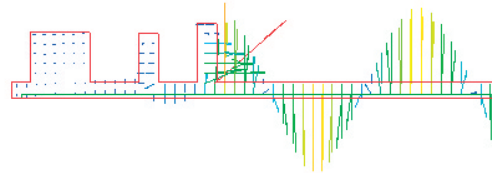
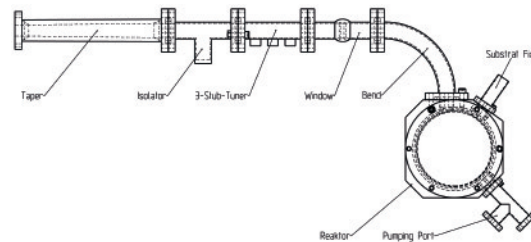


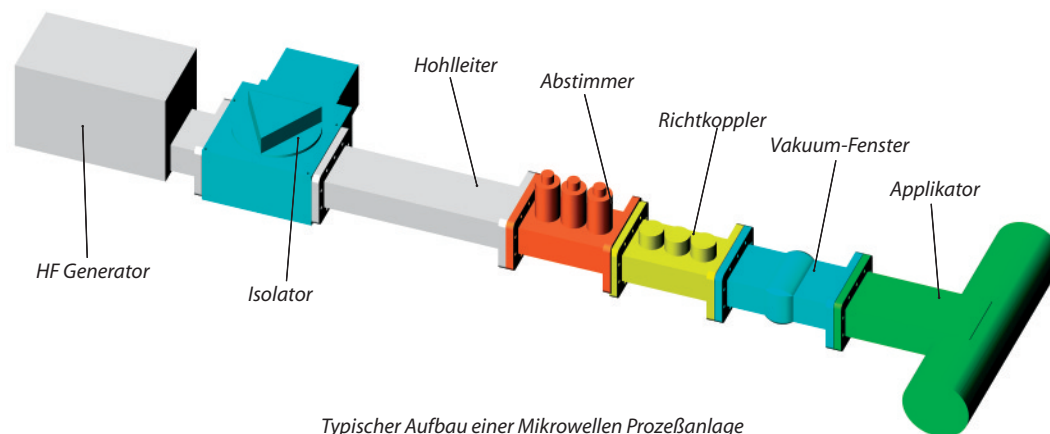
Numerische Simulation eines HF-Applikators



Simulation der Einkopplung in einem HF-System



Aufbau eines Plasmareaktor Systems



Typischer Aufbau einer Mikrowellen Prozessanlage

Seit einigen Jahre hat der Einsatz von Mikrowellen in der Materialprozeßtechnik seinen festen Platz. Thermische Prozesse laufen deutlich schneller und damit auch effizienter und kostengünstiger ab. In der Mikrowellenchemie und in Plasmaprozessen lassen sich Produkte erzeugen, deren konventionelle Herstellung nicht möglich ist.

Zur Nutzung dieser Vorteile sind gründliche Vorarbeiten, umfangreiche numerische Untersuchungen und detaillierte ingenieurmäßige Auslegungsarbeiten erforderlich. Mikrowelleningenieure, Konstrukteure und Anwender arbeiten dabei Hand in Hand.

Hier möchten wir Ihnen als Anwender aus der Sicht des Mikrowelleningenieurs und Konstrukteurs eine Vorstellung davon geben, wo Sie Ihr Wissen einbringen können und welche zusätzlichen Informationen von Ihnen für uns erforderlich sind. Sie erhalten eine Vorstellung, wie eine Prozeßanlage für Ihre Anwendung aussehen könnte.

Mit den dann erarbeiteten Informationen können unsere Spezialisten einen ausgereiften Entwurf Ihrer Anlage erarbeiten.

Herzstück der Anlage ist der Applikator. Von dem Ideenreichtum des Entwicklers und der glücklichen Hand des Konstrukteurs hängt der Erfolg einer zu konzipierenden Anlage wesentlich ab. Die Geometrie des Applikators muß auf die Form, Größe und die

Materialeigenschaften des zu bearbeitenden Guts optimiert werden. Um so genauer diese Parameter vom Anwender definiert werden, desto sicherer ist der Erfolg.

Zur Auslegung des Applikators bedienen wir uns als Ingenieure umfangreicher numerischer und quasi-analytischer Programme. Diese haben RM und IMT in

jahrelanger Programmierarbeit im Haus entwickelt. Die Übereinstimmung zwischen den numerischen Simulationen und dem tatsächlichen Verhalten des Guts im Applikator konnte in zahlreichen Projekten experimentell gezeigt und nachgewiesen werden.

