

Rustam Kialbekov und Jürgen Hahn, Berlin, sowie Dieter von Hörsten und Wolfgang Lücke, Göttingen, und Ludger Frerichs, Harsewinkel

# Vorbehandlung von Halmgut mit Mikrowellen und Hochfrequenzstrahlung

*Die Versuchsergebnisse an Pflanzenmaterial zeigen, dass sich mit einer Mikrowellenapplikation zur Trocknungsbeschleunigung im Vergleich zur reinen Konvektionstrocknung höhere Trocknungsgeschwindigkeiten ergeben.*

*Versuche zum Trocknungsverhalten von Grüngut nach Mikrowellen- und Hochfrequenzbehandlung in Kombination mit mechanischer Aufbereitung sind nach derzeitigem Recherchestand noch nicht durchgeführt worden. Dank der freundlichen Bereitstellung der Versuchsanlage des Instituts für Agrartechnik der Georg-August-Universität Göttingen (Leitung Prof. Dr. W. Lücke) können erste Untersuchungsergebnisse vorgelegt werden.*

Dipl.-Ing. Rustam Kialbekov ist Doktorand am Fachgebiet Agrartechnik der Humboldt Universität zu Berlin (Leitung: Prof. Dr. Jürgen Hahn), Philippstraße 13, 10115 Berlin; e-mail: ruki@ngs.ru  
 Dr. Dieter von Hörsten ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik (Leitung: Prof. Dr. Wolfgang Lücke) der Georg-August-Universität Göttingen, Gutenbergstraße 33, 37075 Göttingen; e-mail: dhoerst@gwdg.de  
 Dr. Ludger Frerichs ist Leiter der Vorentwicklung bei der CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH, Münsterstr. 33, D-33428 Harsewinkel; e-mail: lfrerichs@claas.com

## Schlüsselwörter

Trocknungsverhalten, Halmgut, Qualität, Mikrowellenbehandlung, Hochfrequenzbehandlung

## Keywords

Drying behaviour, forage, quality, microwave treatment, high frequency treatment

**Z**iel war es, den Einfluss der Vorbehandlung des Grüngutes mit Mikrowellen und Hochfrequenzstrahlungen auf das Trocknungsverhalten und die Qualitätsentwicklung zu untersuchen.

### Material und Methoden

Als Versuchsmaterial diente Luzerne mit einem Anfangstrockensubstanzgehalt von 14,7%. Varianten ergaben sich durch die Behandlung

- in einer stationäre Mikrowellenanlage (Bild 1),
- in einer Hochfrequenzanlage (Bild 2)
- im Mikrowellentunnel.

Danach wurde im Klimaschrank der Trocknungsverlauf unter kontrollierten Bedingungen (bei ~ 40 °C und ~ 40 % relativer Luftfeuchtigkeit) aufgenommen. Mit der Aufnahme der Abtrocknungskurven sollte der Einfluss der jeweiligen Vorbehandlung auf das nachfolgende Trocknungsverhalten überprüft werden. Als Vergleichsvarianten dienten die Nullvarianten mit und ohne mechanische Bearbeitung. Anschließend fand die Qualitätsbestimmung nach dem Hohen-

heimer Futterwerttest statt. Dafür waren elf Proben ausgewählt.

Für den ersten Abschnitt der Versuche wurde sowohl ungequetschtes als auch gequetschtes Material verwendet. Für die Behandlung im Mikrowellentunnel wurde das Material auf Halmlängen von rund 80 mm geschnitten.

Die Masse der untersuchten Proben in der stationären Mikrowellenanlage und der Hochfrequenzanlage betrug jeweils etwa 200 g. Die Behandlungszeiten variierten zwischen 15, 30 und 60 Sekunden. Die Sendeleistung des Magnetrons war einheitlich mit 1,2 kW fixiert.

Das Probenmaterial für die Hochfrequenzanlage wurde in einen 100 mm hohen Keramikring mit einem Durchmesser von 300 mm gefüllt und anschließend zwischen zwei Kondensatorplatten eingelegt. Die Behandlung erfolgte mit einer Frequenz von 27 MHz und Leistungen von 1,2 und 2,4 kW. Für die Sendeleistung von 1,2 kW kamen Varianten von 15, 30 und 60 Sekunden Behandlungsdauer zur Anwendung; für die Sendeleistung von 2,4 kW betrug die Behandlungsdauer 15 Sekunden.

