 übermittelt.

**[0075]** Alternativ zu dem Drehgebersignal, welches in Figur 8 gezeigt ist, kann der Drehgeber 34 zwei Triggersignale ausgeben, die von der Steuer- und Auswerteeinheit 26 oder der Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 ausgewertet werden, um die Winkelstellung des Lüfterrads 28 zu ermitteln, insbesondere auch die Drehrichtung des Lüfterrads 28, wie dies beispielhaft in Figur 9 gezeigt ist.

**[0076]** Im oberen Bereich der Figur 9 ist eine Drehung des Lüfterrads 28 im Rechtslauf gezeigt, wohingegen im mittleren Bereich der Figur 9 eine Drehung des Lüfterrads 28 in Linkslauf gezeigt ist. Es ist zu erkennen, dass die beiden unterschiedlichen Triggersignale zu unterschiedlichen Zeitpunkten je nach Drehrichtung ausgegeben werden, wodurch eine Drehrichtungserkennung des Lüfterrads 28 erfolgen kann.

**[0077]** Wie vorstehend schon erläutert, kann der dem Lüfterrad 28 zugeordnete Drehgeber 34 im Antrieb 30 integriert oder der Antriebswelle 32 zugeordnet sein, sodass die Winkelstellung des Lüfterrads 28 ermittelt werden kann. Bei der jeweiligen Winkelstellung des Lüfterrads 28 kann es sich um eine relative Winkelstellung handeln, sodass eine absolute Winkelposition des Lüfterrads 28 nicht zwingend ermittelt werden muss. Die absolute Winkelposition kann aber mittels eines entsprechenden Bezugsimpulses ermittelt werden, wie dies in Figur 8 verdeutlicht ist. Der Bezugsimpuls gibt einen Start- bzw. Nullpunkt des Lüfterrads 28 an, ausgehend von dem dann die absolute Winkelposition ermittelt werden kann.

**[0078]** Alternativ zum Drehgeber 34 kann die Winkelstellung der Lüfterrads 28 von der Steuer- und Auswerteeinheit 26 auch basierend auf einer Drehzahl des Lüfterrads 28 berechnet werden, die von der Steuer- und Auswerteeinheit 26 aufgrund eines ablaufenden Garprogramms vorgegeben wird. Die Steuer- und Auswerteeinheit 26 steuert demnach den Antrieb 30 derart an, dass eine gewünschte Drehzahl des Lüfterrads 28 erreicht wird. Sofern ein Triggersignal bzw. Bezugsimpuls vom Lüfterrad 28 erfasst wird, kann hierüber die relative Winkelstellung des Lüfterrads 28 ermittelt werden, insbesondere aufgrund der verstrichenen Zeit nach dem letzten

Bezugsimpuls unter Berücksichtigung der Drehzahl des Lüfterrads 28. Diese Berechnung kann auch durch die Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 erfolgen, sofern die die entsprechenden Informationen erhält.

**[0079]** In der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform werden die Winkelinformationen, also die ermittelte Winkelstellung des Lüfterrads 28, an die Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 übermittelt, die diese entsprechend verarbeitet um einen entsprechenden Operationsmodus der Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 einzustellen bzw. auszuwählen, also in Abhängigkeit der erfassten Winkelstellung des Lüfterrads 28.

**[0080]** Die Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 weist hierzu ein Ansteuerungsmodul 36 auf, welches die Winkelstellung des Lüfterrads 28 von der Steuer- und Auswerteeinheit 26 erhält oder, sofern die Steuer- und Auswerteeinheit 26 in der Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 integriert ist, diese entsprechend selbst ermittelt, wie vorstehend bereits erläutert.

**[0081]** In jedem Fall steuert das Ansteuerungsmodul 36 der Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 entsprechende Leistungsmodul 38 der Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 in Abhängigkeit der ermittelten Winkelstellung des Lüfterrads 28 an, wobei hier ein entsprechender Operationsmodus des jeweiligen Leistungsmoduls 38 eingestellt werden kann. Insbesondere für die jeweilige Winkelstellung des Lüfterrads 28.

**[0082]** Die Leistungsmodul 38, die auch als Mikrowellen-Leistungsstufen bezeichnet werden können, sind über Antennen 40 dem Garraum 14 zugeordnet, sodass von der Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 bereitgestellte Mikrowellen über die Antennen 40 in den Garraum 14 eingekoppelt werden können, um bspw. das Gargut 20 zu garen. Dabei kann eine Leistung von 250 W oder 500 W je Leistungsmodul 38 vorgesehen sein. Beispielsweise sind vier Leistungsmodul 38 mit einer Leistung von 250 W vorgesehen, sodass vier Leistungsstufen ausgebildet sind.

**[0083]** Die Ansteuerung der einzelnen Leistungsmodul 38 erfolgt dabei winkelabhängig, wie vorstehend bereits erläutert.

**[0084]** Beispielsweise ist in Figur 2 gezeigt, dass eine vollständige Umdrehung des Lüfterrads 28 in 20 Winkelsegmente ( $n=0$  bis  $n=19$ ) unterteilt werden kann. Hierdurch begeben sich 20 unterschiedliche Möglichkeiten, die Leistungsmodul 38 während einer einzigen Umdrehung des Lüfterrads 28 anzusteuern. Üblicherweise ist eine größere Anzahl an Winkelsegmenten vorgesehen, beispielsweise 400.

**[0085]** Beispielsweise beträgt die Periodendauer  $T_p$  des Lüfterrads 28 zwischen 30 und 240 Millisekunden, wobei dies von der Drehgeschwindigkeit bzw. der Drehzahl des Lüfterrads 28 abhängt.

**[0086]** Die Periodendauer  $T_p$  wird in  $N$  Zeitschlitze unterteilt, sodass die vollständige Umdrehung des Lüfterrads 28, also eine  $360^\circ$  Umdrehung des Lüfterrads 28, in entsprechend  $N$  Winkelsegmente unterteilt ist.

