

# Effizientes Kochen mit Induktion

**So schnell wie mit Gas aber mit einem Bruchteil der Energie kocht man mit Induktionskochfeldern. Das Prinzip wird bei Hochöfen seit vielen Jahrzehnten mit Erfolg angewendet, konnte aber erst dank moderner Elektronik für die private Küche tauglich gemacht werden.**

Der bedeutende englische Forscher Michael Faraday (1791-1867) wusste, dass elektrische Ströme Kompassnadeln ablenken und formulierte die Hypothese: Wenn Ströme Magnetfelder erzeugen, muss es auch möglich sein, mit Magnetfeldern Ströme zu induzieren. Mit Hilfe vieler Experimente fand er 1831 sein Induktionsgesetz, also den Zusammenhang zwischen einem sich ändernden Magnetfeld und der induzierten Spannung in einer Drahtschleife oder -spule, die dieses Magnetfeld umschliesst. Wenige Jahrzehnte später wandelten Generatoren auf dieser Grundlage mechanische in elektrische Energie um und erste Trams fuhren auf elektrisch beleuchteten Strassen.

## Zwei magnetisch gekoppelte Spulen

Ein elektrischer Strom erzeugt in einer zylinderförmigen Drahtspule ein Magnetfeld, das proportional zur Windungszahl und Stromstärke ist. In einer zweiten, achsenparallelen Sekundärspule, die die Primärspule umschliesst, induziert jede Änderung des Stromes eine Induktionsspannung. Diese ist proportional zur Windungszahl der Sekundärspule und zur Änderungsrate des Magnetfeldes.

Dieses Induktionsgesetz wird beispielsweise bei der Zündspule eines Verbrennungsmotors angewendet, um Hochspannung von rund 7000 Volt und damit Zündfunken zu erzeugen. Die Primärspule besteht aus wenigen Windungen eines dicken Drahtes, durch den ein grosser Strom fliesst. Ein Unterbrecher schaltet diesen Strom ein und aus, wodurch sich das Magnetfeld sehr schnell ändert. Die Sekundärspule wiederum umfasst viele Windungen, damit das Produkt aus der Änderungsrate des Magnetfeldes und der Windungszahl so gross wird, dass die gewünschte Hochspannung entsteht. Die Zündspule ist also ein Hochspannungstransformator.

## Grosse Ströme erzeugen Wärme

Baut man einen Transformator umgekehrt, also eine Primärspule mit vielen Windungen, die von einem dicken Draht ring umschlossen wird, können grosse Ströme induziert werden, wenn die Primärspule rasch ein- und ausgeschaltet wird. Je höher die Schaltfrequenz, desto grösser ist die Änderungsrate des Magnetfeldes und damit auch die induzierte Spannung im Draht ring. Nach dem Ohmschen Gesetz ist die Stromstärke gleich gross wie die Induktionsspannung dividiert durch den Widerstand des Draht rings. Die Wärmeleistung ist das Produkt von Spannung und Strom, also gleich dem Quadrat der Induktionsspannung dividiert durch den Widerstand. Gut leitende Metalle können so durch starke Ströme geschmolzen werden.

## Kochen mit dem Hochofenprinzip

Beim Induktionskochfeld wird eine scheibenförmige Primärspule verwendet (Abb. 1), die ein zum Kochfeld senkrechtes Magnetfeld erzeugt. Der Sekundärkreis wird durch den Pfannenboden gegeben, der möglichst gut leitend sein soll. Der Strom aus der Steckdose wird gleichgerichtet und dann mit Hilfe eines elektronischen Schalters rund 23 000 mal pro Sekunde unterbrochen. Die hohe im Ultraschallbereich liegende Schaltfrequenz bewirkt grosse Induktionsströme, die den Pfannenboden erhitzen.

## Physikalische Experimente

Das Induktionskochfeld eignet sich hervorragend für grundlegende physikalische Experimente. Da eine dünne Sperrholzplatte das Magnetfeld nicht abschwächt, den Strom nicht leitet und thermisch isoliert, kann man auf der Holzplatte Wasser zum Kochen bringen und sich dann vergewissern, dass das Kochfeld nur leicht erwärmt wurde. Ohne Isolationsschicht unter der Pfanne würde man sich die Hand verbrennen, weil das Kochfeld durch den Kontakt mit dem Pfannenboden erhitzt würde.

Sehr schön lässt sich die Induktionsspannung mit einem an die Kontakte einer 12 Volt Autolampe angeschlossenen Draht ring demonstrieren. Die in Abb. 2 auf der Sperrholzisolation platzierte Blechbüchse nimmt einen grossen Teil der Leistung des Kochfeldes auf, wodurch sich dieses einschaltet (ohne genügend grosse Last schaltet sich das Gerät

