



Kochen mit Induktion

Metallisches Kochgeschirr wird durch induktiv erzeugte Wirbelströme erwärmt.

Wirkungsweise

Unterhalb des üblicherweise aus Glaskeramik bestehenden Kochfeldes befindet sich eine stromdurchflossene Spule, die ein magnetisches Wechselfeld erzeugt. Dieses induziert in einem darüber platzierten metallischen Topf Wirbelströme, die das Metall des Topfes und von dort durch Wärmeübertragung den Inhalt aufheizen. Die dabei üblicherweise angewandten Frequenzen liegen im Bereich von etwa 25 bis 50 kHz.

Obwohl dieses Prinzip bei allen metallenen Töpfen (z.B. auch aus Aluminium) funktioniert, soll für eine optimale Funktion spezielles Kochgeschirr mit Böden aus ferromagnetischem Material verwendet werden. Da sich das magnetische Wechselfeld der Induktionsspule in gleichem Maße nach oben in Richtung Topf (erwünscht) und unten in Richtung Herd (unerwünscht) ausbreitet, soll das ferromagnetische Material des Topfbodens bewirken, daß die Magnetfeldabstrahlung nicht mehr nach oben und unten symmetrisch, sondern erwünschterweise nach oben hin verzerrt erfolgt.

Generell ist für Induktionsherde leichtes Kochgeschirr besonders geeignet, da bei dicken Böden (z.B. Sandwichböden) die Vorteile des Induktionsherdes teilweise wieder verloren gehen. Verantwortlich dafür ist der Stromverdrängungseffekt, bei dem die aufheizenden Wirbelströme durch die hohe Magnetfeldfrequenz an die Randbereiche des Materials verdrängt werden.

Von Herstellern wird aber auch auf folgendes hingewiesen: "Der Boden darf nicht zu dünn sein, damit sich die Wärme gleichmäßig verteilen kann. Eine dünne Eisenpfanne kann in der Mitte rasch rotglühend werden. Der Boden solcher ungeeigneten Kochgeräte kann sich beim Einsatz auf einem Induktionskochfeld verwölben."

Die meisten Induktionskochfelder schalten automatisch ab, sobald kein Topf auf der Kochplatte steht.

Vorteile

Sehr geringe Reaktionszeit bei Änderungen der Einstellung (sehr kurze Vorwärmzeit; schnelles, genau dosierbares Anbraten, wie sonst nur beim Gasherde)

Eine relativ kühle Kochplatte, da diese sich nicht selbst erwärmt, sondern nur sekundär durch den Kontakt mit dem Topf erwärmt wird (sog. Rück erwärmung),

Energieersparnis besonders bei kurzen Kochzeiten, da nur eine relativ geringe Masse erwärmt wird und nicht wie beim Gasherde große Teile der Energie durch Strahlung und Konvektion verloren gehen, deshalb z.B. besonders geeignet für das Kochen mit einem Schnellkochtopf,

freihere Küchengestaltung durch Kombination einzelner Induktionskochfelder

Nachteile

Für eine optimierte Funktion wird Spezialgeschirr mit ferromagnetischem Boden empfohlen. Als Alternative empfiehlt sich jedoch das "klassische" wie kostengünstige "eiserne" emailierte Kochgeschirr.

Edelstahl ist zumeist unmagnetisch. Um zu überprüfen, ob Kochgeschirr einen ferromagnetischen Boden hat, kann ein Magneten an den Boden gehalten werden. Bleibt dieser haften, ist der Boden ferromagnetisch.

Sollte beim Zubereiten von Speisen ein leises, „singendes“ Geräusch wahrgenommen werden, so ist dies üblicherweise kein Hinweis auf einen Defekt des Geräts. Dieses Geräusch tritt bei einigen Baureihen der Induktionskochfelder auf und ist völlig normal.

