

Einsatz von Mikrowellenanlagen in der thermischen Verfahrenstechnik

Aufgrund der in den letzten Jahren erfolgten starken Verbreitung von Haushaltsmikrowellengeräten erlebt die Mikrowellentechnik derzeit auch in der Industrie eine stürmische Entwicklung, da potentielle Anwender heute kreative Ideen in dieser Richtung sofort durch einen einfachen Handversuch zu Hause oder im Labor vortesten können. EL-A Verfahrenstechnik beschäftigt sich seit vielen Jahren mit der Anwendung der Mikrowelle bei speziellen verfahrenstechnischen Prozessen. Da sich EL-A schwerpunktmäßig mit Trenntechnik befasst, wurde das auf dem Gebiet der Mikrowellen für diese Technologie besonders schwierige Feld der Trocknungstechnik intensiv bearbeitet, so dass EL-A der Industrie heute ein sehr breites Know-How und eine ganze Reihe von unterschiedlichen Problemlösungen bieten kann.

Grundlagen der Mikrowellentechnik

Mikrowellen sind hochfrequente elektromagnetische Wellen, welche im gleichen Frequenzband wie die allgemein bekannten Radarwellen arbeiten, d. h. sie sind kurzwelliger als die Radio- und Fernsehwellen, aber wesentlich langwelliger als das sichtbare Licht. Ihre Wirkung auf Materie, d. h. auch auf lebende Organismen ist nach heutigem Kenntnisstand rein thermischer Art, es findet also im Gegensatz zu den kurzwelligen Strahlen wie Röntgen- oder Gammastrahlen keinerlei ionisierende Wirkung statt, welche Auswirkungen auf das Erbgut haben könnte.

Für die industrielle Anwendung von Mikrowellen sind nur ganz bestimmte Frequenzen zugelassen. Praktisch weltweit im Westen zugelassen ist die Frequenz 2,45 GHz, welche auch in den weitverbreiteten Mikrowellenhaushaltsgeräten werden. Als weitere Frequenz ist in einigen Ländern noch 915 MHz gebräuchlich.

Um Materialien mittels Mikrowelle erwärmen zu können, müssen diese an die Mikrowelle ankoppeln, d.h. sie müssen elektromagnetische Energie absorbieren. Hierfür kommen im wesentlichen drei Mechanismen in Frage. Der allgemein bekannteste Wirkungsmechanismus ist die Erregung eines mit einem Dipolmoment behafteten Moleküls. Dies ist besonderes beim Wasser, aber auch bei einer ganzen Reihe von Lösemitteln der Fall, die über einen ausgeprägten Dipol ihrer Moleküle verfügen. Die Moleküle versuchen sich in dem schnell wechselnden elektrischen Feld stets in Richtung der Feldlinien

auszurichten und werden so in Rotationschwingungen versetzt. Die Energieabsorption aus dem Mikrowellenfeld ist umso intensiver, je näher die Resonanzrotation des Moleküls an der Frequenz der Mikrowelle liegt. Bei Wasser wäre das in der Nähe von 15 GHz, dies würde jedoch eine sehr geringe Eindringtiefe in Produkte bedeuten und den Nachteil einer mangelhaften Tiefenerwärmung bringen.

Erwärmung im elektromagnetischen Feld tritt jedoch auch dann auf, wenn im Produkt freie Ionen vorhanden sind. Diese Art der Erwärmung findet statt in Elektrolyten, aber auch in sehr vielen glasartigen und keramischen Stoffen.

Als dritte Möglichkeit der Ankoppelung gibt es noch die magnetische Absorption, welche aber industriell eine weitaus geringere Bedeutung hat, wenn man davon absieht, dass solche Materialien in Absorptionsschleusen zur Abdämpfung von Mikrowellenenergie häufig Verwendung finden. Gut leitende Materialien wie z. B. Metalle treten ebenfalls in Wechselwirkung mit der Mikrowelle, hier jedoch beträgt die Eindringtiefe der Mikrowelle nur wenige Mikrometer, wobei dann aufgrund des geringen Widerstandes dieser Materialien kaum Energie aus dem Mikrowellenfeld absorbiert wird, d. h. die Mikrowellen werden an metallischen Oberflächen reflektiert.