**[0087]** Die  $N$  Winkelsegmente können dabei einen

gleich großen Winkelbereich umfassen oder variabel hinsichtlich des Winkelbereichs sein. Die Dauer des entsprechenden Zeitschlitzes  $t_s$  beträgt beispielsweise zwischen 0,625 Millisekunden und 10 Millisekunden, wobei dies von der Anzahl der Zeitschlitze  $N$  und der Periodendauer  $T_p$  abhängt.

**[0088]** Sofern die Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 während einer Umdrehung des Lüfterrads 28 vollständig in einem Heizoperationsmodus betrieben wird, ergeben sich hieraus  $N$  verschiedene Anregungsvektoren, mit denen die Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 während der Umdrehung des Lüfterrads 28 betrieben wird. Die Anregungsvektoren werden mit einem Index  $n$  indiziert, sodass die Indizes "0" bis " $N-1$ " vorgesehen sind. Die Anregungsvektoren sind jeweils unterschiedlich voneinander und berücksichtigen die jeweilige Winkelstellung des Lüfterrads 28, wodurch sichergestellt ist, dass die Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 während des Betriebs stets einen optimalen Arbeitspunkt aufweist.

**[0089]** Anhand der Figuren 3 bis 5 wird der Heizoperationsmodus der Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 beschrieben.

**[0090]** In Figur 3 ist die Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 detaillierter dargestellt, insbesondere das Ansteuerungsmodul 36 sowie die einzelnen Leistungsmodul 38, die vom Ansteuerungsmodul 36 angesteuert werden.

**[0091]** Das Ansteuerungsmodul 36 erhält die Informationen bezüglich der Winkelstellung des Lüfterrads 28 von der Steuer- und Auswerteeinheit 26 bzw. berechnet diese ausgehend von den erhaltenen Daten selbst, beispielsweise basierend auf den Winkelgeber 34.

**[0092]** Hierdurch ist das Ansteuerungsmodul 36 in der Lage, ein Taktsignal mit der Periode  $t_s$  bereitzustellen, über das die einzelnen Leistungsmodul 38 angesteuert werden, wie nachfolgend noch erläutert wird.

**[0093]** Darüber hinaus stellt das Ansteuerungsmodul 36 eine Frequenzreferenz  $f_{ref}[n]$  zur Verfügung, die an sämtliche Leistungsmodul 38 übermittelt wird.

**[0094]** Die Leistungsmodul 38 sind jeweils mit entsprechenden Sätzen von Anregungsvektoren versehen, die vom Ansteuerungsmodul 36 mittels des Taktsignals angesteuert bzw. vom Ansteuerungsmodul 36 taktweise ausgewählt werden. Mit anderen Worten wird eine ankommende Taktflanke des Taktsignals durch das entsprechende Leistungsmodul 38 so umgesetzt, dass der nächste Anregungsvektor verwendet wird.

**[0095]** Die jeweiligen Sätze sind in den Figuren 3 und 4 mit  $W_j$  bezeichnet, wobei jeder Satz mehrere unterschiedliche Anregungsvektoren  $W_j[n]$  umfasst, nämlich Anregungsvektoren von  $W_j[0]$  bis  $W_j[N-1]$ , die jeweils einem der mehreren Winkelsegmente bzw. Zeitschlitze fest zugeordnet sind, wie vorstehend anhand der Figur 2 erläutert worden ist.

**[0096]** Die Anregungsvektoren  $W_j[n]$  sind zudem in einer vorgegebenen Reihenfolge vorgesehen, sodass diese nacheinander mittels des Taktsignals durchgeschaltet werden. Die Richtung, in denen die Anregungsvektoren  $W_j[n]$  taktweise durchgeschaltet bzw. ausgewählt wer-

den, hängt dabei von der Drehrichtung des Lüfterrads 28 ab, was mittels des Drehgebers 34 erfasst werden kann.

**[0097]** Das Ansteuerungsmodul 36 steuert demnach die einzelnen Leistungsmodule 38 mittels des Taktsignals bzw. des Triggersignals mit der Periode  $t_s$  derart an, dass in den jeweiligen Winkelsegmenten bzw. Zeitschlitz 5 der entsprechend zugeordnete Anregungsvektor  $W_j[n]$  verwendet wird. Im jeweiligen Winkelsegment bzw. Zeitschlitz werden die dem Anregungsvektor zugeordnete Ansteuerungsparameter für die Phase der zu erzeugenden Mikrowellen zur Verfügung gestellt, die zusammen mit der Frequenzreferenz durch das jeweilige Leistungsmodul 38 verarbeitet werden, um die Mikrowellen entsprechend zu erzeugen. Die Leistungsmodule 38 weisen hierzu einen IQ-Modulator bzw. IQ-Demodulator 10 42 sowie wenigstens einen Verstärker 44 auf, sodass das gewünschte Mikrowellensignal erzeugt wird.

**[0098]** In Figur 5 ist beispielsweise gezeigt, dass ein Anregungsvektor mehrere Ansteuerungsparameter umfasst, nämlich für die Phase, die Amplitude, die Pulsweite sowie die Frequenz. Insofern ist sichergestellt, dass für jedes Winkelsegment eine effiziente und optimale Erwärmung des Garguts 20 mittels der Mikrowellen sichergestellt ist. Neben den gezeigten Ansteuerungsparameter kann noch die Anregungshäufigkeit als Ansteuerungsparameter vorgesehen sein, also wie häufig in einem bestimmten Zeitschlitz in einer definierten Anzahl von Umdrehungen geheizt werden soll, beispielsweise in den nächsten 100 Umdrehungen. Mit anderen Worten wird über die Anregungshäufigkeit festgelegt, wie häufig in einer bestimmten Anzahl der nächsten Umdrehungen der Anregungsvektor aktiv geschaltet wird. Dies kann grundsätzlich auch als Leistungsskalierung bezeichnet werden.

**[0099]** Grundsätzlich ist sichergestellt, dass die Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 stets im optimalen Arbeitspunkt betrieben wird, da die winkelabhängige Ansteuerung der Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 erfolgt.

