



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
11.04.2018 Patentblatt 2018/15

(51) Int Cl.:
H05B 6/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16193015.1**

(22) Anmeldetag: **10.10.2016**

(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:
MA MD

(72) Erfinder:
 • **Egenter, Christian**
75015 Bretten (DE)
 • **Stöffler, Michael**
75433 Maulbronn (DE)

(74) Vertreter: **Patentanwälte**
Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster & Partner mbB
Kronenstraße 30
70174 Stuttgart (DE)

(71) Anmelder: **E.G.O. Elektro-Gerätebau GmbH**
75038 Oberderdingen (DE)

(54) **VERFAHREN ZUR STEUERUNG EINES INDUKTIONSKOCHFELDES UND INDUKTIONSKOCHFELD**

(57) Zur Steuerung eines Induktionskochfeldes mit einer Kochfeldplatte und einer Anzahl von Induktionsheizspulen darunter, die jeweils einzeln und im Verbund ansteuerbar sind, definiert ein aufgestelltes Kochgefäß mit seiner Standfläche eine Kochstelle. Diejenigen Induktionsheizspulen, die zumindest teilweise von der Kochstelle überdeckt sind, werden zum gemeinsamen Beheizen des Kochgefäßes im Verbund angesteuert. In

einem ersten Betriebsfall, der als Betrieb mit einer sehr hohen Leistungsdichte definiert ist, wird zumindest bei derjenigen Induktionsheizspule des Verbundes, die die geringste Überdeckung durch die Kochstelle aufweist, die Frequenz der Ansteuerung erhöht. So arbeitet diese Induktionsheizspule mit einer höheren Frequenz als andere Induktionsheizspulen bzw. als die restlichen Induktionsheizspulen unter dieser Kochstelle.

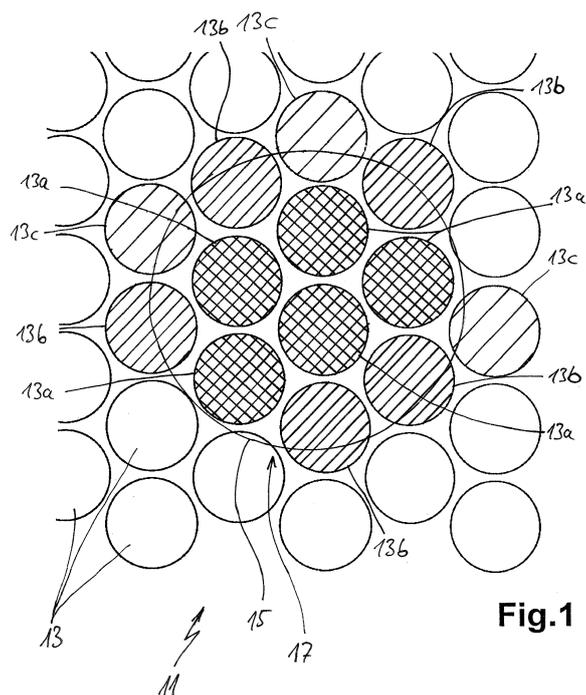


Fig.1

Beschreibung

Anwendungsgebiet und Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Induktionskochfeldes sowie ein zur Durchführung dieses Verfahrens geeignetes Induktionskochfeld.

[0002] Aus der WO 2010/084096 A2 ist es bekannt, ein Induktionskochfeld mit einer Anzahl von Induktionsheizspulen unter einer Kochfeldplatte, die jeweils einzeln und auch im Verbund gemeinsam ansteuerbar sind, gemäß einer bestimmten Leistungsverteilung zwischen den Induktionsheizspulen zu betreiben. Bei sehr großen Leistungsdichten für eine Beheizung eines auf die Kochplatte aufgestellten Kochgefäßes sollen eher weniger Induktionsheizspulen betrieben werden, diese müssen dann aber von dem Kochgefäß weitgehend oder sogar vollständig bedeckt sein. Dazu sollen diese wenigen Induktionsheizspulen aber mit sehr hoher oder maximaler Leistungsdichte, eventuell sogar mit einer sogenannten Boost-Leistung, betrieben werden. Da der Wirkungsgrad beim Betrieb von nicht weitgehend oder vollständig überdeckten Induktionsheizspulen schlechter ist, sollen diese eben ganz abgeschaltet werden zur Einsparung von Energie.

Aufgabe und Lösung

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein eingangs genanntes Verfahren zur Steuerung eines Induktionskochfeldes sowie ein entsprechendes Induktionskochfeld zu schaffen, mit denen Probleme des Stands der Technik gelöst werden können und es insbesondere möglich ist, eine Energieeffizienz bei hohen bzw. sehr hohen Leistungsdichten für Induktionsheizspulen zum gemeinsamen Beheizen eines Kochgefäßes im Verbund zu verbessern.

[0004] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Steuerung eines Induktionskochfeldes mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie ein entsprechend ausgebildetes Induktionskochfeld mit den Merkmalen des Anspruchs 13. Vorteilhafte sowie bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den weiteren Ansprüchen angegeben und werden im Folgenden näher erläutert. Dabei werden manche der Merkmale nur für das Verfahren oder nur für das Induktionskochfeld beschrieben. Sie sollen jedoch unabhängig davon sowohl für ein Verfahren zur Steuerung eines Induktionskochfeldes als auch für ein solches Induktionskochfeld selbständig und unabhängig voneinander gelten können. Der Wortlaut der Ansprüche wird durch ausdrückliche Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.

[0005] Es ist vorgesehen, dass das Induktionskochfeld gemäß der Erfindung eine Kochfeldplatte aufweist und darunter eine Anzahl von Induktionsheizspulen, die jeweils einzeln sowie auch im gemeinsamen Verbund ansteuerbar sind. Grundsätzlich kann ein solches Induktionskochfeld gemäß der eingangs genannten WO

2010/084096 A2 ausgebildet sein, alternativ auch entsprechend der EP 2945463 A1 oder der EP 3026981 A1.