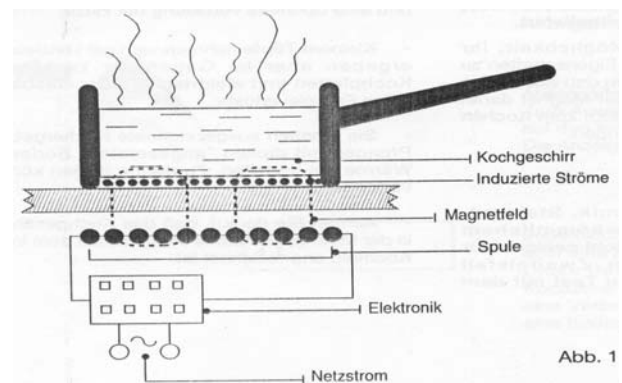


Abb. 1

Induktionskochplatte im Reisemobil

Induktionskochfelder sind für Reisemobile sehr empfehlenswert, da von ihnen keine Feuersgefahr ausgeht. Bei Campground-unabhängigem Unterwegssein ist eine angepasste, ausreichende Versorgung mit elektrischer Energie notwendig sowie ein Stromartwandler (Wechselrichter) mit großer Leistung (ab 3 kW).

Nicht alle Induktionsgeräte kommen mit trapezförmige Ausgangsspannung zurecht, die Leistung ist stark reduziert. Man muss probieren, welche Fabrikate geeignet sind.

Wechselrichter mit Ausgangsrafo verkraften zeitweilige Überlastungen sehr gut, getaktete Geräte schalten früh total ab und nach einer Wartezeit wieder ein.



Mikrowellenherde

Ein Mikrowellenherd oder auch Mikrowellenofen (kurz: Mikrowelle) ist ein Gerät zum schnellen Erhitzen von Speisen, Flüssigkeiten und anderen geeigneten Stoffen mithilfe der Absorption von Dezimeterwellen (Mikrowellen)

Der Mikrowellenherd verwendet Mikrowellen, durch die insbesondere das in den Lebensmitteln stets enthaltene Wasser erwärmt wird. Auch spezielles, sogenanntes Bräunungsgeschirr sowie andere verlustbehaftete dielektrische oder elektrisch mittelmäßig leitfähige Stoffe sowie ferromagnetische Keramik werden erwärmt.

Mikrowellenherde benutzen elektromagnetische Strahlung mit einer Frequenz von typischerweise rund 2,455 GHz. Wasser hat aufgrund des Dipolmomentes seiner Moleküle und einem gewissen Anteil an dissoziiert vorliegenden Molekülen eine gewisse elektrische Leitfähigkeit und in einem breiten Frequenzbereich einen hohen dielektrischen Verlustfaktor. Es erwärmt sich daher in Hochfrequenzfeldern besonders gut. Durch Wärmeleitung wird die Wärme auch auf benachbarte Bereiche übertragen, die sich durch Mikrowellen nicht direkt anregen lassen. Gefrorenes Wasser (Eis) kann übrigens nur schlecht im Mikrowellenherd erwärmt werden, da die Wassermoleküle im Eiskristall fixiert sind, also schlecht beweglich sind. Daher werden die Mikrowellen im Eis nur wenig absorbiert.

Der Effekt der Erwärmung von Wasser beruht nicht auf der Resonanz der Wassermoleküle. Wasser hat seine niedrigste Resonanzfrequenz im flüssigen Zustand erst bei 22,23508 GHz. Die Frequenzwahl ist vielmehr das Ergebnis des dafür reservierten ISM-Frequenzbandes und einer ausreichend hohen Eindringtiefe in Speisen: Je niedriger die Frequenz, desto größer die Eindringtiefe, desto schlechter aber auch die Absorption. In der Anfangszeit der ersten kommerziellen Mikrowellenöfen war bei der Frequenzwahl auch entscheidend, kostengünstige und leistungsfähige Röhren für Mikrowellenherde bauen zu können. Die fixe Frequenz eines Magnetrons wird durch seine mechanischen Abmessungen unveränderlich bestimmt und ein Magnetron mit 2,455 GHz lässt sich kostengünstig herstellen.