**[0100]** Wie vorstehend erläutert, schaltet das Ansteuerungsmodul 36 die unterschiedlichen Anregungsvektoren  $W_j[n]$  des entsprechenden Satzes in Echtzeit weiter, um auf das sich drehende Lüfterrad 28 zu reagieren. Dies wird über mindestens ein Trigger-Signal gesteuert, also das Taktsignal  $t_s$ .

**[0101]** Die Algorithmen auf dem Ansteuerungsmodul 36, die zur Kompensation der langsamen Veränderungen und generell zur Ermittlung des optimalen Arbeitspunkts bzw. des entsprechenden Anregungsvektors verwendet werden, werden asynchron ausgeführt und aktualisieren, je nach Bedarf, einen Teil (oder den gesamten) Satz der Anregungsvektoren des jeweiligen Leistungsmoduls 38.

**[0102]** In Figur 7 ist der entsprechende Heizoperationsmodus innerhalb eines Winkelsegments dargestellt, bei dem die Auswahl des entsprechenden Anregungsvektors erfolgt. Im Beispiel der Figur 7 ist dies für den Zeitschlitz  $t_{s0}$  gezeigt, der im Beispiel eine Dauer von 75  $\mu$ s hat.

**[0103]** Innerhalb eines Zeitschlitzes wird der gewünschte Anregungsvektor eingestellt. Eine Regelschleife stellt dabei sicher, dass der Anregungsvektor korrekt umgesetzt wird. Beispielsweise werden thermische Effekte berücksichtigt. Innerhalb eines Zeitschlitzes können mehrere Regelzyklen durchlaufen werden.

**[0104]** Grundsätzlich kann der Zeitschlitz eine Dauer haben, die zwischen 75  $\mu$ s und 300  $\mu$ s liegt, wobei dies von der Lüfterdrehzahl abhängt, die zwischen 0 und 2000 Umdrehungen pro Minute liegen kann, sofern 400 Zeitschlitz 10 erzeugt werden sollen, wie dies im Beispiel gezeigt ist. Demnach wird die vollständige Drehung des Lüfterrads 28 in 400 Winkelsegmente unterteilt, die entsprechend 400 Zeitschlitz 15  $t_s$  zugeordnet sind.

**[0105]** Aus Figur 7 wird deutlich, dass die Winkelsegmente aufgrund der vorgegebenen Drehung des Lüfterrads 28 in einer bestimmten Reihenfolge aufeinanderfolgen, die sich zudem periodisch wiederholt, nämlich mit der Periodendauer des Lüfterrads 28.

**[0106]** Innerhalb des einen Zeitschlitzes  $t_{s0}$  bzw. des zugeordneten Winkelsegments erfolgt eine Ansteuerung der Leistungsmodule 38 über das Ansteuerungsmodul 36 gemäß dem im unteren Bereich der Figur 7 dargestellten Ablaufs.

**[0107]** Unter anderem ist ein "HW-Zugriff" vorgesehen, der eine Dauer von 6  $\mu$ s hat. Während des "HW-Zugriffs" werden die Amplitude und die Phase in Form von DAC-Werten eingestellt. Zudem wird die dann notwendige Messung durchgeführt, um die eingestellte Amplitude und Phase zu kontrollieren.

**[0108]** Nach der Messung läuft dann eine Software-Regelschleife ("Software Regelalgorithmus"), welche korrigierte DAC-Werte liefert, um genauer an die gewünschte Amplitude und Phase zu kommen.

**[0109]** Diese werden dann im folgenden "HW-Zugriff" wieder eingestellt und gemessen, woraufhin die Regelschleife wieder korrigierte Werte berechnet. Dies wiederholt sich so lange, bis der Zeitschlitz zu Ende ist. Hierdurch können Temperatureffekte ausgeglichen werden.

**[0110]** Im Hintergrund kann der gewünschte Anregungsvektor aber durchgehend aktiv sein, wenn dies gewünscht ist bzw. aufgrund der gewünschten Leistungsanforderung nötig ist, sodass durchgehend eine Heizleistung vorliegen kann, um das Gargut 20 zu erwärmen.

**[0111]** Eine Pulsweitensteuerung würde den Anregungsvektor dann vor Beendigung des Zeitschlitzes abschalten. Die Zeitdauer des Zeitschlitzes  $t_s$  ist bekannt, sodass bei einer Pulsweite von 80% nach  $0.8 \cdot t_s$  abgeschaltet und das nächste Triggersignal abgewartet werden würde.

**[0112]** In diesem Bereich werden die Leistungsmodule 38 also entsprechend den vorgesehenen Anregungsvektoren betrieben, also die Phase sowie entsprechend weitere Parameter eingestellt. Um die Anregungsvektoren stabil zu halten, kann innerhalb eines Winkelsegments zudem ein Regelalgorithmus durchgeführt werden, wie dies in Figur 7 dargestellt ist.

**[0113]** Üblicherweise wird der Regelalgorithmus so oft

wie möglich innerhalb des Zeitschlitzes bzw. der Zeit des Winkelsegments durchgeführt, wie dies möglich ist, wobei dies von der Leistungsanforderung an die Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 abhängt. Die im Regealgorithmus ermittelten Regelwerte werden für die nächste Umdrehung des Lüfterrads 28 gespeichert, sodass diese direkt als Startwert vorliegen und verwendet werden können.

**[0114]** In der gezeigten Ausführungsform sind in einem Winkelsegment insgesamt drei Teilbereiche ("HW-Zugriff") vorgesehen, die zum Einstellen der DAC-Werte und Messen der tatsächlichen Amplitude und Phase verwendet werden, nämlich einmal für etwa 6  $\mu$ s und zweimal für etwa 5  $\mu$ s. Die restlichen 59  $\mu$ s des Zeitschlitzes mit einer Dauer von 75  $\mu$ s sind demnach für den Regealgorithmus vorgesehen, der mehrfach ausgeführt wird, insbesondere jedes Mal nach dem "HW-Zugriff". Im Hintergrund sind die bei dem ersten "HW-Zugriff" eingestellten DAC-Werte aber aktiv, d.h. auch der Anregungsvektor / Arbeitspunkt ist für die gesamte Dauer des Zeitschlitzes aktiv.