[0006] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren definiert ein aufgestelltes Kochgefäß mit seiner Standfläche eine Kochstelle. Diejenigen Induktionsheizspulen, die zumindest teilweise von der Kochstelle überdeckt sind, werden zum gemeinsamen Beheizen des Kochgefäßes im Verbund angesteuert. Sie werden also gemeinsam ein- und ausgeschaltet. Darüber hinaus werden sie mit derselben Leistungsstufe bzw. Leistung betrieben, also vorteilhaft mit derselben Leistungsdichte, die hier als Flächenleistungsdichte zu verstehen ist. So kann auch sichergestellt werden, dass ein Boden des Kochgefäßes über seine Fläche hinweg mit einer einigermaßen gleichen Leistungsdichte beaufschlagt wird für eine entsprechende Wärmeerzeugung, was wiederum darin für ein gleichmäßiges Erhitzen des Inhalts des Kochgefäßes sorgt. Ein Unterschied in der Leistungsdichte kann vorteilhaft maximal 15% betragen, vorteilhaft maximal 10%.

[0007] In einem ersten Betriebsfall, der als Betrieb mit einer sehr hohen Leistungsdichte definiert ist, vorteilhaft als Betrieb mit einer maximalen Leistungsdichte, wird zumindest bei derjenigen genau einen Induktionsheizspule des gemeinsamen Verbunds, welche die geringste Überdeckung durch die Kochstelle bzw. das Kochgefäß aufweist, die Frequenz ihrer Ansteuerung erhöht. Es wird also mindestens eine Induktionsheizspule genommen für die Frequenzerhöhung, und zwar mindestens die genau eine Induktionsheizspule, welche die geringste Überdeckung durch die Kochstelle bzw. das Kochgefäß aufweist. Dies kann durch ein Verfahren entsprechend der EP 2330866 A2 oder der EP 2574144 A2 festgestellt werden anhand der Parameter in der Ansteuerung der einzelnen Induktionsheizspulen bzw. anhand der Parameter von deren Schwingungsantwort. Diese genau eine Induktionsheizspule arbeitet dann mit einer höheren Frequenz als andere Induktionsheizspulen bzw. als die restlichen Induktionsheizspulen dieses Verbunds unter dieser Kochstelle. Eine Frequenzerhöhung kann zumindest einige kHz bzw. mehr als 1 kHz betragen, besonders vorzugsweise mehr als 10kHz oder mehr als 17kHz.

[0008] Dadurch ist es möglich, dass die Effizienz dieser am geringsten überdeckten Induktionsheizspule in ihrem Betrieb dadurch etwas verbessert wird, dass die Frequenz erhöht wird. Es wird nämlich bei gleicher Leistungsdichte der Strom verringert, wodurch automatisch die Verluste bei dieser Induktionsheizspule ebenfalls verringert werden.

[0009] In Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass in dem vorgenannten ersten Betriebsfall nicht nur die genau eine Induktionsheizspule mit der geringsten Überdeckung mit einer höheren Frequenz betrieben wird, sondern mindestens die genau zwei Induktionsheizspulen mit der geringsten Überdeckung, also die Induktionsheizspule mit der geringsten Überdeckung und die Induktionsheizspule mit der zweitgeringsten Überdeckung. Diese beiden Induktionsheizspulen werden dann gemeinsam betrieben mit einer gemeinsamen,

also gleichen, höheren Frequenz als die anderen Induktionsheizspulen unter dieser Kochstelle bzw. unter diesem Kochgefäß. Die Frequenzerhöhung kann in dem vorbeschriebenen Maß vorgenommen werden. In nochmals weiterer möglicher Weiterbildung der Erfindung können, vorteilhaft wenn eine Kochstelle bzw. ein diese definierendes Kochgefäß mehr als sechs oder sieben Induktionsheizspulen überdeckt, sogar die drei oder noch mehr Induktionsheizspulen mit der geringsten Überdeckung gemeinsam mit einer höheren Frequenz betrieben werden wie zuvor erläutert.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren weist im Vergleich zur vorgenannten WO 2010/084096 A2 den Vorteil auf, dass sozusagen auf der gesamten Fläche der durch das aufgestellte Kochgefäß gebildeten Kochstelle oder zumindest auf einem Großteil der Fläche Leistung in den Kochgefäßboden eingekoppelt wird, wenngleich diese unter Umständen im Bereich der mit höherer Frequenz betriebenen Induktionsheizspule oder Induktionsheizspulen eine etwas verringerte Leistungsdichte aufweist. Damit ist eine noch stärkere Beheizung des Kochgefäßes möglich und somit kann beispielsweise noch schneller erreicht werden, dass darin befindliches Wasser kocht.

[0011] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann der erste Betriebsfall definitionsgemäß dann vorliegen, wenn die Induktionsheizspulen als Verbund für eine Kochstelle mit einer Leistungsdichte von mehr als 50% ihrer Maximalleistungsdichte bzw. mit mehr als $6\text{W}/\text{cm}^2$ arbeiten, vorteilhaft zumindest diejenigen Induktionsheizspulen der Kochstelle, die nicht in ihrer Frequenz verändert werden. Vorteilhaft kann diese Leistungsdichte für das Vorliegen des ersten Betriebsfalls bei mehr als 65% der Maximalleistungsdichte liegen bzw. mehr als $7\text{W}/\text{cm}^2$ betragen. Bei üblichen Induktionskochfeldern entspricht dies einem Betrieb mit der Stufe 9, also der höchsten regulären Leistungsstufe, sowie der darüber liegenden Boost-Leistungsstufe, welche dann die Maximalleistungsdichte definiert. Diese kann bei etwa $10\text{W}/\text{cm}^2$ liegen. Eine solche Boost-Leistungsstufe sollte nur kurz bzw. nur wenige Minuten lang verwendet werden, was aber üblicherweise ausreicht, um beispielsweise Wasser möglichst schnell zum Kochen zu bringen.