Die Eindringtiefe von Mikrowellen bei Wasser und bei 2,455 GHz liegt im Bereich weniger Zentimeter. Es könnte allerdings zur Erwärmung von wasserhaltigen Speisen auch problemlos eine Frequenz von beispielsweise 3,87 GHz oder 850 MHz verwendet werden, mit jeweils geringfügig anderen Eindringtiefen. Da die in Öfen notwendigen Leistungen zur Erwärmung aber relativ hoch sind und Leckstrahlung aus den Mikrowellenöfen nicht vollständig zu vermeiden ist, würden dadurch die meist nachrichtentechnisch genutzten Frequenzen außerhalb der ISM-Frequenzbänder wie beispielsweise Mobilfunk oder Rundfunk massiv gestört werden. Daher ist die Arbeitsfrequenz von Mikrowellenherden auf den dafür reservierten Frequenzbereich um 2,455 GHz festgelegt.

In manchen Ländern wie den Vereinigten Staaten kommt für industrielle Mikrowellenherde auch die Frequenz um 915 MHz zum Einsatz. Dort ist der Bereich 902 - 928 MHz als ISM-Frequenzband frei verwendbar.

Aufbau

Die Mikrowellen werden mit Hilfe eines Magnetrons erzeugt und mittels eines Hohlleiters in den Garraum geleitet. Zur Versorgung des Magnetrons ist eine hohe Anodenspannung erforderlich (bis zu 5 kV), die im Gerät mit Hilfe eines Hochspan-

nungstransformators und einer Spannungsverdopplerschaltung erzeugt wird. Dieser Transformator versorgt auch die Glühkathode des Magnetrons mit Strom. Ein Ventilator kühlt das Magnetron und bläst dessen Verlustwärme durch den Garraum.

Die Leistungssteuerung erfolgt meist durch Pulsweitenmodulation, das heißt, dass das Magnetron im Rhythmus von einigen Sekunden ein- und ausgeschaltet wird.

Um eine möglichst gleichmäßige Erwärmung der Speisen zu erreichen, müssen ortsfeste Moden in ihnen verhindert werden. Zu diesem Zweck kommt oft ein sogenannter Stirrer zum Einsatz. Dabei handelt es sich um ein rotierendes, kompliziert geformtes Metallrad im Inneren des Garraumes (meist an der Decke unter einer geeigneten Abdeckung), welches wie ein elektromagnetischer „Quirl“ funktioniert, indem er die Schwingungsmoden des, wie ein Hohlraumresonator wirkenden, Garraumes ständig ändert. Als zusätzliche Maßnahme werden die Speisen meist durch einen Drehteller gedreht.

Die Tür ist ein in dreifacher Hinsicht sicherheitsrelevantes Bauteil: Sie muss die Mikrowellen im Inneren einschließen und durch ihren Verschlussmechanismus sichern, dass das Gerät unter keinen Umständen bei geöffneter Tür arbeiten kann. Weiterhin gewährt sie Einblick durch ein Lochblech, vor dem sich in einem bestimmten Abstand eine Scheibe befindet. Das Lochblech verfügt über Öffnungen, die eine deutlich geringere Weite als die Wellenlänge der Mikrowellen (etwa 12,2 cm) haben. Strahlung kann daher nicht hindurch. Zur vollständigen Strahlungsauslöschung kommt es jedoch erst wenige Millimeter hinter dem Lochblech. Eine Scheibe verhindert daher die Annäherung an das Lochblech, sodass keine Strahlung durch Berühren oder Gegenstände ausgekoppelt werden kann.

Die Tür hat einen umlaufenden Spalt mit einer Breite eines Viertels der Wellenlänge. Dieser Spalt wirkt auch ohne elektrischen Kontakt als selektiver Sperrkreis für die Frequenz des Magnetrons. Der Spalt darf daher nie verformt sein oder anderweitig durch leitfähige Teile verändert werden. Leckstrahlungsmessungen konzentrieren sich daher auf diesen Bereich der Tür. Nur dort ist eine signifikante Feldstärke außerhalb des Mikrowellenofens zu erwarten. Meist liegt sie auch in unmittelbarer Nähe weit unterhalb einer möglichen Gefährdung.

Magnetron eines Mikrowellenherdes im Längsschnitt (Magne-
te und Kühlrippen entfernt) Magnetron schematisch



Der Mikrowellengarraum selbst ist ansonsten ein vollständig geschlossenes Gefäß aus Metall (Faradayscher Käfig), an welches das Magnetron über einen kurzen Hohlleiter direkt verbunden ist. Strahlung kann daher nicht austreten.