**[0115]** In Figur 6 ist ein alternativer Operationsmodus der Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 gezeigt, bei dem es sich um einen Messoperationsmodus handelt.

**[0116]** Die Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 wird im Messoperationsmodus derart verwendet, dass eines der mehreren Leistungsmodule 38 ein Mikrowellensignal bei einer eingestellten Frequenz aussendet, wobei die weiteren Leistungsmodule 38 ein entsprechendes reflektiertes Signal aus dem Garraum 14 empfangen.

**[0117]** Hierbei werden die vorwärtslaufenden Wellen sowie die rückwärtslaufenden Wellen an den entsprechenden Leistungsmodulen 38, insbesondere den Verbindungen zwischen den Leistungsmodulen 38 und den Antennen 40 ausgekoppelt, um entsprechende Streuparameter zu ermitteln. Demnach kann das jeweilige Leistungsmodul 38 einen Richtkoppler aufweisen, über den die unterschiedlich laufenden Wellen ausgekoppelt werden können.

**[0118]** In einem darauffolgenden Winkelsegment kann bereits eine andere Frequenz verwendet werden, um die Streuparameter vor einem anderen Winkelsegment und anderer Frequenz zu ermitteln.

**[0119]** Sofern für dasselbe Winkelsegment mehrere Frequenzen gemessen werden sollen, werden die Messungen bei entsprechend vielen Umdrehungen des Lüfterrads 28 durchgeführt. Sofern 101 Frequenzpunkte eines Winkelsegments gemessen werden sollen, werden beispielsweise 101 Umdrehungen des Lüfterrads 28 genutzt, um die Messdaten zu erhalten. Alternativ kann die Messzeit dadurch verkürzt werden, dass die Streuparameter entlang einer Frequenzachse oder des Lüfterradwinkels bzw. der Zeitschlitzes interpoliert bzw. extrapoliert werden.

**[0120]** Bei geringen Drehzahlen ist es auch denkbar, mehrere Frequenzen innerhalb eines Zeitschlitzes zu vermessen. Die Messung dauert beispielsweise ca. 25  $\mu$ s, sodass bei einer Zeitschlitzdauer von 300  $\mu$ s mehrere Messungen möglich sind.

**[0121]** Grundsätzlich können die im Messoperationsmodus ermittelten Daten verwendet werden, um die Anregungsvektoren für den Heizoperationsmodus zu berechnen bzw. zu bestimmen, insbesondere auf langsam verändernde dielektrische Eigenschaften zu reagieren, die sich aufgrund der Erwärmung des Garguts 20 bzw. eines Innenkastens des Kombinationsgargeräts 10 auftreten, der den Garraum 14 umgibt. Die Leistungsmodule 38 können demnach so konfiguriert sein, dass sie Streuparameter (S-Parameter) in einem definierten Winkelsegment oder über den gesamten Winkelbereich messen. Aus den Messungen wird der optimale Anregungsvektor ermittelt. Geeignete Algorithmen für einen fixen Zeitschlitz sind identisch zu denen für einen geschirmten Garraum 14. Der optimale Anregungsvektor kann dabei entsprechend seinem Zweck optimiert sein, beispielsweise größter Energieeintrag, höchste Effizienz oder größte Gleichmäßigkeit.

**[0122]** Ebenso kann im Messoperationsmodus vorgesehen sein, dass eine dielektrische Last des Garraums 14 ermittelt werden soll, um beispielsweise den Garzustand des Garguts 20, dessen Verlauf, neueingebrachtes Gargut in den Garraum 14, eine Gargutart oder im Garraum 14 vorhandenes Garzubehör wie den Gargutträger 18 zu detektieren.

**[0123]** Beim Sensieren wirkt die elektrische Feldverteilung im jeweiligen Objekt wie ein volumetrisches Gewicht der Materialeigenschaften des jeweiligen Objekts. Durch das drehende Lüfterrad 28 verändern sich die Feldbilder im Garraum 14 und es entstehen unterschiedliche Feldverteilungen in dem jeweiligen Objekt, sodass die entsprechenden Materialeigenschaften gleichmäßiger abgetastet werden können. Kombiniert man also die Streuparameter von allen Winkelpositionen erhöht man den Informationsgehalt über das Objekt.

**[0124]** Durch eine zyklische Messung der Streuparameter, also der Messung für ein Winkelsegment pro Umdrehung des Lüfterrads 28, werden die Informationen ständig aktualisiert. Der Heizbetrieb muss nicht unterbrochen werden. Es wird lediglich die Zeit, in der Mikrowellenleistung eingetragen wird, um den zeitlichen Anteil der Messung eines Winkelsegments an der gesamten Umdrehung reduziert. Durch diese zyklische Messung können die Anregungsvektoren in dem Winkelsegment automatisch aktualisiert werden.

**[0125]** Die im Messoperationsmodus erhaltenen Messdaten bzw. Wellen werden grundsätzlich an das Ansteuerungsmodul 36 übermittelt, beispielsweise die vom Richtkoppler ausgekoppelten Wellen, wobei das Ansteuerungsmodul 36 die erhaltenen Messdaten bzw. Wellen auswertet, um die Streuparameter zu ermitteln. Insofern weist das Ansteuerungsmodul 36 zumindest einen Auswertungsteil auf, der zur Auswertung und Bestimmung der Streuparameter genutzt wird. Wie vorstehend schon beschrieben, kann das Ansteuerungsmodul 36 grundsätzlich die Steuer- und Auswerteeinheit 26 aufweisen.