[0012] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist es möglich, dass im vorgenannten ersten Betriebsfall mit einer sehr hohen Leistungsdichte die Frequenz derjenigen Induktionsheizspulen erhöht wird, die zu weniger als 30% ihrer Fläche von der Kochstelle überdeckt sind. Vorteilhaft kann die Erhöhung der Frequenz sogar nur für diejenigen Induktionsheizspulen gelten, die zu weniger als 20% ihrer Fläche von der Kochstelle bzw. von dem Kochgefäß überdeckt sind. Dies sind also die vorgenannten am geringsten überdeckten Induktionsheizspulen. Durch diese Definition kann also auch bestimmt werden, ob nur eine einzige Induktionsheizspule mit der geringsten Überdeckung mit einer höheren Frequenz betrieben wird oder aber ob die zwei Induktionsheizspulen oder sogar die drei Induktionsheizspulen mit der jeweils ge-

ringsten Überdeckung mit einer erhöhten Frequenz betrieben werden. So kann erreicht werden, dass eben möglicherweise auch mehrere Induktionsheizspulen, die eine geringe Überdeckung durch die Kochstelle aufweisen, mit einer erhöhten Frequenz betrieben werden, da sie aufgrund des geringen Überdeckungsgrads nur einen geringen Teil zum Gesamtleistungseintrag in das Kochgefäß beitragen und somit auch nicht besonders effektiv arbeiten. Ihre Effizienz kann also gut auf Kosten der Effektivität verbessert werden.

[0013] In Ausbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass im ersten Betriebsfall die am geringsten überdeckte Induktionsheizspule oder die zwei bzw. sogar die drei jeweils am geringsten überdeckten Induktionsheizspulen eben mit einer höheren Frequenz und dafür mit einer geringeren Leistungsdichte betrieben werden. So kann der Strom für ihre Ansteuerung nochmals etwas gesenkt werden, so dass auch deren elektrische Verluste nochmals etwas gesenkt werden können.

[0014] Vorteilhaft können alle restlichen Induktionsheizspulen der Kochstelle bzw. unter dem Kochgefäß, die als Verbund zum gemeinsamen Beheizen betrieben werden, mit der gleichen Frequenz betrieben werden. Insgesamt werden somit die Induktionsheizspulen einer Kochstelle nur mit zwei Frequenzen betrieben.

[0015] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann ein zweiter Betriebsfall definiert sein als Betrieb mit einer hohen Leistungsdichte. Diese ist also etwas geringer als die vorbeschriebene sehr hohe Leistungsdichte. Dabei werden alle betriebenen Induktionsheizspulen des Verbundes unter der Kochstelle so angesteuert, dass die Leistungsdichte, die an bzw. unter der Kochstelle erzeugt wird, gleichmäßig verteilt ist bzw. dass die Leistungsdichte, also die Leistungserzeugung pro Fläche, bei jeder der unter dieser Kochstelle betriebenen Induktionsheizspulen gleich ist. Dabei werden vorteilhaft auch diejenigen Induktionsheizspulen betrieben, die zu weniger als 40% ihrer Fläche von der Kochstelle überdeckt sind. Es können auch noch diejenigen Induktionsheizspulen betrieben werden, die zu weniger als 30% oder sogar zu weniger als 20% von der Kochstelle überdeckt werden. Bevorzugt werden Induktionsheizspulen, die geringer als 10% von der Kochstelle überdeckt werden, nicht betrieben.

[0016] In diesem zweiten Betriebsfall wird das auf die Kochstelle aufgestellte Kochgefäß also mit einer geringeren Leistungsdichte betrieben als im ersten Betriebsfall, die aber relativ gesehen immer noch hoch ist. Dabei ist die reine Effizienz der Leistungserzeugung nicht mehr alleine ausschlaggebend, hier ist vor allem eine möglichst gleichmäßige Wärmeverteilung gewünscht. Eine derartige hohe Leistungsdichte dieses zweiten Betriebsfalls wird beispielsweise zum Anbraten von Steaks oder Pfannkuchen verwendet, wo, anders als beim möglichst schnellen Kochen von Wasser, eine gleichmäßige Wärmeverteilung vorteilhaft ist für ein gewünschtes Bratergebnis. Eine Leistungsdichte, durch die sich dieser zweite Betriebsfall definiert, kann zwischen 35% der Maxi-

malleistungsdichte und derjenigen Leistungsdichte liegen, ab der der vorbeschriebene erste Betriebsfall vorliegt bzw. die Leistungsdichte kann zwischen 35% und 50% oder sogar 65% der Maximalleistungsdichte betragen. Somit kann die Leistungsdichte $4\text{W}/\text{cm}^2$ bis $6\text{W}/\text{cm}^2$ oder sogar $7\text{W}/\text{cm}^2$ betragen.

[0017] In Ausgestaltung der Erfindung kann bei dem vorbeschriebenen zweiten Betriebsfall bei denjenigen Induktionsheizspulen, die nur zwischen 10% und 20% Überdeckung durch die Kochstelle bzw. das aufgestellte Kochgefäß aufweisen, die Leistungsdichte deutlich erhöht werden. Vorteilhaft kann deren Leistungsdichte um mindestens 30% erhöht werden, besonders vorteilhaft um bis zu 60%. Somit soll auch bei einer geringen Überdeckung auch in diesem Flächenbereich durch die erhöhte Leistungsdichte eine letztlich im Kochgefäßboden erzeugte, weitgehend gleiche Temperatur erreicht werden.

[0018] In nochmals weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann in dem vorbeschriebenen zweiten Betriebsfall bei Induktionsheizspulen, die zwischen 20% und 30% Überdeckung durch die Kochstelle bzw. das aufgestellte Kochgefäß aufweisen, die Leistungsdichte etwas geringer erhöht werden als zuvor beschrieben für noch weniger überdeckte Induktionsheizspule. So kann hier die Leistungsdichte vorzugsweise nur um 10% bis 30% erhöht werden. Allerdings ist dies angesichts des etwas höheren Überdeckungsgrades ausreichend, das vorgenannte Ziel einer möglichst gleichmäßig verteilten Temperatur am Kochgefäßboden zu erreichen.

[0019] Es ist möglich, dass bei dem vorbeschriebenen zweiten Betriebsfall bei denjenigen Induktionsheizspulen, die mehr als 30% Überdeckung durch die Kochstelle bzw. das aufgestellte Kochgefäß aufweisen, die Leistungsdichte gar nicht erhöht wird bzw. deren sogenannte hohe Leistungsdichte entsprechend der obigen Definition beibehalten wird.