Die Fähigkeit eines Stoffes, Mikrowellenenergie zu absorbieren, wird ausgedrückt durch seinen dielektrischen Verlustfaktor, welcher stets mit der Dielektrizitätskonstante verknüpft ist. Dieser dielektrische Verlustfaktor ist stoff-, frequenz- und temperaturabhängig. Hierbei ist zu erwähnen, dass bestimmte Stoffe wie z. B. Glas oder auch PVC bei Raumtemperatur einen relativ niedrigen Verlustfaktor aufweisen, dagegen ab einer bestimmten Temperatur Mikrowellenenergie ausgesprochen gut absorbieren. Je niedriger der Verlustfaktor liegt, desto weniger koppelt das Material an die Mikrowelle an. Solche schlecht ankoppelnden Materialien können dann als neutrale Einbauten zur Förderung und Aufnahme des zu erwärmenden Produktes verwendet werden. Hierfür sind an vorderster Stelle die Kunststoffe PTFE, PP und PE geeignet, aber auch keramische Materialien (sehr rein) wie z. B. Aluminiumoxid sind hier zu nennen.

Bauteile für Mikrowellenanlagen

Mikrowellen im industriellen Leistungsbereich werden im allgemeinen mittels sogenannter Magnetrons erzeugt, das sind speziell konstruierte Vakuumröhren. Die Übertragung der Mikrowelle vom Generator zu einem geeigneten Applikator erfolgt in einem sogenannten Rechteckhohlleiter aus einem gut leitenden Metall. Die Geometrie dieses Hohlleiters ist abhängig von der Frequenz der zu leitenden Mikrowelle. An dem dem Magnetron gegenüberliegenden Ende des Rechteckhohlleiters liegt der sogenannte Applikator, in welchem die Mikrowelle auf das zu erwärmende Produkt einwirkt. Dieser

Applikator kann ganz verschiedene Geometrien aufweisen und sowohl als Resonator als auch als Multimode-Applikator ausgeführt sein. Der Applikator ist immer ein metallischer Hohlraum, an dessen Wänden die Mikrowellen möglichst verlustfrei reflektiert werden und nicht ins Freie austreten können. Volumetrisch große Applikatoren sind immer als Multimode-Applikatoren ausgebildet, d.h. die Mikrowellen werden vollkommen unregelmäßig reflektiert und können sich in beliebiger Weise überlagern. Die Geometrie erlaubt die Ausbreitung von vielen möglichen Wellenlängen (Modes), welche bei der Reflexion entstehen. In solch einem Applikator entsteht immer ein typisches Interferenzbild, d.h. Auslöschung von Wellenenergie bzw. Verstärkung von Wellenenergie, welches abhängig ist von der Geometrie des Applikators und der Art und Menge sowie Positionierung des Mikrowellen absorbierenden Produktes. Die Energieverteilung in solch einem Applikator kann zusätzliche Maßnahmen – falls erforderlich – verbessert werden. Dennoch ist der Multimode-Applikator der am weitesten verbreitete, da man hier ziemlich frei ist in der Art, Größe und Geometrie des zu behandelnden Produktes.

Für spezielle Anwendungen gibt es noch sogenannte Resonanzapplikatoren, d.h. Applikatoren deren Geometrie so gewählt ist, daß sich nur eine, einzige Wellenlänge darin ausbreiten kann. Als Sonderform eines solchen Applikators ist der Hohlleiterapplikator zu betrachten, d.h. ein Applikator in Form eines Rechteckhohlleiters, in welchen durch entsprechende Einführschlitze das Produkt in relativ dünner Schicht transportiert werden kann. In solchen Applikatoren kann ein sehr homogenes und sehr starkes Feld erzeugt werden. Zwischen dem Applikator und dem Magnetron ist ein meist verstellbarer Tuner und, bei Hochleistungsmagnetrons, ein Isolator eingebaut. Der Tuner hat die Aufgabe, das System Magnetron-Rechteckhohlleiter-Applikator aufeinander abzustimmen. Der Isolator hat die Aufgabe, Mikrowellenenergie, welche im Applikator nicht verbraucht wird und durch den Rechteckhohlleiter zum Magnetron zurückgestrahlt wird, in eine Wasserlast umzuleiten und damit Überhitzung und Zerstörung des Magnetrons zu verhindern.