**[0126]** Grundsätzlich kann die Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 auch in einem Leerlaufoperationsmodus be-

trieben werden, in dem keine Mikrowellen über die Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 erzeugt werden, also weder zum Erwärmen des Garguts 20 noch zum Sensieren des Garraums 14.

[0127] In dem in Figur 2 gezeigten Beispiel waren 20 Winkelsegmente vorgesehen, die die gesamte Drehung des Lüfterrads 28 entsprechend unterteilt. In jedem Winkelsegment kann ein bestimmter Operationsmodus vorgesehen sein, also ein Leerlaufoperationsmodus, ein Messoperationsmodus oder ein Heizoperationsmodus.

[0128] Insbesondere können aufeinanderfolgende Winkelsegmente unterschiedliche Operationsmodi aufweisen. Dies kann vom Garprogramm bzw. der Leistungsanforderung an die Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 abhängen. Beispielsweise werden die in Figur 2 gezeigten Winkelsegmente 0 bis 15 für das Erwärmen des Garguts 20 verwendet, wohingegen die Winkelsegmente 16 bis 19 für das Sensieren verwendet werden, um so beispielsweise eine Aktualisierung der Anregungsvektoren durchzuführen bzw. einen Regelalgorithmus. Sollte die Leistungsanforderung steigen, so können mehr Winkelsegmente dem Heizoperationsmodus zugewiesen werden.

[0129] Grundsätzlich skaliert die Effizienz der Leistungsmodule 38 mit der Amplitude, sodass die beste Effizienz bei maximaler Amplitude erreicht wird. Daher werden die Leistungsmodule 38 bei maximaler Amplitude betrieben, wobei deren Einschaltzeiten bzw. die zugeordneten Zeitschlitze entsprechend variiert werden, also der jeweilige Operationsmodus der einzelnen Winkelsegmente.

[0130] Zum Beispiel wird ein Winkelsegment nur in  $x/100$  Umdrehungen aktiviert, wodurch die Leistung des Winkelsegmentes skaliert werden kann, insbesondere in 1%-Schritten im genannten Beispiel. Mit einem Wert von  $x = 10$  wäre das entsprechende Winkelsegment demnach für 10% der Zeit aktiv, was einer Leistungsskalierung auf 10% entspricht. Anstatt der 1%-Schritte kann auch eine feinere oder gröbere Auflösung eingestellt werden, beispielsweise 5%-Schritte mit einer Aktivierung bei  $x/20$  Umdrehungen. Dies wird auch als Anregungshäufigkeit des Anregungsvektors verstanden.

[0131] Die Amplitude der einzelnen Leistungsmodule 38 ist immer bei der maximalen bzw. effizientesten Ausgangsleistung für die entsprechende Frequenz eingestellt. Die Anregungsvektoren werden dann nur noch über die Phasen geregelt. Die geeignete Einkoppelung der Mikrowelle in den Garraum 14 wird demnach ausschließlich über die Phasen gesteuert.

[0132] Es ist grundsätzlich möglich, die Halbleiter-Mikrowelleneinheit 24 aufgrund der winkelabhängigen Ansteuerung effizient zu betreiben, wobei gleichzeitig die konventionelle Energiequelle 22 ohne Einschränkung verwendet werden kann, beispielsweise die Heizvorrichtung und/oder die Dampfvorrichtung, da keine beeinflussende Schirmung nötig ist, die zudem den Fertigungs- und Serviceaufwand erhöht.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Garen von Gargut in einem Kombinationsgargerät (10) mit einem Lüfterrad (28) und einer Halbleiter-Mikrowelleneinheit (24) zum Erzeugen von Mikrowellen, mit den folgenden Schritten:
  - Ermitteln einer Winkelstellung des Lüfterrads (28),
  - Auswählen eines Anregungsvektors für die Halbleiter-Mikrowelleneinheit (24) basierend auf der ermittelten Winkelstellung aus einem Satz von unterschiedlichen Anregungsvektoren, wobei der Anregungsvektor zumindest Ansteuerungsparameter für die Phase der zu erzeugenden Mikrowellen umfasst, und
  - Betreiben der Halbleiter-Mikrowelleneinheit (24) mit dem ausgewählten Anregungsvektor.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Satz der unterschiedlichen Anregungsvektoren eine vollständige Umdrehung des Lüfterrads (28) abdeckt, die in mehrere Winkelsegmente unterteilt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der ausgewählte Anregungsvektor für ein definiertes Winkelsegment des sich drehenden Lüfterrads (28) konstant ist, wobei das Winkelsegment kleiner als  $360^\circ$  ist, insbesondere kleiner als  $10^\circ$ , vorzugsweise kleiner als  $1^\circ$ .
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Winkelstellung des Lüfterrads (28) mittels eines Drehgebers (34) gemessen wird oder dass die Winkelstellung des Lüfterrads (28) basierend auf einer Drehzahl des Lüfterrads (28) und einem Bezugsimpuls berechnet wird oder dass die Winkelstellung des Lüfterrads (28) aus Messungen von Streuparametern bei zumindest einer festen Frequenz über die Dauer einer Umdrehung des Lüfterrads (28) abgeleitet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehrichtung des Lüfterrads (28) ermittelt wird, wobei die ermittelte Drehrichtung des Lüfterrads (28) eine Reihenfolge der Anregungsvektoren des Satzes der unterschiedlichen Anregungsvektoren bestimmt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Anregungsvektor berechnet oder aufgrund einer Regelung aktualisiert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zumindest eine Anregungsvek-