[0020] In diesem zweiten Betriebsfall mit einer hohen Leistungsdichte kann durch die Erhöhung der Leistungsdichte der nur gering überdeckten Induktionsheizspulen ein Wärmeabfluss im Kochgefäß in Richtung eines unbeheizten Abstandsbereichs zwischen zwei Induktionsheizspulen wirksam kompensiert werden.

[0021] In Ausgestaltung der Erfindung ist es möglich, dass eine eingangs beschriebene Differenz zwischen den Frequenzen, mit denen einerseits die Induktionsheizspulen des Verbunds als gemeinsame Frequenz betrieben werden und andererseits die eine, zwei oder drei Induktionsheizspulen mit der geringsten Überdeckung mit einer anderen Frequenz betrieben werden, noch höher liegt. Sie kann mindestens 17kHz betragen. Durch das Überschreiten der allgemeinen Hörschwelle können bei einer solchen Frequenzdifferenz mögliche Störgeräusche in den nicht mehr hörbaren Bereich verschoben werden. So kann eine störende Geräuschentwicklung beim ersten Betriebsfall und auch beim zweiten Betriebsfall vermieden werden.

[0022] Eine Steuerung des Induktionskochfelds ist al-

so dazu ausgebildet, das vorbeschriebene Verfahren gemäß der Erfindung sowie in seinen verschiedenen Ausgestaltungen durchzuführen. In Leistungssteuerungsmitteln des Induktionskochfeldes für die einzelnen Induktionsheizspulen können die vorgenannten Parameter ausgewertet werden, die in der vorgenannten EP 2330866 A2 oder der EP 2574144 A2 entsprechend beschrieben sind.

[0023] Bevorzugt sind die Leistungssteuerungsmittel als Halbbrücken-Umrichter angeordnet bzw. ausgebildet, wodurch eine gewünschte Leistungsdichte vorteilhaft und ohne größere Verluste erzeugt werden kann.

[0024] Vorteilhaft weist jede Induktionsheizspule einen eigenen Umrichter in Serienschwingkreistechnologie auf für eine Ansteuerung mit einer eigenen Frequenz und individuellem Duty Cycle. Ein Duty Cycle von 50% bedeutet, dass ein oberer und ein unterer IGBT einer Halbbrücke des genannten Halbbrücken-Umrichters jeweils 50% einer Periodendauer für gleiche Zeit eingeschaltet sind, wobei der maximale Strom bei der gewählten Periodendauer in der Induktionsheizspule fließt. Ein Duty Cycle von 10% bedeutet, dass der erste IGBT nur für 10% der Periodendauer eingeschaltet ist und der zweite IGBT für eine Restdauer, also 90% der Periodendauer. Dabei gilt üblicherweise, dass, je kleiner der Duty Cycle bei gegebener Periodendauer bzw. Frequenz ist, desto kleiner der Strom in der Induktionsheizspule wird und desto weniger Leistung in das aufgestellte Kochgefäß induziert bzw. eingebracht wird. Dieses Schaltungskonzept ermöglicht es, dass mehrere Induktionsheizspulen mit der gleichen Frequenz oder mit einer zweiten, höheren Frequenz angesteuert werden. Diese zweite höhere Frequenz sollte eben mehr als die vorgenannten 17kHz über der ersten Frequenz liegen, um hörbare Interferenzgeräusche zu vermeiden.

[0025] Bei der genannten höheren Frequenz kann nur eine begrenzte Leistung übertragen werden, wobei dies aber aufgrund der höheren Frequenz und des verringerten Stroms mit einer besseren Effizienz erfolgt. Des Weiteren fallen weniger Verluste im Umrichter an, wenn eine bestimmte vorgegebene Leistung mit einer höheren Frequenz und einem Duty Cycle von 50% erreicht werden kann im Vergleich zu einer niedrigeren Frequenz und einem geringeren Duty Cycle.

[0026] Des Weiteren steigt der in die Induktionsheizspule eingekoppelte Topf Widerstand mit der verwendeten Frequenz an. Unterhalb einer Mindestüberdeckung sollte eine Induktionsheizspule nicht betrieben werden, da dann die übertragbare Leistung unverhältnismäßig niedrig ist im Vergleich zu den elektrischen Verlusten. Bei der Erfindung soll es also auch möglich sein, bei hohen Leistungsdichten bzw. bei sehr hohen Leistungsdichten für eine Kochstelle alle Induktionsheizspulen zu betreiben, die ein gewisses Mindestmaß an Überdeckung aufweisen. Dieses Mindestmaß sollte mindestens 10% Überdeckung sein, vorteilhaft mindestens 20% oder sogar 30%. Falls somit eine insgesamt geforderte Gesamtleistung noch nicht erreicht werden kann, wird die

Induktionsheizspule mit der zweitgrößten Flächenüberdeckung ebenfalls mit der ersten, niedrigeren Frequenz betrieben, wobei diese Induktionsheizspule und die Induktionsheizspule mit der größten Flächenüberdeckung mit einer höheren Leistung betrieben werden. Dann kann für diese beiden der Duty Cycle 50% oder nahezu 50% betragen.

[0027] Liegt ein Bedeckungsunterschied zwischen den Induktionsheizspule mit der größten Flächenüberdeckung nicht in erheblichem Maß vor, beträgt er beispielsweise weniger als 20%, dann sollten diese Induktionsheizspulen alle mit derselben Frequenz und mit demselben Duty Cycle von 50% betrieben werden.

[0028] Die Erhöhung der Leistungsdichte für gering überdeckte Induktionsheizspulen kommt daher, dass bei deren kleiner Bedeckung ein überdeckter Randbereich der Induktionsheizspule, in dem diese also nicht wirksam ist, im Verhältnis zur bedeckten Fläche der Induktionsheizspule besonders groß ist. Somit muss eine größere unbeheizte Fläche, die sich durch den Abstand bzw. durch Abstandsflächen oder Zwischenflächen zwischen den Induktoren ergibt, ausgeglichen werden.

[0029] Diese und weitere Merkmale gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei einer Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird. Die Unterteilung der Anmeldung in einzelne Abschnitte sowie Zwischen-Überschriften beschränken die unter diesen gemachten Aussagen nicht in ihrer Allgemeingültigkeit.