Anwendungshinweise

Es ist darauf zu achten, dass die Leistung des Magnetrons immer ausreichend absorbiert wird, da es sonst Schaden nehmen kann (Rückreflexion). Deshalb sollte man kein Mikrowellengerät mit leerem Garraum einschalten.

Aufgrund des unterschiedlichen Wassergehalts verschiedener Speisen (oder Teilen davon) kann es trotz Stirrer und Drehteller zur inhomogenen Erwärmung kommen – so erwärmen sich beispielsweise Knochen im Vergleich zum Fleisch relativ gering. Salziges erwärmt sich mehr als Fettiges. Zum sicheren Durchgaren der Speisen ist es daher ratsam, diese abzudecken und ggf. mit geringerer Leistung länger zu garen.

Es wird auch empfohlen, die Speisen in mehreren Intervallen mit Pausen dazwischen zu erwärmen. Moderne Mikrowellenherde verfügen auch über eine sog. Auftaufunktion. Hierbei wird in kurzen Abständen zuerst durch Mikrowellen bereits geschmolzenes Wasser erwärmt, dann einige Zeit gewartet, bis durch die zugeführte Wärme noch gefrorenes Wasser aufgetaut wird, um dann wieder von vorne zu beginnen.

Berüchtigt sind so genannte „hot spots“ in den Speisen – diese können zu Verkohlungen und Schadstoffen führen.

Auch der Effekt des Überhitzens von Wasser in glatten Gefäßen ist eine mögliche Gefahrenquelle: Es kann passieren, dass Wasser über den eigentlichen Siedepunkt erhitzt wird, ohne zu sieden – diese Gefahr besteht vor allem bei mehrmaligem Erhitzen in der Mikrowelle. Das überhitzte (siehe Siedeverzug) Wasser kann dann bei Bewegung plötzlich verdampfen. Das bedeutet, dass bei Entnahme ein Teil des Wassers explosionsartig zu Dampf wird und Wasser aus dem Gefäß schleudert. Abhilfe kann hier ein im Glas stehen gelassener Glasstab schaffen, an dem sich beim Sieden Dampfblasen bilden können.

Metalle im Garraum erhitzen sich je nach ihren Abmessungen unterschiedlich stark: Dünne Metallschichten (z. B. Alufolie, Geschirr mit metallischen Verzierungen, o.ä.) werden schnell heiß; dickere (z. B. Besteck) eher mäßig schnell. Auch ist es entgegen dem verbreiteten Gerücht - Metall sei in der Mikrowelle tabu - möglich, beim Erhitzen einer Flüssigkeit z. B. einen Metall-Löffel hineinzustellen, was auch dem Siedeverzug entgegenwirkt.

Wenn man Metallstücke mit geeigneter Geometrie (z. B. Gabeln) in den Garraum einbringt, können Funkenüberschläge entstehen, wenn die erzeugte elektrische Feldstärke ausreichend ist ($\geq 106 \text{ V/m}$).

Gefahren

Die Mikrowellenstrahlung selbst hat eine thermische Wirkung auch auf menschliches Gewebe, die zu Verletzungen (insbesondere Verbrennungen) führen kann. Besonders gefährdet sind dabei schlecht durchblutete Körperteile, welche die Wärme über den Blutkreislauf nicht schnell genug abführen können. Besonders gefährdet ist die Augenlinse. Durch die Erwärmung kommt es zu einer Gerinnung des Eiweißes und zu einer Trübung der Linse (Grauer Star).

Die Hoden und deren Samenbildung sind auch durch Erwärmung mit Mikrowellen gefährdet.

Bei einem intakten Mikrowellenherd treten jedoch nur geringe Strahlungsleistungen aus, von denen praktisch keine Gefahr ausgeht. Mikrowellenherde sind sehr gut gegen Betrieb mit offener Tür geschützt – auch im Fehlerfall.

Da die Tür nicht dicht anliegt (und dies auch nicht darf - siehe oben), besteht eine theoretische Gefahr, wenn metallische Gegenstände in diesen Spalt geschoben werden.

Geräte mit beschädigtem/verbogenem Gehäuse oder Tür sollen nicht oder nur nach einer Leckstrahlungsmessung weiterverwendet werden. Die Entstehung von Röntgenstrahlung in einem Mikrowellenofen ist nicht gegeben.

