

## **Induktionskoch-, Regenerier- und Warmhaltetechnik**

Kann man aus Magnetfeldern Ströme und Elektrizität gewinnen? Genau diese Frage stellte sich etwa 1820 M. Faraday, einer der besten Experimentatoren seiner Zeit. Die Hoffnung aus einem gewöhnlichen Magnetfeld Elektrizität zu gewinnen habe ihn zu immer neuen Versuchen angeregt, die schliesslich erfolgreich waren und klar demonstrierten, dass *ein zeitlich sich ändernder magnetischer Fluss, z.B. durch eine Spule, eine elektrische Spannung in der Spule hervorruft.*

Unter den verschiedenen Verfahren der Elektroprozesswärme hat die Induktionserwärmung die aus den ersten Überlegungen von Faraday entstanden sind, in den letzten 30 Jahren eine besonders rasche Ausweitung erfahren. Sie wurde nicht nur in ihrer klassischen Anwendungsbereichen des Schmelzens und der Oberflächenerwärmung in zunehmendem Masse eingesetzt, sondern sie erschloss sich zusätzlich neue Anwendungsgebiete, wie z.B. die Kesselheizung, die durchgreifende Erwärmung zum anschliessenden Warmformen von Metallen, das Rohrschweissen, verschweissen von Zahnpastatuben, das herstellen künstlicher Diamanten, das Oberflächenbeschichten, oder in der Medizinaltechnik um Heilungsprozesse bei Bänderverletzungen fördern, dem "Induktivenskalpell" (schneiden mit Hochfrequenz) usw. bis hin zum Kochen, Regenerieren und Warmhalten von Speisen.

Die Ursachen für den ständig steigenden Einsatz der Induktionserwärmung liegen in produktionstechnischen, betriebswirtschaftlichen und umwelthygienischen Forderungen begründet, wie z.B. Qualitätsverbesserungen der Produkte, Rationalisierung des Produktionsablaufs sowie verminderte Wärme- und Emissionsbelastung des Arbeitsumfeldes und der Umwelt.

### **Konventionelle Beheizung**

Vertraut ist die Erzeugung von "Elektrowärme" durch den Stromfluss in einem gestreckten Heizleiter: Die Energie der bewegten Elektronen wird durch Stösse auf die Atome des Leitermaterials übertragen und versetzt sie zunehmend in Schwingungen - das bedeutet ein Ansteigen der Temperatur. Die Heizleistung ist dem Leiterwiderstand und dem Quadrat der Stromstärke proportional. Der Strom folgt dabei dem elektrischen "Spannungsgefälle" im Leiter wie ein Wasserstrom dem Höhengefälle des Geländes; selbst verständlich muss der Heizleiter an eine Stromquelle angeschlossen sein.

### **Induktive Beheizung (Physikalische Grundlagen der induktiven Erwärmung)**

Alle Werkstoffe, die den elektrischen Strom leiten, lassen sich induktiv erwärmen. Im allgemeinen werden Metalle und deren Legierungen induktiv erwärmt.

Die induktive Erwärmung selbst beruht auf folgendem physikalischen Prinzip: Wird der zu erwärmende Metallkörper dem Einfluss eines elektromagnetischen Wechselfeldes ausgesetzt, so wird in ihm ein elektrischer Strom induziert (inducere, lat. = hineinführen). Der Stromfluss bewirkt eine Erwärmung des Metalls.

Elektrowärme kann somit ebenso durch elektrische Wirbelströme erzeugt werden, wobei die Elektronen in einem Ringleiter auf Kreisbahnen umlaufen. Auch hier ist die Heizleistung  $P$  dem Quadrat der Stromstärke und dem Leiterwiderstand proportional, der zu messen ist, wenn man den Leiterring auftrennt. Wirbelströme können in einem Geschirrboden durch Induktion erzeugt werden, ohne dass äussere elektrische Anschlüsse erforderlich sind.

Der Stromfluss ist dabei mit einem Flüssigkeitswirbel vergleichbar, wie er sich z.B. beim Rühren in einer Schüssel bildet.

Der Induktionseffekt beruht auf den Kräften, die in einem veränderlichen Magnetfeld auf die Elektronen als Ladungsträger wirken: Wird z.B. ein Stabmagnet einer Leiterschleife genähert, ändert sich die Dichte der Feldlinien (die magnetische "Flussdichte"  $B$ ) in der Leiterschleife, und infolgedessen ist an der Leiterschleife eine Induktionsspannung  $U_{\text{ind}}$  messbar. Je grösser die Änderung der Flussdichte pro Zeiteinheit ist, desto höher ist nach dem Faradayschen Induktionsgesetz die induzierte Spannung. Wie der bewegte Magnet erzeugt auch eine von Wechselstrom durchflossene Spule ein veränderliches Magnetfeld und bewirkt eine Leiterschleife. Ist diese in sich geschlossen, fliesst darin ein Wirbelstrom. Die Induktionsspule wird bei einer Induktionskochzone zweckmässig als Flachspule ausgeführt. Der induzierte Wirbelstrom im Geschirrboden darüber wechselt im Takt des Magnetfeldes die Richtung: Die Induktionsspannung ist durch das Geschirr kurzgeschlossen und für den Benutzer völlig unbedenklich.

Einigen Aufwand erfordert die Stromversorgung der Induktionsspule, weil eine unmittelbare Speisung mit der Netzfrequenz von 50 Hertz nicht möglich ist. Dies wird deutlich, wenn man das Induktionskochfeld als Sonderfall des Transformators betrachtet: Die Primärspule (Windungszahl  $N_{\text{prim}}$  ca. 50, Stromstärke  $I_{\text{prim}}$  ca. 20 A) wird durch die Flachspule gebildet, die Sekundärspule durch den Topfboden als Träger des Wirbelstroms. Sie hat nur eine Windung  $n_{\text{sek}} = I_{\text{prim}} \cdot n_{\text{prim}}$  von etwa 1000 A trägt.