Kontinuierlich arbeitende Mikrowellenanlagen benötigen für den Produktein- und -austritt am Applikator noch sogenannte Schleusen, welche angepasst sind an die Art und Geometrie des einzubringenden Produktes. Kleinvolumige Produkte können relativ verlustfrei durch sogenannte Reflexionsschleusen gefördert werden, wobei diese geometrisch so ausgebildet sind, dass die Mikrowelle sich in der Schleusenöffnung überhaupt nicht ausbreiten kann und somit auch nicht austritt. Großvolumigere Produkte oder auch höhere Produktdurchsätze werden durch kombinierte Reflexions- und Absorptionsschleusen gefördert, wobei zunächst eine Reflexionszone die Mikrowellen so transformiert, dass diese möglichst wieder in den Applikator reflektiert

werden. Die dann noch verbleibende Mikrowellenrestenergie wird in speziellen Absorbern in Wärme umgesetzt.

Als zusätzliche Bauteile für eine komplette Mikrowellenanlage werden noch die Kühleinrichtungen für die Verlustleistung der Magnetrons benötigt, welche entweder als Wasserkühlung oder als Luftkühlung ausgeführt sind. Diese sind nötig, da die elektrische Energie aus dem Netz nur zu rund 50 bis 60% als Hochfrequenzenergie abgestrahlt wird. Die Differenzenergie wird im Magnetron in Wärme umgesetzt und muss als Verlust betrachtet werden, wenn nicht im gleichen Prozess Wärme mit relativ niedrigem Temperaturniveau benötigt wird.

Mikrowellentrocknung

Die Trocknung von Produkten mit, ist eine der jüngsten und interessantesten Verfahrensmöglichkeiten der thermischen Trocknung, da mit ihr eine ganze Reihe von Vorteilen durch die direkte Wärmeentwicklung im Produkt erzielt werden können. In Verbindung mit variablem Druckniveau können selbst schwierige Trocknungsaufgaben schonend bei niedriger Temperatur durchgeführt werden.

Die Vorteile des Mikrowellentrockners kommen insbesondere dann voll zur Geltung, wenn er in Kombination mit anderen Trocknungsverfahren eingesetzt wird, da ihm hierbei die Aufgabe zufällt, die bei allen anderen Trocknungsverfahren sehr geringen Wärmeübertragungsraten ganz entscheidend zu verbessern und damit bei bestimmten Trocknungsphasen ganz erhebliche Leistungssteigerungen zu erreichen.

Aufgrund der möglichen hohen Energiedichte des MW-Feldes lässt sich eine kompakte Anlagenkonstruktion erzielen, welche durch Fortfall komplizierter Einbauten im Produktbehandlungsraum außerordentlich reinigungsfreundlich gestaltet werden kann. Der Mikrowellentrockner ist geeignet für alle Trocknungsaufgaben mit wässrigen Bestandteilen oder Lösemitteln, welche ein Dipolmoment, d.h. eine hohe Dielektrizitätskonstante aufweisen.

Mikrowellentrockner können als kontinuierliche oder batchweise arbeitende Trockner ausgeführt sein. Im Gegensatz zu allen anderen Formen der Wärmeübertragung wird mittels Mikrowelle ein geeignetes Produkt unmittelbar und an jeder Stelle gleichzeitig auch in tieferen Schichten durch die Wechselwirkung mit dem elektromagnetischen Feld erhitzt. Als geeignetes Produkt ist ein Stoff zu bezeichnen, welcher wenigstens in Teilkomponenten einen hohen dielektrischen Verlustfaktor aufweist, d.h. Moleküle mit ausgeprägtem Dipol oder freie Ladungen besitzt, welche im elektrischen Wechselfeld zu schwingen beginnen und dadurch die damit auftretenden molekularen Stoßvorgänge zu erhöhter Molekülbewegung, sprich Temperaturerhörungen, führen.