- tor basierend auf gemessenen Streuparametern bei einer Winkelstellung des Lüfterrads (28) berechnet oder aufgrund einer Regelung aktualisiert wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Satz von unterschiedlichen Anregungsvektoren aus mehreren unterschiedlichen Sätzen von unterschiedlichen Anregungsvektoren ausgewählt wird. 5
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine erneute Auswahl des entsprechenden Satzes aus den mehreren unterschiedlichen Sätzen aufgrund einer vorbestimmten Zeit, einer Änderung einer dielektrischen Eigenschaft in einem Garraum (14) des Kombinationsgargeräts (10) und/oder kontinuierlich erfolgt. 10 15
10. Kombinationsgargerät zum Garen von Gargut (20), mit einem Lüfterrad (28), einer Steuer- und Auswerteeinheit (26) und einer Halbleiter-Mikrowelleneinheit (24), wobei die Steuer- und Auswerteeinheit (26) eingerichtet ist, eine vorliegende Winkelstellung des Lüfterrads (28) zu ermitteln, wobei die Halbleiter-Mikrowelleneinheit (24) eingerichtet ist, in mehreren unterschiedlichen Operationsmodi betrieben zu werden, wobei die Steuer- und Auswerteeinheit (26) ferner eingerichtet ist, die Halbleiter-Mikrowelleneinheit (24) basierend auf der ermittelten Winkelstellung derart anzusteuern, dass sich die Halbleiter-Mikrowelleneinheit (24) basierend auf der ermittelten Winkelstellung in einem ausgewählten Operationsmodus befindet. 20 25 30
11. Kombinationsgargerät nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mehreren unterschiedlichen Operationsmodi der Halbleiter-Mikrowelleneinheit (24) einen Leerlaufoperationsmodus, einen Messoperationsmodus sowie einen Heizoperationsmodus umfassen. 35 40
12. Kombinationsgargerät nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuer- und Auswerteeinheit (26) eingerichtet ist, die Operationsmodi der Halbleiter-Mikrowelleneinheit (24) innerhalb einer vollständigen Umdrehung des Lüfterrads (28) zu variieren und/oder die Operationsmodi für dasselbe Winkelsegment zweier aufeinanderfolgender Umdrehungen des Lüfterrads (28) zu variieren. 45 50
13. Kombinationsgargerät nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Halbleiter-Mikrowelleneinheit (24) ein Ansteuerungsmodul (36) sowie mehrere Leistungsmodul (38) umfasst, die jeweils mit dem Ansteuerungsmodul (36) in Kommunikationsverbindung stehen, wobei jedem Leistungsmodul (38) ein Satz von unterschiedlichen Anregungsvektoren zugeordnet ist, und wobei das Ansteuerungsmodul (36) eingerichtet ist, den Leistungsmodulen (38) eine gemeinsame Frequenzreferenz vorzugeben und die Leistungsmodul (38) mittels eines von der erfassten Winkelstellung abhängigen Taktsignals anzusteuern, um einen Anregungsvektor aus dem Satz der unterschiedlichen Anregungsvektoren auszuwählen. 55

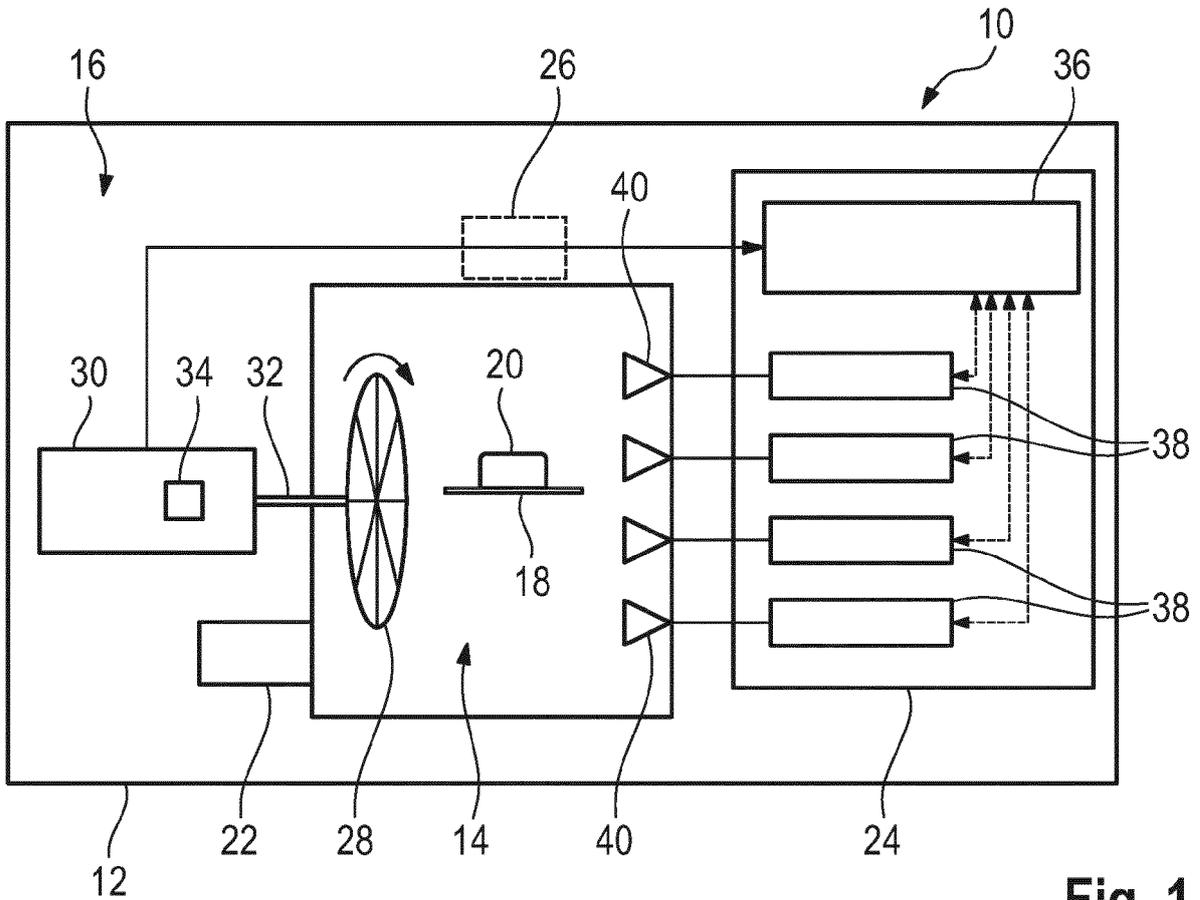
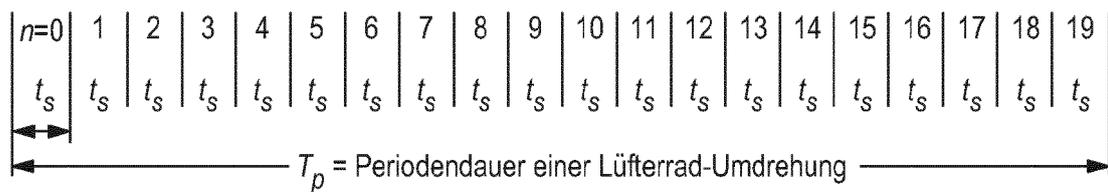