Ist eine Anlage für einen definierten Prozeß zu entwickeln, so ist eine solche numerische Studie der erste Schritt. Eingangsparameter sind neben der Geometrie des Guts auch dessen dielektrischen Eigenschaften bei den zu erwartenden Prozeßbedingungen, z.B. Druck und Temperatur.

Während des Prozesses können sich die Prozeßbedingungen ändern. Uns ist bei der ingenieurmäßigen Arbeit bereits geholfen, wenn die Bereiche, in denen sich das Gut bzw. die Prozeßparameter ändern können, im Vorfeld abschätzbar bzw. bekannt sind.

Die Simulationen erlauben somit eine Untersuchung der ausgelegten HF - technischen Applikatorgeometrie. Die Optimierung des tatsächlichen Applikators auf Kostengünstigkeit, Herstellbarkeit, Montierbarkeit und Sicherheit erfordert die gleichzeitige Beachtung der HF - technischen, mechanischen und prozeß-technischen Notwendigkeiten.

Bei Hochtemperaturprozessen ist die thermische Belastung vorher zu berechnen und die Belastbarkeit der Prozeßanlage sowie die des Guts zu berücksichtigen. Zu diesen Zweck haben RM zusammen mit IMT ein auf der finiten Elemente Methode basierende Software entwickelt.

Wurde ein geeigneter Applikator ausgelegt und ist der Leistungsbedarf des Prozesses ermittelt, so werden die Generatoren der erforderlichen Mikrowellenleistung integriert. Hierbei verwenden wir marktgängige und erprobte Produkte von spezialisierten Herstellern. Die Quellen werden mittels einer Übertragungsleitung mit dem Applikator

verbunden. Obwohl eine Übertragungsleitung aus rein passiven Komponenten besteht, spielt sie für die Anlage eine wesentliche Rolle.

Auf der unteren Grafik auf der Vorderseite sind die Bauelemente einer Übertragungsleitung als Teil einer Mikrowellen Prozeßanlage gezeigt:

- Isolator
- Wellenleiterstücke
- Abstimmer
- Richtkoppler
- Krümmer
- Diagnostikeinrichtungen

Der Isolator lenkt die vom Gut nicht aufgenommene und somit zurück zur Quelle reflektierte Mikrowellenleistung auf eine definierte Last und schützt so die Quelle vor Beschädigung. Oft ist an der Last des Isolators eine Vorrichtung zur größenordnungsmäßigen Anzeige der reflektierten Leistung angebracht.

Der Abstimmer dient zur weiteren Verringerung der reflektierten Leistung. Er erzeugt eine Reflexion, welche sich destruktiv mit der vom Applikator reflektierten Leistung überlagert und somit die Leistung in den Applikator zurückwirft, wodurch eine Resonanzüberhöhung zwischen dem Abstimmer und dem Applikator entsteht.

Nutzen und Möglichkeiten eines Abstimmers werden häufig überschätzt. Ein schlecht ausgelegter Applikator läßt sich grundsätzlich nicht durch einen Abstimmer verbessern. Ein Abstimmer ist lediglich ein Hilfsmittel zur Erhöhung der Absorption, wenn sich das Gut bereits in einem starken Feld befindet. Ist dies nicht gegeben, kann durch die Resonanzüberhöhung eine für die Anlage und den Prozeß gefährliche Feldstärke erreicht werden. Um diese Überhöhung zu diagnostizieren, werden Richtkoppler eingesetzt.

Diese sind in die Steuerung des Systems einzubinden.

Ein Computer und/oder eine SPS regeln und überwachen die Anlage. Die SPS überwacht die zum sicheren Betrieb notwendige Infrastruktur wie z.B. Detektoren, die Überschläge (sog. "Arcing") im Pfad der Mikrowellen oder den Kühlmittelverlust anzeigen. Der Computer wertet die Signale der Geber und Sensoren am Prozeß aus, steuert den Mikrowellengenerator und dokumentiert den Prozeßverlauf.

Projekte, welche ohne diese Vorarbeiten angegangen werden, führen bei den dann auftretenden Schwierigkeiten zum Trugschluß, daß die HF-Technik in diesem Fall nicht „funktioniert“.

Häufig sind dann diese notwendigen Analysen in einem zweiten Anlauf durchzuführen. Die erst jetzt gefundenen Lösungen führen dann zu gut funktionierenden Prozessen und Anlagen.

Reinhold Mühleisen GmbH  
 Carl-Zeiss-Str. 7  
 70839 Gerlingen  
 Phone +49 (0) 71 56 9 20 20  
 Fax +49 (0) 71 56 4 91 26  
<http://www.muehleisen.de>

Dipl. Ing. Arnold Möbius  
 Erfurter Ring 15  
 76344 Eggenstein  
[arnold.mobius@t-online.de](mailto:arnold.mobius@t-online.de)