Beim Induktionskochfeld wird das Geschirr nicht "von aussen" her erwärmt, sondern der Geschirrboden selbst bildet die Wärmequelle - er wird durch hochfrequente Wirbelströme aufgeheizt. Dies Verfahren ist in der industriellen Metallbearbeitung seit mehr als 80 Jahren etabliert. Die Wärmeenergie wird jedoch auch beim induktiven Kochen dem Lebensmittel nur über seine Oberfläche zugeführt und nicht unmittelbar im Innern des Gargutes freigesetzt, wie bei der Einwirkung von Mikrowellen.

Warum ist eine Induktionskochstelle einer konventionellen Kochstelle derart überlegen? Die Nachteile verdeutlicht der Vergleich mit einer Glaskeramikkochzone mit Strahlungsbeheizung (dieser ist für die übrigen bekannten Heizsystemen in etwa repräsentativ). Unter der Glaskeramikplatte liegt der Heizleiter, dessen Wärmestrahlung nur zum Teil die Platte durchdringen und unmittelbar den Geschirrboden erreichen kann. Etwa die Hälfte der Strahlungsenergie wird in der Glaskeramik absorbiert und erst verzögert an den Geschirrboden weitergegeben, stark reduziert wird der Wirkungsgrad zudem bei schlechtem Wärmekontakt und schmutziger Glaskeramikplatte. Nur etwa 35 bis 40% der zugeführten Energie kommt dem Topfinhalt zugute, während die restlichen dem Geschirr, der Kochzone und der Abstrahlung zum Opfer fallen.

- die grosse Wärmekapazität der Kochstelle selbst (d.h. der hohe Bedarf an Aufheizenergie)
- die erhebliche Strahlungsabsorption in der Ceranplatte
- die begrenzte Wärmeleitfähigkeit der Glaskeramik
- der kritische Wärmekontakt zwischen Glaskeramikplatte und Geschirr

Daraus resultiert eine grosse thermische Trägheit (d.h. stark verzögerte Reaktion auf die Bedienung), der Wirkungsgrad ist besonders beim Ankochen ungünstig, und die Kochzonentemperatur wird sehr hoch, wodurch eine erhebliche Gefährdung gegeben ist und Verschmutzungen leicht einbrennen und eine starke Rauchentwicklung zur Folge haben.

Diese Nachteile entfallen, wenn die Wärme durch elektrische Wirbelströme im Geschirr selbst erzeugt wird.

Beim induktiven Kochen werden etwa 90 % der zugeführten Energie spontan als Wärme im Topfboden freigesetzt. Der Ankochwirkungsgrad für kleine Füllmengen liegt deshalb fast doppelt so hoch wie bei konventionellen Kochstellen.

Bsp. Mit Induktion kocht 1 lt. Wasser fünfmal schneller und braucht dazu nur ca. 25% der Energie wie mit einer konventionell beheizten Kochstelle.

Vorteilhaft ist beim Induktionskochfeld auch die niedrige Temperatur, da dieses ja nur indirekt vom Geschirr erwärmt wird. Selbst in der unmittelbaren Umgebung eines Topfes mit siedendem Wasser sind nach 30 Minuten Betriebszeit bei voller Leistung nur 60°C zu messen, gegenüber 150°C bei konventioneller Strahlungsbeheizung, und unter dem Topfboden bleibt das Glaskeramikfeld stets kälter als das Geschirr.

Die niedrige Kochfeldtemperatur bedeutet:

- mehr Sicherheit, keine Erwärmung der Kochstelle im Leerlauf
- kein Einbrennen von überlaufendem Gargut, keine Brandgefahr
- keine Verbrennungsgefahr beim berühren der Kochstelle
- verminderte Wärmebelastung Umgebung (Küche und Personal)

Die extrem geringe Wärmespeicherung im Kochfeld bewirkt eine sehr kleine thermische Trägheit. Bei der Induktionskochzone ist der Temperaturüberschwinger noch kleiner als bei einer Gaskochstelle - er erreicht nur etwa ein Viertel der Höhe und Dauer, die bei einer Herdkochplatte zu messen sind. Dies stellt einen erheblichen Vorteil für die Praxis dar.

Die Frage einer möglichen Gesundheitsgefährdung durch das magnetische Streufeld der Hochfrequenzspule wird dadurch entschärft, dass elektromagnetische Strahlung in diesem Frequenzbereich nur eine äusserst geringe Wechselwirkung mit Zellmaterial aufweist. Die langwelligen Strahlung des Kochfeldes ist weder ionisierend wie radioaktive Strahlung noch messbar wärmewirksam wie bei Mikrowellen. Die Frequenz ist bei Mikrowellengeräten etwa um den Faktor 100'000 höher als bei den Induktionsfeldern, und der Schwellenwert, oberhalb dessen die im Strahlungsfeld "proportionierte" Energie gross genug wäre, um molekulare Veränderungen zu bewirken (Ionisationsgrenze), liegt sogar um den Faktor 1010 über der Kochfrequenz. Kritische Untersuchungen gehen davon aus, dass ohne nachweisbare Energieabsorption in der Materie auch keine schädigenden Effekte zu erwarten sind.

Bochsler Systemtechnik AG  
Aebischen 40  
CH-3202 Frauenkappelen  
Telefon: 0041 (0)31 926 16 84  
Telefax: 0041 (0)31 926 34 66

info@bochsler.ch