Während bei allen anderen Wärmeübertragungssystemen die Temperaturerhöhung des Produktes

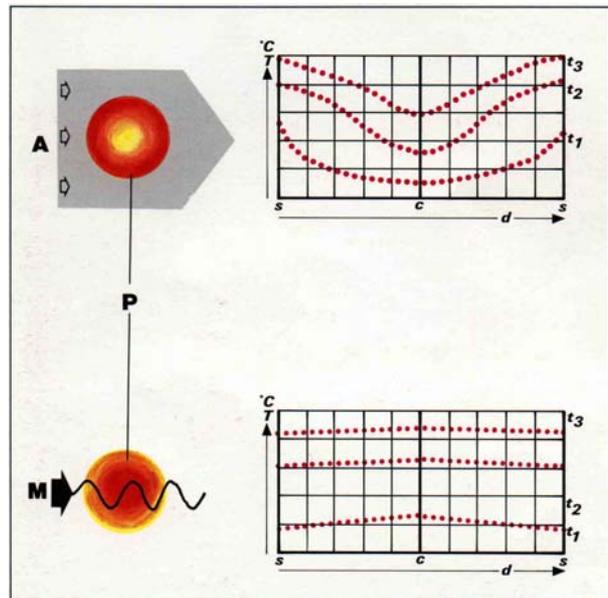
durch Wärmeleitung von der Oberfläche nach innen erfolgt, was zu einer sehr ungleichmäßigen Temperaturverteilung und zum Teil sehr langsamer Aufheizung des Produktkernes führt, bringt die Mikrowelle bei geeigneter Produktform und Qualität, eine sehr gleichmäßige und rasche Erwärmung des gesamten Produktes. Dieser Umstand rührt, insbesondere bei wärmeempfindlichen Produkten mit ausgeprägter Porosität des Trockengutes, daher zu beachtlichen Vorteilen, da eine Überhitzung der schon trockenen Oberfläche vermieden werden kann und das Kernwasser durch die Erhöhung des Dampfpartialdruckes im Produktkern schnell und kontinuierlich an die Oberfläche transportiert wird. (Schema1)

Bei Produkten, bei welchen nur das Wasser bzw. das zu entfernende Lösemittel mit der Mikrowelle ankoppelt, ergibt sich ein Selbstregulierungseffekt, da nach Verdampfung aller aktiven Bestandteile keine weitere Energie aus dem Mikrowellenfeld aufgenommen wird.

Bei Mikrowellentrocknern müssen im Gegensatz zu reinen Mikrowellenheizapparaten, die oft komplizierten Stoffaustauschvorgänge sowie eine Reihe von verfahrenstechnischen Problemen berücksichtigt werden, welche von Produkt zu Produkt sehr verschieden sind und eine Variation und Kombination einer Reihe von Parametern erfordern, wie z. B. Brüdenschleppgasart und -menge, Druck der Trocknungsatmosphäre, Art der Produktvorbereitung sowie des Produkttransportes, Art und Form des Applikators sowie Einspeisung und Variation des Mikrowellenfeldes im Applikator.

Ein spezieller Einsatzbereich für die Mikrowellentrocknung ergibt sich im Bereich der Vakuumtrocknung, da hier das Problem der Wärmeeinbringung in tiefere Schichten keinerlei Problem bedeutet, während bei allen anderen Arten der Erwärmung wie z. B. Kontakterwärmung oder Infrarotbestrahlung zunächst nur die außenliegenden Produktschichten erwärmt werden und die Energieeinbringung bis ins Innere des Produktes hier meist einen sehr langen Zeitaufwand bedeutet, insbesondere deshalb, weil viele Produkte im Vakuum zum Aufschäumen neigen und damit Isoliereigenschaften bekommen.

Auf der anderen Seite kann im Vakuum jedoch nur mit sehr geringen Energiedichten im Mikrowellenfeld gearbeitet werden, da es bei vermindertem Luftdruck, bereits bei relativ niedrigen Feldstärken zu Überschlügen zwischen benachbarten Metallteilen kommen kann. Am sinnvollsten ist die Vakuumtrocknung bei temperaturempfindlichen Produkten, die selbst, d.h. im trockenen Zustand nicht an die Mikrowelle ankoppeln, d.h. einen sehr geringen dielektrischen Verlustfaktor aufweisen. In diesem Fall lässt sich die maximale Trocknungstemperatur sehr leicht anhand des Luftdruckes über die Siededruckkurve einstellen.