Fig. 1



Variable	beispielhafte Werte	Beschreibung
$T_p$	30ms ... 240ms	Dauer einer Umdrehung des LR (abhängig von LR-Drehzahl)
$t_s$	0,625ms ... 10ms	Abtastperiode des LR (abhängig von $T_p$ und $N$ )
$N$	1 ... 36 ... (360)	Anzahl an Zeitschlitzen im Heizmuster
$n$	0 ... $N-1$	Index des Anregungsvektor im Heizmuster

Fig. 2

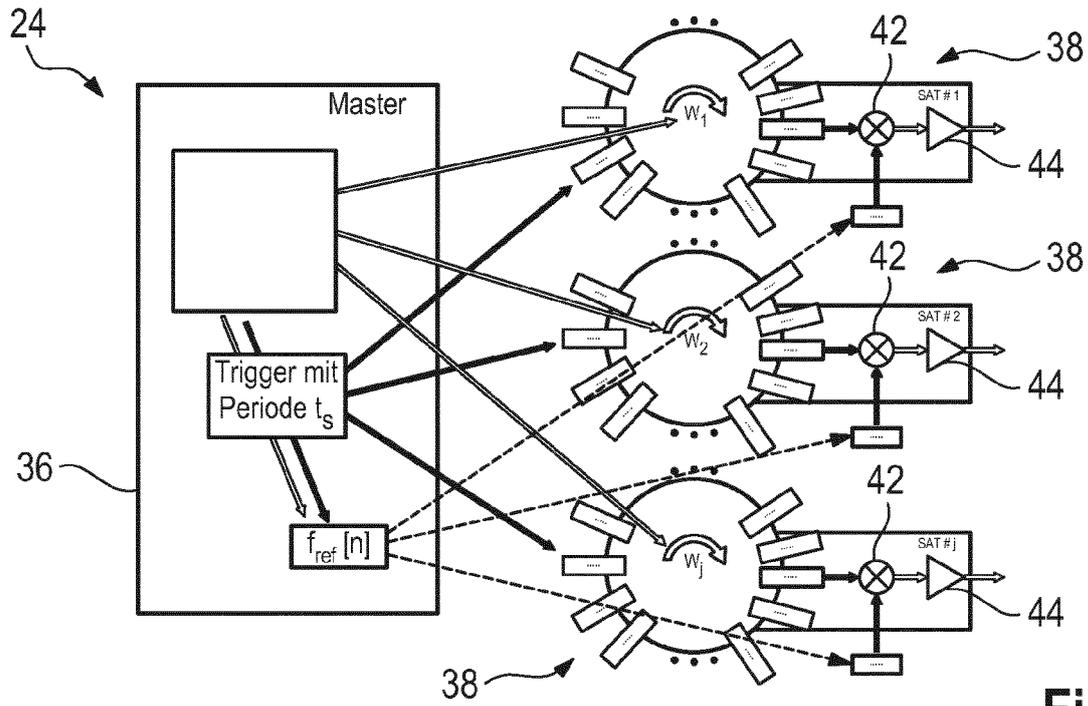


Fig. 3

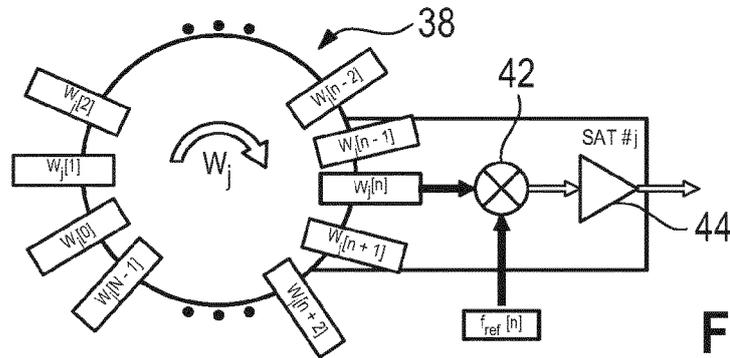


Fig. 4

Variable	Wertebereich	Auflösung	Genauigkeit	Beschreibung
$a$	0 ... 1	0,001	$\pm 10\%$	Amplitude (0=AUS; 1=MAX)
$\varphi$	-180° ... 180°	1°	$\pm 5^\circ$	Phase
$d_{pwm}$	0 ... 1	0,01	$\pm 0,01$	Pulsweite im Zeitschlitz $t_s$ ON-Zeit folgt aus: $t_s d_{pwm} = 0,10\mu s \dots 1ms$
$f$	2400MHz ... 2500MHz	1MHz	$\pm 125kHz$	Frequenz des Anregungsvektors