Kurzbeschreibung der Zeichnung

[0030] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung schematisch dargestellt und werden im Folgenden näher erläutert. Dabei zeigt die Fig. 1 eine Draufsicht auf eine Anzahl von Induktionsheizspulen in dichter Anordnung nebeneinander, die unter einem Induktionskochfeld angeordnet sind. Ein Kochgefäß ist aufgestellt und definiert mit seiner Standfläche eine Kochfläche.

Detaillierte Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0031] In der einfach gehaltenen Darstellung der Fig. 1 wird schematisch erläutert, wie bei einer Anordnung von mehreren bzw. vielen Induktionsheizspulen 13 in engem Verbund, hier als runde Induktionsheizspulen ausgeführt, ein aufgestelltes Kochgefäß 15 beheizt werden kann. Diese Anordnung von Induktionsheizspulen 13 könnte in einem Induktionskochfeld 11 eingebaut sein, also unter einer Kochfeldplatte angeordnet sein. Hierfür wird beispielsweise auf die eingangs genannte WO 2010/084096 A2 verwiesen. Es könnten natürlich auch weniger oder sogar deutlich weniger Induktionsheizspu-

len vorgesehen sein, beispielsweise in etwa doppelt so groß. Dann könnten je nach genauer Position des Kochgefäßes 15 nur zwei bis vier Induktionsheizspulen davon bedeckt oder teilweise überdeckt sein. Sie könnten auch andere Formen aufweisen, beispielsweise angenähert rechteckig bzw. quadratisch oder sogar trapezförmig entsprechend der DE 102011083125 A1.

[0032] Ein Kochgefäß 15, beispielsweise ein Kochtopf oder eine Pfanne, ist oberhalb der Induktionsheizspulen 13 platziert bzw. aufgestellt. Seine durch den Kreisring angedeutete Standfläche definiert eine Kochstelle 17, also den Bereich, in dem eine Leistungserzeugung erfolgen soll, um Wärme in den Boden des Kochgefäßes 15 und somit in dessen Inhalt zu übertragen. Dies ist dem Fachmann bekannt.

[0033] Die Induktionsheizspulen 13 sind teilweise unterschiedlich bedeckt. Fünf Induktionsheizspulen 13a sind voll überdeckt, erkennbar durch die Kreuzschraffierung. Drei Induktionsheizspulen 13b sind zu deutlich mehr als 50% überdeckt. Wie sie hier angeordnet sind ist Zufall gerade bei dieser gewählten Position für das Kochgefäß 15 und muss nicht immer so sein, ebenso wie die Anordnung der fünf voll überdeckten Induktionsheizspulen 13a. Zwei weitere Induktionsheizspulen 13b oben rechts und links in der Mitte sind zu etwa 50% überdeckt. Die Induktionsheizspulen 13b sind nur schräg und eng schraffiert.

[0034] Des Weiteren sind zwei Induktionsheizspulen 13c zu etwa 30% oder weniger ihrer Fläche überdeckt, die Induktionsheizspule 13c ganz rechts in der Mitte nur zu etwa 10%. Auch deren Anordnung ist zufällig. Die Induktionsheizspulen 13c sind nur schräg und weit schraffiert.

[0035] Für die fünf voll überdeckten Induktionsheizspulen 13a wird es noch allermeistens der Fall sein, dass sie nebeneinander oder sozusagen als eine Art flächiger Verbund angeordnet sind. Die Induktionsheizspulen 13b und/oder 13c können aber auch durchaus gegenüberliegend eines solchen vollüberdeckten Verbundes angeordnet sein.

[0036] Anhand des Ansteuerungsverhaltens der Induktionsheizspulen, insbesondere durch Beobachten des hindurchfließenden Stroms, kann der Grad ihrer Überdeckung durch das Kochgefäß 15 in etwa festgestellt werden. Soll nun in einem eingangs genannten ersten Betriebsfall das Kochgefäß 15 mit einer sehr hohen Leistungsdichte betrieben werden, die bei mehr als 50% oder sogar mehr als 65% der Maximalleistungsdichte liegen kann, also mehr als 6W/cm² oder 7W/cm² betragen kann und üblicherweise bei einem Induktionskochfeld der Leistungsstufe 9 oder einer darüber liegenden Boost-Leistungsstufe entspricht, soll als typischer Anwendungsfall Wasser in dem Kochgefäß 15 möglichst schnell erhitzt werden. Eine nicht dargestellte Steuerung des Induktionskochfeldes 11 für die Induktionsheizspulen 13 stellt dann eben fest, dass die fünf Induktionsheizspulen 13a voll überdeckt sind. Sie werden also mit der genannten sehr hohen Leistungsdichte betrieben.

[0037] Die fünf Induktionsheizspulen 13b, die nur teilweise, aber zu mindestens 50%, von dem Kochgefäß 15 bzw. der Kochstelle 17 überdeckt sind, werden ebenfalls mit dieser sehr hohen Leistungsdichte betrieben. Insbesondere werden sie entweder mit demselben Strom betrieben wie die voll überdeckten Induktionsheizspulen 13a. Alternativ werden sie mit derselben Leistungsdichte wie die voll überdeckten Induktionsheizspulen 13a betrieben, aber auf die Fläche der Überdeckung durch das Kochgefäß 15 bzw. durch die Kochstelle 17 bezogen. Dies liegt daran, dass, wenn eine solche Induktionsheizspule 13b gerade zu nur wenig mehr als 50% überdeckt ist, wie die rechte obere Induktionsheizspule 13b, die gesamte von ihr erzeugte Leistung in den über ihr liegenden Bereich des Bodens des Kochgefäßes 15 eingekoppelt wird. Somit kann in diesem Fall die Leistungsdichte auf die Fläche der Überdeckung zwischen Kochgefäß 15 bzw. Kochstelle 17 und Induktionsheizspule 13b bezogen werden. Wird die rechte obere Induktionsheizspule 13b mit etwa der halben Leistungsdichte wie die Induktionsheizspulen 13a betrieben, und zwar auf ihre eigene Fläche bezogen, und wird im Wesentlichen die gesamte Leistung in den über ihr liegenden Bereich des Bodens des Kochgefäßes 15 eingekoppelt, so ergibt sich in diesem Boden des Kochgefäßes 15 dieselbe Leistungsdichte der eingekoppelten Leistung wie über den voll bedeckten Induktionsheizspulen 13a. In dem Fall, dass die Induktionsheizspulen 13b mit demselben Strom betrieben werden und bei der selben Frequenz wie die voll überdeckten Induktionsheizspulen 13a, wäre in den darüber liegenden Bereichen des Bodens des Kochgefäßes 15 die eingekoppelte Leistungsdichte doppelt so hoch. Die kann zwar auch vorgesehen sein, es muss aber nicht so sein.