Die größte Gefahr geht von Reparaturversuchen durch Nicht-Fachleute aus: die im Inneren vorhandene hohe niederohmige Spannung von ca. 5 kV führt bei Berührung zu einem lebensgefährlichen Stromschlag.

Weitere Gefahren entstehen durch Rauchgase verbrannter Speisen und ungeeigneter Gegenstände. Mikrowellenherde verfügen über einen Temperaturschalter am Garraum, wodurch eine Brandgefahr auch dann weitgehend ausgeschlossen wird, wenn sich Speisen im Inneren entzünden.

Die Entstehung von Schadstoffen durch das Verfahren der Mikrowellenerwärmung an sich wird häufig diskutiert. Gefahren dürften sich jedoch nur aus lokal verbrannten oder unzureichend gegarten Speisen ergeben, da die Mikrowellenstrahlung selbst keine molekularen bzw. chemischen Strukturveränderungen hervorrufen kann.

Wirkungsgrad

Ein Elektroherd setzt 100 % der elektrischen Energie in Wärme um. Ein Mikrowellenherd verwandelt nur 50 bis 60 % der aufgenommenen elektrischen Energie in Mikrowellenstrahlung, der Rest wird zu Abwärme. Andererseits heizen die Mikrowellen gezielt lediglich das Kochgut, nicht aber den Garraum und dessen Umgebung, weshalb der Mikrowellenherd bei kleineren Portionen energetisch günstiger ist: Als Richtwert gelten ca. 250 ml Flüssigsubstanz: Es ist hiernach günstiger, 250 ml Flüssigkeit bzw. 250 Gramm einer wasserhaltigen Speise im Mikrowellenherd zu erhitzen, statt in einem Topf auf dem Elektroherd, möglicherweise zusammen mit zusätzlich erforderlichem Wasser.

Das Erwärmen von Wasser ist allerdings im elektrischen Wasserkocher am effektivsten - er hat aufgrund der geringen Wärmekapazität seiner Heizspirale eine sehr viel höhere Effizienz als ein Magnetron oder eine Kochplatte.

Sonstiges



Therapeutisch werden Mikrowellen zur Gewebeerwärmung auch beim medizinischen Verfahren der Diathermie mit bis zu mehreren hundert Watt eingesetzt.

Im Haushalt sind u. a. Spül- und Putzlappen wahre Brutstätten für Mikroorganismen (siehe auch: Haushaltshygiene). Eine aktuelle Studie[1] (2007) zeigt, dass Mikrowellenherde sich sehr gut für die Sterilisation kontaminierter Schwämme oder Tücher eignen: Schon zwei Minuten in einem solchen Ofen bei voller Leistung töten rund 99 Prozent aller Keime (Bakterien und Viren) ab, vier Minuten sind ausreichend um auch hartnäckige Bakteriensporen zu inaktivieren. Da die Mikrowelle ihre Wirkung entfaltet, indem Wassermoleküle zum Schwingen anregt werden, müssen Schwämme oder Tücher in nassem Zustand in die Mikrowelle gegeben werden; die Keime werden also durch die hohe Temperatur und nicht durch die Strahlung als solche abgetötet. Eine Sterilisation empfiehlt sich nach dem Abwischen von potentiell kontaminierten Oberflächen, etwa wenn dort rohes Geflügel- oder anderes Fleisch bearbeitet wurde (Salmonellen!). Nach Ansicht der Forscher kann eine Behandlung in der Mikrowelle das Risiko, sich mit Erregern von Lebensmittelvergiftungen zu infizieren, deutlich senken.

Das Haustier in der Mikrowelle ist eine moderne Sage aus den USA, die erklären will, weshalb Mikrowellenherde in den USA mit dem Warnhinweis „Nicht geeignet zum Trocknen von Haustieren“ versehen sind.

Weblinks

Video von überhitztem Wasser in einem Mikrowellenherd mit anschließendem Siedeverzug

Was sucht die Lampe in der Mikrowelle? Artikel aus de Hausgeräte 1/2005 (PDF)

Mikrowelle: Kein negativer Einfluss auf Lebensmittel