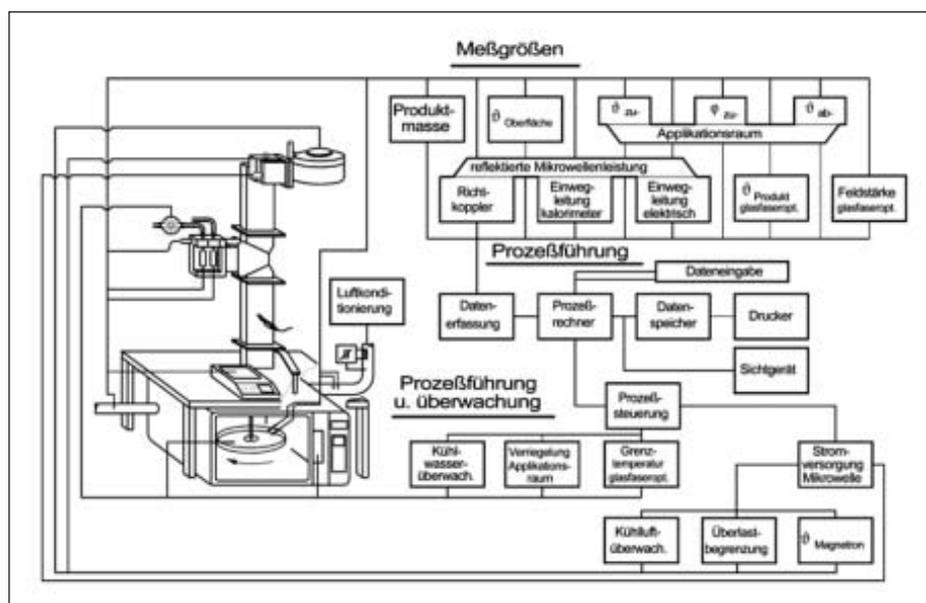


Bild 1: Aufbau der stationären Mikrowellenanlage  
 Fig. 1: Design of the stationary microwave-installation

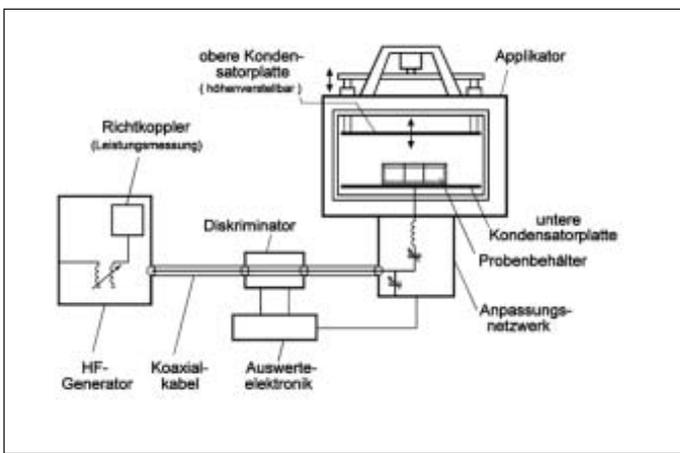


Bild 2: Hochfrequenzanlage

Fig. 2: High-frequency installation

Die unterschiedliche Einwirkdauer bei der Behandlung im Mikrowellentunnel wurde durch Veränderung der Bandgeschwindigkeiten erreicht. Die ersten fünf Varianten wurden einer Sendeleistung von 4,8 kW ausgesetzt. Die sechste Variante wurde mit einer Sendeleistung von ~ 8,4 kW durchgeführt. In allen Varianten wurde die Probenmasse von ~ 500 g jeweils auf 1,4 m des Laufbandes gleichmäßig verteilt.

### Ergebnisse

#### Vorbehandlung

Wesentliche Unterschiede bei der Feuchteabführung konnten für die stationäre Mikrowellenanlage und Hochfrequenzanlage nicht festgestellt werden.

Obwohl der Trocknungseffekt bei der Hochfrequenzanlage mit zunehmender Sendeleistung und Behandlungsdauer anstieg, ist er bei gleicher Sendeleistung gegenüber der stationären Mikrowellenanlage kleiner.

Bei Behandlung im Mikrowellentunnel stieg der Trocknungseffekt mit zunehmender Sendeleistung und Behandlungsdauer. Der erzielte Trocknungseffekt war höher als in den beiden erstgenannten Versuchen.

#### Trocknung im Klimaschrank

Fast alle in der stationären Mikrowellenanlage behandelten Proben erreichten größere Feuchtigkeitsabnahmen als die Vergleichsvarianten. Das beste Ergebnis wurde bei einer Behandlungsdauer von rund 60 Sekunden erzielt. Mit abnehmenden Behandlungszeiten sank auch die Trocknungsgeschwindigkeit. Die zusätzlich mechanisch bearbeiteten Proben erzielten im Vergleich zu nicht aufbereiteten Proben gleiche oder bessere Ergebnisse.