[0038] Die drei weniger als 30% überdeckten Induktionsheizspulen 13c werden als die erfindungsgemäßen Induktionsheizspulen mit der geringsten Überdeckung durch die Kochstelle 17 bzw. durch das Kochgefäß 15 angesehen. Es muss also nicht nur eine einzige Induktionsheizspule sein, beispielsweise die Induktionsheizspule 13c rechts unten, die als diejenige mit der geringsten Überdeckung angesehen wird und die dann mit der höheren Frequenz angesteuert wird. Es liegt an der großen Anzahl an vorhandenen Induktionsheizspulen 13 und deren geringer Größe, dass so viele von dem Kochgefäß 15 bzw. der Kochstelle 17 zumindest teilweise überdeckt werden. Bei diesen drei Induktionsheizspulen 13c wird also erfindungsgemäß die Frequenz der Ansteuerung erhöht, vorteilhaft um mindestens 17kHz, besonders vorteilhaft um etwa 20kHz. Dementsprechend wird der Strom reduziert, mit dem sie angesteuert werden bzw. der durch sie hindurchfließt.

[0039] Somit wird erreicht, dass die drei nur gering überdeckten Induktionsheizspulen 13c mit geringerem Strom betrieben werden und somit auch geringere elektrische Verluste aufweisen. Ihre Leistungseinkopplung in das Kochgefäß 15 ist ohnehin verringert, da sie ja eben nur zu einem geringen Maß überdeckt sind.

[0040] Angesichts der Fig. 1 ist auch leicht vorstellbar, wie bei anderen Größenverhältnissen von Induktionsheizspulen 13 und Kochgefäß 15 bzw. Kochstelle 17 Induktionsheizspulen mit unterschiedlichen Überdeckungsgraden unterschiedlich betrieben werden entsprechend dem erfinderischen Gedanken. So könnte es sein, dass ein Kochgefäß 15 mit einer von ihm gebildeten Kochstelle 17 auch nur vier Induktionsheizspulen überhaupt bedeckt oder über diesen zumindest teilweise verläuft. Dann wiederum könnte es sein, dass nur eine einzige Induktionsheizspule als diejenige mit der geringsten Überdeckung angesehen wird und mit entsprechend erhöhter Frequenz und Strom betrieben wird. Der erfinderische Gedanke funktioniert also genauso mit einer geringeren Anzahl von Induktionsheizspulen als gemäß dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1.

[0041] In einem zweiten eingangs erläuterten Betriebsfall kann vorgesehen sein, dass das Kochgefäß 15 mit einer hohen Leistungsdichte beheizt werden soll. Diese hohe Leistungsdichte kann 35% bis 50% der Maximalleistungsdichte betragen, also $4\text{W}/\text{cm}^2$ bis $6\text{W}/\text{cm}^2$ betragen. Dies entspricht üblicherweise bei einem Induktionskochfeld der Leistungsstufe 6 bis 8. Während also im vorgenannten ersten Betriebsfall eine sehr hohe Leistungsdichte bzw. eine maximale Leistungsdichte gewünscht war, können in diesem zweiten Betriebsfall beispielsweise ein Steak angebraten oder Pfannkuchen zubereitet werden. Vor allem für ein Steak wird zwar eine sehr hohe Temperatur des Bodens des Kochgefäßes 15 gewünscht, insbesondere im Fall einer Pfanne über 200°C . Die anschließend nötige Leistungszufuhr entspricht dann aber nur noch einer hohen Leistungsdichte.

[0042] In diesem zweiten Betriebsfall ist eine Energieeinsparung bei denjenigen Induktionsheizspulen 13c, die nur gering überdeckt sind, nicht mehr so bedeutsam. Die absolute Leistung ist ja deutlich reduziert, wenngleich es immer noch eine hohe Leistungsdichte ist. Gerade bei einem solchen zweiten Betriebsfall kommt es aber, anders als beim vorbeschriebenen ersten Betriebsfall, auf eine gleichmäßige Wärmeerzeugung an, damit ein Ergebnis des Anbratens gleichmäßig und gut ist. Hier erfolgt also keine mögliche Leistungsreduzierung bei den etwas mehr als hälftig überdeckten Induktionsheizspulen 13b und auch nicht bei den gering überdeckten Induktionsheizspulen 13c entsprechend Fig. 1. Vielmehr wird nun versucht, im gesamten Boden des Kochgefäßes 15 eine gleichmäßige Erwärmung bzw. Einkopplung von Leistung zu erreichen. Entsprechend wird der Strom durch die Induktionsheizspulen 13b so eingestellt, dass in dem von ihnen überdeckten Bereich des Bodens des Kochgefäßes 15 derselbe Wärmeeintrag pro Fläche vorliegt wie über den voll überdeckten Induktionsheizspulen 13a.

[0043] Bei den nur gering überdeckten Induktionsheizspulen 13c ist zusätzlich noch zu beachten, dass in ihrem Bereich die Zwischenflächen zwischen den Induktionsheizspulen 13 relativ zur überdeckten Fläche groß sind bzw. sich stärker auswirken. Insofern wird die Leistung

bei diesen gering überdeckten Induktionsheizspulen 13c sogar über eine für die anderen Induktionsheizspulen geltende Leistungsdichte hinaus erhöht. Eine solche Erhöhung kann um mindestens 30% erfolgen bei einer Überdeckung zwischen 10% und 20%. Dies ist der Fall also bei der rechten Induktionsheizspule 13c. Die anderen beiden Induktionsheizspulen 13c weisen eine Überdeckung zwischen 20% und 30% durch das Kochgefäß 15 bzw. durch die Kochstelle 17 auf. Hier wird die Leistungsdichte um etwa 10% erhöht, um sozusagen die vorgenannten Zwischenflächen auszugleichen. Dadurch wird bei diesem zweiten Betriebsfall eine möglichst gleiche Wärmezeugung in dem Boden des Kochgefäßes 15 erreicht.