Schema 1: Temperaturverlauf in Feststoffpartikeln bei Erwärmung durch Heißgas und Mikrowelle
A Erwärmung im Heißgasstrom
M Erwärmung durch Mikrowelle
P Feststoffpartikel
T Partikeltemperatur
d Partieldurchmesser
s Partikeloberfläche
c Partikelzentrum
t₁-t₃ Aufheizzeit

Produkte

Obwohl die Mikrowellentrocknungstechnik noch eine sehr junge Technologie darstellt, wurden neben einer Reihe von bereits erfolgreich industriell arbeitenden Anlagen im Technikum der EL-A Verfahrenstechnik bereits eine große Anzahl von verschiedenen Produkten erfolgreich getestet und getrocknet. Es ließen sich hierbei einige Produktgruppen mit gemeinsamen Eigenschaften klassifizieren, für welche die Mikrowellentrocknung ganz besonders vorteilhaft ist.

Schaumartige Produkte

Insbesondere großvolumige Produkte mit schaumartiger oder vliesartiger Struktur sind im allgemeinen ausgezeichnete Isolatoren. Die Energieeinbringung bis zum Kern des Produktes ist gewöhnlich mit einem sehr langen Zeitaufwand verbunden. Im Gegensatz dazu hat die Mikrowelle bei solchen Produkten eine sehr hohe Eindringtiefe, d.h. alle Bereiche des Produktes werden unmittelbar und sofort mit der gleichen Energiemenge beaufschlagt. Eine Trocknung, die in anderen Verfahren Stunden oder Tage dauern mag, kann mit Hilfe der Mikrowellentrocknung innerhalb von Minuten durchgeführt werden. Dies hat bei vielen derartigen Produkte noch den Vorteil, dass das Produkt selbst chemisch und physikalisch homogener bleibt, da eine Wanderung von Teilkomponenten, z.B. von Bindemitteln und damit eine Entmischung des

Produktes während der sehr kurzen Zeit der Mikrowellentrocknung nicht möglich ist.

Feinpulvrige Produkte

Diese Produkte neigen bei praktisch allen konventionellen Arten der Wärmeeinbringung zu einer relativ hohen Staubentwicklung und der damit zusammenhängenden Problematik der Staubabscheidung, wobei die Nebenapparatebaugruppe "Filteranlage" oft teurer sein kann als der gesamte Trocknungsapparat. Mit Hilfe der Mikrowellentechnik können solche pulverförmigen Produkte schnell und ohne größere Staubentwicklung erwärmt und damit getrocknet werden.

Mechanisch sehr empfindliche Produkte

Produkte, welche durch mechanisch Einwirkung ihre physikalische Struktur negativ verändern würden, z. B. Korn-Struktur oder Kristallaufbau, können mittels der Mikrowelle berührungsfrei erhitzt und damit schonend getrocknet werden.

Hautbildende Produkte

Das sind Produkte, welche unter dem Einfluss von Trocknungsgas eine hornartige Schicht an der Oberfläche bilden, welche dann als Dampfsperre die weitere Trocknung des Produktes behindert. Da die Mikrowellentrocknung das Produkt gleichmäßig auch im Inneren erwärmt, entsteht dabei auch im Inneren des Produktes ein erhöhter Dampfdruck, welcher Wasser und Wasserdampf nach außen trieb, so dass die Hautbildung in diesen Fällen meistens total vermieden wird. Dieser Effekt kann sehr erfolgreich bei leimartigen organischen Produkten ausgenutzt werden.



Bild 1:
Mikrowellenversuchsanlage 3,6 kW-Leistung, Applikator
unbeheizt

Mikrowellentrocknungsapparate

EL-A Verfahrenstechnik baut Mikrowellentrockner als kontinuierliche Durchlauftrockner oder als batchweise

arbeitende Kammertrockner. Im Allgemeinen sind kontinuierlich arbeitende Durchlauftrockner besser für die Mikrowellentrocknung geeignet, da das Produkt hier ständig im Mikrowellenfeld weiter bewegt wird und damit der Einfluss der Interferenzen, welche sogenannte „Hot spots“ und „cold spots“ im Applikator bilden, wesentlich abgemildert wird. Außerdem kann ein solcher Apparat mit einer stets gleichbleibenden Belastung betrieben werden, d.h. am Eintritt kommt ständig feuchtes, mikrowellenabsorbierendes Material an, während bei batchweise arbeitenden Kammertrocknern ein Produkt zunächst nass eingebracht wird und zum Schluss in trockenem Zustand kaum mehr in der Lage ist, Mikrowellen zu absorbieren oder aber durch die Zunahme der Feldstärke im Endbereich dazu neigt, selbst bei einem niedrigen Verlustfaktor anzukoppeln und zu überhitzen.