Die Feuchteabführung der mit Hochfrequenz behandelten Proben war gleich oder schlechter als bei den Proben, die nur mechanisch bearbeitet wurden. Ein Unterschied zwischen mechanisch bearbeiteten und nicht aufbereiteten Proben konnte nur in zwei Fällen beobachtet werden (1,2 kW, 30 s Behandlungsdauer; 2,4 kW, 15 s Behandlungsdauer). Ein Nachteil bei zusätzlich bearbeiteten Proben konnte nicht festgestellt werden. Die Verdopplung der Sendeleistung

führte zu besseren Ergebnissen, wobei die Variante mit alleiniger mechanischer Bearbeitung schneller trocknete.

Die Behandlung im Mikrowellentunnel führte zu einer zum Teil deutlichen Trocknungsbeschleunigung, wobei sich die Varianten mit den kürzesten Behandlungszeiten kaum von der nur mechanisch bearbeiteten Variante unterschieden.

Interessant ist der Vergleich zwischen zwei Varianten (4,8 kW, Behandlungsdauer 66,6 s und 8,4 kW, Behandlungsdauer 20,8 s). Obwohl die Sendeleistung in der zweiten Variante fast doppelt so groß war, ist der Trocknungseffekt mit der ersten Variante infolge der dreifach höheren Behandlungszeit fast identisch (Bild 3).

#### Qualitätsanalyse

Alle mit Mikrowellen behandelten Proben wiesen eine gute Farb- und Geruchsqualität auf. Proben aus der Hochfrequenzbehandlung hingegen rochen stark nach verbranntem Material und wiesen auch farblich Anzeichen von Verbrennung während der Behandlung auf. Nach der Auswertung des Futterwerttestes sind alle Proben in derselben Qualitätsklasse zu finden. Es sind auch keine negativen Auswirkungen auf Nährstoffinhalte und Energiedichte bestätigt worden.

### Zusammenfassung

Durch die Trocknung aller Proben im Klimaschrank mit einer Lufttemperatur von 40 °C

Bild 3: Trocknungsverlauf der im Mikrowellentunnel behandelten Proben im Vergleich zu den Nullvarianten

Fig. 3: Drying curve of samples in microwave tunnels compared to zero-variants

und einer relativen Luftfeuchtigkeit von etwa 40 % wurden vergleichbare Bedingungen hergestellt. Bei fehlender Luftzirkulation ist der absolute Feuchteentzug allerdings vergleichsweise gering. Dennoch sind die Vergleichswerte aussagefähig für den Trocknungsbeschleunigungseffekt bei Vorbehandlung mit Mikrowellen und Hochfrequenz.

Mit längeren Expositionszeiten und größeren Sendeleistungen der Mikrowellen werden deutlich bessere Ergebnisse erzielt. Auch die mechanische Bearbeitung führte zur erwarteten Beschleunigung. Die Kombination zwischen mechanischer Bearbeitung und Behandlung mit Mikrowellen erwies sich als sinnvoll und vorteilhaft für die Feuchteabführung.

Die Behandlung mit Hochfrequenz ist bei den Trocknungsergebnissen keine brauchbare Alternative zur mechanischen Aufbereitung des Grüngutes. Die Tatsache, dass das Grüngut nach dieser Behandlung einen unangenehmen Geruch aufweist und verbrannt erscheint, lässt dieses Verfahren zur Futtermittelbereitung als fragwürdig erscheinen.

Interessant sind die Ergebnisse im Mikrowellentunnel. Hier wurde in zwei Varianten mit unterschiedlicher Sendeleistung nahezu die gleiche Trocknungsbeschleunigung erzielt. Entscheidend war weniger die Sendeleistung als vielmehr die Behandlungsdauer.

Für reale Erntebedingungen sind beide Verfahren wegen des großen Energieaufwandes und der erforderlichen langen Behandlungsdauer offenbar kaum geeignet. Unter realen Erntebedingungen müsste mit wesentlich größeren Sendeleistungen gearbeitet werden, um einen vergleichbaren Effekt zu erzielen. Ein hoher Energiebedarf wäre die Folge.

Nach den Ergebnissen des Hohenheimer Futterwerttestes wurden alle untersuchten Varianten derselben Qualitätsklasse zugeordnet. Die sensorisch festgestellte Verbrennung des Gutes hat sich nicht in den Werten bestätigt. Bei der Behandlung mit Mikrowellen wurden keine negativen Auswirkungen auf die Futterqualität festgestellt.