[0044] Der Fall eines Kochens von Wasser mit sehr hoher bzw. maximaler Leistungsdichte des Induktionskochfelds 11 als erster Betriebsfall kann zwar schnell, aber mit einer gewissen Energieeinsparung betrieben werden, wie zuvor erläutert worden ist. Eine gleichmäßige Wärmeinkopplung ist hier nicht so sehr von Bedeutung. Durch den sehr hohen absoluten Energieverbrauch können Maßnahmen zur Energieeinsparung deutliche Wirkung zeigen.

[0045] In dem zweiten Betriebsfall, beispielsweise Braten von Steak oder Pfannkuchen mit hoher Leistungsdichte, ist eine Energieeinsparung weniger von Bedeutung. Hier kommt es vielmehr auf einen gleichmäßigen Wärmeeintrag an. Deswegen wird hier die Ansteuerung der Induktionsheizspulen 13 auf einen solchen gleichmäßigen Wärmeeintrag optimiert.

[0046] Bei noch kleineren Leistungsdichten bzw. Leistungsstufen, also unter $4\text{W}/\text{cm}^2$ bzw. Leistungsstufen unterhalb der Stufe 5, sind Energiesparfunktionen ohnehin von erheblich geringerer Bedeutung bzw. ist auch ein gleichmäßiger Wärmeeintrag nicht so bedeutsam. Hier erfolgt eine Vergleichmäßigung des Wärmeeintrags vor allem auch durch die mittlerweile sehr gebräuchlichen Kochgefäße mit dickem Boden für eine gute Wärmeverteilung in Querrichtung.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Induktionskochfeldes, wobei das Induktionskochfeld eine Kochfeldplatte und darunter eine Anzahl von Induktionsheizspulen aufweist, die jeweils einzeln und im Verbund ansteuerbar sind, wobei:

- ein aufgestelltes Kochgefäß mit seiner Standfläche eine Kochstelle definiert und diejenigen Induktionsheizspulen, die zumindest teilweise von der Kochstelle überdeckt sind, zum gemeinsamen Beheizen des Kochgefäßes im Verbund angesteuert werden,
- in einem ersten Betriebsfall, der als Betrieb mit einer sehr hohen Leistungsdichte definiert ist,

zumindest bei derjenigen Induktionsheizspule des Verbundes, die die geringste Überdeckung durch die Kochstelle aufweist, die Frequenz der Ansteuerung erhöht wird, so dass diese Induktionsheizspule mit einer höheren Frequenz arbeitet als andere Induktionsheizspulen bzw. als die restlichen Induktionsheizspulen unter dieser Kochstelle.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im ersten Betriebsfall zumindest bei denjenigen zwei Induktionsheizspulen des Verbundes, die die geringste und die zweitgeringste Überdeckung durch die Kochstelle aufweisen, die Frequenz der Ansteuerung erhöht wird, so dass diese beiden Induktionsheizspulen mit einer gemeinsamen, höheren Frequenz arbeiten als andere Induktionsheizspulen bzw. als die restlichen Induktionsheizspulen unter dieser Kochstelle.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Betriebsfall vorliegt, wenn die Induktionsheizspulen als Verbund für eine Kochstelle mit einer Leistungsdichte von mehr als 50% der Maximalleistungsdichte bzw. mehr als $6\text{W}/\text{cm}^2$ arbeiten, vorzugsweise mehr als 65% der Maximalleistungsdichte bzw. mehr als $7\text{W}/\text{cm}^2$.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im ersten Betriebsfall bei einer sehr hohen Leistungsdichte die Frequenz derjenigen Induktionsheizspulen erhöht wird, die zu weniger als 30% ihrer Fläche von der Kochstelle überdeckt sind, vorzugsweise zu weniger als 20% ihrer Fläche.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im ersten Betriebsfall die am geringsten überdeckte Induktionsheizspule oder die am geringsten überdeckten Induktionsheizspulen mit einer höheren Frequenz und mit einer geringeren Leistungsdichte betrieben werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle restlichen Induktionsheizspulen der Kochstelle, die als Verbund arbeiten, mit der gleichen Frequenz arbeiten.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem zweiten Betriebsfall, der als Betrieb mit einer hohen Leistungsdichte definiert ist, alle Induktionsheizspulen des Verbundes unter der Kochstelle so angesteuert werden, dass die Leistungsdichte, die an der Kochstelle erzeugt wird, gleichmäßig verteilt ist bzw. die Leistungsdichte bei jeder Induktionsheizspule gleich ist, wobei vorzugsweise dazu auch Indukti-

onsheizspulen betrieben werden, die zu weniger als 40% von der Kochstelle überdeckt sind, insbesondere zu weniger als 30% von der Kochstelle überdeckt sind.