Die gebräuchlichste Form eines Mikrowellendurchlauftrockners ist die des Mikrowellentrockners, bei welchem das Produkt auf einem PTFE-beschichteten Glasfasergewebe- oder Kevlargewebeband durch den Applikator gefördert wird. An der Bandeintritts- und Bandauslaufseite des Applikators sind entsprechende Schleusen angebracht, welche verhindern, dass Mikrowellenenergie aus dem Applikator austritt. Als Variante des Bandrockners kann zur Förderung des Produktes auch eine Vibrationsrinne oder ein schrägliegendes Drehrohr verwendet werden, wobei die hierfür notwendigen Konstruktionsmaterialien einen sehr geringen dielektrischen Verlustfaktor aufweisen sollten.

Eine Sonderform des Mikrowellenband-trockners ist der Trockner mit Mäanderapplikator, welcher für Produkte geeignet ist, die in dünnen Schichten (bis max. 10mm) auf ein Band aufgebracht werden können, und bei welchen eine relativ hohe Feldstärke benötigt wird.

Der Mikrowellen-Kammertrockner hat in der industriellen Mikrowellentechnik eine untergeordnete Bedeutung und konnte sich im Prinzip bisher nur für relativ kleine Produktmengen im Pharma-Bereich, aber auch für Laboranwendungen durchsetzen.

Für verschiedene körnige Produkte bietet sich als Sonderform ein Mikrowellentrockner an, bei dem das Produkt in einem senkrecht porösen Rohr mittels Schwerkraft von oben nach unten gefördert wird und damit in einem sehr homogenen Mikrowellen-Feld mit hoher Feldstärke ausgesetzt wird. Diese Bauweise eignet sich insbesondere auch für das Kalzinieren.

Sämtliche beschriebenen Trocknerarten können selbstverständlich auch als Vakuumtrockner ausgeführt sein. Die besondere Problematik des Vakuumtrockners ist neben der sehr aufwendigen apparativen Technik, z. B. für die Einstrahlung der Mikrowelle und die Ein- und Ausschleusung des Produktes, die Tatsache, dass bei abgesenktem Gasdruck eine erhöhte Neigung zu elektrischen

Überschlagen besteht, wodurch das Produkt zerstört werden kann.

Sehr häufig werden Mikrowellentrockner als sogenannte Hybridtrockner konzipiert, wobei mehrere Trocknungstechnologien in einem Apparat vereinigt sind. Diese Apparate tragen dem Umstand, dass bestimmte Produkte in verschiedenen Feuchtigkeitsbereichen entweder aus Kostengründen oder auch aus physikalischen Gründen nur mit dem einen oder dem anderen Trocknungsverfahren günstig getrocknet werden können. So gibt es Produkte, welche aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften bei niedrigen Feuchtigkeitswerten überhaupt nicht mehr Energie aus der Mikrowelle absorbieren und in diesen Bereich nur noch mit herkömmlichen Trocknungsverfahren getrocknet werden können, aber im Bereich höherer Feuchtigkeit sehr schnell und damit auch wirtschaftlich Energie aus der Mikrowelle aufnehmen, während andere Trocknungsverfahren in diesem Bereich kaum anwendbar sind, da diese Produkte entweder zum Kleben neigen oder in ihrer Struktur zerstört werden können, wenn man andere Arten der Energieeinbringung anwendet. Auf der anderen Seite gibt es eine ganze Reihe von Produkten, welche im oberen Feuchtigkeitsbereich sehr kostengünstig mit konventionellen Trocknern, z.B. Konvektionstrocknern, entfeuchtet werden können, während sich im unteren Bereich ein sogenannter Trocknungsschwanz ergibt, welcher durch die Anwendung der Mikrowelle ganz entscheidend (bis zu 90%) verkürzt werden kann. Auf diese Weise lassen sich auch bestehende konventionelle Trocknungsanlagen, z.B. Konvektionstrockner wie Bandtrockner oder Fließbettrockner durch Nachschaltung eines Mikrowellentrockners bis zu 100% in ihrer Durchsatzleistung steigern. Manche Produkte können durch die außerordentlich hohe Verdampfungsrate zu schaumartiger Konsistenz mit sehr niedrigem Raumgewicht aufgebläht und getrocknet werden.