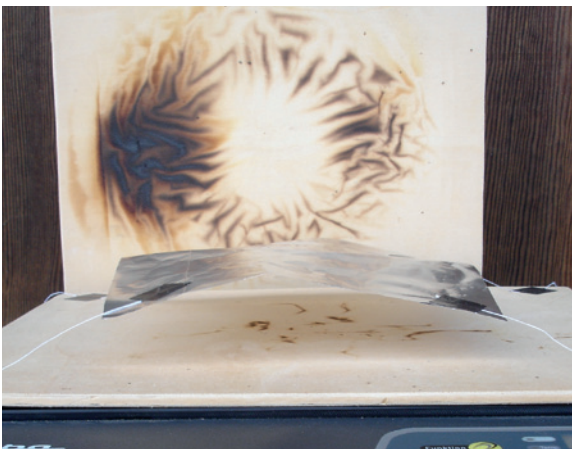
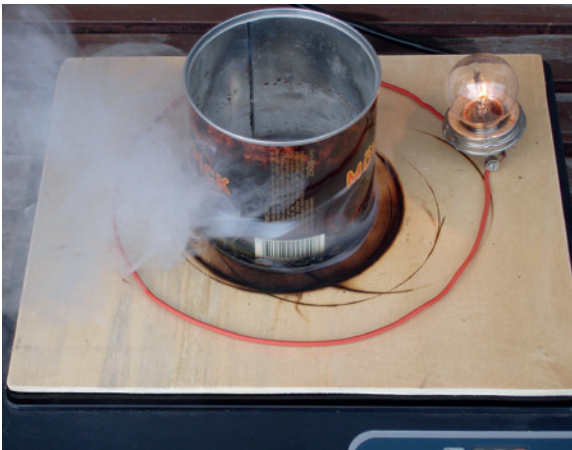
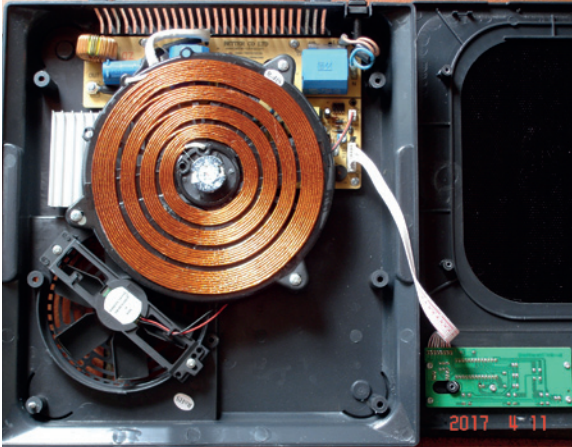


Abb. 1 (oben): Blick von oben ins Gerät. In der Mitte ist die Flachspule aus Kupferdraht platziert. Links unten ist der Ventilator zur Kühlung des elektronischen Schalters (Thyristor) und oben die Steuer elektronik zu erkennen.

Abb. 2 (Mitte): Der in einem Drahtkreis induzierte Strom bringt eine Autolampe zum Leuchten. Der stark erhitzte Boden der leeren Büchse verkohlt die Oberfläche der Sperrholzisolation.

Abb. 3 (unten): Fliegende Alufolie, vgl. dazu die Erläuterungen im Text

nicht ein). Nach wenigen Sekunden ist der Boden der leeren Blechdose so heiss, dass Rauch entsteht. Mit zwei Sekundärwindungen würde die Induktionsspannung verdoppelt und die Scheinwerferlampe zerstört.

Ersetzt man die Lampe durch eine etwa 2 Zentimeter lange Bleistiftmine mit 0,5 bis 0,7 Millimetern Durchmesser entsteht sehr helles, weisses Licht, bis die Mine nach einigen Sekunden bei Temperaturen von über 1000 °C oxidiert ist und zerfällt.

Legt man ein Stück Alufolie auf das Kochfeld, fliegt es weg, sobald das Gerät eingeschaltet wird. Der Grund sind Wirbelströme in der Alufolie, die wiederum Magnetfelder erzeugen. Diese Sekundärfelder sind so gerichtet, dass das Primärfeld abgeschwächt wird (sogenannte Lenzsche Regel): Es schauen also zwei gleiche Pole gegeneinander, das Kochfeld und die Alufolie stossen sich ab! Verhindert man das Wegfliegen der Folie durch vier an den Ecken mit Klebeband befestigte Fäden, fliegt die Folie auf einem Magnetkissen wie eine Magnetschwebbahn (Abb. 3). Allerdings schaltet sich das Kochfeld nach kurzer Zeit ab, die Folie fällt zurück und der Vorgang wiederholt sich periodisch. Wird die Alufolie durch Auflegen einer zweiten Sperrholzplatte festgehalten, wird sie nach wenigen Sekunden stellenweise sehr heiss. Die Brandspuren auf den Holzplatten zeigen, dass die Ströme ein kompliziertes räumliches Muster bilden (vgl. die hinter dem Gerät stehende Platte in Abb. 3).

Um die Effizienz des Kochfeldes zu messen, wird 1 Liter Wasser in einer Pfanne von beispielsweise 17 auf 72 °C erhitzt und die Leistung sowie die benötigte Zeit gemessen. 85 Prozent der aufgenommenen Energie findet sich als Wärme im Wasser und einige Prozent werden zum Aufwärmen des Pfannenbodens gebraucht. Die so gemessene Effizienz stimmt gut mit den Herstellerangaben von 90 Prozent überein. Es ist jedoch zu beachten, dass die Effizienz mit normalen Pfannen nur etwa 60 Prozent beträgt. Für Induktionskochfelder sollten deshalb ausschliesslich Spezialpfannen verwendet werden, deren magnetisierbarer Boden durch das wechselnde Magnetfeld 46 000 mal pro Sekunde umgepolt wird. Die dabei entstehende Wärme erhöht die Effizienz um weitere 30 Prozent.

Fritz Gassmann

Der Autor ist Physiker und arbeitete früher am Paul Scherrer Institut PSI in Villigen.