Fig. 5



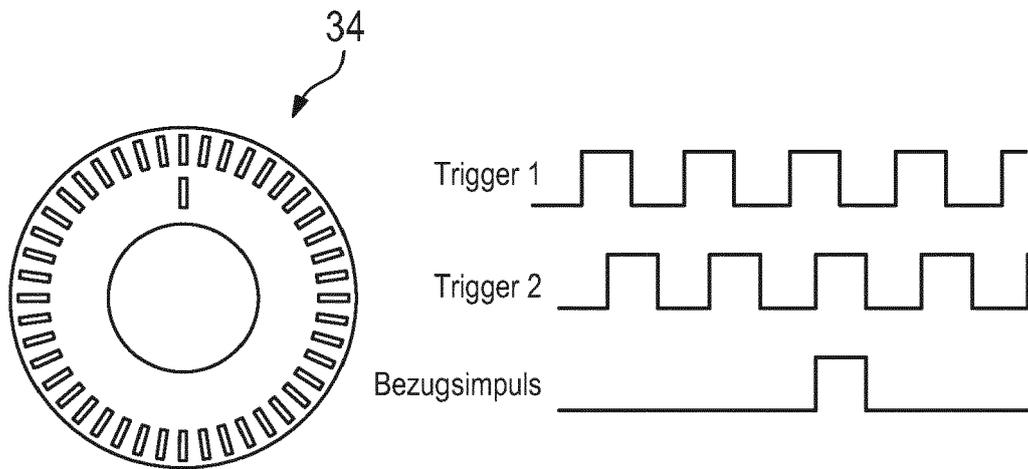


Fig. 8

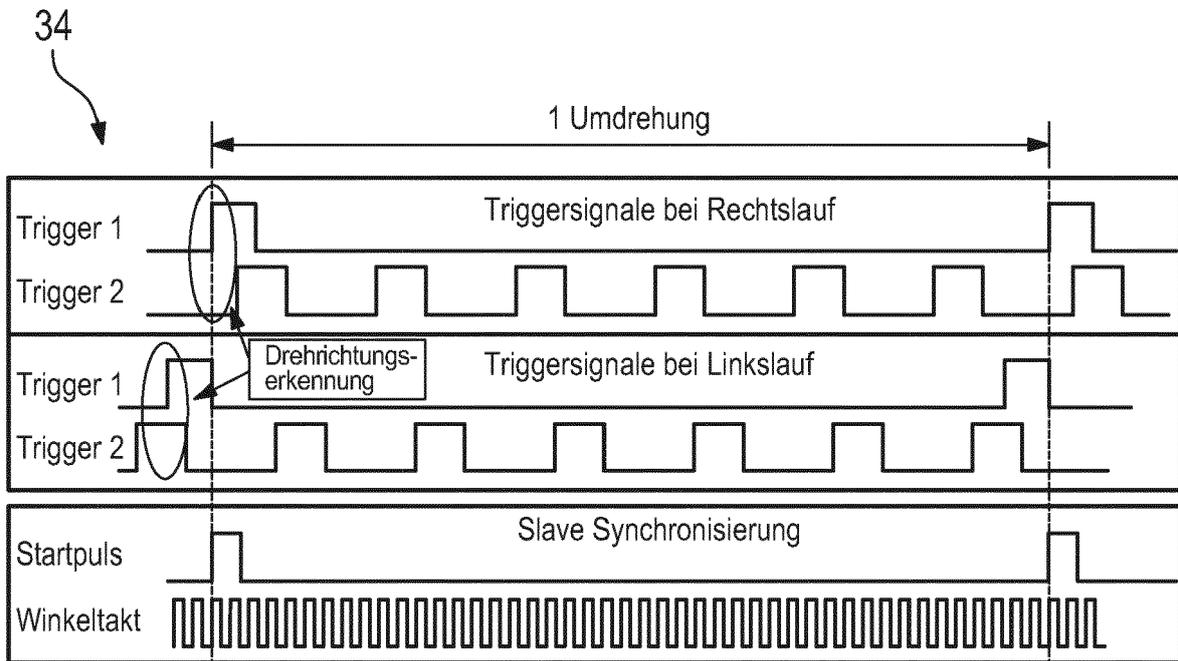


Fig. 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 16 7917

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2019 201332 A1 (BSH HAUSGERAETE GMBH [DE]) 6. August 2020 (2020-08-06)	1-10	INV. H05B6/64
Y	* Absatz [0001] * * Absatz [0016] - Absatz [0018] * * Absatz [0033] * * Absatz [0050] - Absatz [0052] * * Absatz [0057] - Absatz [0059]; Abbildung 1 *	4, 11-13	H05B6/68 H05B6/70 H05B6/74
X	DE 10 2019 210119 A1 (BSH HAUSGERAETE GMBH [DE]) 14. Januar 2021 (2021-01-14) * Absatz [0001] * * Absatz [0039] - Absatz [0040] * * Absatz [0078]; Abbildung 1 * * Zeile 105 *	1-4, 6, 7	
Y	DE 10 2018 105232 A1 (RATIONAL AG [DE]) 12. September 2019 (2019-09-12) * Absatz [0021] * * Absatz [0033] * * Absatz [0036] * * Abbildung 1 * * Absatz [0089]; Abbildung 2 *	4, 11-13	RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (IPC) H05B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlussdatum der Recherche <b>29. August 2022</b>	Prüfer <b>Barzic, Florent</b>
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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorie 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	

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 22 16 7917

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.

29-08-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	<b>DE 102019201332 A1</b>	<b>06-08-2020</b>	<b>CN 113348728 A</b>	<b>03-09-2021</b>
<b>DE 102019201332 A1</b>			<b>06-08-2020</b>	
<b>EP 3918880 A1</b>			<b>08-12-2021</b>	
<b>WO 2020156928 A1</b>			<b>06-08-2020</b>	
20	<b>DE 102019210119 A1</b>	<b>14-01-2021</b>	<b>CN 114051766 A</b>	<b>15-02-2022</b>
<b>DE 102019210119 A1</b>			<b>14-01-2021</b>	
<b>EP 3997961 A1</b>			<b>18-05-2022</b>	
<b>US 2022264711 A1</b>			<b>18-08-2022</b>	
25	<b>WO 2021005030 A1</b>	<b>14-01-2021</b>		
30	<b>DE 102018105232 A1</b>	<b>12-09-2019</b>	<b>KEINE</b>	
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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