Mikrowellenanwendung auf anderen Gebieten

Außer für das Spezialgebiet der Trocknungstechnik gibt es natürlich eine ganze Reihe von anderen Anwendungen, in welchen die Mikrowellentechnik große Vorteile bietet.

Erwärmen

Die ursprünglichste Anwendung für die Mikrowellentechnik war und ist die möglichst homogene Erwärmung von großvolumigen Produkten. Diese Technologie ist auch am weitesten verbreitet und bekannt von den sogenannten Mikrowellenherden. So lassen sich z. B. alle Produkte mit Bestandteilen von Wasser, Fett, bestimmten Wachsen oder Lösemitteln, Kautschukmassen sowie verschiedenen Kunststoffen sehr gut und homogen mit Mikrowellen erwärmen.

Kalzinieren

In einem sehr starken Mikrowellenfeld lassen sich die meisten Produkte, welche Kristallwasser enthalten, soweit erhitzen, dass das Kristallwasser restlos ausgetrieben wird. Temperaturen von +400 bis +500°C werden in sehr kurzer Zeit erreicht.

Schmelzen

Bei hohen Feldstärken lassen sich die meisten Glassorten sowie eine ganze Reihe von keramischen Materialien in sehr kurzer Zeit und mit einem sehr geringen Isolationsaufwand bis zur Schmelze erhitzen. Im Technikum der EL-A wurden bereits Temperaturen von mehr als +2200°C in keramischen Schmelzen allein durch Anwendung der Mikrowellenenergie erreicht.

Sintern

Bei entsprechender Ausbildung des Applikators lassen sich bestimmte keramische Materialien in einem homogenen starken Mikrowellenfeld sintern. Voraussetzung ist, dass diese Materialien nicht elektrische Leiter sind, d. h. dass sie einen hohen elektrischen Widerstand aufweisen müssen.

Pasteurisieren, Sterilisieren

Organische Produkte aus dem Nahrungsmittel und pharmazeutischen Bereich wie auch Abfälle aus dem Krankenhausbereich lassen sich, mit Hilfe der Mikrowellenerwärmung in sehr kurzer Zeit mit relativ geringem Aufwand pasteurisieren und in einigen Fällen auch sterilisieren. Auf entsprechenden Anlagen der EL-A Verfahrenstechnik hat sich gezeigt, dass der Effekt der Pasteurisierung bei Anwendung der Mikrowelle bereits bei wesentlich niedrigeren Durchschnittstemperaturen des Produktes erfolgt als bei herkömmlichen Pasteurisierungsmethoden durch Anwendung von normaler Temperaturerhöhung. Möglicherweise wirkt sich hier die Steilheit des Temperaturgradienten bei der Abtötung von Mikroben positiv aus.

Besondere Vorteile der Mikrowellentechnologie

Mikrowellenapparate und -anlagen erscheinen zwar, bezogen auf ihre Leistung, gegenüber konventionellen Trocknungsaggregaten, zunächst relativ teuer und bedingt durch den Umstand, dass nur etwa 50 – 60% der elektrischen Energieleistung in Hochfrequenzenergie umgewandelt wird, auch ziemlich energieaufwendig. Dies stimmt ganz sicherlich auch in Bezug auf die Trocknung der meisten Massenprodukte, für welche hohe Verdampfungsleistungen notwendig sind. Auf der anderen Seite gibt es eine ganze Reihe von Produkten, für welche bei konventioneller Erwärmungs- oder Trocknungstechnologie ein großer Aufwand an Nebenaggregaten, wie z.B. aufwendigen Filtern oder Luftaufbereitungsstationen bzw. ein hoher Aufwand für Isolierungen usw. betrieben werden muss. Außerdem sind viele Apparate mit konven-

tioneller Technik nicht einfach abzustellen oder anzustellen, sondern benötigen eine lange Vorwärm- bzw. Abkühlungszeit und damit auch eine erhebliche Energie allein für die Aufwärmung und das Warmhalten der Apparatebauteile. Dies alles ist bei der Mikrowelle nicht notwendig, da mittels der Hochfrequenz ausschließlich das Produkt erhitzt wird und nicht der Apparat. Die Mikrowelle kann zu jeder Zeit sofort ein- oder ausgeschaltet werden und hat, damit einen hohen Verfügbarkeitsgrad. Bei einigen Produkten lassen sich auch ganz erhebliche Verbesserungen in der Produktqualität nachweisen, wenn diese mikrowellengetrocknet oder -behandelt sind.