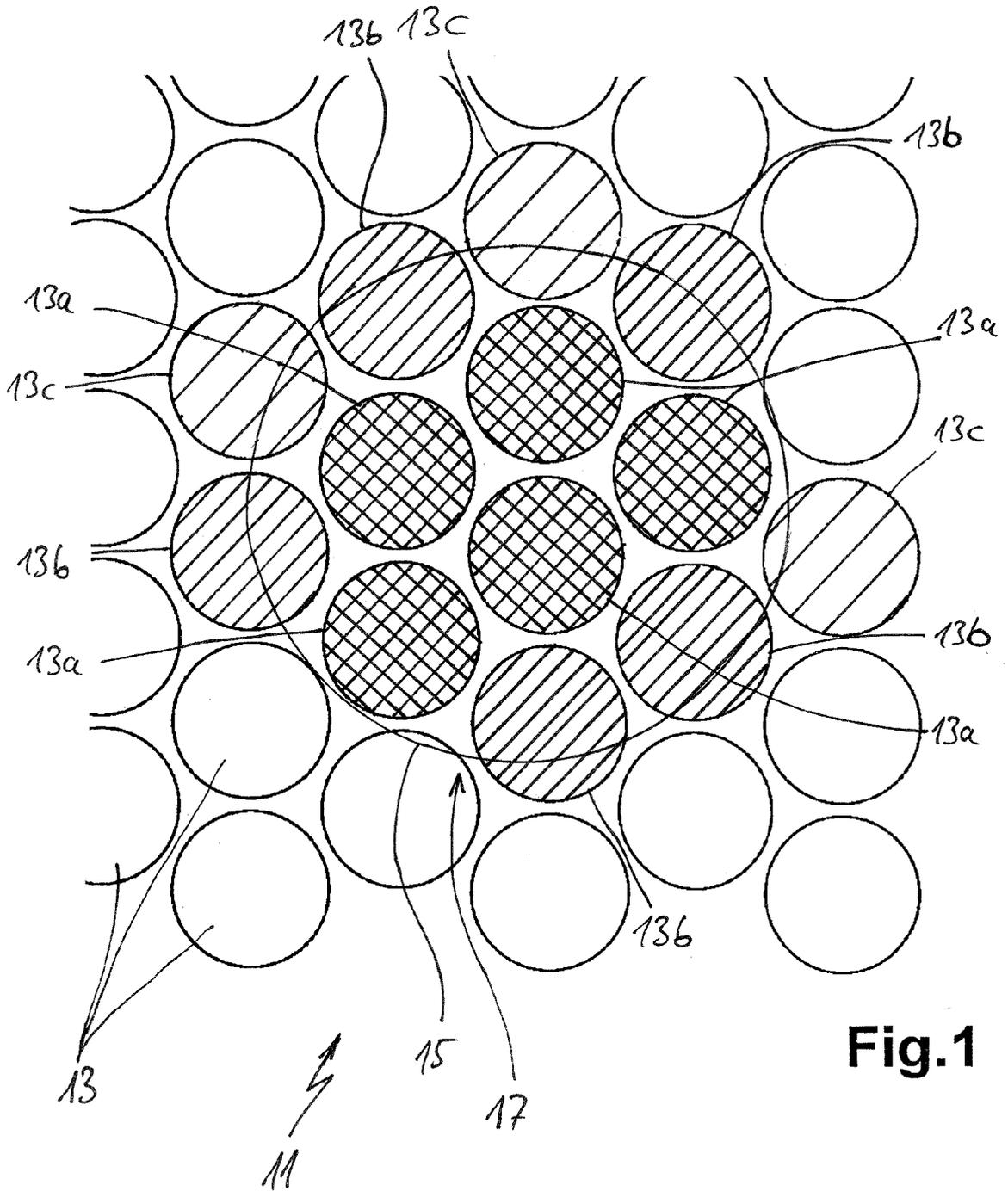
5

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem zweiten Betriebsfall die hohe Leistungsdichte zwischen 35% der Maximalleistungsdichte und derjenigen Leistungsdichte liegt, ab der der erste Betriebsfall vorliegt bzw. die 50% der Maximalleistungsdichte beträgt, insbesondere zwischen $4\text{W}/\text{cm}^2$ und $6\text{W}/\text{cm}^2$. 10
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem zweiten Betriebsfall bei Induktionsheizspulen, die zwischen 10% und 20% Überdeckung durch die Kochstelle aufweisen, die Leistungsdichte deutlich erhöht wird, vorzugsweise um mindestens 30% erhöht wird. 15
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem zweiten Betriebsfall bei Induktionsheizspulen, die zwischen 20% und 30% Überdeckung durch die Kochstelle aufweisen, die Leistungsdichte um etwa 10% erhöht wird, 20
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem zweiten Betriebsfall bei Induktionsheizspulen, die mehr als 30% Überdeckung durch die Kochstelle aufweisen, die Leistungsdichte nicht erhöht wird. 25
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Differenz zwischen mindestens zwei Frequenzen, mit denen Induktionsheizspulen als Verbund und unter einer Kochstelle gemeinsam betrieben werden, mindestens 17kHz beträgt. 30
13. Induktionskochfeld mit einer Kochfeldplatte und mehreren darunter angeordneten Induktionsheizspulen, **gekennzeichnet durch** Leistungssteuermittel und eine damit verbundene Steuerung, wobei die Steuerung dazu ausgebildet ist, das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen. 35
14. Induktionskochfeld nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leistungssteuermittel als Halbbrücken-Umrichter angeordnet sind. 40

45

50

55





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 16 19 3015

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)
A, D	WO 2010/084096 A2 (BSH BOSCH SIEMENS HAUSGERÄTE [DE]; ARTAL LAHOZ MARIA CARMEN [ES]; GAR) 29. Juli 2010 (2010-07-29) * Abbildungen 2-3 *	1-14	INV. H05B6/06
A	WO 2009/016124 A1 (BSH BOSCH SIEMENS HAUSGERÄTE [DE]; PEINADO ADIEGO RAMON [ES]; GARDE A) 5. Februar 2009 (2009-02-05) * Abbildungen 2-3 *	1-14	
A	DE 10 2004 003126 A1 (EGO ELEKTRO GERÄTEBAU GMBH [DE]) 4. August 2005 (2005-08-04) * Abbildung 6 *	1-14	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H05B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 14. März 2017	Prüfer Pierron, Christophe
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 Patentedokument, 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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 16 19 3015

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-03-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2010084096 A2	29-07-2010	EP 2389787 A2	30-11-2011
		ES 2356780 A1	13-04-2011
		ES 2394191 T3	23-01-2013
		US 2011272397 A1	10-11-2011
		WO 2010084096 A2	29-07-2010

WO 2009016124 A1	05-02-2009	AT 527856 T	15-10-2011
		CN 101766051 A	30-06-2010
		EP 2177076 A1	21-04-2010
		ES 2324449 A1	06-08-2009
		ES 2374857 T3	22-02-2012
		WO 2009016124 A1	05-02-2009

DE 102004003126 A1	04-08-2005	DE 102004003126 A1	04-08-2005
		WO 2005069688 A2	28-07-2005

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2010084096 A2 [0002] [0005] [0010] [0031]
- EP 2945463 A1 [0005]
- EP 3026981 A1 [0005]
- EP 2330866 A2 [0007] [0022]
- EP 2574144 A2 [0007] [0022]
- DE 102011083125 A1 [0031]