Im Allgemeinen sind Mikrowellenanlagen bei gleicher Leistung auch wesentlich kompakter in der Bauweise und benötigen damit ein sehr viel kleineres Bauvolumen als andere Anlagen mit konventioneller Technik.

Man kann sicher davon ausgehen, dass derzeit nur der geringste Teil der möglichen Mikrowellenanwendungsmöglichkeiten bekannt ist und dass für viele Produkte eingehende Versuche im Labor- oder Technikumsmaßstab notwendig bzw. sinnvoll sind. Erst anhand solcher Versuche kann man eine definitive Aussage treffen, ob eine Trocknung oder Erwärmung mit Mikrowelle für dieses jeweilige Produkt sinnvoll und vorteilhaft ist.

EL-A Verfahrenstechnik hält hierfür in einem gut ausgerüsteten Technikum eine ganze Reihe verschiedener Mikrowellenversuchsanlagen zur Verfügung.

Veröffentlicht in VERFAHRENSTECHNIK 23 (1989) Nr.6

EL-A Verfahrenstechnik GmbH
 Diebsweg 7
 69123 Heidelberg
 Telefon: 06221/75708-0
 Fax: 06221/75708-11
 Mail : info@ela-vt.de

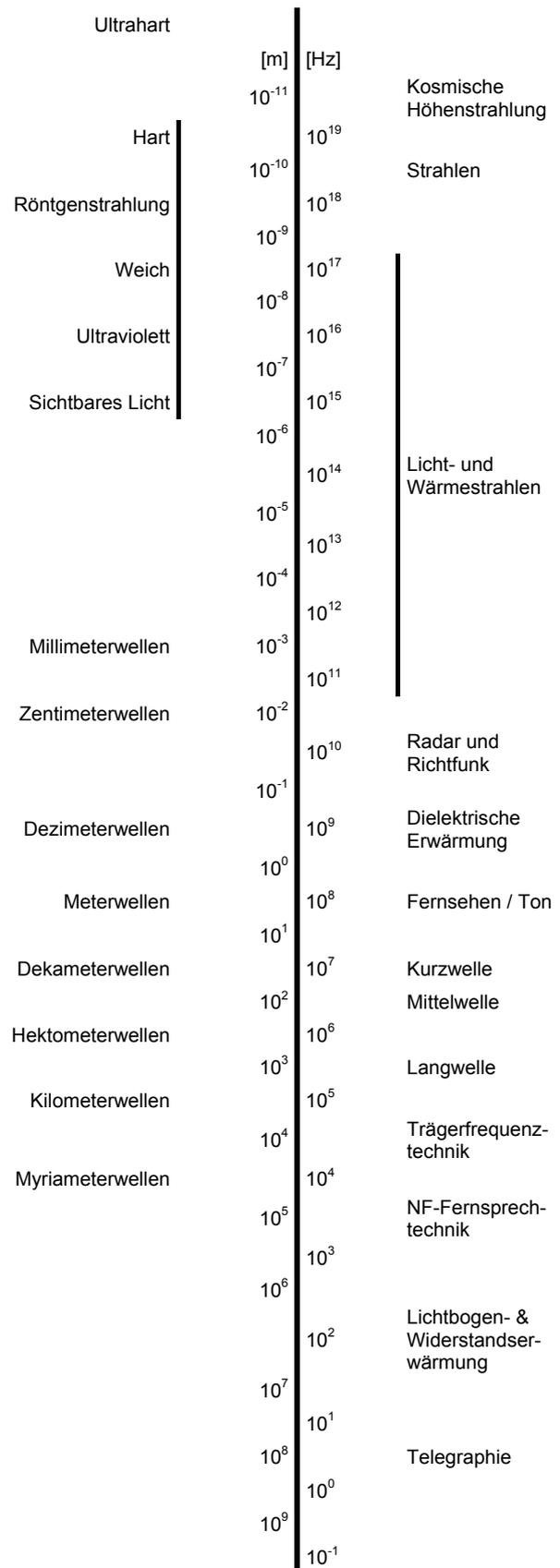


Tabelle 1: Skala der elektromagnetischen Schwingungen